



Mondragon
Unibertsitatea

Escuela Politécnica
Superior

TFG
TRABAJO DE FIN DE GRADO

GESTIÓN DE RECURSOS EN EL AMBITO DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

Ceberio Guereño, Axier

2024 – 2025

Ingeniería de la Energía

DE FIN DE GRADO TRABAJO DE FIN DE GRADO TRABAJO DE FIN DE GRADO TRABAJO DE FIN DE GRADO



GESTIÓN DE RECURSOS EN EL AMBITO DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO PRESENTADO EN: Escuela Politécnica Superior de MU

PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: Ingeniería de la Energía

CURSO ACADÉMICO: 2024/2025

AUTOR/A: Axier Ceberio Guereño

DIRECTOR/A: Eduardo Martinez Gomez

TUTOR/A: Aitor Lizeaga Goikoetxea

EMPRESA/ORGANIZACIÓN EN LA QUE HA REALIZADO EL PROYECTO: Elecnor Servicios y Proyectos, S.A.U.

El autor/la autora del Trabajo de Fin de Grado autoriza a la Escuela Politécnica Superior de Mondragon Unibertsitatea, con carácter gratuito y con fines exclusivamente de investigación y docencia, los derechos de reproducción y comunicación pública de este documento siempre que: se cite el autor/la autora original, y el uso que se haga de la obra no sea comercial.

 **Reconocimiento - NoComercial - CompartirIgual (by-nc-sa):** No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo Axier Ceberio Guereño

Declaro que este Trabajo de Fin de Grado es original, fruto de mi trabajo personal, y que no ha sido previamente presentado para obtener otro título o calificación profesional. Las ideas, formulaciones, imágenes, ilustraciones tomadas de fuentes ajenas han sido debidamente citadas y referenciadas.

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado se ha desarrollado en la empresa Elecnor Servicios y Proyectos, S.A.U., en el ámbito de la distribución eléctrica en red de baja tensión. Durante el proyecto, se ha trabajado de forma activa en distintos tipos de obras, principalmente en la gestión de averías y en la ejecución de nuevos suministros. La participación ha abarcado todas las etapas de las actuaciones: planificación inicial, gestión documental, coordinación de trabajos en campo, supervisión de la seguridad y cierre técnico-administrativo.

A partir de la experiencia adquirida en la operativa diaria, se identificó la necesidad de mejorar el seguimiento y la trazabilidad de las intervenciones. Como respuesta, se ha desarrollado la herramienta digital ELEGEST PRO, en entorno LabVIEW. La aplicación centraliza y automatiza el registro de obras, mejora la gestión operativa y refuerza la seguridad mediante el control de Equipos de Protección Individual (EPI) y la supervisión del cumplimiento de las 5 Reglas de Oro en trabajos en descargo.

Palabras claves: Gestión de recursos, Distribución eléctrica, LabVIEW, Planificación, Análisis económico, Prevención de riesgos, Nuevas tecnologías.

Abstract

This Final Degree Project was carried out at Elecnor Servicios y Proyectos, S.A.U., within the field of low-voltage electrical distribution networks. Throughout the project, active involvement was undertaken in various types of works, mainly in fault management and the execution of new power supply installations. The work encompassed all stages of these operations: initial planning, document management, coordination of on-site activities, safety supervision, and technical and administrative project closure.

Based on the experience gained through daily operations, the need to improve the monitoring and traceability of interventions was identified. In response, the digital tool ELEGEST PRO was developed using the LabVIEW environment. The application centralizes and automates the registration of works, enhances operational management, and reinforces safety through the control of Personal Protective Equipment (PPE) and supervision of compliance with the 5 Golden Rules during work procedures.

Keywords: Resource management, Electrical distribution, LabVIEW, Planning, Economic analysis, Risk prevention, New technologies.

Laburpena

Gradu amaierako lan hau Elecnor Servicios y Proyectos SAU enpresan egin da, behe-tentsioko sareko banaketa elektrikoaren esparruan. Proiektuan zehar, era aktiboan lan egin da hainbat obra-motatan, batez ere matxurak kudeatzen eta hornidura berriak egiten. Parte-hartzeak jardueren etapa guztiak hartu ditu: hasierako plangintza, dokumentuen kudeaketa, landa-lanen koordinazioa, segurtasunaren ikuskapena eta itxiera tekniko-administratiboa.

Eguneroko jardunean lortutako esperientziatik abiatuta, esku-hartzeen jarraipena eta trazabilitatea hobetzeko beharra identifikatu zen. Erantzun gisa, ELEGEST PRO tresna digitala garatu da, LabVIEW-n. Aplikazioak obren erregistroa zentralizatzen eta automatizatzen du, kudeaketa operatiboa hobetzen du eta segurtasuna indartzen du Norbera Babesteko Ekipamenduen (NBE) kontrolaren bidez eta Urrezko 5 Arauak betetzen direla gainbegiratuz.

Hitz gakoak: Baliabideen kudeaketa, Banaketa elektrikoa, LabVIEW, Plangintza, Analisi ekonomikoa, Arriskuen prebentzioa, Teknologia berriak.

Índice de contenidos

Índice de figuras	viii
Índice de tablas	ix
Símbolos y abreviaturas	x
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problemática	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Analizar la información de las obras ejecutadas	2
1.3.2 Procedimiento de obras en función de la tipología.....	2
1.3.3 Análisis de costes en proyectos de distribución eléctrica:.....	2
1.3.4 Mejora de la seguridad y el cumplimiento técnico	3
1.3.5 Optimización de la gestión de averías de baja tensión:	3
1.3.6 Cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	3
1.4 Pliego de condiciones.....	4
1.4.1 Especificaciones particulares de la empresa distribuidora (i-DE Grupo Iberdrola)	4
1.5 Planificación	5
1.5.1 Toma de contacto y conocimiento de la actividad.....	5
1.5.2 Análisis de procesos y diagnóstico	5
1.5.3 Desarrollo en la gestión de obras de distribución eléctrica.....	5
1.5.4 Implementación de soluciones digitales y de seguimiento	5
1.5.5 Estudio técnico-económico de las obras propuestas	5
1.5.6 Documentación y conclusiones	6
2. Desarrollo del proyecto.....	7
2.1 Toma de contacto y conocimiento de la actividad	7
2.2 Análisis de procesos y diagnóstico	8
2.2.1 Revisión documental y observación directa	9
2.2.2 Identificación de problemáticas.....	9
2.2.3 Clasificación de obras	9
2.3 Reglamentación y seguridad de la obra.....	10
2.3.1 Principios generales de prevención	10
2.3.2 Control y supervisión	10
2.3.3 Principales riesgos y medidas preventivas	11
2.4 Desarrollo de la gestión de obras de distribución eléctrica	12
2.4.1 Obras por averías	12
2.4.2 Obras por Nuevos suministros	19
2.4.3 Gestión de residuos.....	24
2.5 Sistemas utilizados	25

2.5.1	GAO: Gestión y validación de partes de trabajo	25
2.5.2	IncIDE	26
2.5.3	GENESIS: Visor técnico georreferenciado de red de distribución	27
3.	Trabajos en descargo	29
3.1	Agentes implicados en un descargo y sus funciones	29
3.1.1	Solicitante del descargo	29
3.1.2	COD (Centro de Operación de Distribución)	30
3.1.3	AZT (Agente de Zona de Trabajo)	30
3.1.4	JT (Jefe de Trabajos).....	30
3.1.5	OL (Operador Local).....	30
3.1.6	PRL (Prevención de Riesgos Laborales) / Recurso Preventivo	31
3.2	Fases del procedimiento de descargo	31
3.2.1	Solicitud de descargo	31
3.2.2	Estudio técnico y autorización.....	32
3.2.3	Comunicación al operador local y jefe de trabajos.....	32
3.2.4	Ejecución del descargo (maniobras).....	32
3.2.5	Creación y verificación de la Zona de Trabajo (ZT)	32
3.2.6	Realización de los trabajos.....	32
3.2.7	Devolución del descargo.....	33
3.3	Reglas de oro y medidas de seguridad específicas	33
3.3.1	Desconectar	33
3.3.2	Bloqueo.....	34
3.3.3	Verificación	34
3.3.4	Puesta a tierra y en cortocircuito.....	35
3.3.5	Proteger	36
3.4	Consideraciones especiales en trabajos en descargo	37
4.	Estudio técnico-económico.....	38
4.1	Analisis de costos directos e indirectos	38
4.1.1	Costos directos.....	38
4.1.2	Costos indirectos.....	39
4.2	Comparación de costos estimados y reales	39
4.2.1	Obras sin estimación previa.....	39
4.2.2	Obras con estimación previa.....	40
4.3	Propuestas para reducir costos manteniendo la calidad del servicio	40
4.3.1	Mejora de la planificación logística	40
4.3.2	Negociación de precios con proveedores	41
4.3.3	Digitalización y seguimiento en tiempo real	41
4.3.4	Formación del personal	41
4.3.5	Optimización de los costes indirectos.....	41
5.	Implantación de soluciones digitales	43
5.1	Justificación y contexto de la solución desarrollada	44

5.2	Selección del entorno de desarrollo: ¿Por qué LabVIEW?	44
5.3	Funcionalidades principales de la aplicación desarrollada	45
5.3.1	Pantalla de inicio e interfaz principal.....	45
5.3.2	Registro y visualización de obras	47
5.3.3	Eliminación de obras registradas	49
5.3.4	Edición de obras registradas	50
5.3.5	Historial de obras e informes personalizados.....	51
5.3.6	Estados de obra y análisis de certificaciones	53
5.3.7	Seguridad y control de EPI	55
5.4	Estructura interna y lógica de funcionamiento.....	56
5.4.1	Estructura de datos: array de clusters	56
5.4.2	Uso de Bundle y Unbundle para acceso a datos	57
5.4.3	SubVI para gestión del checklist de EPIs	58
5.4.4	Lógica de ejecución: estructura Case dentro de While Loop	58
5.4.5	Generación de informes.....	59
5.5	Posibles mejoras y ampliaciones futuras	60
5.5.1	Gestión por tipo de usuario.....	61
5.5.2	Añadir más detalles a cada obra.....	61
5.5.3	Visualización de EPIs con imágenes	61
5.5.4	Conexión con GPS.....	61
5.5.5	Sistema de alertas y priorización de obras	61
6.	Resultados	62
7.	Conclusiones	63
8.	Líneas futuras.....	64
8.1	Gestión por tipo de usuario	64
8.2	Añadir más detalles a cada obra	64
8.3	Visualización de EPIs con imágenes	64
8.4	Conexión con GPS	64
8.5	Sistema de alertas y priorización de obras.....	64
9.	Valoración personal	66
10.	Bibliografía	67
	Anexo A. Diagrama de bloques completo de ELEGEST PRO	69

Índice de figuras

Figura 1: Logotipo del grupo Elecnor.....	1
Figura 2: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) abordados en el proyecto.....	4
Figura 3: Diagrama de Gantt de la planificación anual del proyecto de gestión de obras de distribución eléctrica en Elecnor.....	6
Figura 4: Organigrama operativo del área de distribución eléctrica en la zona Norte	8
Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de gestión de averías en la red de distribución: notificación, planificación, ejecución y cierre.....	19
Figura 6: Flujo de gestión de nuevos suministros: desde la solicitud inicial hasta la certificación de la obra.	24
Figura 7: Icono de la aplicación de GAO	26
Figura 8: Icono de la aplicación de incIDE	27
Figura 9: Icono de la aplicación GENESIS	28
Figura 10: Primera regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: desconectar la alimentación.	34
Figura 11: Segunda regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: bloquear retornos.....	34
Figura 12: Tercera regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: verificar la ausencia de tensión.	35
Figura 13: Cuarta regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: poner a tierra y en cortocircuito....	36
Figura 14: Quinta regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: señalizar y delimitar la zona de trabajo.	36
Figura 15: Logotipo de la aplicación EleGest PRO para la gestión digital de obras en campo	43
Figura 16: Pantalla de inicio de sesión de la aplicación EleGest PRO.....	46
Figura 17: Mensaje emergente de ayuda (pop-up) con instrucciones de uso en la aplicación EleGest PRO...	47
Figura 18: Panel central de gestión de obras en la aplicación EleGest PRO.	49
Figura 19: Apartado para eliminar obras en la aplicación EleGest PRO.	50
Figura 20: Apartado para editar obras en la aplicación EleGest PRO.	51
Figura 21: Apartado de historial de obras e informes personalizados en EleGest PRO.....	53
Figura 22: Apartado para ver los estados de todas las obras en la aplicación EleGest PRO.....	55
Figura 23: Apartado de seguridad en la aplicación EleGest PRO donde aparecen todos los equipos de protección individual de todas las obras y las 5 reglas de oro.	56
Figura 24: Función de bloques de LabView donde abre el Excel, pasa a un array y de ese array crea un cluster que se utilizara después.....	57
Figura 25: SubVI de Control de Seguridad de Checklist EPIs.....	58
Figura 26: Flujograma del proceso de carga y exportación de archivos Excel con Report Generation Toolkit en LabView.....	59
Figura 27: Generación automática de informes con formato personalizado en LabView y utilidad operativa	60

Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de riesgos y medidas preventivas aplicadas en obra.....	11
--	----

Símbolos y abreviaturas

AT	Alta Tensión
AZT	Agente de Zona de Trabajo
BT	Baja Tensión
COD	Centro de Operación de Distribución
CT	Centro de Transformación
EPI	Equipo de Protección Individual
GAO	Gestión de Actividades y Operaciones
JT	Jefe de Trabajos
MT	Media Tensión
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OL	Operador Local
PRL	Prevención de Riesgos Laborales
SubVI	Sub Virtual Instrument (instrumento virtual auxiliar en LabVIEW)
TFG	Trabajo Fin de Grado
VI	Virtual Instrument (instrumento virtual en LabVIEW)
ZT	Zona de Trabajo

1. Introducción

El Trabajo Fin de Grado se ha desarrollado en Elecnor, una empresa multinacional española dedicada principalmente a los sectores de ingeniería, infraestructuras y energías renovables. Fundada en 1958, Elecnor ha crecido y se ha convertido en un referente para llevar a cabo grandes proyectos, tanto a nivel nacional como internacional. A lo largo de su historia ha extendido su actividad al desarrollo de infraestructuras energéticas, telecomunicaciones y distribución eléctrica, destacando por su capacidad de adaptación a las necesidades del mercado, a la innovación y al compromiso con la sostenibilidad.

En el ámbito de la distribución eléctrica, Elecnor se especializa en la gestión de redes eléctricas, proyectos de mantenimiento, reparación y mejora de infraestructuras y en la atención y reparación de averías. En este contexto, mi TFG se ha centrado en la gestión de recursos dentro del proceso de distribución eléctrica, con una visión particular en la gestión de averías en baja tensión y nuevos suministros. Durante el desarrollo del trabajo se han analizado los procesos operativos, la asignación de personal y maquinaria y la planificación y programación de tareas, para optimizar el tiempo de ejecución y los costes asociados.



Figura 1: Logotipo del grupo Elecnor

1.1 Antecedentes

El sector de la distribución eléctrica constituye una parte fundamental del sistema eléctrico, encargándose de trasladar la electricidad desde las subestaciones de alta tensión hasta los consumidores finales. Para ello, se apoya en una infraestructura compleja y extensa, que incluye transformadores, líneas de distribución, centros de control y equipos de protección. En este ámbito, la gestión eficiente de los recursos es clave para garantizar la continuidad del servicio, reducir los tiempos de respuesta ante averías y optimizar el uso de los equipos y del personal disponible.

En el caso del sistema eléctrico español, las líneas de distribución se clasifican principalmente según el nivel de tensión: baja tensión (BT), media tensión (MT) y alta tensión (AT). Las líneas de baja tensión (por debajo de 1 kV) trasladan la energía eléctrica directamente al consumidor final, partiendo de centros de transformación donde la tensión se reduce desde niveles medios. Las líneas de media tensión (entre 1 kV y 30 kV) transportan electricidad desde subestaciones de alta tensión hasta los centros de transformación de baja tensión. En Gipuzkoa, donde se desarrolla este proyecto, estas redes operan mayoritariamente a 13 kV y 30 kV, siendo gestionadas por la empresa distribuidora Iberdrola. Finalmente, las líneas de alta tensión (superiores a 30 kV) se encargan de transportar electricidad a largas distancias desde los centros de generación, sirviendo como origen de las redes de media tensión.

La distribución eléctrica se enfrenta actualmente a desafíos significativos, como la creciente volatilidad de la demanda o la necesidad de adaptación a normativas medioambientales más exigentes. En este contexto, una gestión eficaz permite no solo mejorar la fiabilidad y calidad del suministro, sino también

reducir costes operativos y minimizar el impacto ambiental. Una adecuada planificación de los recursos (personal, maquinaria y materiales) permite ejecutar operaciones de forma más ágil y eficiente, lo que repercute directamente en la satisfacción del cliente y en la rentabilidad de las empresas del sector.

Este enfoque integral hacia una gestión optimizada de los recursos resulta esencial para la sostenibilidad de la distribución eléctrica, especialmente en un entorno donde la transición energética y la digitalización de las infraestructuras cobran un protagonismo creciente.

1.2 Problemática

La gestión eficiente de los recursos en materia de distribución eléctrica es un reto fundamental para las empresas del sector, ya que es necesario optimizar tiempos, costes y personal para reparar averías y realizar nuevas instalaciones. La complejidad de estos procesos radica en la coordinación de la disponibilidad de personal cualificado, la correcta asignación de maquinaria y medios materiales y una adecuada planificación para minimizar las interrupciones en el suministro eléctrico.

En el contexto de Elecnor, donde se desarrollará este proyecto, se necesitan herramientas y metodologías que permitan optimizar los recursos disponibles para reparar averías en baja tensión y gestionar nuevos suministros. Una planificación o asignación ineficaz puede suponer tiempos de respuesta largos, costes adicionales y una disminución de la satisfacción del cliente.

El proyecto se enmarca en la necesidad de abordar este problema a través de una herramienta que ayude a priorizar y gestionar los recursos, teniendo en cuenta criterios como el tiempo, el coste y el personal disponible.

1.3 Objetivos

El objetivo general de este proyecto es mejorar la gestión de los recursos en materia de distribución eléctrica, optimizando los procesos de ejecución de obras y reparación de averías. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1.3.1 Analizar la información de las obras ejecutadas

Bajo la supervisión de un superior, se evaluarán los costes, mediciones y certificaciones de las obras realizadas. A partir de este análisis, se desarrollarán propuestas de mejora con el fin de optimizar los procesos y reducir los tiempos y costes asociados a la ejecución de obras.

1.3.2 Procedimiento de obras en función de la tipología

Elaborar un documento que detalle los pasos necesarios para cada tipo de obra, desde la solicitud inicial hasta la entrega final al cliente. Este procedimiento permitirá estandarizar las actividades, asegurando una mayor eficiencia y un flujo de trabajo claro para todo el equipo.

1.3.3 Análisis de costes en proyectos de distribución eléctrica:

Realizar estudios detallados que permitan determinar los costes asociados a diferentes tipos de obras. A partir de estos estudios, se propondrán medidas concretas para mejorar la eficiencia económica, como la optimización del uso de recursos y la identificación de áreas con sobrecostes.

1.3.4 Mejora de la seguridad y el cumplimiento técnico

Diseñar un protocolo que garantice la seguridad en las obras, incluyendo:

- La verificación diaria del equipo de seguridad.
- Un checklist obligatorio antes de iniciar cualquier actividad. Además, se compararán obras con y sin la aplicación del protocolo para destacar su impacto en la reducción de riesgos y el cumplimiento técnico.

1.3.5 Optimización de la gestión de averías de baja tensión:

Diseñar un sistema eficaz de gestión de averías que permita mejorar la capacidad de respuesta de las empresas distribuidoras y minimizar el impacto en el cliente final. Para ello, se plantea el desarrollo de una aplicación personalizada en LabVIEW, orientada a la gestión integral de actuaciones en la red de baja tensión, con especial atención a las averías.

Estos objetivos se alinean con las necesidades del sector de la distribución eléctrica y con las competencias del perfil de ingeniería en el que se enmarca este proyecto, destacando la optimización de recursos, la mejora de la seguridad y el análisis económico como ejes centrales para la gestión eficiente.

1.3.6 Cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

- ODS 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades

El proyecto contribuye a este objetivo mediante la mejora de la seguridad en los trabajos de distribución eléctrica. La aplicación desarrollada incorpora controles específicos para reforzar el uso adecuado de Equipos de Protección Individual (EPI) y el cumplimiento de las 5 Reglas de Oro en trabajos, reduciendo así los riesgos laborales y promoviendo un entorno de trabajo más seguro y saludable.

- ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna

La optimización de la gestión de averías y nuevos suministros permite una respuesta más rápida y eficaz ante incidencias en la red, mejorando la calidad y continuidad del suministro eléctrico.

- ODS 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación

El desarrollo de la herramienta ELEGEST PRO representa un avance en la digitalización y modernización de los procesos de gestión de obras en distribución eléctrica. La innovación aplicada permite mejorar la gestión de recursos técnicos, impulsando así una gestión más inteligente y sostenible.

- ODS 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad

Durante el proyecto se ha trabajado en la gestión adecuada de residuos generados en las obras (cables, aceites, residuos peligrosos), garantizando su correcta trazabilidad y tratamiento conforme a la normativa ambiental.



Figura 2: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) abordados en el proyecto

1.4 Pliego de condiciones

Este pliego establece las condiciones y directrices necesarias para la realización del Trabajo de Fin de Grado titulado "Gestión de Recursos en el Ámbito de la Distribución Eléctrica". Este proyecto tiene como propósito mejorar la planificación, ejecución y seguimiento de obras en el sector de la distribución eléctrica, enfocándose en la gestión eficiente de averías de baja tensión y nuevos suministros.

Bajo la supervisión del tutor y del jefe de obra, colaborará en la preparación y desarrollo de las obras para conseguir el desarrollo de estas con los criterios técnicos y de seguridad. Establecer junto a ellos las prioridades de ejecución, identificar las necesidades de los clientes, establecer la programación semanal en función de las necesidades del cliente y de los intereses propios, realizando para ello las siguientes tareas: Identificar, clasificar y paquetizar las obras; realizando el estudio previo y de coste de las obras para procedimentarlas en función de la tipología (indicar como se tiene que hacer) y acotarlas en tiempo (establecer el personal necesario y el tiempo de ejecución). Por último, implementar tecnologías digitales que incrementen la eficiencia operativa.

El trabajo se realizará en colaboración con la empresa Elecnor y estará supervisado tanto por un tutor académico como por un tutor técnico.

1.4.1 Especificaciones particulares de la empresa distribuidora (i-DE Grupo Iberdrola)

Además de la normativa general, el diseño, ejecución y validación de las soluciones desarrolladas en el presente trabajo se ajustarán a las especificaciones particulares de i-DE Grupo Iberdrola, las cuales recogen los requisitos técnicos específicos exigidos para las instalaciones que se integran en sus redes:

- MT 2.03.20 Edición 11 (Mayo 2019): Especificación particular para instalaciones de Alta Tensión (AT) y Baja Tensión (BT).

Define los requisitos generales y constructivos de las redes de distribución eléctrica, asegurando la homogeneización de los criterios técnicos en el ámbito de la compañía MT 2.41.58_E02_may19-.

- MT 2.41.58 Edición 02 (Mayo 2019): Red aérea trenzada de baja tensión. Acometidas.

Documento técnico que justifica el diseño, cálculo y ejecución de redes aéreas de baja tensión con cables tipo RZ instalados sobre apoyos. Incluye además disposiciones sobre seguridad, distancias mínimas, cálculo mecánico y requisitos de puesta a tierra.

Todas las soluciones propuestas y desarrolladas en el marco de este proyecto garantizarán el pleno cumplimiento de la normativa citada, así como de cualquier otra disposición aplicable en función de la tipología concreta de obra o de la ubicación geográfica. De este modo se contribuirá a asegurar la seguridad de las personas, la integridad de las instalaciones y la calidad del servicio eléctrico.

1.5 Planificación

Este Trabajo Fin de Grado se ha estructurado en seis fases principales, desarrolladas secuencial y parcialmente entre septiembre de 2024 y julio de 2025. La metodología utilizada combina el enfoque analítico aplicado para la revisión de datos históricos y normativa, orientado al desarrollo de soluciones técnicas y digitales para la mejora de la gestión de obras y la reparación de averías en el ámbito de la distribución eléctrica.

La planificación temporal de las actividades se ha recogido mediante un diagrama de Gantt como se puede ver en la Figura 3, que permite visualizar las distintas etapas del proyecto y su distribución a lo largo del curso académico. Las fases se detallan a continuación:

1.5.1 Toma de contacto y conocimiento de la actividad

Durante los primeros meses (septiembre-noviembre de 2024) nos acostumbramos a los sistemas de gestión de obras de baja tensión y revisamos la normativa técnica y legal aplicable al sector eléctrico. En esta etapa se mantuvieron reuniones con el jefe de obra para definir los objetivos y la visión del TFG.

1.5.2 Análisis de procesos y diagnóstico

En noviembre y diciembre de 2024 se analizaron los datos históricos de las obras realizadas y se detectaron problemas recurrentes como desviaciones en los costes, retrasos en la ejecución o problemas de seguridad. Se evaluaron los tiempos de resolución, el grado de cumplimiento de los plazos y las tipologías de obra, estableciendo una base sólida para la propuesta de soluciones.

1.5.3 Desarrollo en la gestión de obras de distribución eléctrica

Desde diciembre de 2024 hasta mayo de 2025 se trabajó en el diseño de procedimientos estándar, clasificación de tipologías de obra y asignación de recursos y tiempos de ejecución. Además, se diseñó un protocolo de seguridad con un checklist asociado para estandarizar las buenas prácticas y reforzar el cumplimiento técnico y normativo.

1.5.4 Implementación de soluciones digitales y de seguimiento

En el primer semestre de 2025 se desarrolló una herramienta digital de LabVIEW denominada ELEGEST PRO, con capacidad de gestión y priorización de incidentes en baja tensión. Esta aplicación permite registrar obras e intervenciones, clasificar su necesidad, situación, costes y tiempos de resolución, y organizar la información facilitando su análisis y trazabilidad. Además, cuenta con funcionalidades de importación y exportación de datos con Excel, lo que permite su integración con sistemas externos y su utilización como herramienta de planificación y seguimiento operativo.

1.5.5 Estudio técnico-económico de las obras propuestas

Paralelamente al desarrollo técnico, entre marzo y junio de 2025, se realizó un análisis detallado de los costes directos e indirectos, comparando los valores estimados y reales de las intervenciones recientes. Se propusieron medidas para mejorar la eficiencia económica sin poner en peligro la calidad del servicio.

1.5.6 Documentación y conclusiones

En los meses finales del proyecto (abril–julio de 2025), se elaboró el informe técnico final, incluyendo conclusiones, recomendaciones y una reflexión personal sobre el aprendizaje adquirido durante el proceso.

FASES	ACTIVIDADES	2024				2025					
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Toma de Contacto y Conocimiento de la Actividad	Familiarización con los sistemas de gestión de obras de baja tensión y nuevos suministros	■	■								
	Revisión de normativas aplicables al sector.		■								
	Reuniones iniciales con el tutor y el jefe de obra para definir el alcance del proyecto.			■	■						
Análisis de Procesos y Diagnóstico	Identificación de problemas recurrentes, como retrasos o sobrecostos.			■	■						
	Ánalisis de datos históricos de tiempos de resolución, costos y cumplimiento de plazos.			■	■						
Desarrollo en la Gestión de Obras de Distribución Eléctrica	Clasificación de las obras por tipología (reparaciones, ampliaciones, nuevos suministros).		■	■	■	■	■	■			
	Desarrollo de procedimientos estándar para cada tipo de obra.										
	Establecer el personal necesario y el tiempo de ejecución.							■	■	■	
	Diseñar un protocolo de seguridad y junto a esto un Checklist.						■	■	■	■	
Implantación de Soluciones Digitales y de Seguimiento	Desarrollar un software de simulación para analizar cómo diferentes condiciones afectan la gestión de recursos.					■	■	■	■	■	
	Diseñar un modelo para priorizar y resolver averías.					■	■	■	■	■	
Estudio Técnico-Económico de las Obras Propuestas	Ánalisis de costos directos e indirectos.							■	■		
	Comparación de costos estimados y reales en proyectos recientes.							■	■		
	Propuestas para reducir costos manteniendo la calidad del servicio.							■	■		
Documentación y Conclusiones Finales	Elaboración de un informe final.					■	■	■	■	■	
	Presentación de conclusiones y recomendaciones al tutor y al jefe de obra.					■	■	■	■		
	Reflexión personal sobre el aprendizaje obtenido durante el proyecto.					■	■	■	■		

Figura 3: Diagrama de Gantt de la planificación anual del proyecto de gestión de obras de distribución eléctrica en Elecnor.

2. Desarrollo del proyecto

A continuación, se detalla el desarrollo del proyecto, abarcando desde los primeros contactos iniciales hasta la ejecución de las obras y el diseño de soluciones digitales implementadas.

2.1 Toma de contacto y conocimiento de la actividad

La primera fase del proyecto consistió en la inmersión en el entorno profesional de la empresa Elecnor Proyectos y Servicios, concretamente en el área de distribución eléctrica. Esta etapa fue fundamental para comprender la operativa real de los trabajos de campo y oficina técnica, así como para identificar las herramientas, procedimientos y normativa que rigen la ejecución de obras de media y baja tensión.

Durante las primeras semanas, se llevaron a cabo diversas reuniones con el jefe de obra responsable en ellas se definieron los objetivos específicos del TFG, se delimitó el alcance del trabajo y se estableció un plan de acción basado en la planificación anual. Así, se acordó enfocar el proyecto en la mejora de la gestión de recursos técnicos y humanos, tomando como referencia actuaciones reales ejecutadas en la red de distribución de Iberdrola un enfoque práctico y alineado con las necesidades del sector.

En paralelo, se llevó a cabo una familiarización con los sistemas internos de gestión de obras, como:

- Ficheros de producción y control económico de Elecnor.
- Procedimientos de apertura de cuentas de obra.
- Protocolos de archivado y trazabilidad documental.
- Sistemas de seguimiento de partes de trabajo y albaranes.

También se revisó la documentación técnica y administrativa asociada a las obras, incluyendo:

- Certificaciones de trabajos.
- Partes de intervención.
- Presupuestos y valoraciones económicas.
- Planes de Seguridad y Salud de proyectos anteriores.

Para complementar esta fase de toma de contacto, se analizó la estructura organizativa de la empresa. En la Figura 4 se muestra un esquema representativo del organigrama funcional, desde la dirección técnica hasta las brigadas de campo.

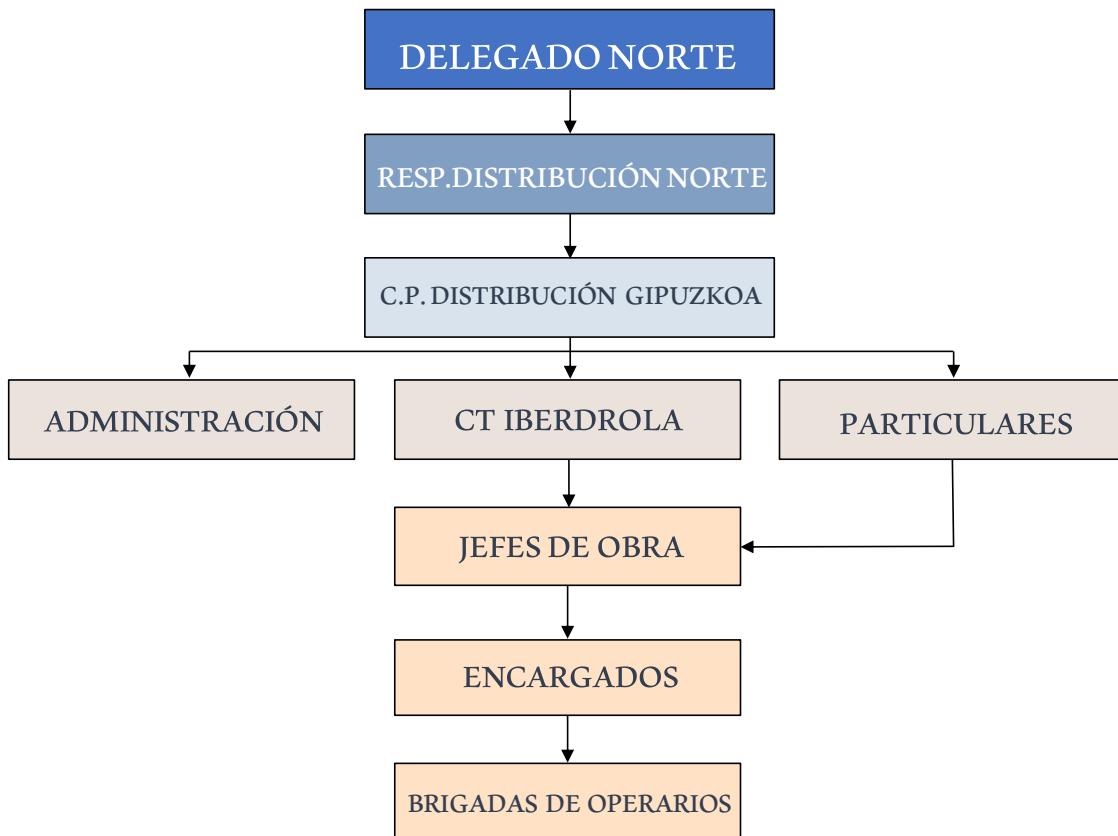


Figura 4: Organigrama operativo del área de distribución eléctrica en la zona Norte.

El diagrama refleja la jerarquía operativa desde el Delegado Norte, pasando por los responsables de distribución, hasta los niveles de gestión y ejecución de obras. Desde el Centro de Producción de Distribución Gipuzkoa se canaliza la relación con distintos actores clave: la administración, los centros técnicos (CT) de Iberdrola y los clientes particulares. A partir de ahí, la estructura técnica y operativa se articula en tres niveles: jefes de obra, encargados y finalmente las brigadas de operarios, quienes ejecutan los trabajos en campo.

Durante el desarrollo del proyecto, el rol se ha centrado en las funciones propias de un jefe de obra, participando activamente en la planificación, coordinación y seguimiento de obras reales dentro de la red de distribución de Iberdrola. Este puesto ha permitido aplicar criterios técnicos, organizativos y económicos, gestionando tanto recursos humanos como materiales, y asegurando el cumplimiento de plazos, calidad y condiciones de seguridad establecidas.

2.2 Análisis de procesos y diagnóstico

Una vez comprendida la estructura organizativa y los procedimientos generales de trabajo en Elecnor, se llevó a cabo una fase de análisis orientada a detectar ineficiencias, cuellos de botella y oportunidades de mejora en la ejecución de obras de distribución eléctrica, especialmente en trabajos de media y baja tensión.

2.2.1 Revisión documental y observación directa

Durante esta etapa se analizaron documentos técnicos y económicos de obras reales ejecutadas por la empresa. Entre ellos destacan:

- Partes de trabajo diarios y hojas de producción.
- Presupuestos iniciales y valoraciones finales.
- Certificaciones y facturas emitidas.
- Informes de seguridad y registros de incidencias.

Además, se participó en reuniones internas con jefes de obra y encargados, y se realizaron visitas a campo, lo que permitió observar de forma directa cómo se desarrollan las fases clave de un proyecto: planificación, ejecución, coordinación y cierre económico.

2.2.2 Identificación de problemáticas

A partir del análisis de obras y de las entrevistas realizadas con el personal técnico, se identificaron una serie de problemáticas recurrentes que afectan al desarrollo y gestión de los trabajos en el ámbito de la distribución eléctrica. Entre ellas, se encuentra la falta de estandarización en los procedimientos de ejecución según la tipología de obra como pueden ser nuevos suministros, actuaciones sobre averías o modificaciones de red, lo cual genera diferencias significativas en los criterios y métodos aplicados por los equipos técnicos.

Asimismo, se observan retrasos en la ejecución, derivados principalmente de errores en la planificación de los medios asignados y, en muchos casos, de una gestión previa deficiente de permisos, documentación técnica o trámites administrativos necesarios para el inicio de las actuaciones. Del mismo modo, otro aspecto relevante es la existencia de desviaciones económicas asociadas a cambios no previstos en obra, a la utilización de materiales distintos a los inicialmente contemplados o bien a la realización de trabajos adicionales no incluidos en los presupuestos iniciales. En consecuencia, todo ello dificulta el control presupuestario y, además, genera incertidumbre sobre los costes finales.

Por otro lado, la gestión de averías presenta ineficiencias relacionadas con la variabilidad en los tiempos de respuesta, los cuales dependen del técnico asignado, de la localización de la incidencia y también de la carga de trabajo general del equipo operativo. Adicionalmente, se ha identificado una duplicidad de documentación entre los sistemas internos de la empresa y las plataformas de gestión del cliente, lo que conlleva una pérdida de tiempo significativa y un aumento en la probabilidad de cometer errores administrativos.

2.2.3 Clasificación de obras

También se procedió a clasificar las obras ejecutadas según su tipología y nivel de criticidad, con el fin de poder comparar los tiempos de ejecución entre los distintos tipos de intervención. Además, se detectó qué tipo de obra genera mayores sobrecostes o tiempos muertos y, en base a ello, propusieron procedimientos específicos y adecuados para cada caso, ajustados a sus características. Las principales categorías identificadas fueron:

- Averías en baja y media tensión.
- Nuevos suministros particulares.

2.3 Reglamentación y seguridad de la obra

2.3.1 Principios generales de prevención

La gestión de la seguridad en las obras de distribución eléctrica sigue los principios generales de la prevención y todas las actuaciones se priorizan las siguientes directrices:

- Eliminación de los riesgos en su origen siempre que sea posible, o su minimización mediante el diseño seguro de los trabajos y procesos.
- Priorización de las protecciones colectivas frente al uso de Equipos de Protección Individual (EPI), reservando estos últimos para situaciones en las que no sea posible eliminar o controlar los riesgos por otros medios.
- Adaptación de los trabajos a las personas, teniendo en cuenta factores ergonómicos y de organización del trabajo para reducir los esfuerzos físicos y el riesgo de accidentes.
- Formación e información continuada de los trabajadores en relación con los riesgos específicos de cada tarea y las medidas preventivas aplicables. Todo el personal debe contar con formación acreditada en trabajos con riesgo eléctrico, trabajos en altura, uso de maquinaria, espacios confinados y procedimientos de rescate.
- Vigilancia y control periódico de los equipos de trabajo y de los EPI, garantizando su correcto estado de conservación y sustitución inmediata en caso de deterioro.
- Integración de la prevención en todas las fases de la obra, desde la planificación y preparación de los trabajos hasta su ejecución y finalización.

El cumplimiento de estos principios se traduce en una planificación preventiva que abarca aspectos tan diversos como la organización del trabajo, la gestión de los recursos, el diseño de las medidas de control, la vigilancia de la salud y la promoción de una cultura de seguridad compartida.

2.3.2 Control y supervisión

El control y la supervisión de la seguridad en las obras de distribución eléctrica es un proceso continuo que se lleva a cabo en todas las fases del trabajo, con el objetivo de asegurar que las condiciones de seguridad son las adecuadas y que las medidas preventivas se aplican de forma efectiva.

El mando o responsable de los trabajos desempeña un papel clave en esta supervisión activa, que se estructura en tres momentos principales:

Antes del trabajo

- Planificación detallada de los trabajos, identificando los riesgos específicos y definiendo los recursos necesarios para su control (humanos, técnicos y materiales).
- Verificación de la disponibilidad y adecuación de los equipos de protección, tanto colectivos como individuales.
- Revisión de los procedimientos de trabajo, asegurando que todo el personal implicado conoce las tareas a realizar, los riesgos asociados y las medidas preventivas aplicables.
- Organización de charlas informativas previas en las que se comunican claramente las instrucciones de seguridad y se resuelven dudas.

Durante el trabajo

- Supervisión directa y continua de la ejecución de los trabajos, comprobando que se cumplen los procedimientos establecidos y que se mantienen las condiciones de seguridad.
- Control del uso adecuado de los equipos de protección por parte de los trabajadores.
- Identificación de condiciones inseguras o desviaciones, con capacidad para corregirlas de inmediato o detener los trabajos si es necesario.
- Comunicación constante con los recursos preventivos presentes en obra y con los equipos de trabajo.

Después del trabajo

- Comprobación de que la zona de trabajo queda libre de riesgos para terceros, eliminando posibles peligros como zanjas abiertas sin protección, restos de materiales u obstáculos en la vía pública.
- Revisión de los equipos utilizados, asegurando su correcto estado para futuros trabajos.
- Recogida de lecciones aprendidas, que puedan servir para mejorar la seguridad en intervenciones similares.

Este enfoque de supervisión activa y sistemática permite mantener un elevado nivel de seguridad en todas las fases del trabajo, fomentando al mismo tiempo una actitud proactiva y responsable entre todo el personal implicado.

2.3.3 Principales riesgos y medidas preventivas

A continuación, se resumen los principales riesgos identificados en los trabajos de distribución eléctrica y las medidas preventivas asociadas:

Tabla 1: Resumen de riesgos y medidas preventivas aplicadas en obra

Riesgo	Medida preventiva principal
Contacto eléctrico	Corte de tensión, 5 reglas de oro, uso de EPI aislantes
Caídas de altura	Uso de arnés, línea de vida, plataformas elevadoras
Golpes y atrapamientos	Orden y limpieza en obra, control de maniobras, uso adecuado de maquinaria
Sobreesfuerzos y riesgos ergonómicos	Ergonomía, ayudas mecánicas, manipulación segura de cargas
Proyecciones de partículas	Protección ocular y facial, control de operaciones

Caída de objetos	Amarre de herramientas, orden en el área de trabajo
Excavaciones (sepultamiento, derrumbe)	Protección de zanjas, entibaciones, control del terreno
Pisadas y caídas al mismo nivel	Orden y limpieza, señalización de obstáculos, mantenimiento de suelos seguros
Riesgo de atropello en obra	Uso de chaleco de alta visibilidad, señalización, control del tráfico, balizamiento adecuado
Riesgo biológico	Vacunación, higiene estricta, uso de EPI adecuados
Riesgo químico	Uso seguro de productos, consulta de fichas de seguridad, almacenamiento adecuado
Exposición a campos electromagnéticos	Respeto de distancias de seguridad, información a trabajadores especialmente sensibles
Riesgo de quemaduras (arco eléctrico, elementos calientes)	Uso de ropa ignífuga, pantallas de protección, control térmico en trabajos en proximidad
Riesgos en trabajos nocturnos y fuera de horario	Iluminación adecuada, pausas planificadas, control de fatiga, organización de turnos segura

La correcta identificación de los riesgos y la aplicación sistemática de las medidas preventivas descritas resultan esenciales para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en las obras de distribución eléctrica. Asimismo, la formación continua, la supervisión activa y el compromiso de todo el personal con la cultura preventiva constituyen pilares fundamentales para mantener un entorno de trabajo seguro y eficiente. En este contexto, la integración de la prevención de riesgos en todas las fases de ejecución de las obras refuerza no solo el cumplimiento normativo, sino también la calidad y sostenibilidad de los servicios prestados.

2.4 Desarrollo de la gestión de obras de distribución eléctrica

Este apartado presenta el procedimiento operativo completo que Elecnor sigue para llevar a cabo una obra en el ámbito de la distribución eléctrica. Este proceso se estructuró tras un análisis realizado en fases anteriores, con el fin de identificar y organizar todas las actividades involucradas en un proyecto, prestando especial atención a la interacción con los sistemas de Iberdrola.

2.4.1 Obras por averías

En el ámbito de la distribución eléctrica, una de las actividades más críticas y exigentes es la gestión de averías, ya que implica actuar con rapidez y precisión para minimizar el impacto sobre los usuarios y garantizar la continuidad del suministro. Este tipo de incidencias activa un protocolo específico donde intervienen múltiples agentes (clientes, Iberdrola, Elecnor, ingeniería, operarios, gestores, etc.), y donde la trazabilidad, la documentación y la capacidad de respuesta son claves para una ejecución eficiente y segura.

En este apartado se detalla, de forma estructurada, el proceso completo de gestión de averías eléctricas en el marco operativo de Elecnor como empresa contratista de Iberdrola (I-DE) en el territorio de Gipuzkoa. El procedimiento se basa en una secuencia de cinco fases operativas y una posterior gestión técnico-administrativa, desde la recepción del aviso hasta el cierre final de la obra. Todo está resumido en la Figura 5.

2.4.1.1 Fase 1: Generación de la avería y notificación inicial

Las averías pueden surgir por muchas razones, y algunas son tan impredecibles como inevitables: desde la caída de árboles sobre las líneas eléctricas hasta la rotura de cables por corrosión o sobrecargas. También pueden fallar los aisladores, o aparecer fenómenos meteorológicos intensos como tormentas, fuertes vientos o nevadas. A veces, incluso, un simple golpe de maquinaria en zonas rurales puede desencadenar el problema.

El primero en notar las consecuencias es el cliente final. De repente, se queda sin suministro eléctrico, ya sea total o parcialmente.

En ese momento, lo más habitual es que el cliente contacte con Iberdrola por los canales habituales: teléfono, aplicación móvil o página web. Una vez notificada la incidencia, queda registrada en la plataforma incide, el sistema interno que Iberdrola utiliza para gestionar este tipo de situaciones.

Y entonces todo se pone en marcha. Iberdrola lanza de forma automática una notificación a Elecnor, que la recibe a través de su sistema de guardias. Es ahí donde comienza lo que llamamos la Fase 1: la detección y notificación de la avería.

2.4.1.2 Fase 2: Activación del retén y desplazamiento al punto afectado

Elecnor cuenta con un sistema de retén operativo las 24 horas del día, los 365 días del año. Siempre hay al menos 4 operarios asignados a cada zona, preparado para actuar ante cualquier incidencia.

En cuanto la avería es registrada, se asigna automáticamente a un vehículo operativo, y en ese momento comienza la Fase 2: movilización del recurso de emergencia.

El operario se desplaza al lugar de la incidencia con el objetivo de evaluar el alcance del daño y, si es posible, efectuar una reparación provisional que permita restablecer parcial o totalmente el suministro.

2.4.1.3 Fase 3: Evaluación y actuación provisional en campo

Si la avería afecta solo a una parte del suministro, y el operario logra restablecer al menos el monofásico (una fase en instalaciones trifásicas), se considera que la incidencia ha entrado en Fase 3. Este paso intermedio permite al cliente disponer de electricidad, aunque no con las condiciones óptimas de servicio.

En paralelo, el operario:

- Realiza una evaluación técnica visual.
- Redacta un plano básico de actuación provisional.
- Recoge fotografías y genera comentarios con información técnica y observaciones.

Todo ello es esencial para la gestión administrativa posterior y para garantizar la trazabilidad de la actuación.

2.4.1.4 Fase 4: Suministro restablecido de forma provisional

Si el operario logra devolver el suministro al cliente mediante un bypass, conexión temporal o empalme de emergencia, se considera que la avería se ha resuelto provisionalmente y ha alcanzado la Fase 4.

Aunque desde el punto de vista del cliente la situación está resuelta, desde el punto de vista técnico-administrativo aún está pendiente la ejecución definitiva de la obra, ya que:

- Los materiales usados pueden ser provisionales.
- No se ha normalizado el esquema eléctrico.
- Falta documentación formal (certificación, validación de ingeniería, etc).

2.4.1.5 Fase 5: Resolución definitiva de la avería

La Fase 5 representa el cierre definitivo de la avería. Es el punto final del proceso, ese momento en el que, tras muchas gestiones y trabajos técnicos, la red vuelve a funcionar con normalidad, cumpliendo todos los estándares establecidos.

No se trata solo de que “vuelva la luz”. Se trata de garantizar que todo está en orden: que lo dañado ha sido reparado, sustituido o adaptado con las condiciones técnicas y de seguridad que exige la distribuidora. Solo entonces se puede dar por cerrada la incidencia.

En esta etapa, las actuaciones más comunes suelen incluir la sustitución de tramos de cable que hayan resultado dañados, el cambio de apoyos estructurales deteriorados, o la reconexión de elementos de la red mediante empalmes que aseguren una continuidad eléctrica fiable. Muchas veces, para llevar a cabo estos trabajos, hace falta usar maquinaria específica: plataformas elevadoras, equipos especiales... sobre todo en zonas urbanas o de acceso complicado.

Ahora bien, no todo es cuestión de herramientas. Esta fase también implica coordinar muchos factores. Por ejemplo, a menudo se necesitan permisos para cortar calles, ocupar la vía pública o incluso talar árboles si hay líneas que pasan por zonas privadas. Y si la solución técnica requiere rediseñar parte de la red o intervenir sobre infraestructuras especiales como centros de transformación o cruces complejos, es imprescindible contar con el visto bueno del departamento de ingeniería.

El objetivo final es claro: devolver a la red su plena funcionalidad de forma segura, eficiente y duradera. Y con ello, cerrar el ciclo de la avería cumpliendo con todas las garantías técnicas, operativas y administrativas necesarias.

2.4.1.6 Gestión posterior a la intervención

Una vez realizada la intervención en campo, ya sea provisional (F4) o definitiva (F5), se activa una fase clave en la operativa de Elecnor: la gestión técnico-administrativa posterior a la actuación, que incluye el análisis, validación, documentación, tramitación y certificación de las obras realizadas en el marco del contrato con Iberdrola.

1. Revisión técnica por parte del jefe de obra

Cada mañana, el jefe de obra de Elecnor accede al sistema para revisar todas las averías notificadas, atendidas o en proceso del día anterior. Esta revisión se realiza principalmente a través de la plataforma inciDE, donde Iberdrola registra todas las incidencias abiertas, en curso o finalizadas, con sus respectivos estados.

El objetivo de esta revisión es:

- Verificar cuáles se han resuelto completamente (F5).
- Detectar cuáles se han dejado en estado provisional (F4).
- Validar que toda la información registrada por los operarios esté completa y correcta.

2. Asignación de número de obra y apertura documental

Una vez que se detecta una avería y se confirma que requiere intervención, se da un paso clave en el proceso: la apertura formal del expediente. Para ello, se genera un número de obra en el sistema de producción de Elecnor. Este código, único e irrepetible, será a partir de ese momento el "DNI" de la incidencia. Gracias a él, se puede hacer un seguimiento completo de todo lo que ocurre desde el inicio hasta el cierre definitivo.

Este número de obra no es solo un identificador. Es la puerta de entrada a un expediente digital en el que se integra toda la información relevante: partes de trabajo del personal técnico, albaranes de materiales, fotografías del estado de la instalación antes y después de la reparación, planos actualizados.... Todo queda registrado, vinculado y ordenado para garantizar una ejecución rigurosa y bien documentada.

Además, este sistema permite llevar un control muy detallado de los recursos utilizados: qué materiales se han empleado, cuántas horas de trabajo se han invertido, qué maquinaria ha sido necesaria. Este seguimiento es vital, no solo para tener un control operativo, sino también para evaluar los costes, analizar la eficiencia del trabajo realizado y elaborar informes que ayuden a mejorar en el futuro.

3. Recopilación de documentación técnica

La recopilación de información para la gestión de averías se apoya en diversas fuentes que permiten obtener una visión precisa y completa de cada incidencia, tanto desde el punto de vista técnico como operativo.

- inciDE (I-DE): plataforma de gestión de incidencias que recoge el histórico de la avería, observaciones del cliente, hora de notificación, datos técnicos de la instalación afectada y anotaciones del gestor de red.

- GAO (Elecnor): sistema interno donde los operarios registran los partes de trabajo, especificando horas empleadas, tipo de actuación, materiales utilizados y observaciones técnicas.
- GENESIS (I-DE): visor georreferenciado que permite localizar con exactitud líneas, apoyos, centros de transformación, arquetas y demás elementos de la red, facilitando la comprensión de la topología eléctrica del entorno.

A todo ello se suma la documentación gráfica generada directamente por los operarios, quienes están obligados a registrar evidencia visual de cada intervención. Las fotografías tomadas antes, durante y después de la reparación, permiten una mejor interpretación de las condiciones reales encontradas en el terreno y sirven como respaldo técnico para el jefe de obra

Finalmente, la labor del jefe de obra y del encargado de campo resulta clave para validar y completar esta información. El encargado, tras recibir la documentación preliminar, realiza una visita técnica al lugar de la avería con el objetivo de contrastar las actuaciones ejecutadas, verificar el estado de la instalación y, en caso necesario, definir con precisión el alcance de una posible actuación definitiva. Esta verificación sobre el terreno aporta un punto de control y coherencia a todo el proceso de gestión.

4. Tramitación con Iberdrola y clasificación de obra

Una vez el jefe de obra y el encargado tienen clara la actuación realizada la actuación necesaria, se elabora un informe técnico de resolución de avería, que se envía al gestor de zona de Iberdrola (I-DE).

En este punto, se definen dos escenarios:

a) Obras sin necesidad de permisos

Este tipo de actuaciones incluye reparaciones menores o urgentes que no requieren gestión externa ni intervención de organismos públicos o propietarios. Algunos ejemplos:

- Sustitución de conectores o fusibles.
- Instalación de manguitos.
- Elevación de un vano flojo.
- Reconexión simple de conductor.

En estos casos, Elecnor puede ejecutar la obra de forma inmediata, sin necesidad de esperar adjudicación formal. Se actúa con agilidad para resolver definitivamente la avería, y posteriormente se justifica la actuación con documentación técnica y partes de trabajo.

b) Obras con necesidad de permisos

En determinadas situaciones, la solución definitiva de una avería implica una intervención de mayor envergadura, que requiere:

- Tala a poda de árboles.
- Reposición de apoyos en suelo urbano o rural.
- Ocupación de dominio público.
- Actuaciones sobre propiedades privadas, como cambios de apoyos.

Cuando se detecta que la resolución de una avería requiere una actuación estructural definitiva, el gestor de I-DE traslada el caso al departamento de ingeniería. Este se encarga de gestionar los contactos con propietarios o administraciones, tramitar los permisos necesarios y redactar el proyecto técnico definitivo que permitirá ejecutar la obra conforme a los requisitos normativos y operativos establecidos.

Solo cuando todos los permisos están concedidos, I-DE adjudica oficialmente la obra a Elecnor, enviando el pedido correspondiente a través del sistema interno.

5. Ejecución de la obra

Una vez que Iberdrola (I-DE) adjudica formalmente la obra definitiva, Elecnor pone en marcha la fase de planificación operativa. Es aquí donde comienza el trabajo de verdad sobre el papel: se revisa el proyecto técnico con lupa y se define con claridad qué se va a hacer realmente sobre el terreno.

La asignación de brigadas no se deja al azar. Se tiene en cuenta el tipo de actuación (si es sobre líneas aéreas, subterráneas, centros de transformación...) y se eligen los equipos según su especialización, disponibilidad y carga de trabajo en la zona. El jefe de obra, junto con el encargado, selecciona al personal más adecuado y define los turnos, las jornadas previstas y la logística de los desplazamientos.

Al mismo tiempo, se organiza todo lo necesario en cuanto a materiales. El almacén se encarga de preparar y pedir los suministros conforme a las especificaciones del proyecto, asegurando que todo esté disponible cuando se necesite. También se reservan los medios auxiliares: vehículos, plataformas elevadoras, maquinaria específica... lo que haga falta, según el tipo de obra y el terreno.

Y si los trabajos afectan a líneas en servicio, se gestionan los descargas de red con I-DE, para garantizar que todo se desarrolla con la máxima seguridad.

6. Valoración, rediseño del pedido y certificación

Una vez finalizados los trabajos sobre el terreno, comienza otra parte esencial del proceso: el cierre administrativo del expediente. El jefe de obra recopila toda la documentación técnica y operativa y procede a rediseñar el pedido inicial. Es decir, lo ajusta para que refleje exactamente lo que se ha hecho en campo: unidades de obra, materiales utilizados, horas reales, etc.

Este pedido rediseñado se envía al gestor de Iberdrola, quien lo revisa y valida. Si todo está conforme, se actualiza el estado de la avería en el sistema y se clasifica oficialmente como cerrada en Fase 5 (F5), lo que implica que la incidencia ha sido resuelta de forma definitiva y bajo los criterios establecidos.

Con la validación del gestor, Elecnor certifica la obra: registra oficialmente lo ejecutado y su correspondiente valoración económica. Este paso no es menor: permite justificar la intervención, contabilizar bien los recursos empleados y sumar ese trabajo a los objetivos operativos y económicos del mes.

7. Cierre administrativo por parte de Iberdrola

Ya con la certificación de Elecnor sobre la mesa, el expediente pasa a su última revisión por parte del gestor de I-DE. Aquí se comprueba que todo está en orden: que el suministro eléctrico ha sido

restablecido correctamente, que la documentación aportada es completa, y que el pedido rediseñado se ajusta fielmente a lo que realmente se hizo.

Cuando todo cuadra, el gestor cierra definitivamente la obra en el sistema de gestión de Iberdrola. La incidencia queda así registrada como resuelta y documentada, tanto a nivel técnico como administrativo. Fin del proceso.

8. Incentivos por eficiencia operativa

Y como en todo buen sistema, el esfuerzo bien hecho tiene recompensa.

Para fomentar la rapidez, la calidad documental y la eficiencia en la resolución de incidencias, Iberdrola ha implantado un sistema de incentivos económicos. La lógica es sencilla: si el trabajo se hace bien y a tiempo, se premia.

Cuando Elecnor supera las diez averías gestionadas en una misma semana, cumpliendo los plazos y entregando toda la documentación requerida, se le concede un incentivo del 1,25 % del valor económico total de las obras ejecutadas. Este sistema no solo mejora el rendimiento operativo y los resultados del centro de trabajo. También motiva al equipo, refuerza la cultura de calidad y premia el compromiso con un trabajo bien hecho. Porque al final, detrás de cada avería resuelta, hay personas que se esfuerzan por hacer las cosas bien. Y eso, merece reconocimiento.

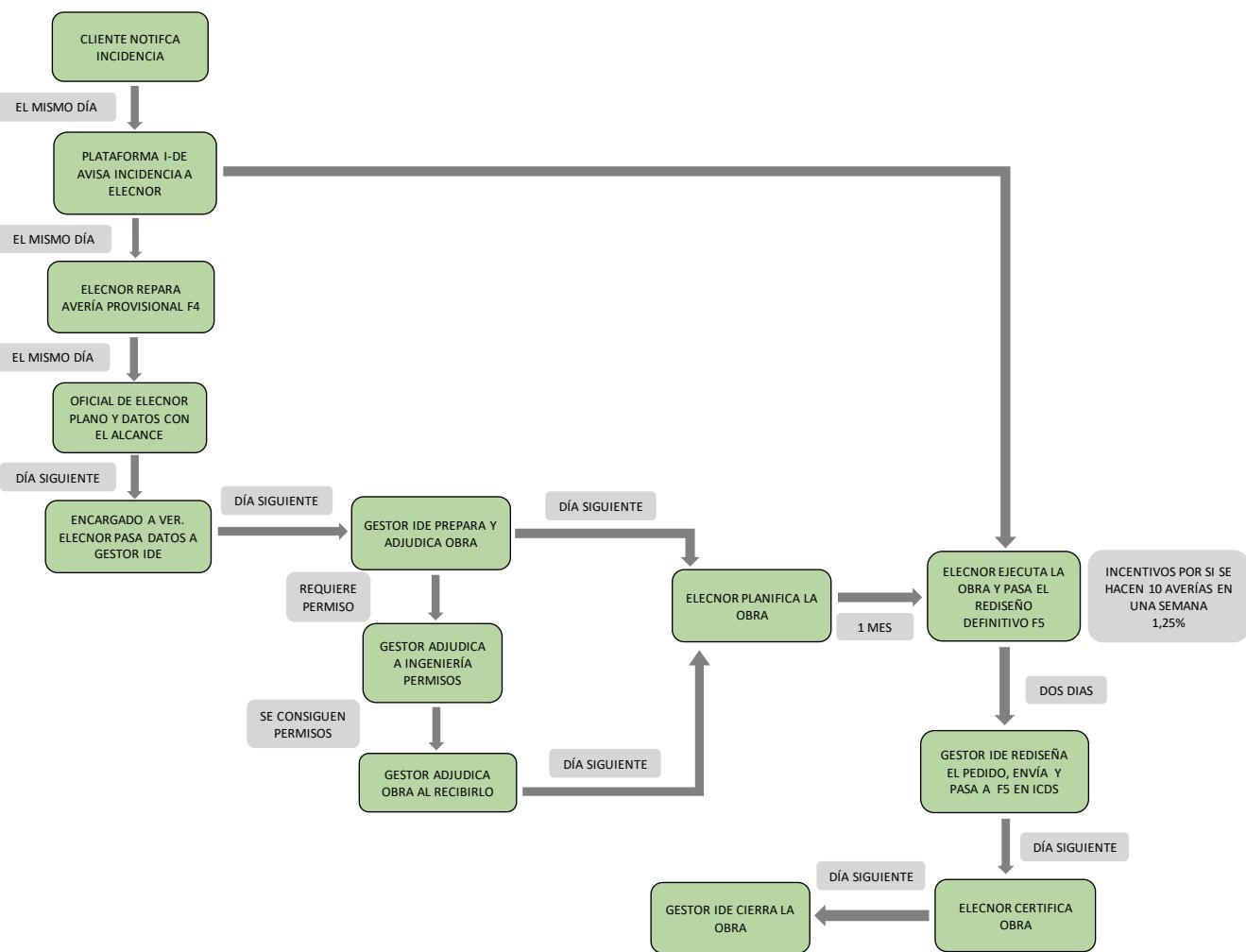


Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de gestión de averías en la red de distribución: notificación, planificación, ejecución y cierre.

2.4.2 Obras por Nuevos suministros

A diferencia de las averías, que exigen una respuesta inmediata y casi siempre urgente, los nuevos suministros se gestionan con otra lógica. Aquí no se actúa a contrarreloj, sino bajo un enfoque de proyecto planificado, con fases bien definidas que abarcan desde la gestión documental y el diseño técnico hasta la ejecución de la obra y su posterior cierre administrativo.

Este procedimiento se aplica, sobre todo, a usuarios particulares, comunidades de vecinos, locales comerciales o nuevas promociones que solicitan conexión a la red eléctrica de distribución, ya sea en baja o media tensión.

A continuación, se describe paso a paso cómo se desarrolla todo el proceso como se puede observar en la Figura 6, desde que el cliente presenta la solicitud hasta que se cierra definitivamente el expediente.

2.4.2.1 Fase 1 - Solicitud del cliente en plataforma I-DE

Todo comienza cuando un cliente; puede ser un particular, una promotora o una constructora. Realiza una solicitud de nuevo suministro a través de la plataforma digital de Iberdrola (I-DE). Desde esta misma plataforma se pueden gestionar no solo altas nuevas, sino también modificaciones de potencia, acometidas temporales o solicitudes de enganche.

En cuanto se recibe la petición, el sistema le asigna automáticamente un número de expediente y un técnico responsable, lo que marca el inicio del ciclo administrativo del suministro.

2.4.2.2 Fase 2 – Requerimiento de documentación técnica

El técnico de Iberdrola revisa la solicitud y, si detecta que falta información, solicita al cliente una serie de documentos adicionales. Entre ellos pueden estar los planos de situación, certificados de instalación, títulos de propiedad o previsiones de carga instalada.

Este intercambio de documentación que puede implicar contacto directo con el cliente o su instalador autorizado, queda registrado en la plataforma. Esta fase es crucial para asegurarse de que la instalación cumple con todos los requisitos antes de conectar nada a la red.

2.4.2.3 Fase 3 – Adjudicación del proyecto a Ingeniería

Una vez que se ha recibido y validado toda la documentación técnica, Iberdrola adjudica la solicitud a una empresa de ingeniería. Esta será la encargada de estudiar la viabilidad del proyecto, definir técnicamente la solución más adecuada, y determinar el punto de conexión más óptimo dentro de la red existente. Con esta adjudicación, arranca la parte más técnica del proceso.

2.4.2.4 Fase 4 – Diseño técnico del pedido por parte de Ingeniería

La ingeniería elabora un diseño técnico detallado del suministro. Este diseño incluye todos los documentos necesarios para llevar a cabo la actuación: plano del trazado previsto, memoria técnica justificativa, y un presupuesto estimado de ejecución. Se trata de definir exactamente qué se va a hacer, cómo y con qué recursos.

2.4.2.5 Fase 5 – Adjudicación de la obra a Elecnor

Una vez aprobado el diseño técnico por parte de Iberdrola, el gestor de zona adjudica formalmente la ejecución de la obra a Elecnor.

Iberdrola comunica el número de pedido y avisa oficialmente de que Elecnor pasa a ser responsable de ejecutar la actuación conforme al proyecto aprobado.

A partir de ahí, Elecnor se pone en marcha: planifica los trabajos, organiza al equipo, gestiona los materiales y coordina los medios necesarios. Todo debe estar preparado para ejecutar la obra sin contratiempos.

El jefe de obra de Elecnor revisa cuidadosamente toda la información recibida: comprueba que el diseño es viable, que no hay lagunas técnicas, que los datos son correctos y que nada importante ha quedado en el aire. Solo entonces transfiere la información al encargado y al equipo operativo, para que puedan preparar y ejecutar la obra con garantías.

2.4.2.6 Fase 6 – Planificación de la obra

Una vez que Iberdrola asigna oficialmente la obra a Elecnor, empieza la fase de planificación. En esta etapa se decide cómo y cuándo se va a hacer el trabajo. Es un momento importante porque no solo hay que organizar al equipo de Elecnor, sino también coordinarse con otras personas, sobre todo con el instalador del cliente, ya que cada uno tiene responsabilidades distintas.

En los nuevos suministros eléctricos, Elecnor, como empresa contratista autorizada por Iberdrola, tiene la responsabilidad únicamente sobre la parte correspondiente a la red de distribución, es decir, desde el punto de conexión hasta la caja de medida o punto de entrega según el diseño aprobado. Sin embargo, la conexión entre ese punto y la instalación interior del cliente es responsabilidad del instalador particular autorizado, designado por el propio solicitante del suministro.

Por este motivo, es imprescindible que antes de ejecutar la obra, Elecnor se ponga en contacto con el instalador del cliente para coordinar la intervención. Se acuerda una fecha para la actuación, y se detalla qué tareas realizará cada parte y en qué orden. Esta coordinación evita interferencias, garantiza la seguridad de todos los intervenientes y facilita que la obra se complete en un único desplazamiento, sin imprevistos ni interrupciones.

El jefe de obra, una vez revisado el expediente técnico (planos, memoria y presupuesto), informa al encargado, que se encargará de verificar en campo las condiciones reales del terreno, accesos, disponibilidad de medios, estado de la red existente y existencia de posibles interferencias con otras infraestructuras. A la vez, se revisa la necesidad de medios auxiliares (vehículos especiales, plataformas, corte de calzada, etc.), así como la disponibilidad de materiales en almacén o su necesidad de aprovisionamiento.

Además, si la obra requiere de descargo de red, es decir, la interrupción temporal del suministro en una línea o parte de la instalación, se inicia el procedimiento interno para solicitarlo con antelación a Iberdrola.

Una vez se tiene la validación interna del equipo técnico y se ha coordinado la actuación con el instalador del cliente, se establece una fecha de ejecución definitiva, siempre respetando los plazos marcados por el contrato marco y las condiciones de seguridad establecidas en el plan de seguridad y salud.

2.4.2.7 Fase 7 – Ejecución de la obra

Una vez finalizada la planificación técnica y organizativa, y tras coordinar con el instalador particular la fecha y condiciones de intervención, se procede a la ejecución de la obra por parte de Elecnor. Esta fase constituye el núcleo del proceso, ya que es cuando se materializa físicamente la conexión a la red de distribución y se ponen en marcha todos los recursos humanos, materiales y técnicos previamente previstos.

La ejecución comienza con el desplazamiento al emplazamiento del equipo de trabajo designado, que puede estar compuesto por una o varias brigadas en función de la magnitud de la actuación. El encargado se asegura, al llegar, de que:

- El instalador del cliente esté presente y preparado para ejecutar su parte si la conexión debe realizarse en el mismo acto.

- Se cumplen las condiciones de seguridad previstas en el Plan de Seguridad y Salud.
- Están disponibles todos los medios auxiliares necesarios (excavadoras, camión-cesta, herramientas, EPI...).
- Los materiales que se utilizarán coinciden con los indicados en el diseño aprobado.

Durante la ejecución, el encargado supervisa que todas las operaciones se realicen conforme al trabajo que hay que realizar.

Todo el desarrollo de la obra se documenta de forma continua. Se toman fotografías del antes, durante y después de la ejecución, se anotan incidencias si las hubiera y se rellenan los partes de trabajo diarios en la aplicación GAO, especificando:

- Horas de trabajo por operario.
- Medios utilizados.
- Tareas realizadas.
- Observaciones relevantes.

En el caso de que surjan imprevistos técnicos o cambios sobre el diseño original (modificación de trazado, afecciones no previstas, etc.), el encargado lo comunica al jefe de obra, quien valorará si es necesario modificar el diseño o notificarlo a Iberdrola para su validación.

Una vez finalizados todos los trabajos y comprobado que la instalación es segura, funcional y conforme al diseño técnico, se considera que la obra ha sido ejecutada.

2.4.2.8 Fase 8 – Envío del rediseño definitivo

Una vez terminados los trabajos en campo, llega una fase igual de importante, aunque menos visible: el rediseño técnico y económico del pedido. Este paso tiene un objetivo muy claro: ajustar el expediente a la realidad de lo que se ha hecho, y no simplemente a lo que estaba previsto sobre el papel.

Durante la ejecución pueden surgir imprevistos: un cambio en el trazado por una interferencia, un acceso más complicado de lo esperado, materiales que se sustituyen por otros equivalentes... Por eso, es fundamental revisar todo y reflejarlo con precisión.

El jefe de obra se encarga de esta tarea. Para ello, analiza todos los partes de trabajo que los operarios han registrado en el sistema GAO, revisa los planos y croquis que pudieron modificarse sobre el terreno y recopila las fotografías tomadas durante la intervención.

Con toda esa información en la mano, elabora el rediseño técnico definitivo. En él se actualizan las unidades de obra, se ajustan medidas, se sustituyen elementos si es necesario y se recalculan los costes conforme a lo realmente ejecutado. Si ha habido algún cambio relevante, también se incluyen observaciones justificativas que expliquen el motivo.

Este nuevo pedido se remite al gestor de Iberdrola, que debe validarla para que se pueda actualizar el expediente oficialmente.

Y aquí es donde entra la importancia de hacer bien este trabajo: un rediseño inexacto o mal documentado con unidades erróneas, sin fotos, sin justificación técnica puede provocar retrasos,

devoluciones del expediente o incluso problemas a la hora de facturar. En cambio, si se hace con rigor y claridad, el proceso fluye sin complicaciones y se garantiza una certificación económica correcta.

2.4.2.9 Fase 9 – Certificación de la obra

Una vez que el gestor aprueba la actuación, Elecnor certifica oficialmente la obra, dejando constancia de los trabajos realizados y del coste asociado. Este paso es clave, ya que permite justificar lo que se ha hecho y registrar correctamente los recursos utilizados.

2.4.2.10 Fase 10 – Cierre administrativo por parte del gestor de I-DE

Este cierre lo realiza el gestor de Iberdrola asignado al pedido, quien verifica que toda la información técnica, económica y documental está correcta y completa. Revisa que se ha cumplido el diseño aprobado, que los tiempos se han respetado y que no quedan pendientes ni anomalías registradas en la plataforma.

Una vez validados todos estos aspectos, el gestor actualiza el estado de la actuación en el sistema como finalizada, dejando así constancia de que el suministro ha sido ejecutado con éxito y queda a disposición del cliente final. A partir de ese momento, el usuario puede completar el alta definitiva de su contrato y disponer del servicio eléctrico de forma permanente.

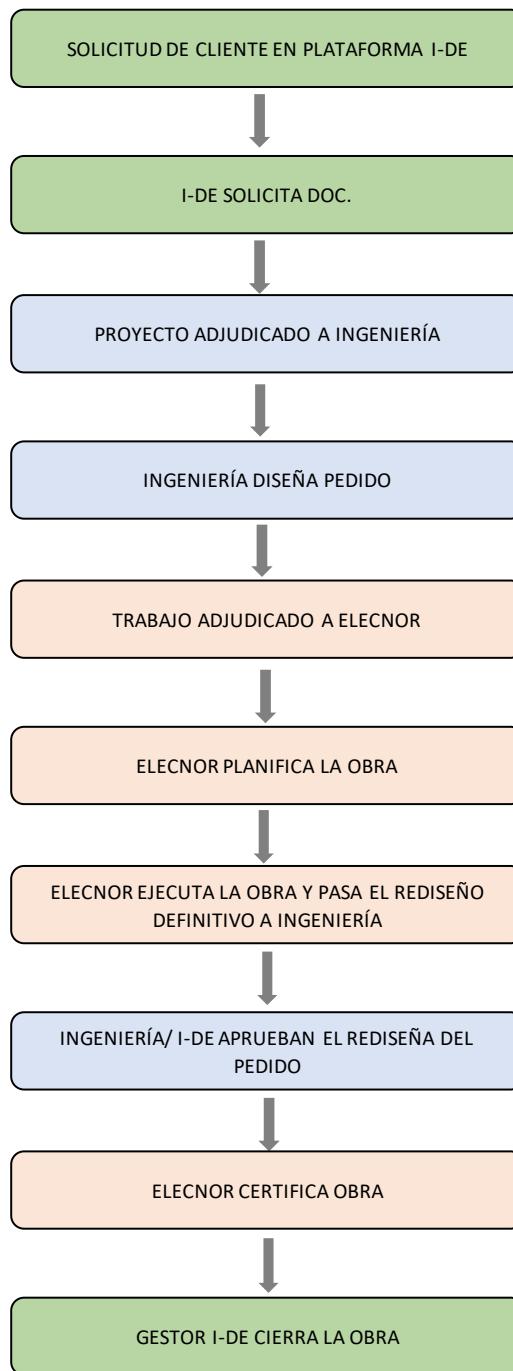


Figura 6: Flujo de gestión de nuevos suministros: desde la solicitud inicial hasta la certificación de la obra.

2.4.3 Gestión de residuos

Durante la ejecución de trabajos en red de distribución, especialmente en actuaciones de mantenimiento, sustitución de elementos o reparación de averías, se generan residuos que deben ser

correctamente gestionados conforme a la normativa ambiental vigente. Entre ellos destacan restos de cableado, aceites dieléctricos, escombros, elementos metálicos y residuos peligrosos como baterías o aislantes contaminados.

Elecnor aplica un protocolo interno de segregación, recogida y transporte de residuos hasta gestor autorizado, garantizando su trazabilidad mediante albaranes y registros ambientales. Esta gestión se realiza en coordinación con Iberdrola y conforme a sus requisitos de sostenibilidad, respetando la legislación sobre residuos industriales y peligrosos.

El cumplimiento de estas obligaciones forma parte del compromiso medioambiental de la empresa y es auditado periódicamente como parte de los sistemas integrados de calidad, medio ambiente y seguridad.

2.5 Sistemas utilizados

2.5.1 GAO: Gestión y validación de partes de trabajo

La plataforma GAO (Gestión de Actividades y Operaciones) es la herramienta interna que Elecnor utiliza en su día a día para gestionar los partes de trabajo del personal de campo. Es una pieza clave en el control operativo, ya que permite llevar un seguimiento completo y trazable de todas las actuaciones realizadas en las obras de distribución eléctrica, tanto en régimen normal como en servicios de retén.

Aunque GAO ofrece muchas funcionalidades desde el control de tiempos, la asignación de operarios a obras o la gestión de vehículos, hasta el seguimiento de actividades y la emisión de informes, en la práctica diaria hay una función que destaca por encima del resto: la validación de partes por parte del jefe de obra.

Este proceso es esencial para asegurar que todo lo ejecutado queda correctamente registrado, justificado y vinculado al expediente correspondiente. Además, permite tener una visión clara y actualizada del avance de cada intervención, facilitando tanto la gestión técnica como administrativa de los trabajos en campo.

Cada vez que un operario finaliza una intervención en campo, debe registrar su parte de trabajo en GAO. Este parte incluye:

- Fecha y tipo de trabajo
- Número de obra asociado.
- Horas realizadas y suplementos aplicables (nocturnidad, festivo...).
- Observaciones técnicas y, fotografías asociadas.

Estos partes quedan pendientes de validación en el sistema, y es responsabilidad del jefe de obra revisarlos uno por uno. Para ello, GAO ofrece un panel de filtrado por fechas, operarios o tipos de parte, lo que facilita enormemente la tarea de revisión y control.

El jefe de obra puede:

- Validar directamente los partes si la información es correcta.
- Devolverlos si falta información o si hay errores (por ejemplo, asignación a obra incorrecta).
- Cambiar la asignación de obra o encargado.

- Imprimir partes si es necesario para entregarlos físicamente.
- Visualizar su vinculación con vehículos mediante la integración con KYROS, el sistema de localización y control vía GPS.

La validación correcta de los partes en GAO no es un simple trámite administrativo. Es una tarea fundamental, porque de ella depende la alimentación del sistema de producción mensual, la certificación de horas trabajadas y la valoración económica de cada obra.

Cada parte que se aprueba queda vinculado oficialmente a una obra concreta, justificando de forma precisa los recursos humanos que se han empleado. Es la base que permite demostrar qué se ha hecho, quién lo ha hecho y cuánto tiempo ha llevado.

Por eso, GAO no es solo una herramienta para “llevar el control”. Es una pieza clave del engranaje operativo, económico y técnico de Elecnor en sus trabajos dentro del ámbito de la distribución eléctrica. A través de esta plataforma, se garantiza la trazabilidad, la transparencia y el rigor en la ejecución y gestión de las obras.



Figura 7: Icono de la aplicación de GAO

2.5.2 IncIDE

InciDE es la plataforma desarrollada por Iberdrola para gestionar, en tiempo real, todo el ciclo de vida de las incidencias en la red de distribución eléctrica. Su papel es fundamental: permite registrar, clasificar, geolocalizar, comunicar y cerrar cualquier tipo de incidencia que afecte al suministro eléctrico de los clientes. Ya sea una avería, una desconexión programada, un fallo de red o cualquier otro evento técnico que ponga en riesgo la continuidad del servicio, incide lo gestiona desde el primer momento.

En cuanto un cliente notifica un problema o el sistema detecta automáticamente una anomalía, la plataforma genera un expediente digital con un número de incidencia único. A partir de ahí, toda la información relacionada con esa incidencia queda centralizada y trazada: desde los datos técnicos hasta los tiempos de respuesta y las actuaciones realizadas.

La plataforma permite a los jefes de obra y técnicos de Elecnor:

- Consultar en tiempo real todas las incidencias abiertas en su zona geográfica, filtrando por fecha, estado (F1 a F5), tipo de incidencia (monofásico, trifásico, baja tensión, media tensión), región o cliente afectado.
- Acceder a datos técnicos precisos de la incidencia, como ubicación, dirección, CT afectado, número de clientes sin servicio, y tipo de red afectada (BT o MT).
- Visualizar las fases del proceso de resolución, desde el aviso inicial hasta la resolución definitiva (Fase 5), incluyendo registros intermedios, comunicaciones y responsables de cada acción.

- Revisar las comunicaciones de gestión interna, donde se deja constancia de cada movimiento: quién recibió el aviso, cuándo se activó el recurso, qué coche se asignó, cuánto tiempo tardó en llegar, qué trabajos se realizaron y en qué momento se comunicó el cierre.
- Cargar y visualizar fotografías de campo subidas por los operarios tras la actuación.
- Analizar la carga de trabajo histórica, número de llamadas recibidas y trazabilidad de cada expediente.

Para Elecnor, inciDE es la herramienta de referencia en la gestión de averías. Todo el sistema de actuación en campo parte de la información que se gestiona a través de esta plataforma.

Gracias a inciDE, el jefe de obra puede:

- Controlar diariamente todas las incidencias abiertas o pendientes de certificar.
- Planificar recursos de forma priorizada según criticidad.
- Garantizar la trazabilidad documental necesaria para justificar tiempos, medios empleados y resolución técnica.



Figura 8: Icono de la aplicación de inciDE

2.5.3 GENESIS: Visor técnico georreferenciado de red de distribución

GENESIS es mucho más que una herramienta cartográfica. Desarrollada por Iberdrola, permite visualizar, consultar y analizar, de forma clara y precisa, toda su red de distribución eléctrica. Representa con detalle y de forma georreferenciada cada elemento de la red, ya sea en baja, media o alta tensión.

Para un jefe de obra, GENESIS es como tener una vista aérea pero con lupa técnica de todo lo que hay sobre el terreno. Permite acceder a información clave para estudiar, diseñar, replantear y ejecutar una actuación con seguridad y eficacia. Saber dónde están exactamente los apoyos, los centros de transformación, las arquetas o los tramos de línea puede marcar la diferencia entre una obra fluida y una llena de contratiempos.

Por eso, su uso es diario. Casi imprescindible. En obras de nuevos suministros, reparaciones, ampliaciones o resolución de incidencias, GENESIS está siempre presente. Porque en el trabajo de campo, ver bien es planificar mejor. Y cuando el plano encaja con la realidad, todo fluye con más agilidad, menos errores y mejores resultados.

GENESIS permite:

- Localizar instalaciones eléctricas concretas (centros de transformación, líneas, arquetas, derivaciones, apoyos, PIAs, acometidas).
- Consultar la configuración de red existente en una zona determinada
- Visualizar la ubicación exacta de clientes, CTs y derivaciones conectadas.

- Planificar obras conociendo de antemano los elementos a intervenir y el entorno físico real.
- Comprobar interacciones con infraestructuras cercanas (viales, edificios, terrenos, etc.) mediante su integración con Google Maps.

Además, gracias a la funcionalidad de búsqueda avanzada por instalación, zona o código de CT, el sistema permite filtrar rápidamente la instalación deseada y acceder a su ficha técnica, incluyendo ID, zona de distribución, grupo de tensión, y elementos conectados.

GENESIS cuenta con una interfaz intuitiva y potente que permite:

- Navegar por capas activables (BT, MT, líneas, CTs, etc.).
- Medir distancias, generar redlines y exportar planos.
- Imprimir mapas personalizados para su uso en campo o adjuntarlos a memorias técnicas.
- Consultar directamente el código de cliente o instalación y vincularlo con otras herramientas como inciDE



Figura 9: Icono de la aplicación GENESIS

3. Trabajos en descargo

En el entorno de la distribución eléctrica, la seguridad es un aspecto prioritario que condiciona tanto la planificación como la ejecución de cualquier intervención sobre la red, especialmente en instalaciones de media y alta tensión. Cuando no es posible garantizar la seguridad trabajando con la instalación energizada, se recurre al procedimiento de descargo, una operación formal, regulada y obligatoria que permite desenergizar una parte de la red para intervenir con garantías.

El descargo no se limita a cortar la tensión de una instalación; implica una cadena de acciones técnicas, validaciones y responsabilidades entre varios agentes, que deben actuar de forma perfectamente coordinada. Este procedimiento, regulado por la normativa interna del grupo i-DE (Iberdrola), asegura que no se produzcan errores humanos y que los trabajos se desarrollen en una Zona de Trabajo (ZT) claramente delimitada, desenergizada, conectada a tierra y debidamente señalizada, cumpliendo con las conocidas Reglas de Oro de la seguridad eléctrica.

A lo largo de este apartado se describen las funciones de los distintos profesionales implicados (solicitante, operador local, jefe de trabajos, AZT, PRL, entre otros), así como las fases que componen el procedimiento de descargo, desde la solicitud hasta la devolución. También se abordarán las medidas específicas de seguridad asociadas a este tipo de trabajos, fundamentales para garantizar la integridad de las personas y de las instalaciones.

3.1 Agentes implicados en un descargo y sus funciones

La correcta ejecución de un trabajo en descargo no depende solo de seguir un protocolo técnico. Requiere algo igual de importante: una coordinación precisa entre varios profesionales, cada uno con un rol claramente definido dentro del procedimiento.

La comunicación fluida, la trazabilidad de cada paso y el cumplimiento riguroso de las responsabilidades asignadas son fundamentales para asegurar que la instalación quede totalmente desenergizada, correctamente señalizada y lista para trabajar en condiciones seguras.

A continuación, se describen los principales perfiles que intervienen en un procedimiento de descargo, según lo establecido en la normativa MO.07.P2.03, así como las funciones que asume cada uno. Entender quién hace qué es la base para que todo el proceso funcione con eficacia y sin riesgos.

3.1.1 Solicitante del descargo

Es el responsable de iniciar el procedimiento, generalmente el jefe de obra o técnico de la empresa contratista que va a ejecutar el trabajo.

Sus funciones principales son:

- Solicitar formalmente el descargo.
- Indicar con precisión el alcance de los trabajos, ubicación, fechas y personal implicado.

- Adjuntar, si es necesario, documentación técnica complementaria (planos, fotos, permisos...).

3.1.2 COD (Centro de Operación de Distribución)

Es la unidad de Iberdrola encargada de autorizar y coordinar los trabajos en red, en función del tipo de instalación y zona geográfica.

Funciones:

- Recibir y analizar la solicitud de descargo.
- Validar su viabilidad técnica y de explotación.
- Determinar el tramo a descargar y emitir las condiciones de seguridad necesarias.
- Comunicar las instrucciones al Operador Local.

3.1.3 AZT (Agente de Zona de Trabajo)

Es la persona de Iberdrola o de la empresa contratista autorizada que certifica que se han adoptado todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad en la Zona de Trabajo (ZT).

Entre sus funciones:

- Comprobar que el equipo o instalación está sin tensión.
- Ordenar y verificar la aplicación de las Reglas de Oro.
- Confirmar que se ha creado la Zona de Trabajo segura (señalizada, conectada a tierra y en cortocircuito).

3.1.4 JT (Jefe de Trabajos)

Es el responsable técnico del equipo que va a ejecutar los trabajos. Debe tener conocimientos y formación sobre trabajos en tensión o sin tensión, y experiencia en maniobras.

Responsabilidades:

- Coordinar al equipo de trabajo.
- Comprobar en campo que se cumplen las condiciones de seguridad.
- Suspender los trabajos en caso de detectar condiciones no seguras.
- Devolver el descargo cuando finalicen los trabajos.

3.1.5 OL (Operador Local)

Persona que, bajo instrucciones del COD, realiza las maniobras de apertura, cierre, puesta a tierra y señalización en campo.

Funciones:

- Ejecutar maniobras de desconexión conforme al plan autorizado.
- Colocar enclavamientos y candados si aplica.
- Instalar las puestas a tierra, cortocircuitos y señalizaciones reglamentarias.

- Comunicar a COD y AZT que la instalación ha quedado descargada y segura.

3.1.6 PRL (Prevención de Riesgos Laborales) / Recurso Preventivo

En todo procedimiento de descargo, es obligatoria la presencia de un Recurso Preventivo o técnico de Prevención de Riesgos Laborales (PRL), conforme a la legislación vigente y los protocolos de seguridad establecidos por Iberdrola y las empresas contratistas como Elecnor.

Esta figura forma parte activa del equipo de intervención, con funciones específicas orientadas a garantizar la seguridad de las personas y el cumplimiento riguroso de las medidas preventivas. Su presencia no es opcional ni condicionada al tipo de trabajo: todo trabajo en descargo debe contar con supervisión preventiva directa.

Sus funciones principales incluyen:

- Verificar en campo la correcta aplicación de las 5 Reglas de Oro.
- Controlar el uso obligatorio y adecuado de los EPIs.
- Confirmar que la Zona de Trabajo está señalizada y libre de riesgos.
- Supervisar la adecuación del procedimiento de acceso y maniobra.
- Tener autoridad para detener los trabajos si detecta condiciones peligrosas.

Además, participa en la validación del Plan de Seguridad y Salud, coordina las actuaciones bajo la CAE (Coordinación de Actividades Empresariales) y colabora con el JT y el AZT en todo lo relativo a prevención.

3.2 Fases del procedimiento de descargo

El procedimiento de descargo consta de una serie de fases secuenciales que deben ejecutarse rigurosamente para garantizar la seguridad del personal y la correcta coordinación de las maniobras. Cada fase implica acciones específicas, comunicación entre agentes y validación de condiciones técnicas. A continuación, se describen las etapas principales del proceso:

3.2.1 Solicitud de descargo

Todo comienza con la solicitud formal del descargo por parte del solicitante (habitualmente el jefe de obra o técnico responsable de la empresa contratista). Esta solicitud se realiza a través de la herramienta GIRED, donde se especifica:

- Tipo de instalación (línea aérea, subterránea, centro de transformación...).
- Ubicación exacta y tramo a descargar.
- Fecha prevista de ejecución.
- Duración estimada de los trabajos.
- Personal implicado.
- Empresa ejecutante.

El solicitante debe indicar con claridad si se trata de un trabajo planificado, una actuación urgente o si es necesario coordinar el descargo con otros trabajos en la misma zona.

3.2.2 Estudio técnico y autorización

Una vez registrada la solicitud, el Centro de Operación de Distribución (COD) analiza la viabilidad del descargo solicitado. Este análisis técnico considera:

- El impacto en la red y en los clientes.
- La posibilidad de transferencias de carga.
- La seguridad del aislamiento y maniobra.

Si todo es conforme, el COD autoriza el descargo y designa los pasos de maniobra necesarios. Esta autorización es comunicada a los agentes implicados (OL, AZT, JT), y se programa oficialmente el trabajo.

3.2.3 Comunicación al operador local y jefe de trabajos

Con la autorización emitida, el Operador Local (OL) recibe las instrucciones para ejecutar el descargo según el plan establecido por el COD. En paralelo, el Jefe de Trabajos (JT) es informado de la fecha, hora y condiciones del descargo.

Ambos deben coordinar la ejecución para garantizar que el personal llegue preparado, los EPIs estén disponibles, y que todo el equipo conozca los riesgos y medidas preventivas.

3.2.4 Ejecución del descargo (maniobras)

En el momento acordado, el OL procede a realizar las maniobras de desconexión:

- Apertura de seccionadores, interruptores o fusibles.
- Bloqueo físico de los dispositivos de corte (candado, enclavamiento).
- Señalización del equipo descargado.

Todas las maniobras se deben ejecutar conforme a los esquemas aprobados y deben quedar registradas. Una vez realizado el corte, se comunica al COD y al AZT que el equipo está sin tensión.

3.2.5 Creación y verificación de la Zona de Trabajo (ZT)

Tras el corte, se procede a la verificación de ausencia de tensión mediante detector homologado. A continuación:

- Se instala la puesta a tierra y en cortocircuito del tramo descargado.
- Se delimita la Zona de Trabajo con señalización física (vallas, carteles).
- El AZT certifica que se han cumplido todas las 5 Reglas de Oro

Cuando el AZT valida la seguridad de la zona, la Zona de Trabajo queda oficialmente autorizada, y se puede comenzar la intervención.

3.2.6 Realización de los trabajos

El equipo ejecuta los trabajos previstos en el ámbito delimitado. El JT es el único responsable de dar la orden de inicio y detener los trabajos si detecta condiciones inseguras.

Durante la actuación, está prohibido ampliar la zona de trabajo sin nueva autorización. Cualquier modificación en el alcance debe comunicarse de inmediato al COD.

3.2.7 Devolución del descargo

Finalizados los trabajos, el JT informa al AZT de que la obra ha concluido. El AZT verifica que:

- No queda personal ni herramientas en la ZT.
- Se han retirado los sistemas de puesta a tierra.
- Se ha eliminado la señalización provisional.

Una vez comprobado, se notifica al OL que puede restituir la instalación al servicio. El OL ejecuta las maniobras de cierre conforme al procedimiento, y el COD da por finalizado el descargo.

El sistema GIRED actualiza automáticamente el estado del descargo, quedando el registro completo disponible para seguimiento, control de calidad o auditoría.

3.3 Reglas de oro y medidas de seguridad específicas

La seguridad en los trabajos en instalaciones eléctricas es un principio fundamental en el entorno operativo de la distribución. Todos los procedimientos de descargo deben ejecutarse bajo estricta observancia de las medidas preventivas establecidas, siendo el cumplimiento de las denominadas “5 Reglas de Oro” el eje central que garantiza la integridad física del personal técnico y la seguridad operativa del sistema.

Estas reglas se aplican una vez se ha obtenido el descargo autorizado por el COD, y constituyen la base de la creación de una Zona de Trabajo segura (ZT). Ningún trabajo puede iniciarse sin que se hayan aplicado, verificado y registrado correctamente estas medidas, lo que se certifica a través de la figura del AZT (Agente de Zona de Trabajo).

3.3.1 Desconectar

Se realiza el corte efectivo de la alimentación en el punto previsto del sistema. Este corte debe ser visible y verificable, normalmente mediante la apertura de seccionadores, interruptores o corte de fusibles. La apertura debe bloquearse o señalizarse para evitar reconexiones accidentales.

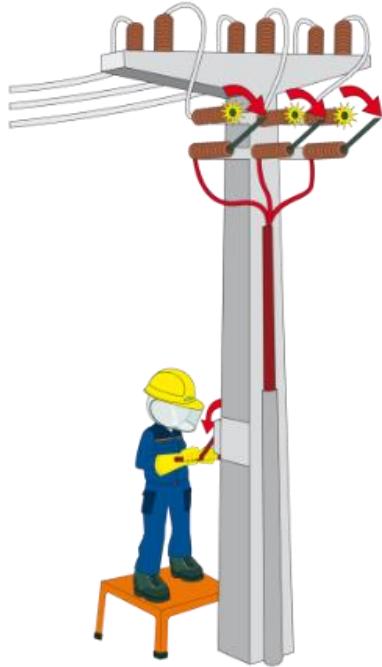


Figura 10: Primera regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: desconectar la alimentación.

3.3.2 Bloqueo

Es obligatorio anular cualquier posible fuente secundaria de tensión o interconexión que pueda volver a energizar la zona descargada. Esto incluye abrir líneas de reserva, interruptores automáticos de reconexión o posibles retornos de generación distribuida.



Figura 11: Segunda regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: bloquear retornos

3.3.3 Verificación

Una vez aislado el equipo, debe comprobarse físicamente mediante detectores homologados de tensión que efectivamente no hay presencia de energía eléctrica. Esta verificación debe hacerse en todos los puntos posibles de acceso y antes de aplicar las puestas a tierra.



Figura 12: Tercera regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: verificar la ausencia de tensión.

3.3.4 Puesta a tierra y en cortocircuito

Se colocan sistemas de puesta a tierra equipotenciales en todos los puntos accesibles, de forma que si por cualquier motivo se produjera una reenergización accidental, la corriente circularía directamente a tierra y no a través del cuerpo del operario. Esta es una medida activa y vital para garantizar la seguridad eléctrica.

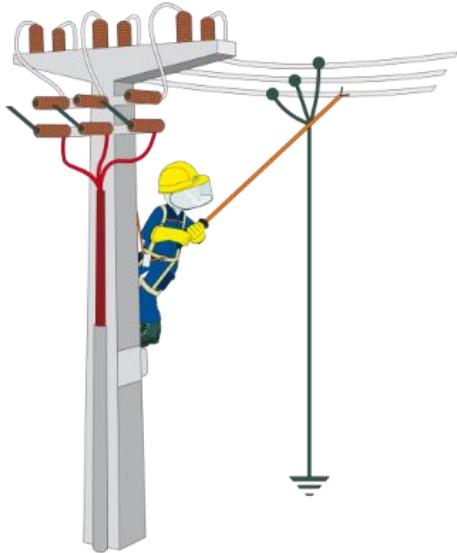


Figura 13: Cuarta regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: poner a tierra y en cortocircuito.

3.3.5 Proteger

Si en las inmediaciones de la zona de trabajo existen partes de la instalación que permanecen energizadas, se deben colocar barreras físicas, carteles de advertencia y elementos de protección mecánica, evitando así cualquier contacto directo o aproximación peligrosa.



Figura 14: Quinta regla de oro para trabajos en instalaciones eléctricas: señalizar y delimitar la zona de trabajo.

La aplicación de las 5 Reglas de Oro no es simplemente un paso más en el proceso: es una condición imprescindible para garantizar que el entorno de trabajo es realmente seguro. Estas reglas deben ser verificadas sobre el terreno por el AZT (Agente de Zona de Trabajo), quien actúa como garante de que la zona está libre de tensión, correctamente delimitada y en condiciones óptimas para intervenir.

Hasta que el Jefe de Trabajos (JT) no reciba la conformidad oficial por parte del AZT, no puede iniciarse ninguna actuación. Es un principio que no admite excepciones: la seguridad va primero, siempre.

Además, en todos los procedimientos realizados por Elecnor y por el resto de las empresas contratistas, la aplicación de estas reglas debe quedar debidamente documentada. Esto puede hacerse a través del permiso de trabajo digital o, si así se establece, en formato físico. Lo importante es que quede constancia clara y verificable de que se ha actuado conforme al protocolo.

Adicionalmente, según el tipo de trabajo, se pueden aplicar medidas complementarias como:

- Uso obligatorio de EPIs dieléctricos (guantes, casco, calzado, etc.).
- Corte y señalización de accesos colindantes.
- Vigilancia de zona para evitar la entrada de personal no autorizado.
- Inspección previa por parte del servicio de prevención (PRL).

El cumplimiento de las 5 Reglas de Oro no es solo una práctica recomendada, sino un requisito legal y contractual para cualquier actuación sobre instalaciones eléctricas, especialmente en alta tensión. Su inobservancia puede tener consecuencias muy graves tanto para la seguridad de las personas como para la continuidad del suministro o la responsabilidad legal del contratista.

Por ello, toda la cadena de responsables (COD, AZT, JT, OL, operarios) debe conocerlas, aplicarlas y garantizar su cumplimiento riguroso antes, durante y después de la intervención.

3.4 Consideraciones especiales en trabajos en descargo

Hay situaciones en las que un trabajo en descargo requiere medidas adicionales, simplemente porque las condiciones lo exigen. Es el caso, por ejemplo, de las intervenciones en subestaciones, donde la complejidad operativa es mayor, o de actuaciones que implican el uso de grúas, labores de poda o maniobras en líneas con doble acometida, donde los riesgos se multiplican.

También los trabajos urgentes o aquellos que se realizan fuera del horario habitual demandan una atención especial. En todos estos escenarios, es fundamental reforzar la coordinación entre equipos, aplicar las 5 Reglas de Oro con el máximo rigor y, sobre todo, mantener en todo momento la supervisión del Recurso Preventivo.

Porque en este tipo de trabajos, no basta con seguir el procedimiento estándar. Es necesario adaptarlo a la realidad concreta de cada actuación, anticiparse a los posibles imprevistos y actuar con criterio y responsabilidad. Solo así se puede garantizar la seguridad, minimizar errores y mantener el control operativo en entornos donde cada detalle cuenta.

4. Estudio técnico-económico

En el ámbito de la distribución eléctrica, la ejecución de obras, tanto planificadas como urgentes, requiere no solo una correcta planificación técnica, sino también un análisis detallado de los aspectos económicos implicados. Comprender la estructura de costes y su comportamiento durante el ciclo de vida de cada proyecto resulta esencial para garantizar la rentabilidad, competitividad y sostenibilidad de la actividad.

Este estudio técnico-económico tiene como objetivo analizar los principales componentes de coste asociados a las obras de distribución, diferenciando entre costes directos e indirectos, y comparando las previsiones presupuestarias con los resultados reales obtenidos. Asimismo, se presentan propuestas orientadas a la optimización de recursos y a la reducción de costes, siempre manteniendo la calidad y fiabilidad del servicio prestado.

A través de este análisis, se pretende proporcionar una visión integral que permita a la empresa tomar decisiones informadas, mejorar sus procesos de gestión y adaptarse con eficacia a las condiciones cambiantes del sector eléctrico.

4.1 Análisis de costos directos e indirectos

En la ejecución de obras de distribución eléctrica, tanto en trabajos planificados como en actuaciones urgentes, es fundamental entender la composición de los costes que soporta la empresa.

4.1.1 Costos directos

Los costes directos son aquellos gastos que se pueden asociar de forma clara a cada obra. Son fáciles de identificar porque se generan directamente al realizar los trabajos en el campo. Entre los costes directos más importantes se encuentran los siguientes:

- Mano de obra directa:

Incluye los sueldos y demás gastos relacionados con el personal que trabaja directamente en las obras, como técnicos y operarios. Este es un coste fundamental, ya que muchas de las tareas requieren trabajos manuales especializados, tanto en redes subterráneas como aéreas.

- Vehículos:

Incluye los costes de uso de los vehículos necesarios para llevar a cabo los trabajos, como furgonetas, camiones con grúa y otros medios de transporte. Se tienen en cuenta tanto el combustible como el mantenimiento y la depreciación de los vehículos.

- Materiales:

Se refiere a todos los productos y equipos que se utilizan para hacer las obras. Aquí se incluyen cables, transformadores, postes, sistemas de seguridad, herramientas, señalización, entre otros. Tener un

buen control y previsión de los materiales es clave para que los trabajos sean eficaces y no se generen costes innecesarios.

Estos costes se registran en cada orden de trabajo, lo que permite llevar un seguimiento detallado de los recursos utilizados en cada proyecto.

4.1.2 Costos indirectos

Los costes indirectos son aquellos gastos que, aunque son necesarios para que la empresa funcione y se puedan realizar las obras, no se pueden asociar directamente a un proyecto en concreto. Estos costes forman parte de la estructura general de la empresa y se reparten entre todas las obras que se llevan a cabo. Los principales costes indirectos son los siguientes:

- Costes de estructura:

Incluyen el alquiler y mantenimiento del local y las oficinas de la empresa, así como los suministros generales como electricidad, agua, climatización, seguros, limpieza y servicios de seguridad.

- Sueldos del personal indirecto:

Se refiere a los sueldos y costes sociales del personal que no trabaja directamente en las obras, como el personal de administración, gerencia, planificación, calidad, ventas y otros servicios generales.

- Gastos generales:

Aquí se incluyen los gastos en telecomunicaciones, ordenadores y programas informáticos, material de oficina, mantenimiento de los equipos informáticos y otros costes habituales que permiten que la empresa funcione bien.

Actualmente, se calcula que un 17,3 % del coste total de las obras corresponde a costes indirectos. Este porcentaje se revisa cada año, ya que puede cambiar según los costes fijos de la empresa y el volumen de trabajo. Cuando hay más obras, estos costes se reparten entre más proyectos, lo que ayuda a que la empresa sea más competitiva.

4.2 Comparación de costos estimados y reales

Comparar los costes estimados con los costes reales de las obras permite valorar si la planificación y la ejecución de los trabajos han sido eficientes, y también ayuda a encontrar oportunidades para mejorar la gestión económica de los proyectos.

Sin embargo, es importante diferenciar entre dos tipos de obras: aquellas que se hacen sin presupuesto previo (obras dentro de un contrato marco) y aquellas que sí requieren un presupuesto antes de empezar (obras para clientes particulares).

4.2.1 Obras sin estimación previa

Dentro del contrato marco con Iberdrola, la empresa está obligada a atender con prioridad dos tipos de trabajos:

- Averías en la red: reparaciones urgentes motivadas por fallos imprevistos en la red de distribución eléctrica.
- Nuevos suministros: ampliaciones de red o instalaciones necesarias para dar servicio a nuevos usuarios, según las solicitudes que gestiona Iberdrola.

En este tipo de trabajos no se hace un presupuesto previo, ya que es necesario actuar con rapidez para mantener la calidad y continuidad del servicio eléctrico. Los trabajos se realizan siguiendo los protocolos acordados y, una vez terminados, la empresa factura a Iberdrola los costes reales que ha tenido.

Sin embargo, a veces hay diferencias entre los trabajos realizados y los importes que Iberdrola acepta y paga. Algunas partidas pueden ser discutidas por sus gestores, lo que obliga a la empresa a justificar técnica y documentalmente los trabajos para asegurarse de cobrar todo lo que corresponde.

Por este motivo, este tipo de obras tiene un componente de incertidumbre económica, y exige un control muy detallado de los costes durante la ejecución y en el momento de facturar.

4.2.2 Obras con estimación previa

En cambio, en las obras para clientes particulares sí se hace un presupuesto detallado antes de empezar. Un ejemplo de este tipo de proyectos sería la instalación de cargadores para coches eléctricos de TESLA en la zona de Galarreta.

En estos casos, el presupuesto suele centrarse sobre todo en los materiales, que son el gasto principal, aunque también se calculan los costes de mano de obra y otros gastos.

Durante la obra se hace un seguimiento continuo para comparar los costes reales con los que se habían previsto. Este control permite:

- Identificar posibles desviaciones económicas.
- Evaluar la fiabilidad de las estimaciones previas.
- Mejorar la precisión de futuros presupuestos.

En líneas generales, la correcta planificación y control de las obras con estimación previa permite mejorar la rentabilidad de los proyectos, optimizar el uso de los recursos y ofrecer un servicio competitivo y de calidad a los clientes particulares.

4.3 Propuestas para reducir costos manteniendo la calidad del servicio

Uno de los objetivos estratégicos de la empresa es optimizar la gestión económica de las obras, garantizando al mismo tiempo la calidad, seguridad y fiabilidad del servicio prestado. A continuación, se presentan varias líneas de actuación orientadas a la reducción de costos, sin comprometer los estándares de servicio:

4.3.1 Mejora de la planificación logística

Una adecuada planificación logística permite reducir tiempos improductivos y costes asociados a desplazamientos. Entre las medidas propuestas destacan:

- Optimización de rutas de vehículos, agrupando actuaciones geográficamente próximas para minimizar los kilómetros recorridos y el consumo de combustible.
- Planificación coordinada de trabajos por zonas, evitando desplazamientos repetitivos para actuaciones puntuales.

4.3.2 Negociación de precios con proveedores

El volumen de materiales necesarios para la ejecución de obras de distribución eléctrica ofrece una oportunidad para establecer acuerdos marco con proveedores estratégicos. Se propone:

- Negociar descuentos por volumen de compra.
- Establecer contratos de suministro a largo plazo con condiciones ventajosas.
- Revisar periódicamente el catálogo de proveedores para detectar nuevas oportunidades de ahorro.

De este modo, se puede conseguir una reducción directa en los costes de aprovisionamiento, que representan una parte relevante del coste total de las obras.

4.3.3 Digitalización y seguimiento en tiempo real

La incorporación de herramientas digitales en la gestión de obras permite:

- Monitorizar en tiempo real el avance de los trabajos.
- Controlar las desviaciones presupuestarias de manera proactiva.
- Mejorar la trazabilidad de los costes y de los recursos empleados.

Estas capacidades facilitan una gestión más ágil y eficiente, reduciendo el riesgo de sobrecostes y mejorando la capacidad de reacción ante imprevistos.

4.3.4 Formación del personal

La formación continua del personal técnico y operativo es clave para mejorar la productividad y la eficiencia de las intervenciones. Se proponen:

- Programas de formación en técnicas de trabajo más eficientes.
- Capacitación en el uso adecuado y racional de los materiales.
- Formación en herramientas digitales de gestión de obra.

Un equipo bien formado es capaz de ejecutar las obras de manera más rápida, segura y eficiente, reduciendo tiempos y costes.

4.3.5 Optimización de los costes indirectos

Por último, es importante realizar una revisión periódica de los costes de estructura, con el fin de identificar posibles eficiencias en:

- Alquiler y mantenimiento de las instalaciones.
- Costes generales de oficina y servicios.
- Estructura organizativa.

Por último, es importante tener en cuenta que la gestión económica de las obras está sujeta a ciertos factores que pueden variar y suponer riesgos para los costes y la rentabilidad. Aspectos como las subidas en el precio de los materiales, posibles aumentos en los costes de personal, el mal tiempo o cambios en la normativa pueden afectar de forma importante al resultado económico de los proyectos.

Además, en las obras del contrato marco, las diferencias entre los trabajos realizados y los importes que finalmente acepta Iberdrola añaden un riesgo extra, que requiere un control constante y una gestión muy atenta.

Por todo esto, es fundamental contar con buenas herramientas de control y con una estrategia flexible, que permita anticiparse y adaptarse a estos cambios.

5. Implantación de soluciones digitales

Con el objetivo de mejorar la eficiencia en la gestión de obras en el seguimiento técnico de averías en el ámbito de la distribución eléctrica, se ha desarrollado una solución digital propia denominada ELEGEST PRO.



Figura 15: Logotipo de la aplicación EleGest PRO para la gestión digital de obras en campo

ELEGEST PRO nace como una respuesta directa a lo que realmente pasa en campo. Surge tras observar de cerca cómo se gestionaban, día tras día, las intervenciones para Iberdrola, y tras detectar una necesidad evidente: la información estaba demasiado dispersa, repartida entre hojas de cálculo, documentos sueltos y plataformas que no siempre se coordinaban entre sí.

La herramienta viene precisamente a resolver eso. Su objetivo es centralizar, organizar y automatizar todo el registro de actuaciones que antes se manejaba con dificultad y sin un hilo conductor claro.

La aplicación ha sido desarrollada en LabVIEW, un entorno de programación visual que, además de ser potente, permite construir interfaces intuitivas, trabajar con estructuras de datos complejas y conectarse fácilmente con otros formatos, como Excel, que sigue siendo una herramienta clave para muchos equipos.

El diseño de ELEGEST PRO está pensado con los usuarios en mente. Especialmente para el jefe de obra y el encargado, que ahora pueden tener, de un solo vistazo, una visión clara, actualizada y bien estructurada del estado de todas las actuaciones. Desde la misma plataforma pueden registrar nuevas intervenciones, editar datos, filtrar por criterios técnicos específicos y generar informes automáticamente, sin complicaciones ni pérdida de tiempo.

En definitiva, una herramienta pensada para hacer más fácil lo que antes era incomodo. Hecha desde el campo, para el campo. Porque cuando todo está bien conectado, el trabajo se vuelve más ágil, más preciso y mucho más llevadero.

5.1 Justificación y contexto de la solución desarrollada

Durante el desarrollo del presente proyecto y en el día a día, uno de los principales problemas detectados ha sido la falta de una herramienta centralizada que permita visualizar y gestionar de forma ágil todas las incidencias abiertas, en curso o cerradas. Elecnor dispone de una estructura sólida para el tratamiento de obras, muchas de estas tareas se gestionan mediante archivos Excel, donde se introducen manualmente los datos de cada intervención: fecha, tipo de trabajo, operario, ubicación, observaciones, etc. Este método es altamente manual, lo que lo hace propenso a errores de entrada, formatos no estandarizados o pérdida de información.

Además, se ha identificado una dificultad recurrente en el seguimiento de averías antiguas y una ausencia de un sistema que permita monitorizar la evolución de una avería concreta a lo largo del tiempo, desde la intervención provisional hasta su resolución definitiva.

Aunque la plataforma incide de Iberdrola permite consultar el historial técnico completo de cada línea y cada centro de transformación, su acceso y estructura están enfocados principalmente a incidencias abiertas y a la operativa de Iberdrola como distribuidora. Esto hace que, desde el punto de vista de una empresa contratista como Elecnor, la información esté dispersa en distintas plataformas, dificultando una visión global y ordenada de la situación de cada instalación o expediente.

Por tanto, se plantea la necesidad de desarrollar una herramienta propia de uso interno, que permita registrar, consultar, editar y exportar la información relativa a todas las obras gestionadas por el equipo, siendo sencilla, visual, intuitiva y fácilmente editable por parte del jefe de obra, sin depender de sistemas externos con el objetivo de:

- Centralizar la información relevante de forma estructurada.
- Facilitar la trazabilidad de cada actuación.
- Realizar seguimiento personalizado por CT, pueblo, tipo de intervención, urgencia, etc.
- Exportar datos automáticamente a Excel para informes mensuales o producción.
- Optimizar tiempos de gestión y evitar errores de registro manual.

5.2 Selección del entorno de desarrollo: ¿Por qué LabVIEW?

En el desarrollo de ELEGEST PRO se valoraron diferentes entornos de programación y herramientas. Inicialmente, la gestión de datos de obras y averías se realizaba mediante archivos Excel, un recurso ampliamente extendido por su accesibilidad y flexibilidad. No obstante, este enfoque presentaba varias limitaciones importantes:

- Introducción manual de datos, propensa a errores humanos y duplicidades.
- Dificultad para filtrar y ordenar información de forma dinámica, especialmente cuando se acumulan muchas obras.
- Ausencia de una interfaz visual amigable que guiara al usuario en el registro y edición de los datos.

Ante esta situación, se valoró el uso de otros entornos como plataformas web. Sin embargo, finalmente se optó por LabVIEW, una herramienta de programación visual desarrollada por National Instruments, que destaca por su enfoque gráfico, estructurado y orientado a la manipulación de datos técnicos.

Las razones clave para la elección de LabVIEW fueron las siguientes:

- Entorno de programación visual: LabVIEW permite construir la lógica del programa mediante bloques funcionales conectados entre sí, lo que facilita la comprensión del flujo del programa sin necesidad de escribir código en texto. Esto agiliza el desarrollo y facilita el mantenimiento o ampliación futura por parte de otros técnicos.
- Gestión eficiente de estructuras de datos complejas: la aplicación utiliza un array de clusters, lo que permite organizar la información de cada obra (nombre, CT, urgencia, estado, coste, horas, etc.) como si fuese una base de datos interna dinámica. LabVIEW facilita la manipulación, filtrado y visualización de este tipo de estructuras.
- Facilidad de integración con Excel: gracias al Report Generation Toolkit, LabVIEW permite leer y escribir directamente en archivos Excel, lo que asegura compatibilidad con los formatos que ya se utilizan en los centros de trabajo. Esto permite exportar informes mensuales, hojas de producción o listados de obras con un solo clic.
- Personalización de la interfaz de usuario: LabVIEW ofrece total libertad para diseñar interfaces adaptadas al flujo real de trabajo del jefe de obra, lo que mejora la experiencia de uso, reduce errores y hace que la herramienta se integre fácilmente en el día a día del usuario.
- Rendimiento y estabilidad: para el tipo de operaciones que se realiza (lectura, modificación, clasificación, exportación), LabVIEW ofrece tiempos de respuesta inmediatos, incluso con volúmenes elevados de registros.

5.3 Funcionalidades principales de la aplicación desarrollada

5.3.1 Pantalla de inicio e interfaz principal

La pantalla de inicio de ELEGEST PRO, tal como se puede ver en la Figura 16, incorpora un sistema de control de acceso mediante usuario y contraseña con el objetivo de limitar el uso de la herramienta exclusivamente al personal técnico autorizado de Elecnor. Esta medida busca garantizar la seguridad de los datos registrados y evitar accesos no deseados que puedan comprometer la integridad de la información.

Para que la aplicación funcione correctamente en el entorno local del usuario, es necesario cumplir ciertos requisitos técnicos de configuración. En primer lugar, debe existir en el disco local C: del ordenador una carpeta llamada C:\LabviewData, la cual actúa como directorio raíz para el almacenamiento y consulta de los archivos asociados a la herramienta. Dentro de esta carpeta deben encontrarse los siguientes ficheros con formato Excel (ODS) y nombres exactos, sin modificaciones en su estructura:

- OBRAS.ods: archivo principal que contiene la base de datos con toda la información registrada de las obras, incluyendo campos como CT, urgencia, fecha, coste, estado, etc.
- CHECKLIST.ods: contiene el listado de comprobación de Equipos de Protección Individual (EPI) asociado a cada obra, útil para reforzar el cumplimiento de las condiciones de seguridad.
- F5.ods: recoge el registro histórico de las obras certificadas, junto con la fecha de cierre correspondiente, facilitando así el seguimiento técnico y estadístico.

Los archivos utilizados deben conservar tanto su nombre original como el formato y la estructura predefinidos que vienen incluidos en el paquete de instalación. Es importante no modificar columnas, cambiar nombres o alterar los tipos de dato, ya que cualquier cambio puede hacer que la aplicación no pueda acceder correctamente a la información o incluso interprete mal los datos.

En caso de que el usuario introduzca mal sus datos de acceso, la aplicación mostrará un mensaje de advertencia, indicando que los datos no son válidos. Cuando esto ocurra, lo primero que se recomienda es revisar: comprobar la ortografía, verificar el uso correcto de mayúsculas y minúsculas y asegurarse de que no hay errores de escritura. Si tras varios intentos el problema continúa, lo más adecuado es contactar con el responsable técnico o el administrador del sistema, para que pueda restaurar el acceso.

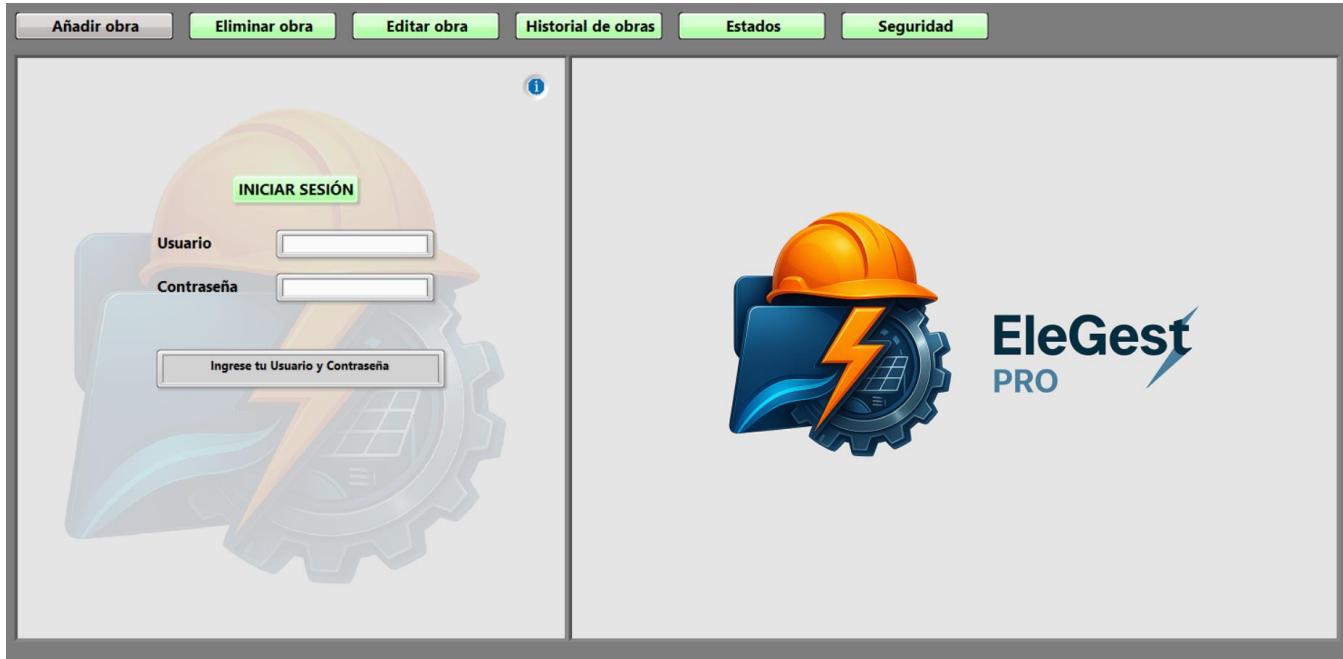


Figura 16: Pantalla de inicio de sesión de la aplicación EleGest PRO.

Pensando en facilitar el uso de la herramienta, sobre todo durante los primeros días, cada una de las pantallas o secciones principales de ELEGEST PRO incorpora un botón de información (el clásico ícono “i”). Al pulsarlo, se despliega una breve explicación, como se puede ver en la Figura 17, sobre las funcionalidades disponibles en esa sección y cómo utilizarlas correctamente, para que cualquier usuario pueda aprender a manejar la herramienta de forma autónoma y sin complicaciones.

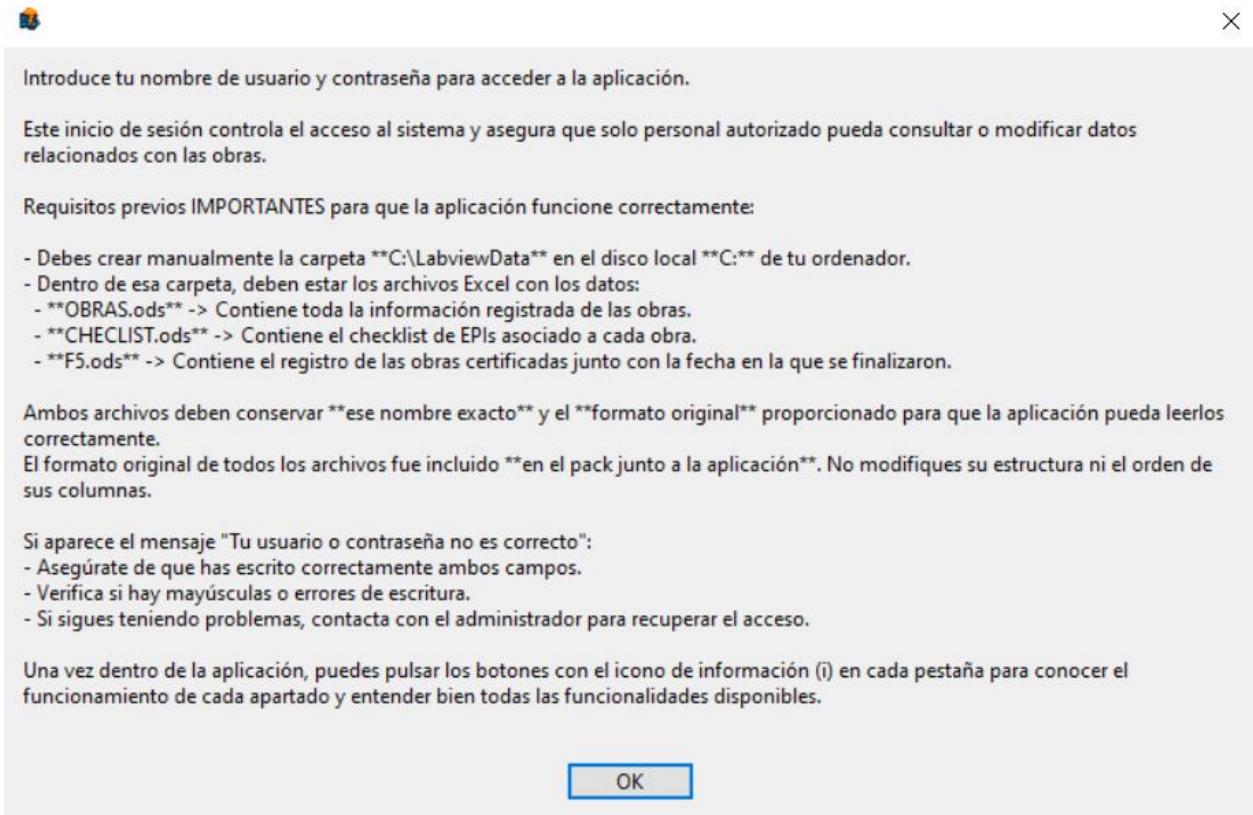


Figura 17: Mensaje emergente de ayuda (pop-up) con instrucciones de uso en la aplicación EleGest PRO.

5.3.2 Registro y visualización de obras

Una vez iniciada la sesión, el usuario accede al panel central de operaciones de ELEGEST PRO. Desde aquí se gestiona todo: registrar nuevas actuaciones, consultar el histórico de obras, editar información o asociar recursos operativos. Esta pantalla (Figura 18) es, en esencia, el corazón funcional de la herramienta. Ha sido diseñada pensando en el flujo real de trabajo del jefe de obra, combinando una interfaz visual sencilla con una funcionalidad técnica potente.

El proceso de alta de una nueva obra está condicionado por tres requisitos obligatorios para poder realizar el registro:

- 1) Introducir el número de incidencia.
- 2) Seleccionar si la actuación corresponde a una línea aérea (LABT) o subterránea (LSBT).
- 3) Completar el checklist de EPIs obligatorios, seleccionando todos los elementos de seguridad que deben utilizarse en esa obra concreta.

Hasta que no se han cumplido estas tres condiciones, el botón "Añadir obra" permanece bloqueado. De esta forma, se evita que se registren actuaciones incompletas o sin los datos mínimos necesarios. Solo cuando todo está en orden, el botón se activa en color verde, indicando que ya se puede validar el alta de la actuación.

En la parte superior izquierda de la interfaz se encuentran los controles para añadir operarios y maquinaria a la obra. Por defecto, el sistema parte de una disponibilidad de 30 operarios y 10 máquinas en el centro. Con solo pulsar los botones correspondientes, el jefe de obra puede ir asignando recursos de forma rápida. Cada clic en el botón de operario o maquinaria suma una unidad al total asignado. Por ejemplo, si se pulsa cinco veces el botón de operarios, se añaden automáticamente 5 personas a esa obra.

Este sistema ofrece una forma ágil y práctica de vincular los recursos humanos y técnicos necesarios, sin tener que abrir menús complejos o llenar formularios adicionales.

A continuación, se completan los campos del formulario de alta, entre los cuales se encuentran:

- Nº de Obra: código interno utilizado para la trazabilidad y control contable dentro del centro de trabajo Elecnor.
- Nombre del CT: nombre del centro de transformación vinculado a la obra.
- Pueblo y Dirección: datos geográficos que permiten localizar con precisión la actuación.
- Coste (€): estimación económica asociada a la intervención, útil para seguimiento presupuestario.
- Urgencia (1 a 3): prioridad operativa que ayuda a ordenar los trabajos según su criticidad.
- Estado: campo desplegable con las distintas fases de la obra (pendiente de visita, en curso, certificada, etc.).
- Observación: espacio libre para introducir notas técnicas, incidencias detectadas o información adicional relevante.

En el centro inferior del formulario se encuentra el checklist de Equipos de Protección Individual (EPI), que se activa visualmente cuando pulsamos el botón de LABT o LSBT, esto es porque según el botón que se pulsa, se despliega el Checklist correspondiente. Cada obra debe incluir la selección de los elementos de seguridad necesarios para su ejecución: casco dieléctrico, guantes clase adecuada, arnés, ropa ignífuga, línea de vida, detector de ausencia de tensión, entre otros. Este paso no solo cumple una función documental, sino que actúa como mecanismo preventivo para reforzar el cumplimiento de las normas de seguridad desde la planificación.

A la derecha del formulario se encuentra el panel de visualización de todas las obras registradas, donde cada columna representa una actuación individual. En este visor se muestran los datos clave de cada obra de forma estructurada. Esta organización tipo ficha permite localizar, comparar y filtrar visualmente las actuaciones con facilidad. Además, en la parte superior de esta sección aparece el contador total de obras activas registradas en el sistema. Esto permite tener una visión general del volumen de trabajo acumulado, y sirve como métrica de control de carga operativa para el jefe de obra.

Es importante saber que cada vez que se añade una obra, se edita o se elimina, se guardan los cambios automáticamente. Se abre el documento Excel de donde se cargan todas las obras y se actualiza, para después volver a cerrarse. Esto hace que el usuario no tenga que andar guardando el proceso cada vez que realiza algún cambio.

The screenshot shows the EleGest PRO software interface. At the top, there is a navigation bar with buttons for 'Añadir obra' (Add work), 'Eliminar obra' (Delete work), 'Editar obra' (Edit work), 'Historial de obras' (Work history), 'Estados' (States), and 'Seguridad' (Security). Below the navigation bar, there is a message box that says: 'Escribe el Nº de Incidencia, elige si es un trabajo aereo o subterraneo y completa el Checklist para añadir obra' (Write the Incident Number, choose if it's an aerial or underground work, and complete the checklist to add the work). To the right of this message box, there is a small information icon (i).

On the left side of the interface, there is a form for adding a new work. The form includes fields for 'Añadir operario' (Add operator), 'Maquinaria' (Machinery) with values 30 and 10, 'LABT' (LABT) button, 'Fecha' (Date) set to 31/05/2025, 'Nº Incidencia' (Incident Number) input field, 'Coste' (Cost) value 0, 'Nº Obra' (Work Number) input field, 'Urgencia (1-3)' (Urgency (1-3)) value 0, 'Nombre CT' (CT Name) input field, 'Dirección' (Address) input field, 'Pueblo' (Village) input field, 'Observación' (Observation) input field, and a checklist for safety equipment. The checklist includes items such as Casco dieléctrico con barboquejo, Arnés anticaídas, Arnés anticaídas y absorbedor de energía, Línea de vida, Calzado de seguridad, dieléctrico y antideslizante, Ropa ignífuga y antiestática, Guantes dieléctricos de clase adecuada, Sobreguantes de cuero, Pantalla facial o gafas de protección, and Tapones.

The main area of the interface displays a grid titled 'Todas las obras' (All works) showing a list of registered works. The columns in the grid are: Nº Incidencia (Incident Number), Fecha (Date), Nº Obra (Work Number), Dirección (Address), Nombre CT (CT Name), SECTOR(s)MANA (Sector), Pueblo (Village), Observaciones (Observations), Estado (State), Operarios (Operators), Maquinaria (Machinery), Tipo de obra (Type of work), and Fecha (Date). The data in the grid is as follows:

Nº Incidencia	Fecha	Nº Obra	Dirección	Nombre CT	SECTOR(s)MANA	Pueblo	Observaciones	Estado	Operarios	Maquinaria	Tipo de obra	Fecha
S1055898	1904-01-01,	4139932	Bº IBARIA AUZOA, 16-B, Bajo 2 20737 ERREZIL	SANxESTEBAN		ERREZIL	Se aplicó una solución mediante cambio de tramo afectado, restauración del terreno y notificación al organismo correspondiente.	PTE PERMISO	4	2	AÉREO	2024-02-13,
S1057211		437210	Bº ERGOENA AUZOA, 22, Bajo 1 20214 MUTILOA			MUTILOA	La resolución consistió en reestructurar el tendido dañado y reforzar la base con nuevos elementos de sujeción certificados.	PTE PODA	6	5	AÉREO	2024-05-23,
S1059649		425220	C/ MANDIOLA BALLE, 1, Bajo 1 20600 EIBAR	UZARZA		EIBAR	Se aplicó una solución mediante cambio de tramo afectado, restauración del terreno y notificación al organismo correspondiente.	PTE PODA	4	4	SUBTERRÁNEO	

Figura 18: Panel central de gestión de obras en la aplicación EleGest PRO.

5.3.3 Eliminación de obras registradas

La función de eliminación de obras en ELEGEST PRO permite al usuario borrar del sistema aquellas actuaciones que hayan sido registradas erróneamente o duplicadas.

Al pulsar el botón "Eliminar obra", el sistema despliega una interfaz específica en la que se solicita al usuario que introduzca el número de incidencia exacto correspondiente a la obra que se desea eliminar, tal como se puede ver en la Figura 19. Este número actúa como identificador único dentro de la base de datos y garantiza que no se eliminan registros equivocados. Una vez introducido el dato, el usuario debe pulsar el botón OK para confirmar la operación. Si el número es válido y existe en el sistema, la obra es eliminada de forma automática e irreversible.

En paralelo, la interfaz lateral sigue mostrando el listado completo de obras activas, permitiendo al usuario verificar visualmente qué obra desea eliminar antes de proceder. Esta visualización en paralelo es especialmente útil cuando se quiere comparar registros o confirmar que la obra seleccionada es la correcta.



Figura 19: Apartado para eliminar obras en la aplicación EleGest PRO.

5.3.4 Edición de obras registradas

La funcionalidad de edición de obras en ELEGEST PRO está pensada para esos casos en los que hay que corregir un dato, actualizar información tras la ejecución o simplemente añadir una observación que no se conocía en el momento de registrar la obra. En definitiva, es una herramienta útil para mantener la información completa, precisa y al día.

Al pulsar el botón “Editar obra”, el sistema abre una interfaz (Figura 20) específica que solicita al usuario el número de incidencia de la obra que desea modificar. Ese número, como siempre, actúa como identificador único, garantizando que se edita exactamente el registro deseado.

Una vez validado el número, se habilitan automáticamente todos los campos editables del formulario: datos técnicos, operativos y administrativos asociados a la actuación. El usuario puede modificar solo los campos necesarios, sin necesidad de volver a completar toda la información desde cero. Los datos que no se tocan, se mantienen tal y como estaban.

Este sistema permite una edición ágil, precisa y segura, centrada únicamente en lo que realmente hace falta cambiar, sin complicaciones ni riesgo de pérdida de información innecesaria.

Entre los campos modificables se encuentran:

- Operarios y Maquinaria: recursos asignados a la obra.
- Coste y Urgencia: datos de planificación y control económico.
- Nº Obra, Nombre del CT, Pueblo, Dirección y Observación: información descriptiva y técnica.
- Estado: el campo de estado permite actualizar el avance de la obra (por ejemplo, de “PTE VISITA” a “CERTIFICADA”).

- Fecha: también puede editarse manualmente si la actuación se ha producido en un día distinto al previsto.

Una de las funciones más importantes dentro de la pestaña de edición es el control del estado de avance de la obra. Cuando el usuario cambia el campo “Estado” y selecciona “CERTIFICADA”, el sistema mantiene la fecha original de alta como referencia del inicio del expediente. Esa fecha no se modifica. Sin embargo, ELEGEST PRO registra internamente una nueva fecha, que marca el momento exacto en el que la obra pasa a Fase 5. Es decir, cuando se considera técnicamente finalizada.

Esta fecha de certificación se guarda en un archivo específico. Luego puede consultarse para saber en qué momento se han terminado las obras durante un periodo determinado. Esto es muy útil en el módulo de Estados (Figura 22), donde el jefe de obra puede aplicar filtros por semana, mes o cualquier intervalo de tiempo. Así es más fácil controlar la producción, planificar recursos o preparar informes internos.

Este sistema garantiza una trazabilidad completa. Permite distinguir claramente entre la fecha en que se registró la actuación y la fecha en que se cerró de forma definitiva. Eso asegura que toda la información temporal sea coherente y fiable.

Además, para mantener el orden y evitar errores, no se permite cambiar de apartado directamente desde esta pantalla. Si el usuario quiere añadir una nueva obra, consultar el historial o eliminar otra actuación, debe pulsar el botón “Volver” para regresar primero a la pantalla principal. Esta forma de navegar busca evitar acciones simultáneas que puedan causar problemas y ayuda a que el uso de la herramienta sea seguro y organizado.

Nº Incidencia	Fecha	Dirección	Nombre CT	SECTOR\MANA	Pueblo	Observaciones	Estado	PTE PODA	Coste €	Urgencia (1-3)	Operarios	Maquinaria	Tipo de obra	Observaciones
S1055898	1904-01-01,	Bº IBARRIA AUZOA, 16-B, Bajo 2 20737 ERREZIL	SAN\ESTEBAN		ERREZIL	Se aplicó una solución mediante cambio de tramo afectado, restauración del terreno y notificación al organismo correspondiente.	PTE PERMISO		7425	2	4	2	AÉREO	La resolución consistió en reestructurar el tendido dañado y reforzar la base con nuevos elementos de sujeción certificados.
S1057211	2024-02-13,	Bº ERGOENA AUZOA, 22, Bajo 1 20214 MUTILOA	437210		MUTILOA		PTE PODA		2741	3	6	5	AÉREO	Se aplicó una solución mediante cambio de tramo afectado, restauración del terreno y notificación al organismo correspondiente.
S1059649	2024-05-23,	C/ MANDIOLA BALLE, 1, Bajo 1 20600 EIBAR	425220		EIBAR		PTE PODA		5893	2	4	4	SUBTERRÁNEO	

Figura 20: Apartado para editar obras en la aplicación EleGest PRO.

5.3.5 Historial de obras e informes personalizados

El módulo de historial de obras (Figura 21) es, sin duda, el pilar central de ELEGEST PRO y el que aporta su mayor valor añadido. Su desarrollo parte de una necesidad muy real detectada en campo: la dificultad del jefe de obra para hacer un seguimiento completo, ordenado y rápido de todas las intervenciones realizadas ya sea en una zona, en un centro de transformación concreto o dentro de un intervalo de fechas determinado.

Hasta ahora, este seguimiento implicaba revisar manualmente hojas Excel desestructuradas, notas en papel, correos electrónicos, capturas de pantalla o búsquedas individuales en plataformas como incIDE. Aunque incIDE es muy potente, está pensada desde la perspectiva de Iberdrola, no desde la del contratista. Este desorden informativo hacía casi imposible detectar patrones, justificar actuaciones repetidas o tomar decisiones bien fundamentadas basadas en histórico.

Con ELEGEST PRO, todo eso cambia. El seguimiento queda centralizado en una interfaz clara, hecha específicamente para este fin. El sistema permite aplicar filtros personalizados para realizar búsquedas concretas en función de distintos criterios. El usuario puede buscar por:

- Tipo de obra: si se trata de una intervención en red aérea o subterránea.
- Nombre del centro de transformación (CT): muy útil para evaluar qué CTs son más conflictivos o acumulan más incidencias.
- Municipio (Pueblo): permite visualizar las actuaciones agrupadas por localidad.
- Número de incidencia: localiza un expediente específico de forma directa.
- Estado de la obra: filtra por fase operativa (pendiente de visita, en ejecución, certificada...).
- Nivel de urgencia: identifica qué obras requieren atención prioritaria.
- Rango de fechas: consulta histórica dentro de un periodo determinado.

El sistema ha sido diseñado para que solo se aplique un filtro a la vez, lo que simplifica la búsqueda y garantiza que los resultados se muestren de forma clara y sin ambigüedades. Al aplicar cualquier filtro, en el panel derecho aparecen todas las obras que cumplen con ese criterio.

Un ejemplo sencillo: si se selecciona el filtro por municipio y se elige Tolosa, el sistema devuelve automáticamente todas las intervenciones realizadas en esa localidad, tal como se puede ver en la Figura 21. Por ejemplo, puede mostrar dos averías: una en estado “PTE VISITA” y otra ya “CERTIFICADA”. De un vistazo, el jefe de obra puede sacar conclusiones clave: cuántas actuaciones se han hecho en la zona, cómo han evolucionado, qué CTs están más afectados o si hay reincidencias en la misma línea.

La utilidad de este análisis histórico va mucho más allá del control administrativo. Permite por ejemplo:

- Detectar patrones geográficos de averías (zonas con infraestructura envejecida o con más riesgo por condiciones ambientales).
- Identificar CTs con más carga de trabajo y priorizar futuras inversiones o revisiones preventivas.
- Ajustar la asignación de recursos (operarios, maquinaria, materiales) según zonas de mayor actividad.

Además del análisis visual, este módulo incluye otra funcionalidad clave: la generación de informes personalizados. Tras aplicar un filtro, el usuario puede descargar un informe en Excel con los resultados mostrados en pantalla. Solo tiene que pulsar el botón de descarga. El archivo se guarda automáticamente en C:\LabviewData, con un nombre identificativo según el criterio de búsqueda. Esto no solo ahorra tiempo,

sino que evita errores manuales y facilita la preparación de informes técnicos para reuniones, reportes mensuales o planificación operativa.

Todo esto convierte a ELEGEST PRO en mucho más que una herramienta de registro. Es una herramienta de análisis operativo. No solo muestra lo que ya se ha hecho. Permite interpretar lo que está pasando en la red de distribución, anticiparse a los problemas y justificar decisiones técnicas con datos objetivos y trazables.

Nº Incidencia	Fecha	Nº Incidencia	Fecha
S1101655	2025-03-20,	S1104057	2025-03-20,
Nº Obra	Dirección	Nº Obra	Dirección
451880	Bº SAN BLAS	457570	Bº BIDEBIETA
Nombre CT	AUZOA, 4, Bajo 1	Nombre CT	AUZOA, 7, 3º Dch
Pueblo	20400 TOLOSA	Pueblo	20400 TOLOSA
TOLOSA		TOLOSA	
Estado	Observaciones	Estado	Observaciones
PTE VISITA	La resolución consistió en reestructurar el tendido dañado y reforzar la base con nuevos elementos de sujeción certificados.	CERTIFICADA	Se resolvió una avería aérea mediante reestructuración de la línea con nuevo trazado más seguro. Servicio restablecido con éxito, cumpliendo protocolos de seguridad.
Coste €		Coste €	
5949		5235	
Urgencia (1-3)		Urgencia (1-3)	
1		2	
Operarios		Operarios	
5		8	
Maquinaria		Maquinaria	
5		6	
Tipo de obra		Tipo de obra	
SUBTERRÁNEO		AÉREO	

Figura 21: Apartado de historial de obras e informes personalizados en EleGest PRO.

5.3.6 Estados de obra y análisis de certificaciones

El módulo de Estados de ELEGEST PRO es una de las herramientas más estratégicas de la aplicación, ya que ofrece al jefe de obra una visión estructurada del estado actual de todas las obras registradas. Su utilidad va más allá del control administrativo, permitiendo realizar un seguimiento operativo avanzado, detectar cuellos de botella, planificar recursos y evaluar el grado de avance de los trabajos con criterios objetivos.

Una de las funcionalidades principales de esta sección (Figura 22) es la posibilidad de consultar, mediante filtrado por fecha, qué averías han sido completadas y certificadas, es decir, aquellas que han alcanzado el estado F5 (CERTIFICADA). El usuario puede seleccionar un rango temporal personalizado, introduciendo una fecha de inicio y una de fin. El sistema buscará en su base de datos todas las actuaciones cuya fecha de certificación se encuentre dentro de ese intervalo, y las mostrará en pantalla en forma de listado ordenado.

Esta información es especialmente relevante en el contexto operativo con Iberdrola, que establece un incentivo económico del 1,25% si se consigue certificar al menos 10 averías semanales. Por tanto, esta herramienta se convierte en una aliada directa del jefe de obra para controlar el cumplimiento de este

objetivo de rendimiento, aportando datos concretos que permiten actuar con antelación y redirigir esfuerzos si se detecta que no se va a alcanzar el objetivo establecido.

Además de la consulta visual, la herramienta permite generar un informe en formato Excel con todas las averías que han sido certificadas en el periodo seleccionado. Al pulsar el botón “Averías cerradas F5”, el sistema exporta automáticamente la información mostrada a un archivo guardado en la carpeta C:\LabviewData, siguiendo la lógica de automatización ya explicada en otros módulos. Este informe puede utilizarse para presentaciones internas, controles de producción o simplemente como soporte documental para el jefe de obra y el gestor de Iberdrola.

Otra funcionalidad destacada es la posibilidad de analizar la distribución general de las obras por estado. Pulsando el botón “Estado de las averías”, el sistema genera un informe resumen en formato .txt que muestra cuántas obras se encuentran actualmente en cada uno de los estados. Este resumen aporta una fotografía rápida de la situación global del centro de trabajo, permitiendo detectar, por ejemplo, si hay un exceso de obras en espera de permiso (lo que puede indicar lentitud en las gestiones administrativas), si hay muchas pendientes de ejecutar (falta de recursos), o si se está cumpliendo el flujo correcto de avance.

Como complemento visual, el sistema incorpora un gráfico de barras dinámico, en el que se representa la cantidad de obras en cada estado. Esta visualización resulta extremadamente útil para identificar de forma inmediata qué fases concentran más carga de trabajo.

Esta funcionalidad también ofrece un valor estratégico importante. Por ejemplo, si el gráfico muestra una cantidad muy alta de obras en “PTE PODA” o “PTE PERMISO”, el jefe de obra puede coordinarse con ingeniería o con los gestores de Iberdrola para acelerar esas autorizaciones. Si, por el contrario, hay muchas obras en “EJECUTADA” pero pocas en “CERTIFICADA”, puede indicar que no se están registrando correctamente los rediseños.

Además, al separar la fecha de alta y la fecha de certificación, ELEGEST PRO permite trazar el ciclo completo de cada obra, evaluando su duración real, lo que abre la puerta a futuros análisis de tiempos medios por tipo de intervención, CT o zona geográfica.

En conjunto, este módulo cumple varias funciones clave:

- Seguimiento de la producción cerrada, vinculado directamente al incentivo del 1,25%.
- Evaluación del flujo de trabajo y sus bloqueos.
- Control estadístico del avance operativo.
- Soporte documental para informes técnicos o reuniones internas.



Figura 22: Apartado para ver los estados de todas las obras en la aplicación EleGest PRO.

5.3.7 Seguridad y control de EPI

Aunque se encuentra al final del menú principal, el apartado Seguridad de ELEGEST PRO representa un componente fundamental dentro de la gestión técnica y operativa de las obras eléctricas, ya que refuerza directamente la cultura preventiva y el cumplimiento de los procedimientos de trabajo seguro.

En esta pantalla (Figura 23), el usuario puede consultar los Equipos de Protección Individual que fueron seleccionados como obligatorios durante el alta de cada obra. Como se explicó en el apartado correspondiente al registro de intervenciones, la aplicación no permite añadir una nueva obra si no se ha completado previamente el Checklist de EPI. Esta exigencia garantiza que todas las actuaciones quedan registradas desde su inicio con las medidas de protección adecuadas en función de su tipología y riesgos asociados.

Cada obra registrada en el sistema se representa en formato columna, identificada por su número de incidencia, y acompañada del listado completo de los EPI seleccionados. Esta funcionalidad permite al jefe de obra o encargado consultar rápidamente, antes de la ejecución en campo, qué protección individual se ha previsto en cada actuación, lo que facilita la preparación de la intervención, la coordinación con prevención de riesgos laborales y la verificación del cumplimiento de las condiciones mínimas de seguridad.

Además del visor de EPI, la pantalla incluye una sección gráfica en la que se muestran las 5 Reglas de Oro de la electricidad, representadas de forma visual y didáctica:

- 1) Desconectar.
- 2) Bloquear.
- 3) Verificar ausencia de tensión.
- 4) Puesta a tierra y en cortocircuito.

5) Proteger contra elementos próximos en tensión.

Estas cinco reglas, basadas en los principios del trabajo seguro en instalaciones eléctricas, son de cumplimiento obligatorio en cualquier intervención, y su inclusión permanente en la aplicación actúa como recordatorio visual e informativo, reforzando el compromiso de Elecnor con la seguridad de sus trabajadores, convirtiendo en una plataforma de concienciación preventiva.

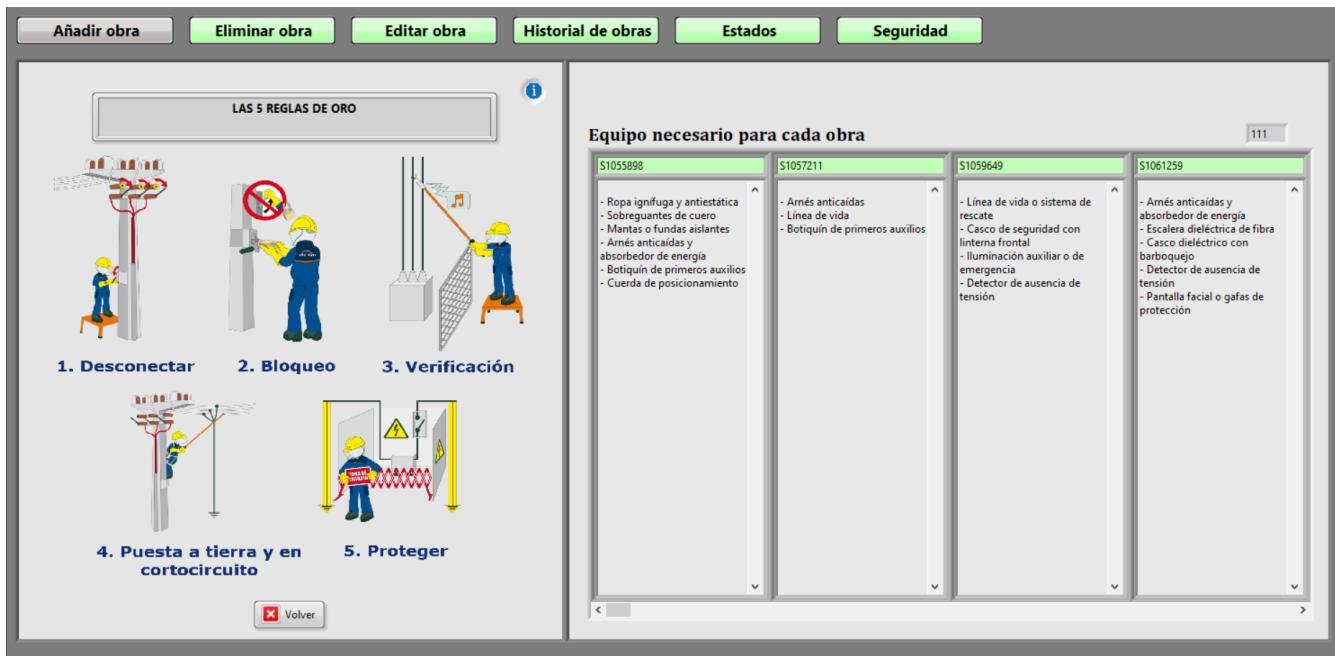


Figura 23: Apartado de seguridad en la aplicación EleGest PRO donde aparecen todos los equipos de protección individual de todas las obras y las 5 reglas de oro.

5.4 Estructura interna y lógica de funcionamiento

Esta sección explica cómo está hecha la aplicación por dentro, es decir, cómo se organizan los datos y cómo funciona la lógica del programa.

5.4.1 Estructura de datos: array de clusters

En el programa se utilizan tres archivos Excel diferentes, cada uno con una función específica, pero todos se gestionan de la misma forma.

Como se puede ver en la Figura 24 para cargar los datos, se usa el Report Generation Toolkit, que permite abrir archivos Excel directamente desde LabVIEW. Una vez abierto el archivo, se extrae el contenido de la hoja en forma de un array 2D de strings. Ese array 2D contiene los datos de varias obras, donde cada fila representa una obra diferente y cada columna representa un campo. El proceso para convertir estos datos en una estructura útil en el programa es el siguiente:

1. Se recorre el array fila por fila utilizando un bucle For.

2. En cada iteración, se toman las celdas de esa fila (una obra completa) y se agrupan en un cluster utilizando la función Bundle.
3. Ese cluster representa una obra con todos sus campos (nombre, urgencia, coste, etc.).
4. Cada cluster se va insertando en un array, dando como resultado final un array de clusters.

Este array de clusters es la base del programa:

- Permite acceder fácilmente a los datos de todas las obras.
- Se pueden aplicar operaciones como filtrar, buscar, modificar o guardar.
- Facilita mostrar la información en tablas o realizar exportaciones.

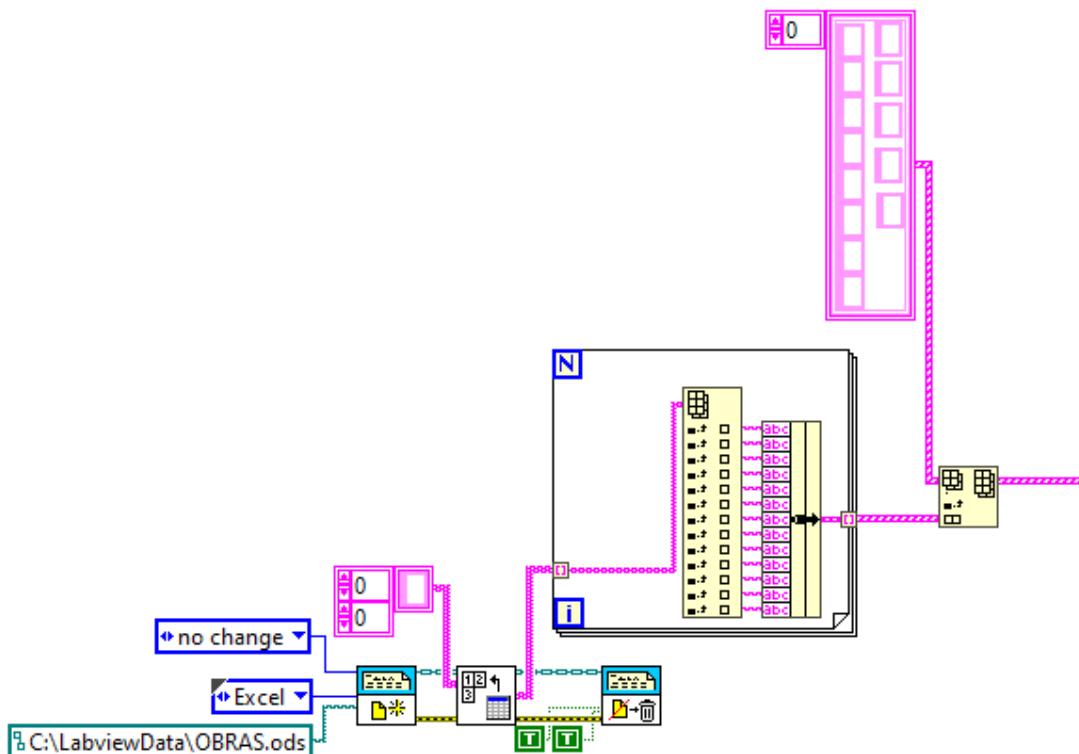


Figura 24: Función de bloques de LabView donde abre el Excel, pasa a un array y de ese array crea un cluster que se utilizará después

5.4.2 Uso de Bundle y Unbundle para acceso a datos

Para trabajar con los datos de cada obra, que están guardados en forma de cluster, se utilizan las funciones Unbundle y Bundle.

La función Unbundle o Unbundle by Name se utiliza para abrir el cluster y acceder a un valor concreto de su interior; si se quiere mostrar solo el nombre de una obra en pantalla, no hace falta usar todos los campos del cluster, sino que con Unbundle se extrae solo el valor del nombre.

Una vez que se ha leído o modificado algún valor, se utiliza Bundle o Bundle by Name para volver a cerrar el cluster con los datos actualizados, si el usuario cambia el estado de una obra a “CERTIFICADA”, se modifica ese dato concreto con Bundle y se reconstruye el cluster sin cambiar el resto de los valores.

5.4.3 SubVI para gestión del checklist de EPIs

En el programa se ha creado un SubVI llamado check.vi para gestionar los EPIs necesarios según el tipo de obra, de forma más ordenada y visualmente clara.

Cada tipo de obra (trabajo aéreo o trabajo subterráneo) requiere un checklist distinto de EPIs. Cada checklist se guarda como un cluster diferente:

- Uno para el trabajo aéreo (LABT)
- Otro para el trabajo subterráneo (LSBT)

Colocar todo ese contenido en el programa principal haría que el diagrama fuera muy grande y difícil de leer. Por eso se ha utilizado un SubVI, que permite meter toda esa lógica en un único bloque, dependiendo del tipo de obra seleccionada, el programa decide cuál de los dos checklists se va a editar.

Ese cluster entra al SubVI check.vi como se puede ver en la Figura 25, donde el usuario puede marcar qué EPIs se han comprobado. Dentro del SubVI se muestra una interfaz para seleccionar los elementos necesarios. Al salir del SubVI se devuelve un listado con los nombres de los EPIs seleccionados, que se usa para completar otro cluster general que guarda toda la información del checklist dentro de la obra.

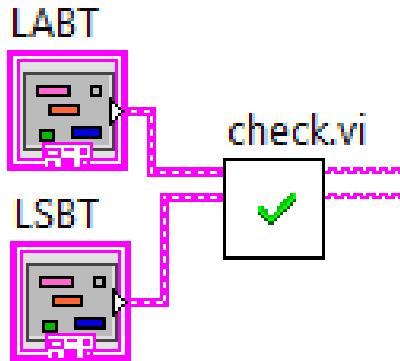


Figura 25: SubVI de Control de Seguridad de Checklist EPIs

5.4.4 Lógica de ejecución: estructura Case dentro de While Loop

El funcionamiento principal del programa se basa en una estructura de bucle y selección de casos.

Todo el programa está dentro de un While Loop, lo que significa que está funcionando de forma continua y no se detiene hasta que el usuario decide cerrarlo. Esto es importante para que la interfaz sea interactiva y siempre esté disponible para realizar acciones.

Dentro del While Loop hay una estructura Case, que permite ejecutar distintas acciones según lo que el usuario seleccione. El control que decide qué caso se ejecuta es un enum, que contiene los diferentes estados o modos del programa.

Cada uno de estos estados tiene su propio bloque de código dentro del Case, donde se realiza lo que corresponde. Así, el programa solo ejecuta el código necesario en cada momento, de forma organizada.

5.4.5 Generación de informes

La aplicación tiene una parte dedicada a la gestión de informes, que permite tanto actualizar los archivos de datos existentes como crear nuevos informes personalizados. Todo esto se hace mediante el Report Generation Toolkit, que facilita trabajar directamente con archivos Excel. El programa ofrece dos formas de trabajar con los datos en Excel

5.4.5.1 Actualización del archivo original

Desde el inicio del programa se carga un archivo Excel (por ejemplo, OBRAS.ods) que actúa como base de datos externa.

Una vez que el usuario edita o añade nuevas obras desde la interfaz, estas modificaciones se guardan directamente en ese mismo archivo, manteniéndolo siempre actualizado, este proceso es automático.

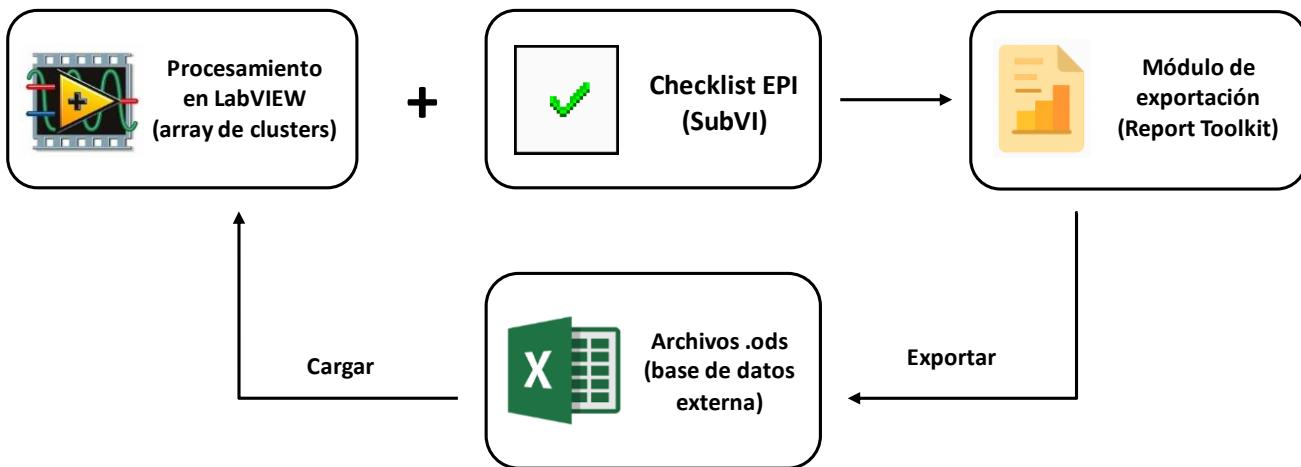


Figura 26: Flujograma del proceso de carga y exportación de archivos Excel con Report Generation Toolkit en LabView

5.4.5.2 Creación de nuevos informes personalizados

Durante este proceso, como se ve en la Figura 27, se crea un nuevo archivo Excel a partir de los datos seleccionados del array principal de clusters. En ese archivo se insertan únicamente las obras que cumplen con los filtros aplicados por el usuario, y para cada una se añade también el checklist de EPIs, que fue completado previamente mediante el SubVI correspondiente.

El informe final se genera con un formato visual limpio y ordenado: se aplican bordes y estilos de texto para que el contenido sea más profesional. Además, cada tipo de informe se diferencia visualmente

mediante colores; por ejemplo, los informes de centro de transformación (CT) se generan con un color azul claro, lo cual facilita su identificación a simple vista.

Todos los informes se guardan automáticamente en la carpeta C:\LabviewData. El nombre del archivo también se genera de forma automática, incluyendo información útil. Por ejemplo, si se genera un informe para el centro de transformación llamado "ERREKA", el archivo se guardará como 'Informe_CT_ERREKA'.

Esto permite organizar fácilmente todos los informes y acceder a ellos sin necesidad de renombrarlos manualmente.

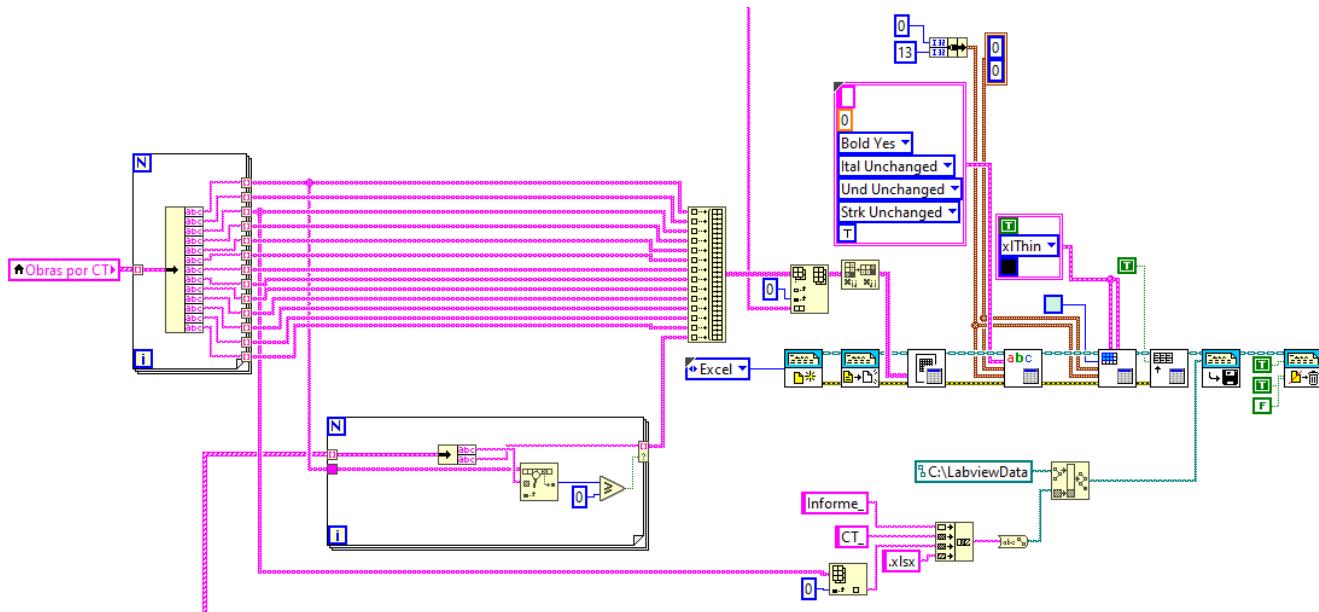


Figura 27: Generación automática de informes con formato personalizado en LabView y utilidad operativa

La aplicación desarrollada ha cumplido con el objetivo principal planteado desde el inicio: mejorar la gestión de los recursos y el control de las obras de forma sencilla, ordenada y eficaz.

Gracias a la estructura creada los jefes de obra como los encargados puedan consultar, modificar y seguir el estado de las obras de manera sencilla, sin necesidad de revisar múltiples documentos o las aplicaciones de Iberdrola.

La respuesta por parte del personal ha sido positiva. El uso práctico del sistema ha generado un buen feedback, destacando sobre todo su facilidad de uso, la claridad de los informes y la utilidad del historial de datos. En conjunto, la aplicación aporta una herramienta sencilla pero potente para optimizar la gestión operativa de obras eléctricas.

5.5 Posibles mejoras y ampliaciones futuras

Aunque la aplicación cumple su función de forma efectiva, se han identificado varias mejoras que podrían implementarse en el futuro para hacerla más completa, visual y adaptada a distintos perfiles de usuario:

5.5.1 Gestión por tipo de usuario

Incorporar un sistema de inicio de sesión con diferentes permisos. Por ejemplo, que un jefe de obra solo pueda editar sus propias obras, aunque pueda consultar las del resto. O que el encargado o el operario pueda ver las obras sin poder editar. Esto garantizaría un mayor control y responsabilidad individual.

5.5.2 Añadir más detalles a cada obra

Incluir campos adicionales como el material asignado a cada obra, lo que permitiría llevar un mayor control ya que no se perdería el rastro de cada recurso.

5.5.3 Visualización de EPIs con imágenes

Mostrar fotos de los EPIs en el checklist, para que el usuario pueda identificar fácilmente cada elemento de seguridad. Esto sería especialmente útil para operarios nuevos o con menos experiencia.

5.5.4 Conexión con GPS

Integrar el programa con un sistema de geolocalización que permita ver la ubicación de las brigadas y detectar posibles retrasos. Esto ayudaría a mejorar el seguimiento del personal en tiempo real y la planificación de los desplazamientos.

5.5.5 Sistema de alertas y priorización de obras

Añadir un sistema de avisos que detecte situaciones críticas, como una acumulación excesiva de obras en estado "PTE PODA" o "PTE EJECUCIÓN", o destacar las obras urgentes con colores o iconos. Esto facilitaría al jefe de obra tomar decisiones rápidas y priorizar correctamente.

6. Resultados

El desarrollo del presente proyecto ha permitido obtener una serie de resultados relevantes, que demuestran la utilidad de las mejoras implementadas en la gestión de recursos en el ámbito de la distribución eléctrica. Los principales resultados alcanzados son los siguientes:

1. Reducción de tiempos de gestión

La implantación de la herramienta digital ELEGEST PRO ha reducido significativamente el tiempo necesario para la gestión y el seguimiento de las obras.

Una reducción en el tiempo invertido en tareas como el registro de intervenciones, la localización de información histórica y la elaboración de informes para el cliente y para la propia empresa.

2. Mejora en la concienciación en materia de seguridad

La integración de un checklist obligatorio de Equipos de Protección Individual (EPI) y la visualización constante de las 5 Reglas de Oro en la aplicación han contribuido a mejorar la concienciación del personal técnico sobre la importancia de la seguridad en todas las fases de la obra.

Esto se ha traducido en una mayor sistematización de los controles de seguridad y en una reducción de las desviaciones observadas durante las auditorías internas.

3. Cumplimiento de objetivos con Iberdrola

Gracias a la mejora en la organización y seguimiento de las actuaciones, el equipo ha conseguido cumplir de forma consistente con los objetivos de productividad e indicadores de calidad exigidos por Iberdrola.

En particular, se ha logrado alcanzar de forma recurrente el incentivo del 1,25% asociado a la certificación de más de 10 averías semanales, optimizando así tanto el rendimiento económico como la satisfacción del cliente.

7. Conclusiones

El presente proyecto ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos establecidos, contribuyendo de manera directa a la optimización de la gestión de recursos en el ámbito de la distribución eléctrica.

Desde un punto de vista técnico, la herramienta ELEGEST PRO ha demostrado ser un apoyo fundamental para la organización, trazabilidad y seguimiento de las obras, permitiendo una gestión más eficiente y reduciendo los tiempos de trabajo administrativo.

Metodológicamente, la combinación de análisis de procesos, digitalización y enfoque preventivo ha permitido mejorar tanto la eficacia operativa como la seguridad en campo, consolidando un modelo de trabajo más estructurado y fiable.

En cuanto a salud y seguridad laboral, la implantación sistemática del checklist de Equipos de Protección Individual (EPI) y el refuerzo visual de las 5 Reglas de Oro han contribuido a una mayor concienciación de todo el equipo técnico, reduciendo el riesgo de accidentes y elevando el nivel de cumplimiento normativo.

Desde el punto de vista económico, la mejora en la gestión y planificación logística, así como la optimización del seguimiento operativo, han permitido reducir costes y mejorar los resultados económicos, tanto para la empresa como en términos de cumplimiento de los objetivos contractuales con el cliente.

Finalmente, cabe destacar que el proyecto ha contribuido al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) marcados.

8. Líneas futuras

A lo largo del desarrollo de este proyecto se ha podido comprobar que la empresa Elecnor cuenta con una estructura sólida y unos procesos bien definidos para la gestión de recursos y la ejecución de obras en el ámbito de la distribución eléctrica. La colaboración entre los diferentes perfiles profesionales y la integración con las herramientas corporativas como incIDE, GAO y GENESIS funcionan de manera efectiva y permiten garantizar un alto nivel de calidad en el servicio prestado.

Sin embargo, a nivel de herramienta interna, si bien la aplicación ELEGEST PRO desarrollada en este TFG ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos planteados y ha demostrado ser de gran utilidad para el equipo operativo. Aun así, se han identificado varias líneas de mejora que podrían implementarse en el futuro para hacerla aún más completa, visual y adaptada a distintos perfiles de usuario. Estas mejoras permitirían ampliar su funcionalidad y reforzar aún más la eficiencia y la seguridad en la gestión diaria de las obras.

8.1 Gestión por tipo de usuario

Incorporar un sistema de inicio de sesión con diferentes permisos. Por ejemplo, que un jefe de obra solo pueda editar sus propias obras, aunque pueda consultar las del resto. O que el encargado o el operario pueda ver las obras sin poder editar. Esto garantizaría un mayor control y responsabilidad individual.

8.2 Añadir más detalles a cada obra

Incluir campos adicionales como el material asignado a cada obra, lo que permitiría llevar un mayor control, ya que no se perdería el rastro de cada recurso.

8.3 Visualización de EPIs con imágenes

Mostrar fotos de los EPIs en el checklist, para que el usuario pueda identificar fácilmente cada elemento de seguridad. Esto sería especialmente útil para operarios nuevos o con menos experiencia.

8.4 Conexión con GPS

Integrar el programa con un sistema de geolocalización que permita ver la ubicación de las brigadas y detectar posibles retrasos. Esto ayudaría a mejorar el seguimiento del personal en tiempo real y la planificación de los desplazamientos.

8.5 Sistema de alertas y priorización de obras

Añadir un sistema de avisos que detecte situaciones críticas, como una acumulación excesiva de obras en estado "PTE PODA" o "PTE EJECUCIÓN", o destacar las obras urgentes con colores o iconos. Esto facilitaría al jefe de obra tomar decisiones rápidas y priorizar correctamente.

Estas líneas de mejora representan posibles evoluciones naturales de la herramienta ELEGEST PRO, que podrían abordarse en futuras versiones. Su implementación permitiría seguir aportando valor añadido Gestión de recursos en el ámbito de la distribución eléctrica

al equipo de gestión de Elecnor, reforzando aún más la eficiencia, la trazabilidad y la seguridad en la gestión operativa de las obras de distribución eléctrica.

9. Valoración personal

La realización de este Trabajo Fin de Grado ha sido una experiencia muy enriquecedora, tanto a nivel profesional como personal. Me ha permitido adentrarme de lleno en el mundo de la distribución eléctrica, un ámbito complejo y esencial dentro del sistema energético.

Durante estos meses he podido aprender en profundidad no solo los aspectos técnicos y organizativos que se gestionan desde la oficina, sino también cómo se desarrollan realmente las obras en campo, acompañando a los operarios y encargados en diferentes intervenciones. Esta visión directa del trabajo operativo me ha ayudado a comprender la importancia de una buena planificación, de la coordinación entre los distintos perfiles profesionales y, sobre todo, de la aplicación rigurosa de las medidas de seguridad.

El contacto diario con los operarios y encargados ha sido especialmente valioso, ya que me ha permitido aprender de su experiencia práctica y conocer de primera mano los retos y soluciones que se aplican en cada situación. Gracias a ello, he podido complementar la formación teórica adquirida en la universidad con un conocimiento mucho más práctico y realista del sector.

Además, la posibilidad de desarrollar una herramienta propia me ha permitido aplicar competencias en digitalización y gestión de datos, aportando al equipo de trabajo y mejorando la eficiencia en los procesos operativos.

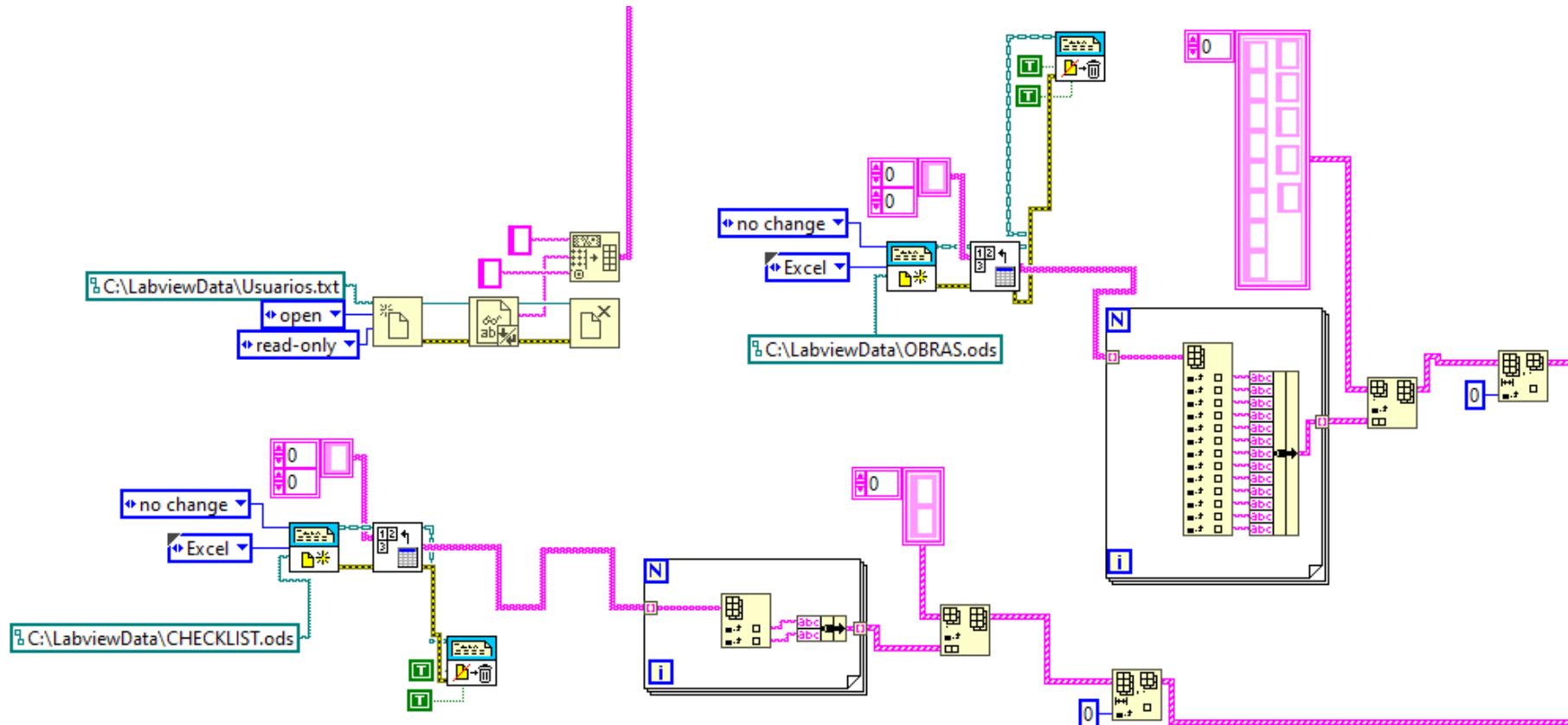
En definitiva, este TFG me ha proporcionado una visión completa del sector de la distribución eléctrica y me ha permitido adquirir competencias que considero muy valiosas para mi futuro profesional.

10. Bibliografía

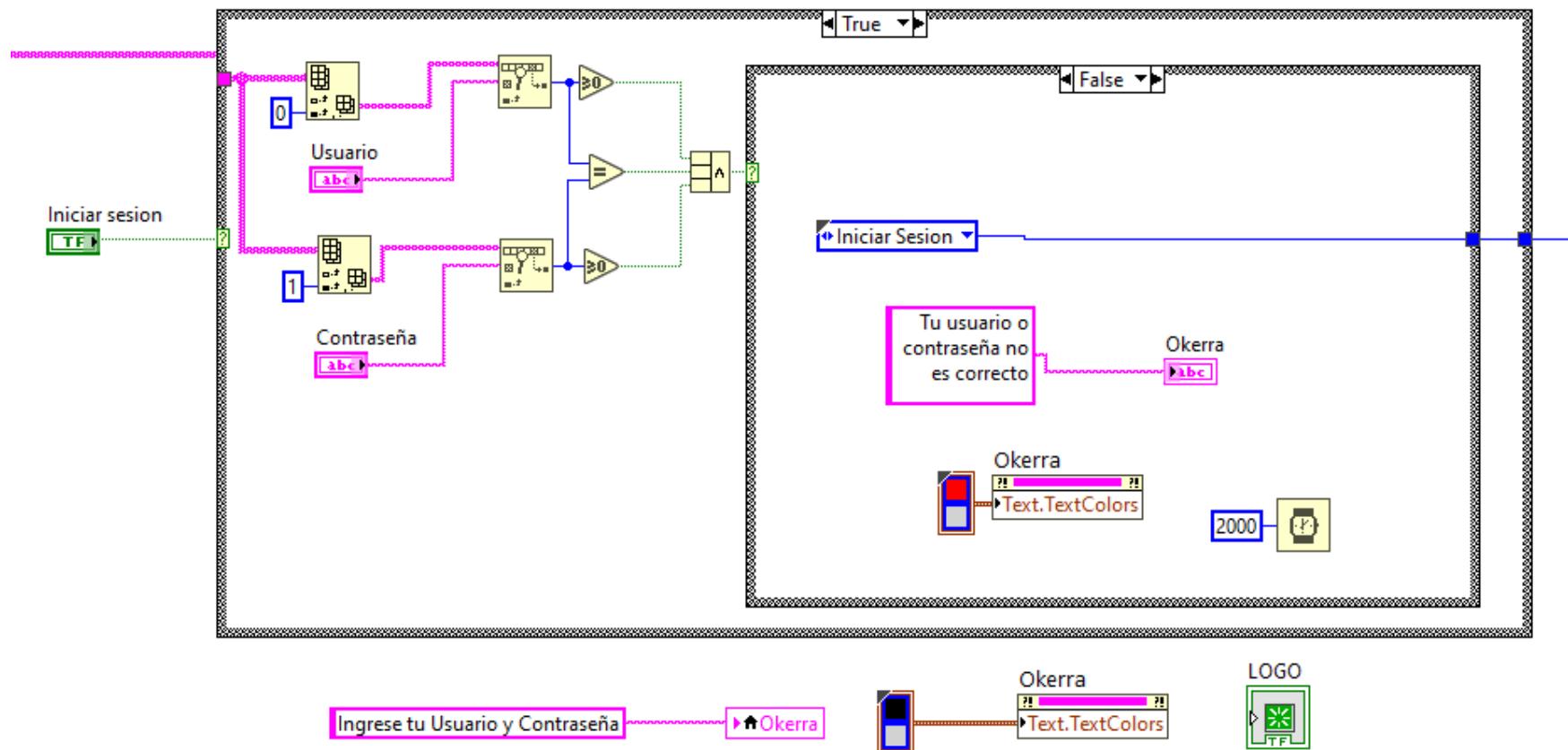
- [1] J. E. González, M. Pareja, y S. Terol, Instalaciones de distribución, Electricidad y Electrónica.
- [2] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico, Madrid, España: INSST, sep. 2020.
- [3] Catálogo - e2i2. [Online]. Available: <https://e2i2.es/catalogo/>
- [4] LabVIEW Report Generation Toolkit - NI [Online]. Available: https://www.ni.com/es/support/downloads/software-products/download.labview-report-generation-toolkit.html?srsltid=AfmBOoqJmzYKySlh1To9vD8Q59lPmSyyiM3DRZiw6j4c73hAUG_M8Pv6#411222
- [5] Iberdrola, ESPECIFICACIONES PARTICULARES PARA INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN (HASTA 30 kV) Y BAJA TENSIÓN. [Online]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/installacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/MT%202.03.20_E11_may19-.pdf
- [6] Iberdrola, Red Aérea trenzada de baja tensión acometidas. [Online]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/installacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/MT%202.41.58_E02_may19-.pdf
- [7] MT 2.03.20 – E11 – May19 | PDF, scribd.com. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/675765523/MT-2-03-20-E11-may19>
- [8] Report Generation Toolkit Compatibility: r/LabVIEW, Reddit. [Online]. Available: https://www.reddit.com/r/LabVIEW/comments/1gk5uh/report_generation_toolkit_compatibility/
- [9] Pacto Mundial, Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): pactomundial.org. [Online]. Available: https://www.pactomundial.org/que-puedes-hacer-tu/ods/?gad_source=1&gad_campaignid=21296951996&gbraids=0AAAAA9e9AzjWWGfLOWHGzZFYVqmL8fqMG&gclid=CjwKCAjw3_PCBhA2EiwAkH_j4geLLS6NrN-4s2cih7wSvFBcYzvOCQFupJS6BxlAIr09q_7qQfSkShoC3lkQAvD_BwE
- [10] R. Pérez, Instalaciones eléctricas de baja tensión: Diseño, cálculo y normativa. 2^a ed., Madrid, España: Paraninfo, 2020.
- [11] A. P. Jiménez-Espinoza, L. G. Andrade-Cortés, y P. C. Arana-Jiménez, “Analysis of Energy Transition Impact on the Low-Voltage Network using Copula-based Stochastic Modelling,” Energies, vol. 13, no. 22, art. 6097, 2020.
- [12] T. Li et al., “Voltage regulation in low voltage distribution networks with distributed battery energy storage systems,” IET Smart Grid, 2024.
- [13] J. Ballestín-Fuertes, D. Cervero, H. Bludszuweit, R. Martínez y J. A. Sáez-Castro, “Fault Location in Low-Voltage Distribution Networks based on Reflectometry – A Case Study,” en Renewable Energy and Power Quality Journal, ICREPQ’20, Granada, 2020.

- [14] M. A. Mahdavinejad et al., "Smart Sensors for Smart Grid Reliability," *Sensors*, vol. 10, no. 12, pp. 4330–4352, 2020.
- [15] Z. Fan, P. Kulkarni, S. Gormus, C. Efthymiou, G. Kalogridis, M. Sooriyabandara et al., "Smart Grid Communications: Overview of Research Challenges, Solutions, and Standardization Activities," arXiv, dec. 2011.
- [16] M. Culjak Mandić, J. Havelka, y H. Pandžić, "Development of a LabVIEW-Based Data Acquisition and Monitoring System for Demand Response Laboratory," en 2023 4th International Conference on Smart Grid Metrology (SMAGRIMET), 2023.
- [17] "Ultra-high-voltage electricity transmission in China," Wikipedia. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-voltage_electricity_transmission_in_China
- [18] T. S. Hlalele, "Research Trends in High Voltage Power Transmission," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 72, no. 8, pp. 139–148, Aug. 2024.
- [19] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Guía ITC-LAT-05 (mayo 2020). Líneas eléctricas de alta tensión (superior a 30 kV). [Online]. Available: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/guia-itc-lat-05-mayo2020.pdf>
- [20] Wikipedia, Cálculo de secciones de líneas eléctricas. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1lculo_de_secciones_de_l%C3%ADneas_el%C3%A9ctricas
- [21] Red Eléctrica de España, El suministro de la electricidad, folleto técnico explicativo de la red de transporte y sus niveles de tensión.
- [22] Biblus – Universidad de Sevilla, Redes de distribución de baja tensión: análisis del flujo de cargas en redes de BT a 4 hilos.

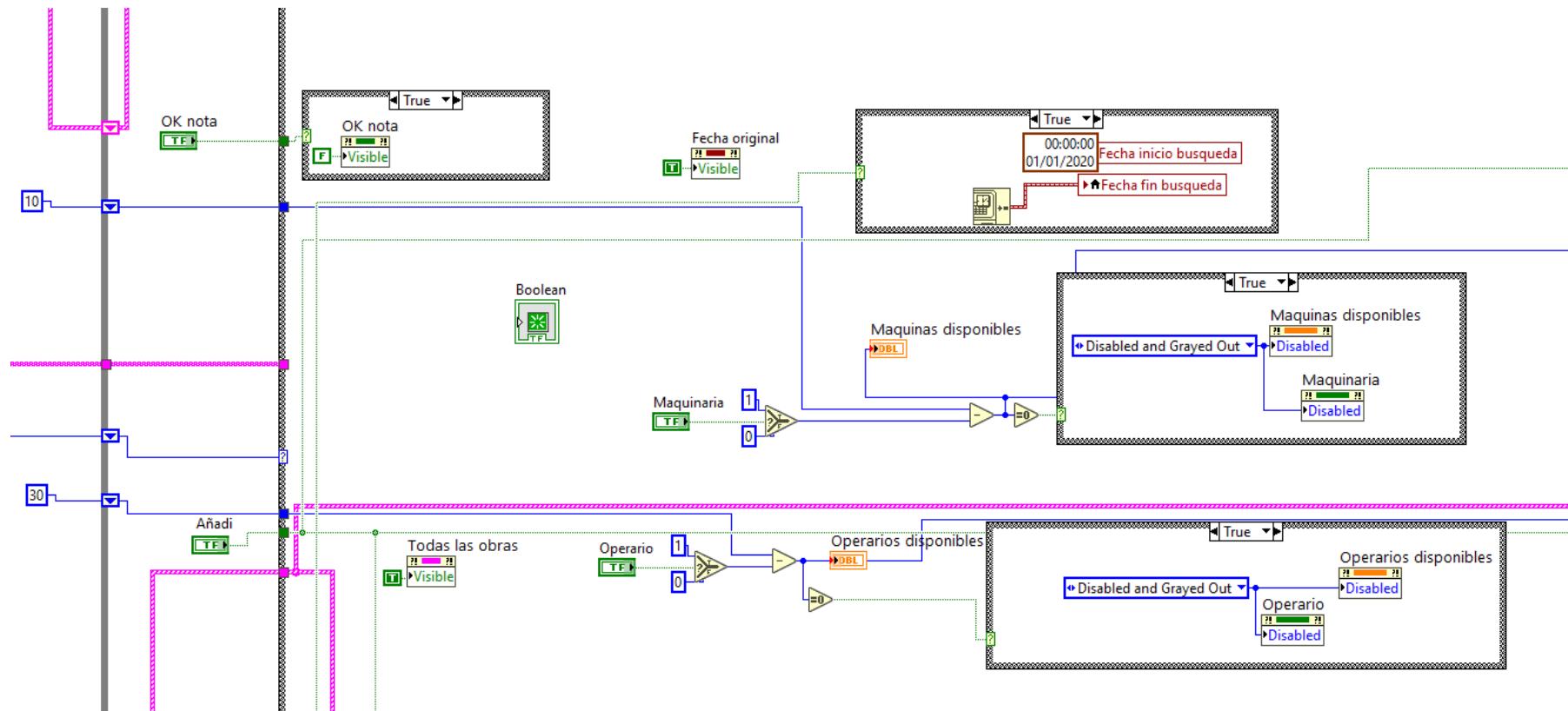
Anexo A. Diagrama de bloques completo de ELEGEST PRO



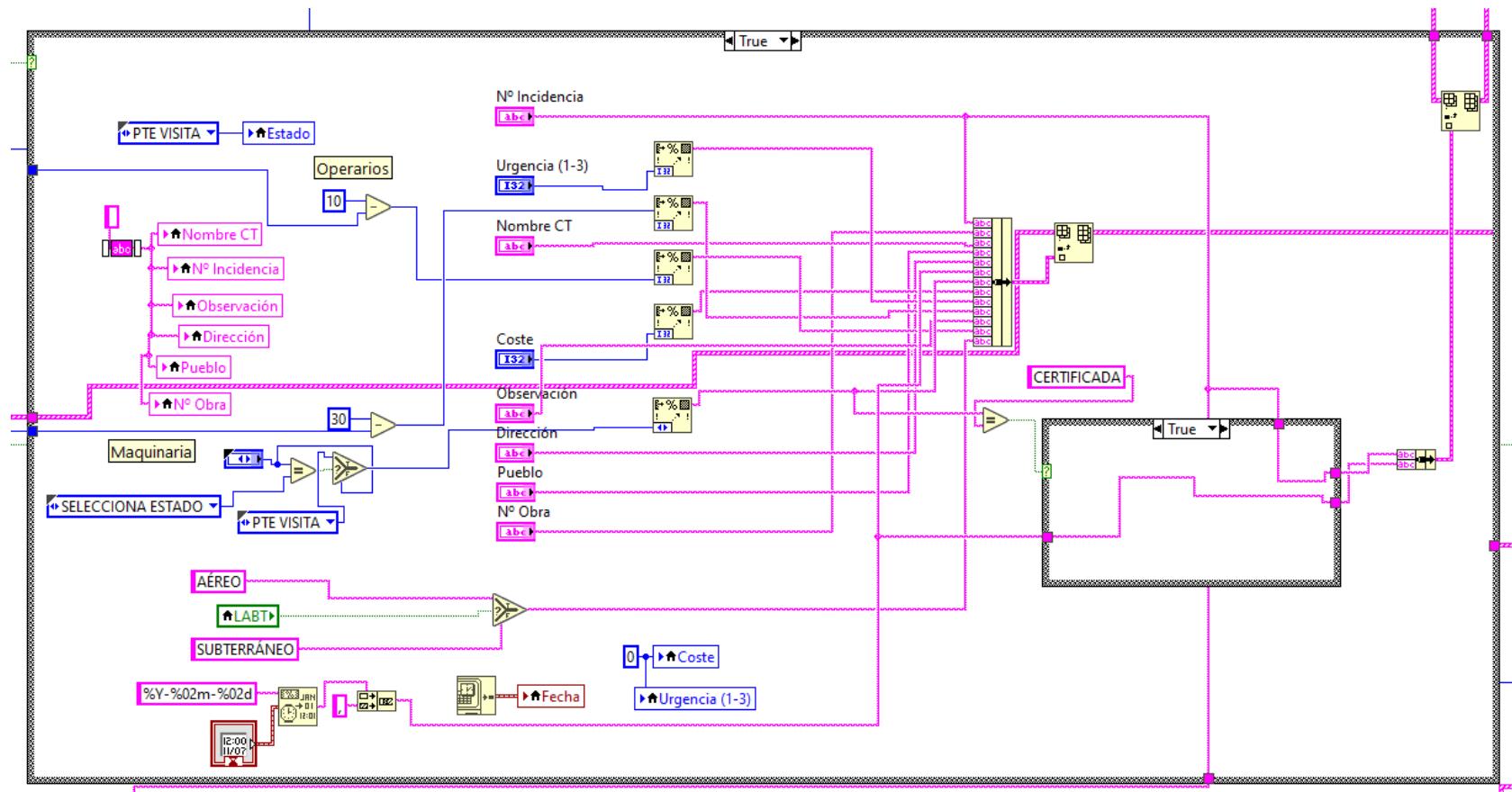
Anexo A. 1: Diagrama de bloques para la carga de datos desde Excel y carga de datos para el inicio de sesión (usuario y contraseña)



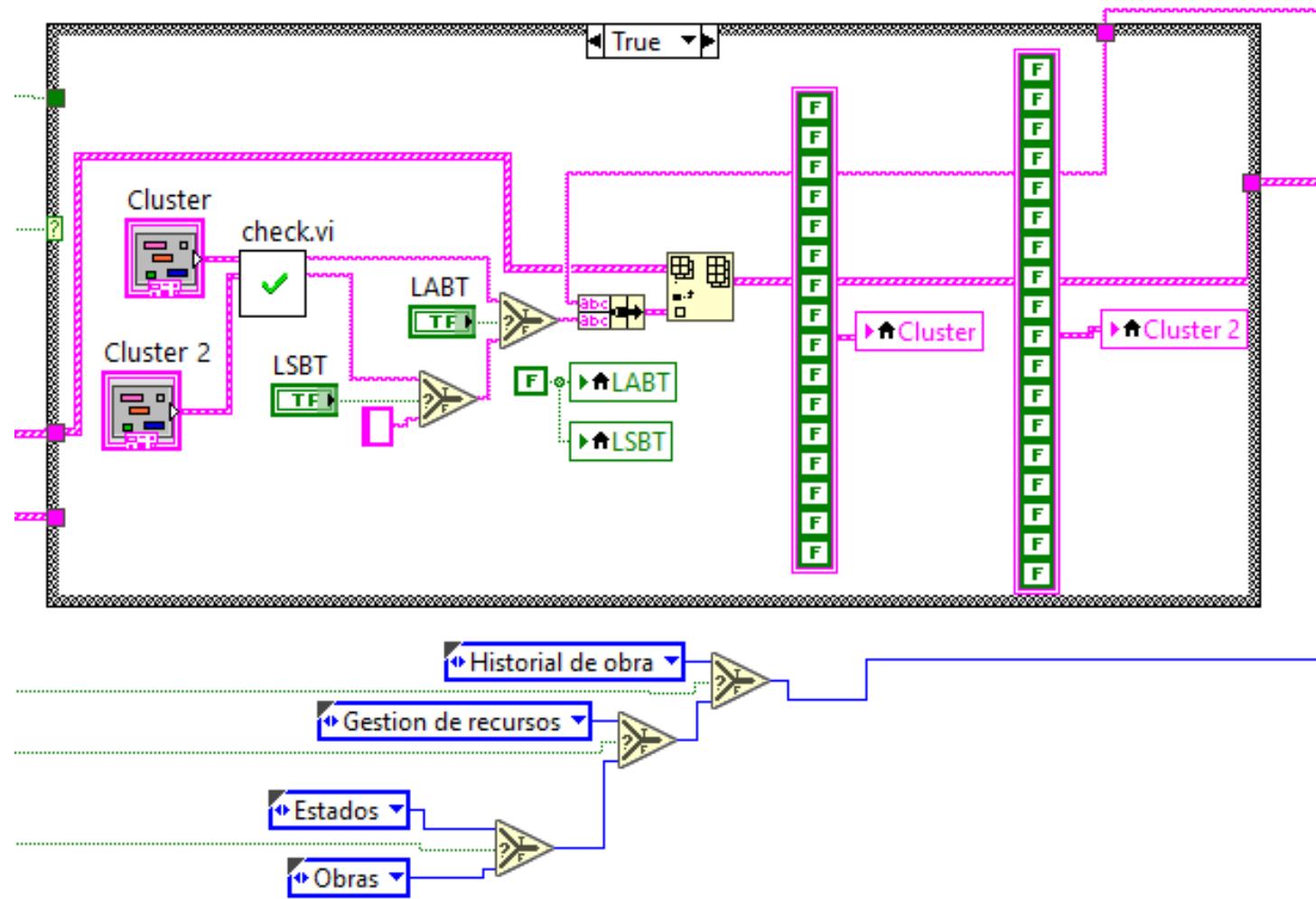
Anexo A. 2: Diagrama de bloques del proceso de inicio de sesión



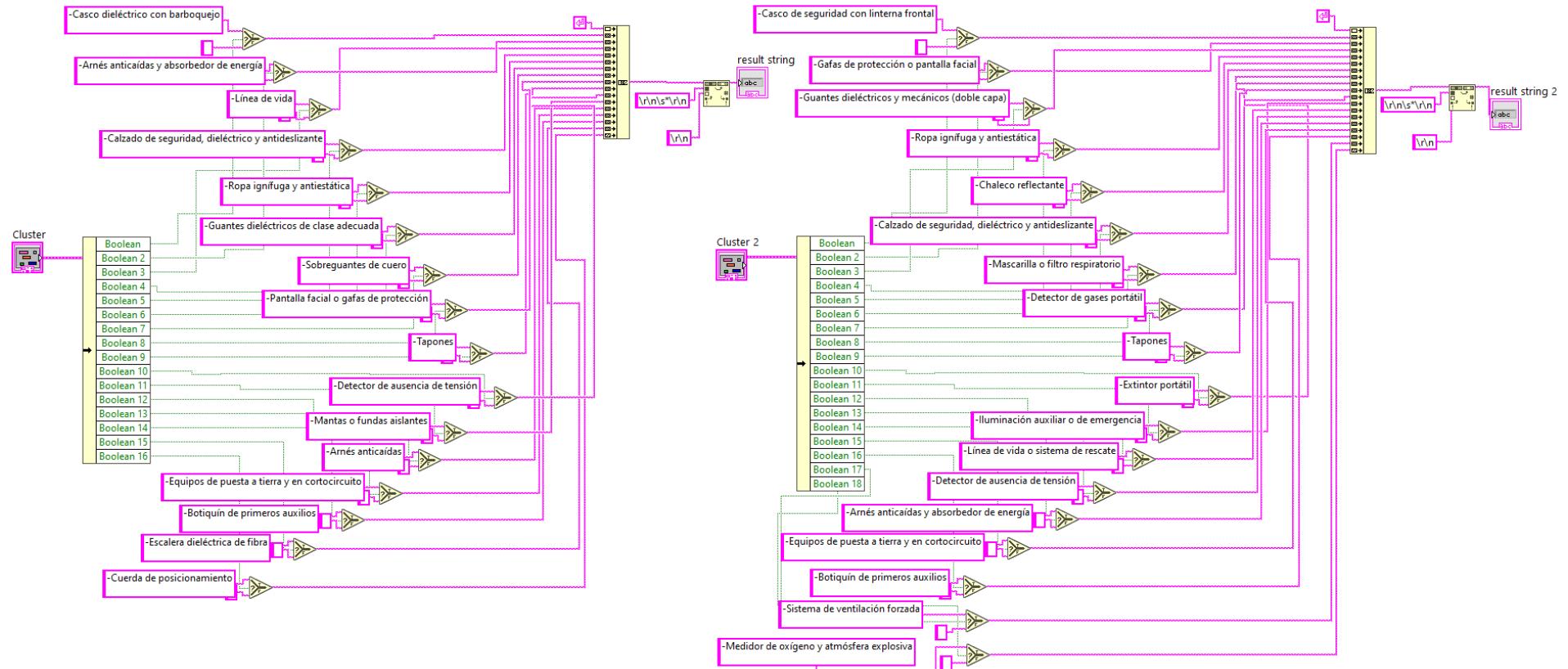
Anexo A. 3: Bucle con *shift register* para la gestión de operarios y maquinaria (alta de registros)



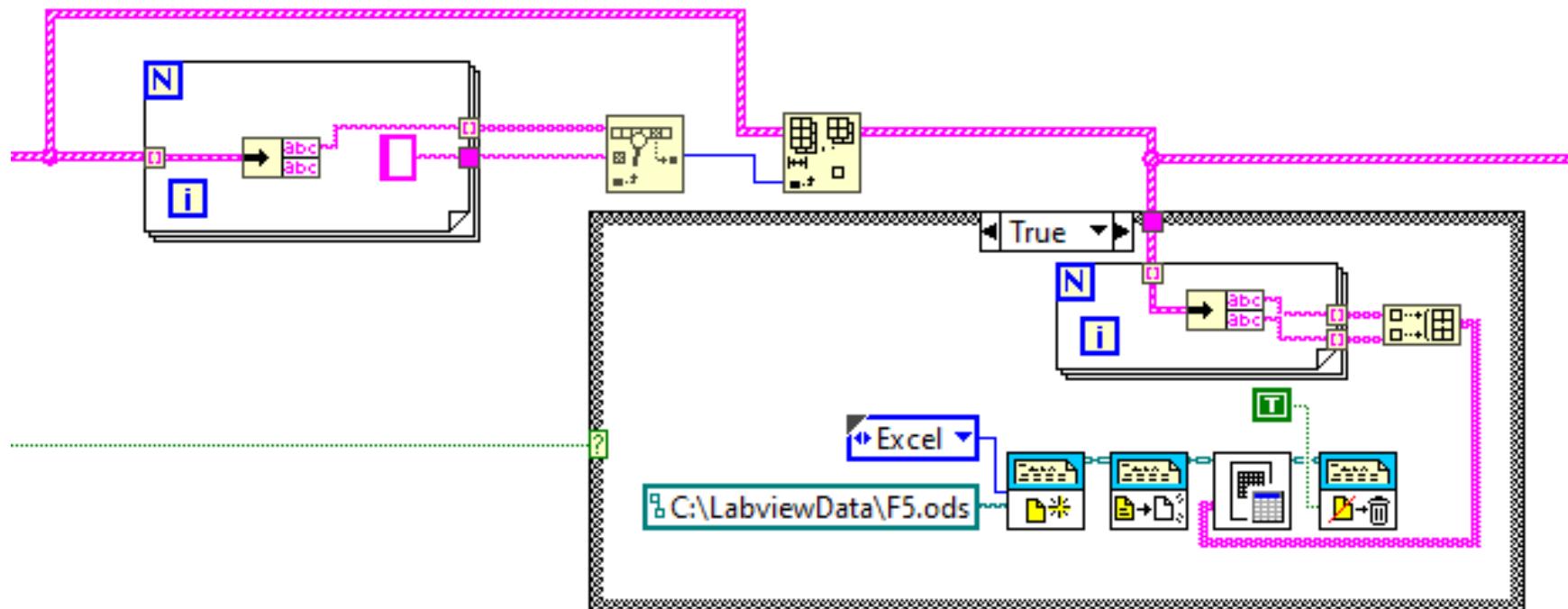
Anexo A. 4: Diagrama de bloques para el alta de obras y registro de sus datos



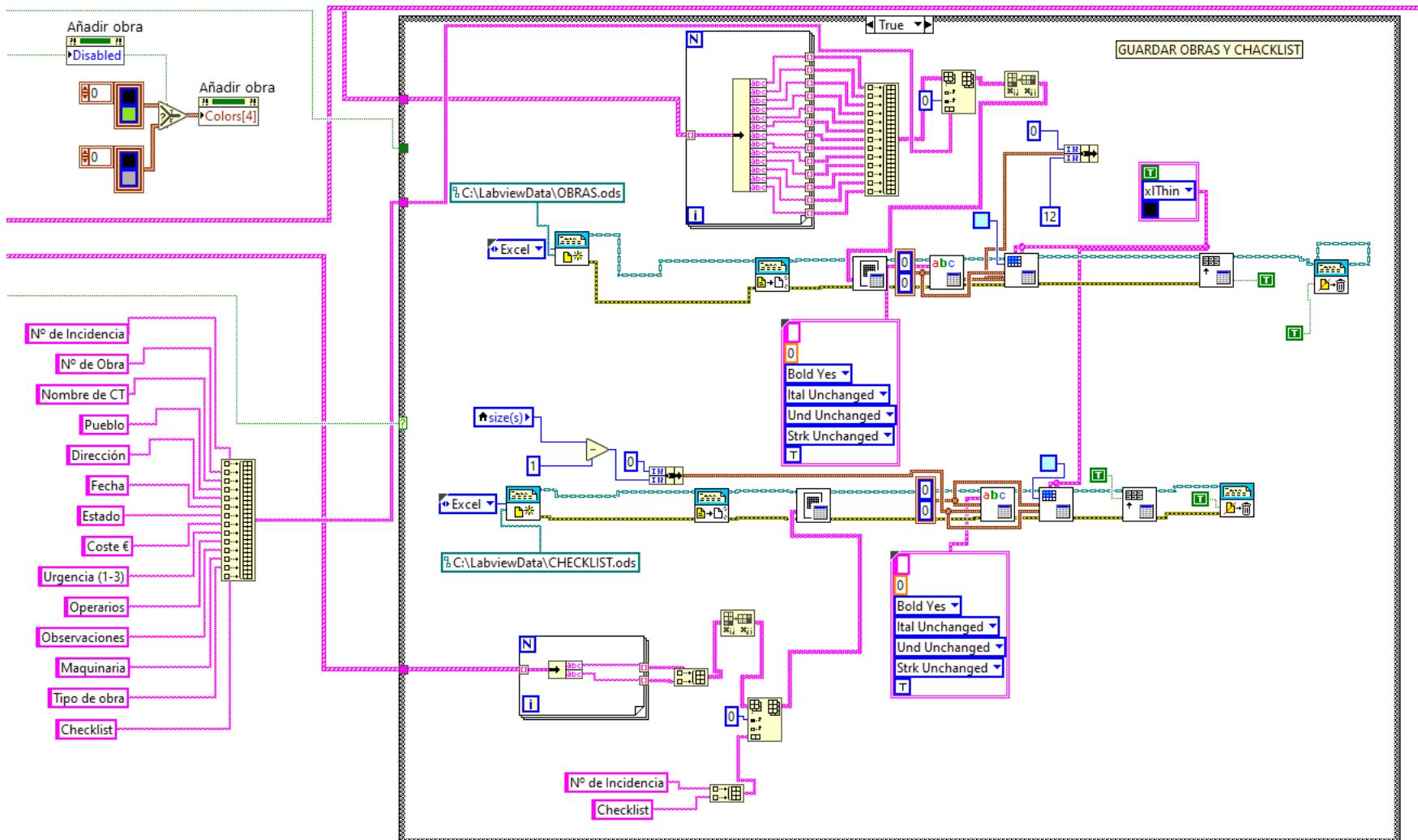
Anexo A. 5: Diagrama de bloques del checklist de EPIS con integración de SubVI



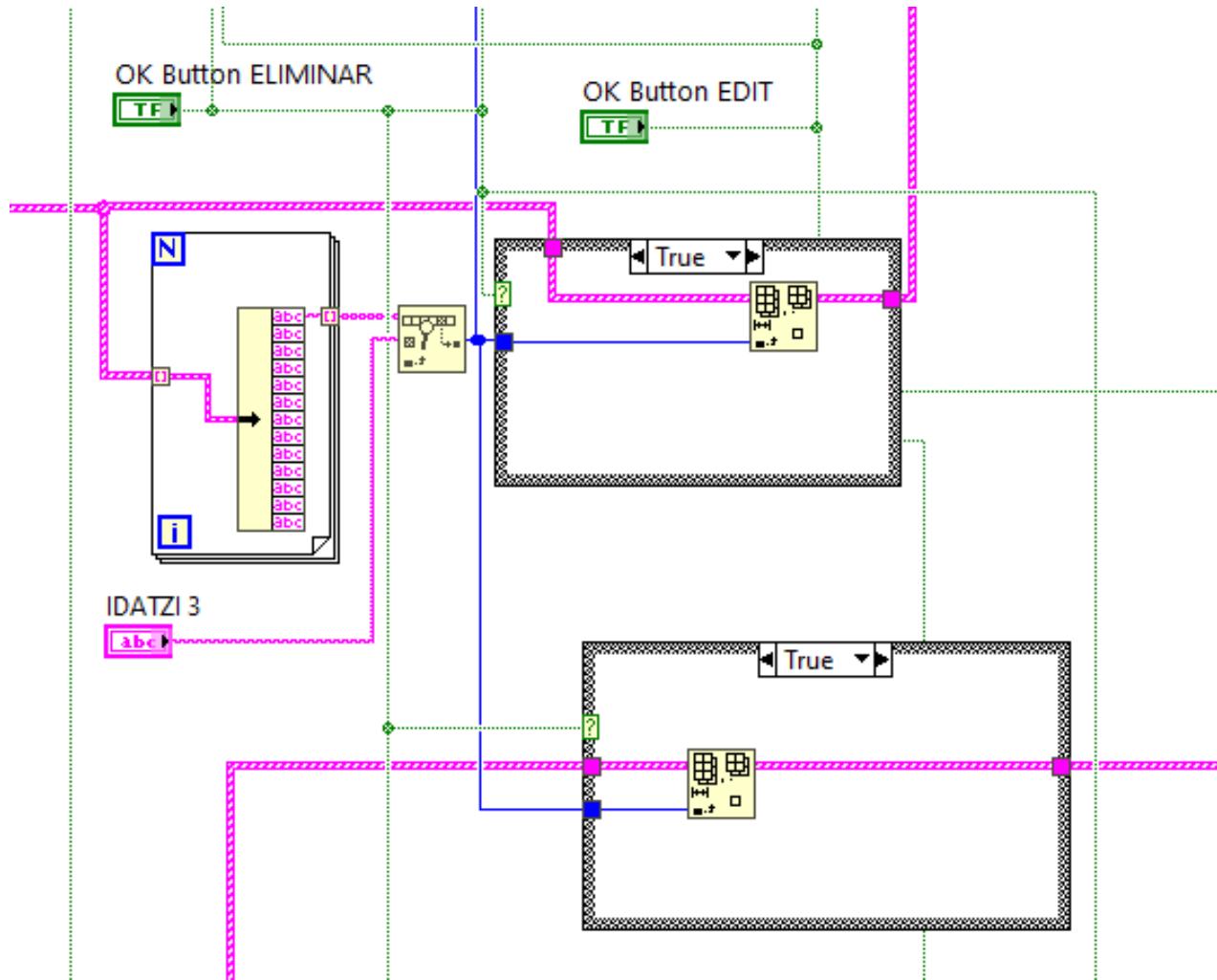
Anexo A. 6: SubVI del checklist de EPIs: gestión de todos los elementos de protección individual



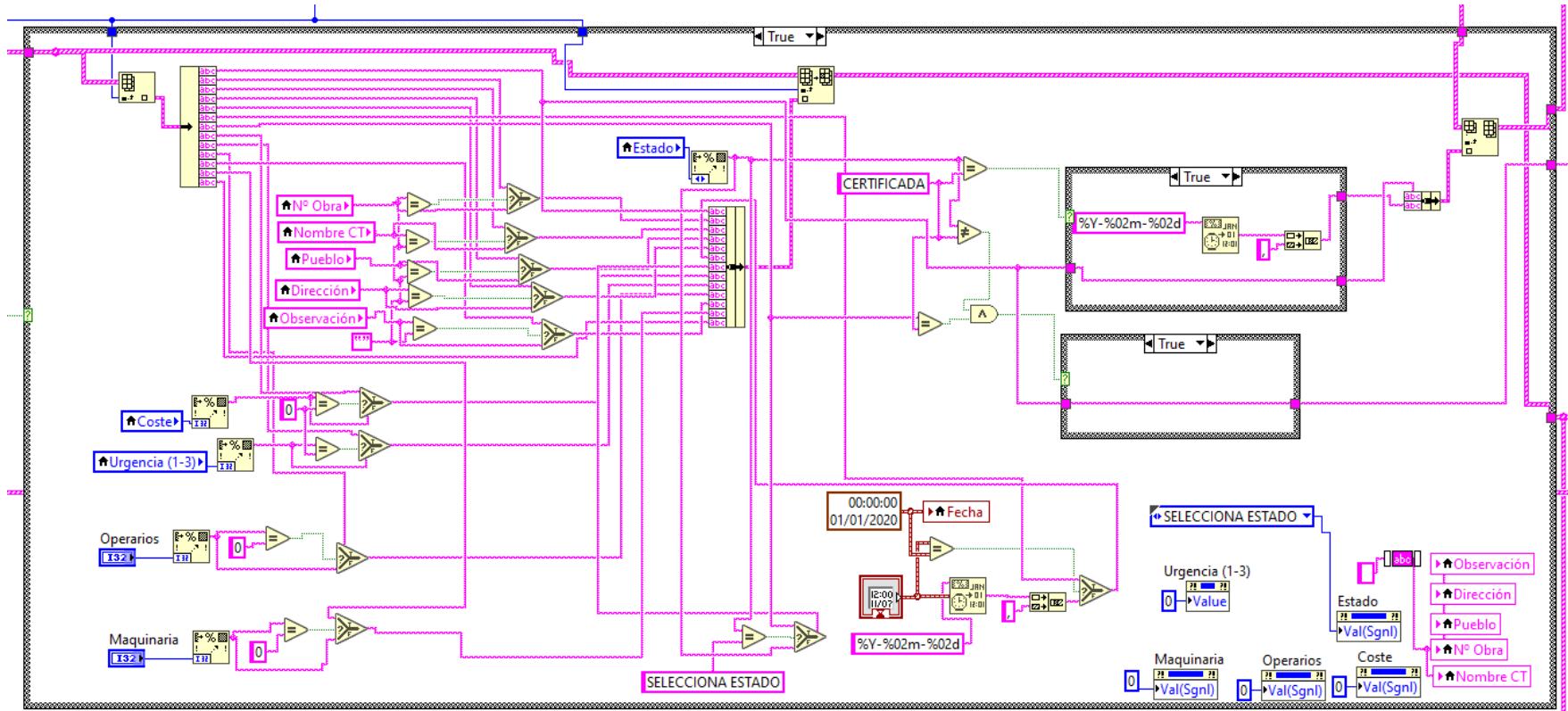
Anexo A. 7: Diagrama de bloques para el guardado de la fecha de actualización en F5 (apartado ESTADOS)



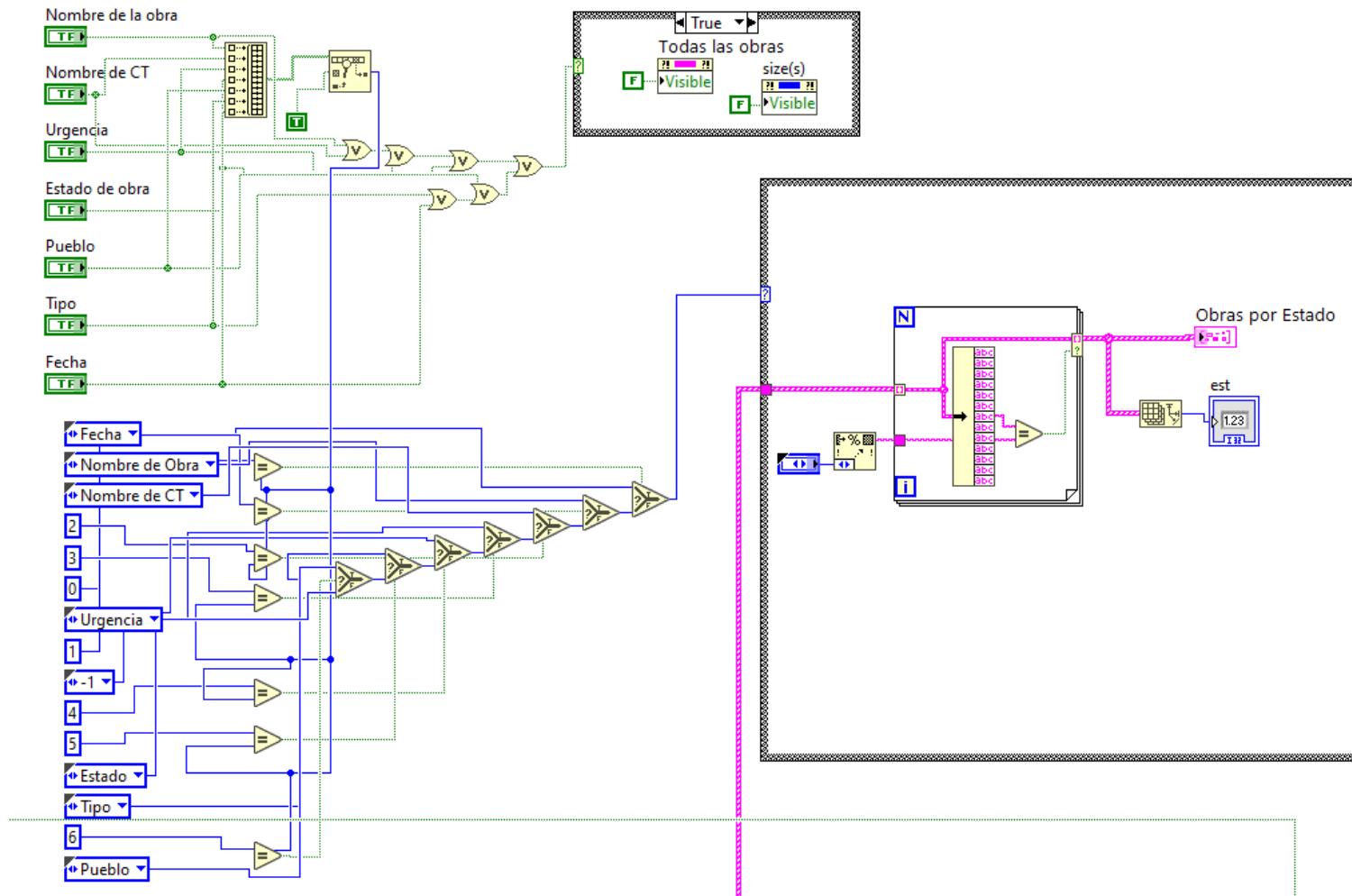
Anexo A. 8: Diagrama de bloques para el guardado automático de datos de obras y checklist tras añadir, editar o eliminar una obra



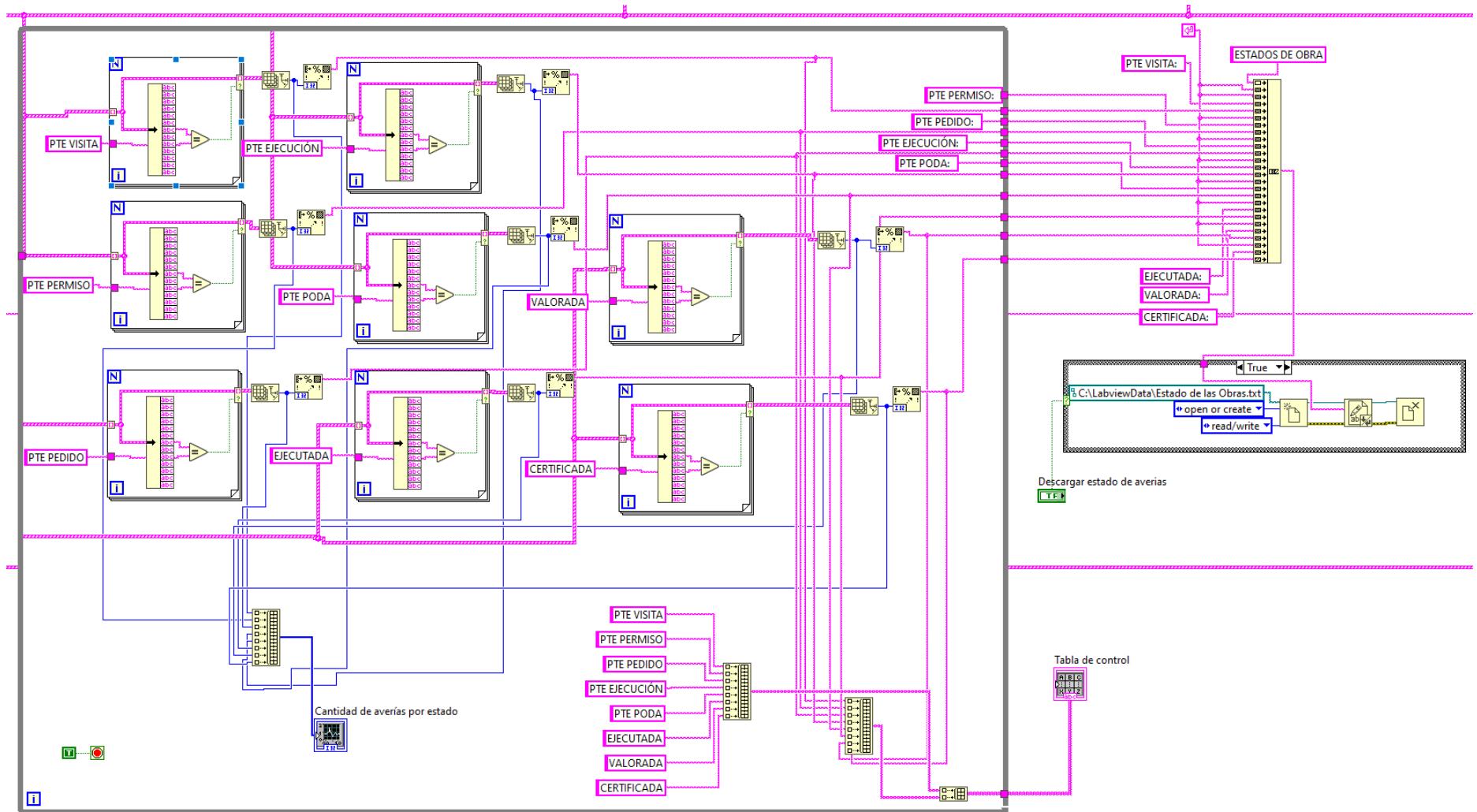
Anexo A. 9: Diagrama de bloques del proceso de búsqueda de obras para eliminar o editar



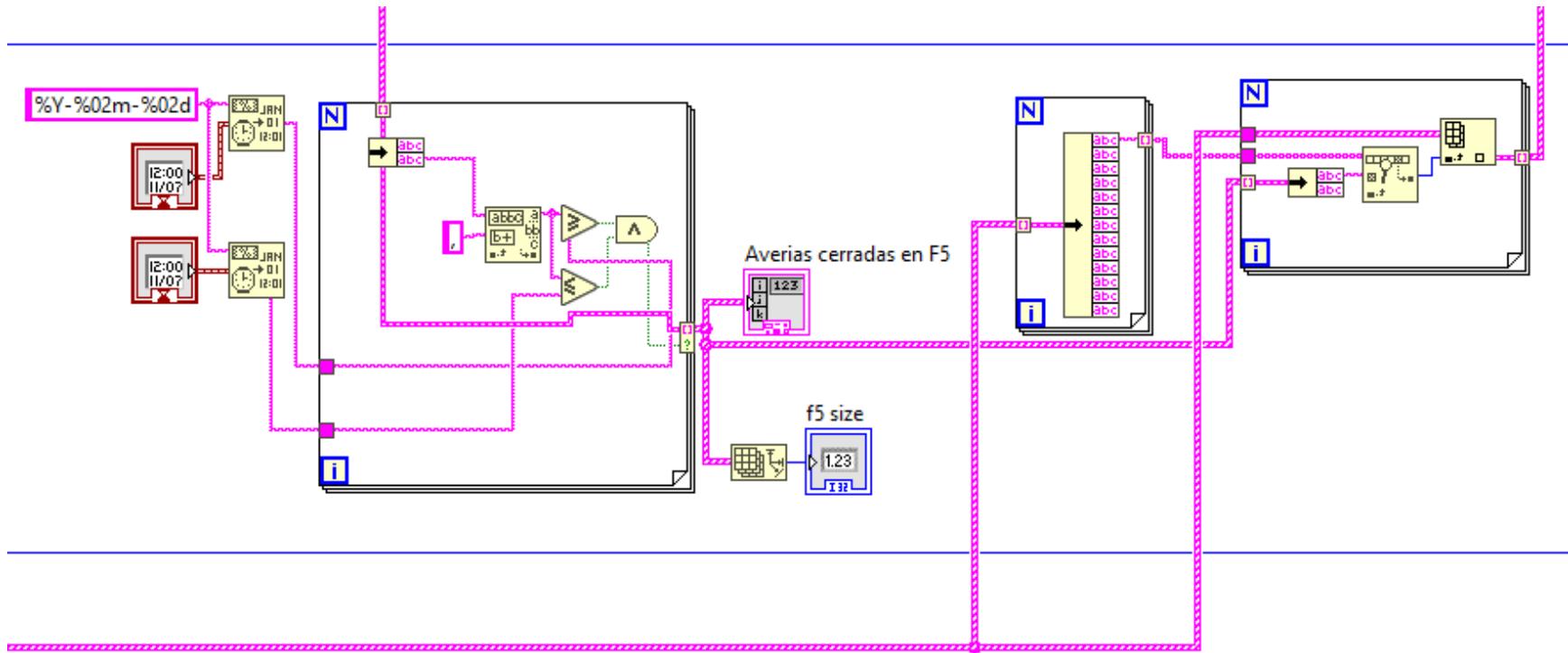
Anexo A. 10: Diagrama de bloques para la edición de obras y actualización del cluster de datos



Anexo A. 11: Diagrama de bloques del apartado Historial de obra: visualización de obras buscadas



Anexo A. 12: Diagrama de bloques para la descarga del archivo con todos los estados



Anexo A. 13: Diagrama de bloques para la búsqueda de averías en F5 según la fecha de cierre

