

# Integración y Validación de Sistemas de Monitorización de DP en Plataforma de Diagnóstico Automático con Inteligencia Artificial

Ricardo Gómez,

A. Sánchez, J. Martín, F. Garnacho, J. Ortego, R. Reinoso



**cigre**

For power system expertise

**red eléctrica**

**elewit**

**LCOE**

LABORATORIO CENTRAL OFICIAL  
DE ELECTROTECNIA

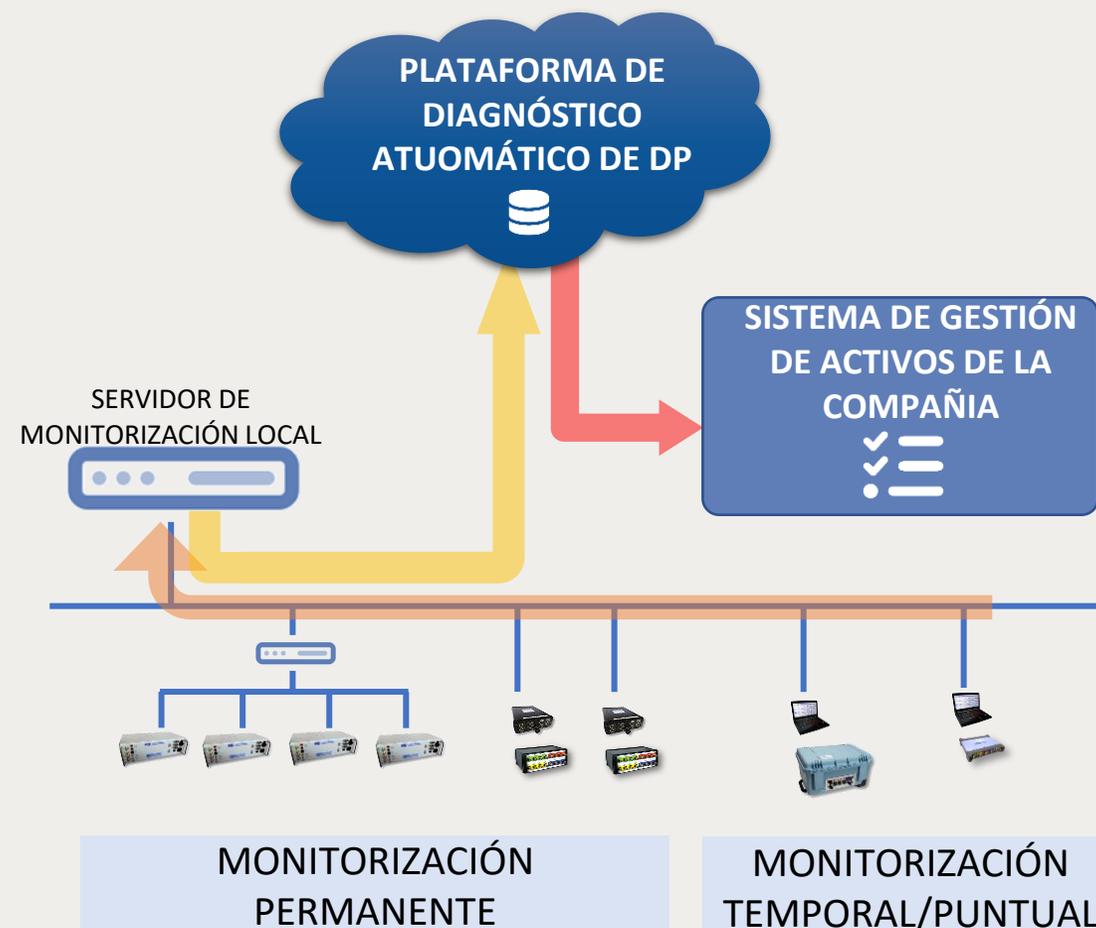
**Ampacimon**

Smart solutions for a dynamic grid

# Plataforma de Diagnóstico Automático

## CARACTERÍSTICAS DE LA PLATAFORMA

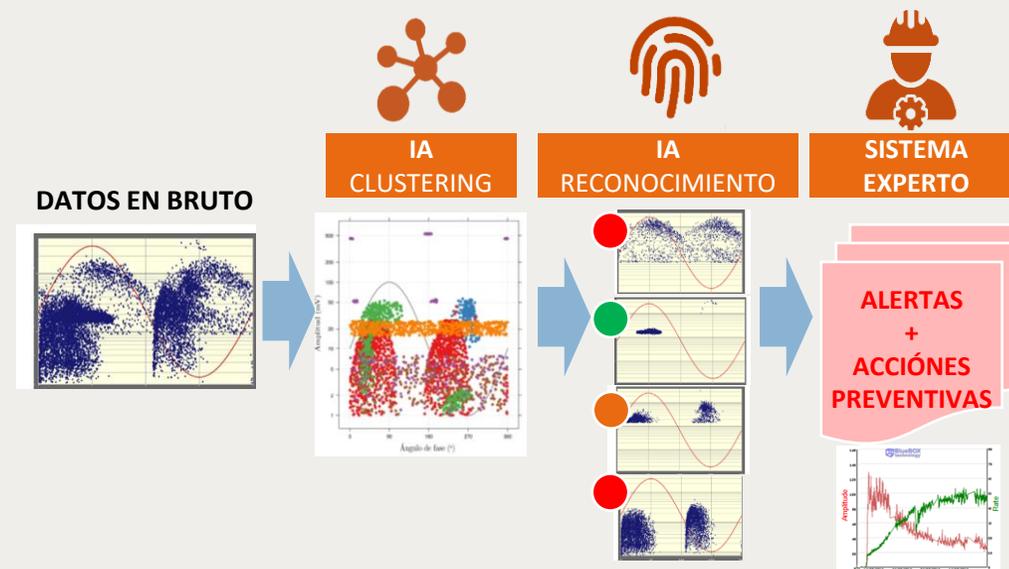
- Diseñada para supervisión de DP en múltiples activos
- Entrenada para diagnóstico de aislamiento de aire, aceite, sólido y SF6
- Compatible con tecnología de medida de diferentes proveedores (permanente/temporal/puntual)
- Implementación en la nube o en servidor local
- Integrable en el sistema de gestión de activos
- Conexión con base de datos de instalaciones de la compañía



# Funcionalidad Plataforma IA

## IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE DEFECTOS DE DP AUTOMÁTICAMENTE

- Las herramientas de IA separa automáticamente cada defecto de DP presente en la medición.
- Identifica fenómenos físicos y aislamiento afectado.
- Localización del defecto extrayendo la información recibida de cada sensor.
- Combina las actividades de PD detectadas por varios sensores en una alerta asignando criticidad y acciones preventivas recomendadas

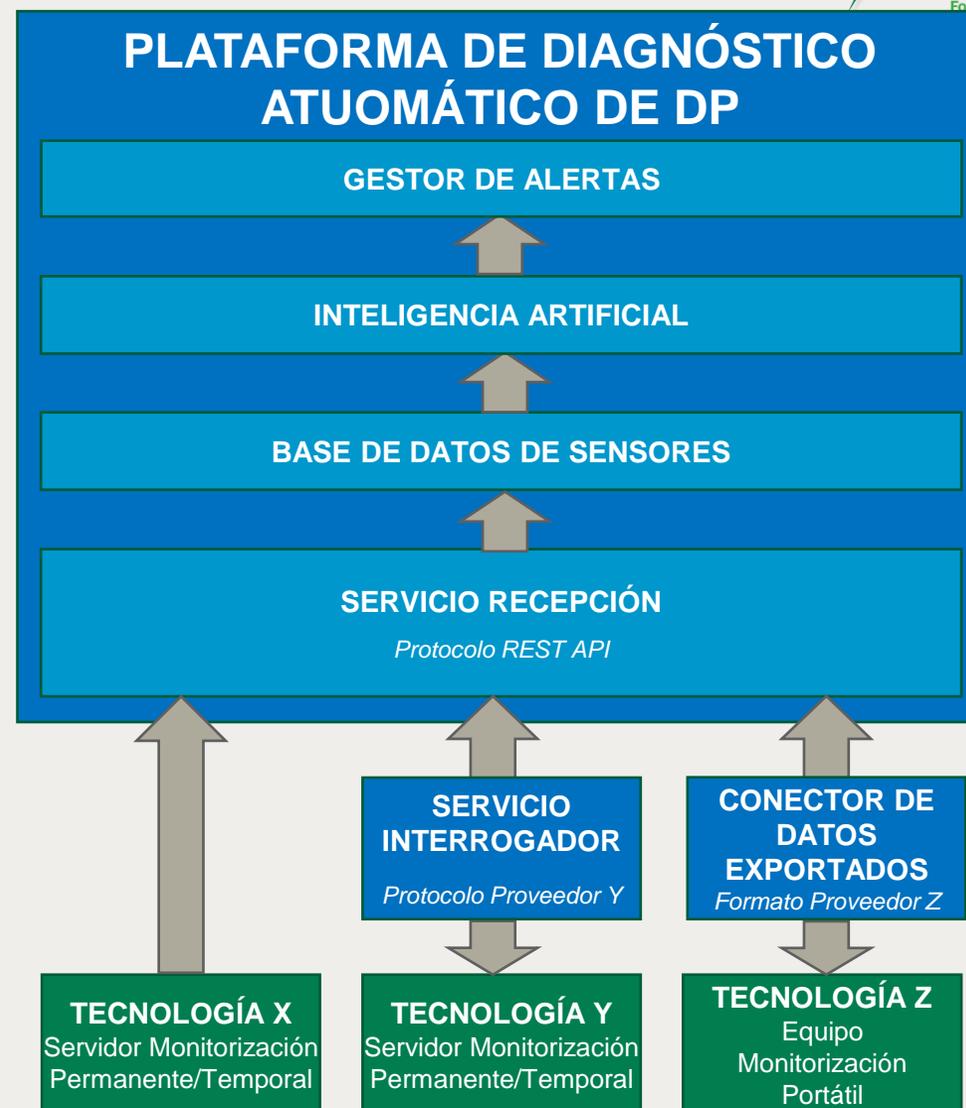


# Integración de tecnologías

- Uso de formato de datos estandarizado
  - Listado de descargas con datos básicos más parámetros de clustering/localización
- Conectores en plataforma
  - Receptor estándar de sensores
  - Interrogador específico tecnología
  - Conversor datos ensayo puntual

## Ejemplo de formato de datos básicos de DP

```
time [s], angle [deg], amplitude [mV]
547.36396438, 149.377548, 383.887390
547.36720746, 207.740906, 284.292542
547.36853413, 231.616028, 1.221902
547.36874000, 235.320923, 220.964264
547.37210335, 295.848694, 428.513062
547.37594801, 5.038248, 289.831268
547.37607400, 7.305598, 0.144639
547.38058322, 88.454758, 532.264160
```



# Integración de tecnologías

## Capacidad de detección de DP

El método de detección de las descargas es intrínseco de cada tecnología:

- Filtrado de ruido mediante:
  - Filtros analógicos (HW)
    - Fijo
    - Configurable por software
  - Filtros digitales (SW)
    - Selección de threshold
    - Selección de banda en frecuencia
    - Selección de forma de onda
    - Identificación automática de pulsos por debajo del ruido
- Frecuencia de captura:
  - Captura continua de tiempo real
  - Disparada por nivel
  - Distribuida (p.e.: 1 ciclo/minuto)
  - Distribuida + detección de sobretensiones



Sin ajuste por parte del usuario

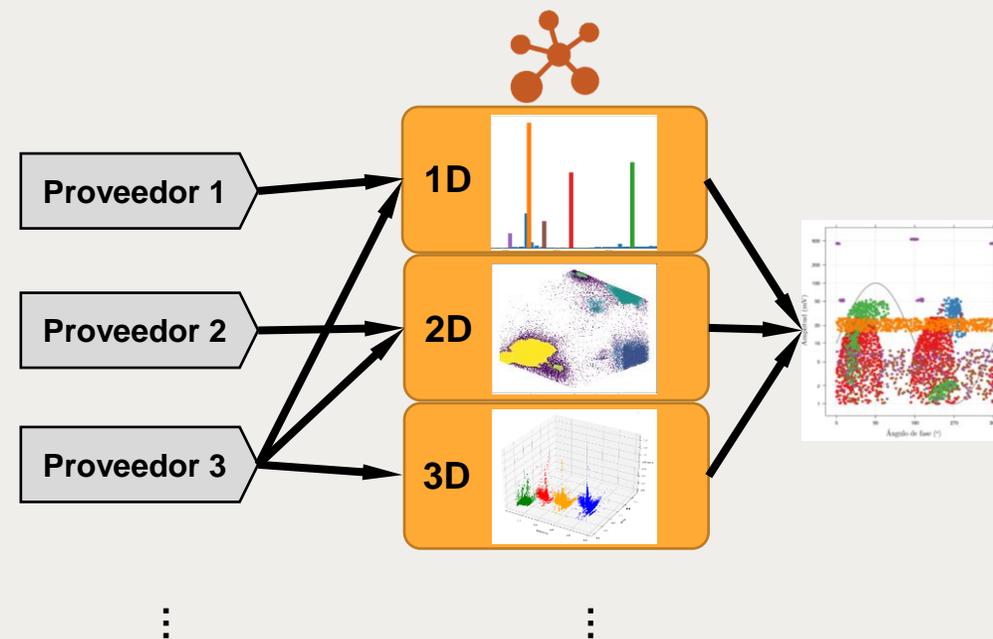


Aplicable en medias puntuales  
 Detección por encima del ruido  
 Actividad mantenida  
 Actividad mantenida e intermitente

# Integración de tecnologías

## Parámetros de clustering

- IA diseñada para maximizar la capacidad de agrupar miles de pulsos utilizando parámetros de forma de onda, polaridad, tiempo de vuelo, ratio de energías,...
- Distingue varios defectos presentes en la instalación.
- Proporciona información para determinar la ubicación del defecto.



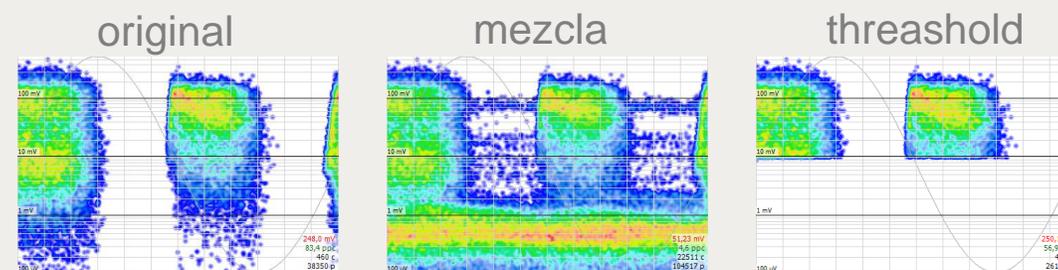
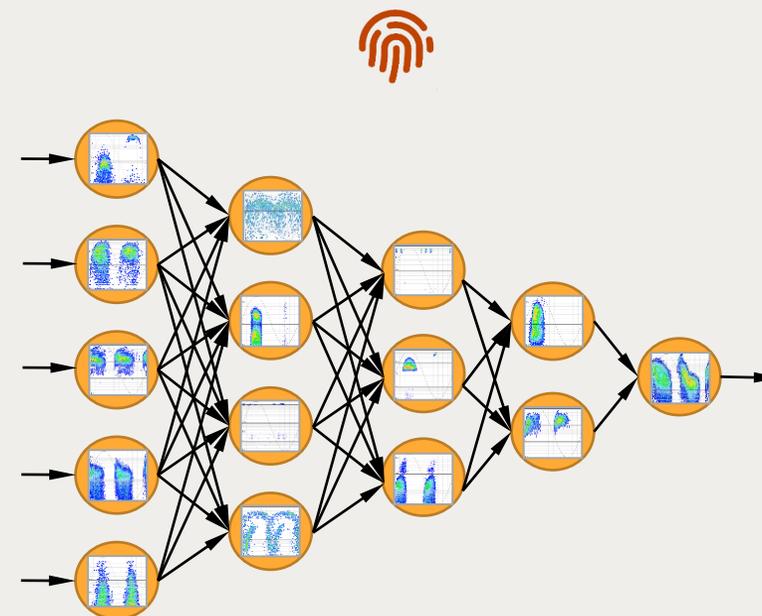
## Ejemplo de formato de datos

```
time[s], angle[deg], amplitud[V], charge[pC] polarity, frequency[Hz], alfa[s10-8], beta[s10-8], originalSeparation[s10-8], localization[m]
0.00550685, 249.123291, 0.000500, 0.499951, false, 1.000000, 1.000000, 1.000000, 0.0.00, 0, 2, 0, 100, 550685, 550685, 550685, 1.000000, 0.000000, -0
0.00551610, 249.289795, 0.000600, 0.599928, false, 1.000000, 1.000000, 1.000000, 0.0.00, 0, 2, 0, 100, 551610, 551610, 551610, 1.000000, 0.000000, -0
0.00553207, 249.577271, 0.000807, 0.807253, false, 1.000000, 1.000000, 1.000000, 0.0.00, 0, 2, 0, 100, 553207, 553207, 553207, 1.000000, 0.000000, -0
0.00561249, 251.024811, 0.000410, 0.410356, true, 1.000000, 1.000000, 1.000000, 0.0.00, 0, 2, 0, 100, 561249, 561249, 561249, 1.000000, 0.000000, 0.0
0.00561630, 251.093399, 0.000581, 0.580681, true, 1.000000, 1.000000, 1.000000, 0.0.00, 0, 2, 0, 100, 561630, 561630, 561630, 1.000000, 0.000000, 0.0
0.00563533, 251.435944, 0.000823, 0.822688, true, 1.000000, 1.000000, 1.000000, 0.0.00, 0, 2, 0, 100, 563533, 563533, 563533, 1.000000, 0.000000, 0.0
0.00572194, 252.994919, 0.000548, 0.547595, false, 1.000000, 1.000000, 1.000000, 0.0.00, 0, 2, 0, 100, 572194, 572194, 572194, 1.000000, 0.000000, -0
0.00572624, 253.072327, 0.000688, 0.687838, false, 1.000000, 1.000000, 1.000000, 0.0.00, 0.2, 0, 100, 572624, 572624, 572624, 1.000000, 0.000000, -0
```

# Integración de tecnologías Reconocimiento del patrón

Red neuronal entrenada para ser independiente de la tecnología de medida

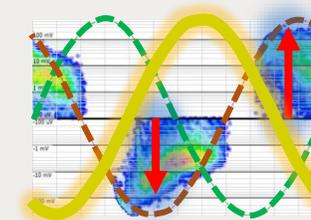
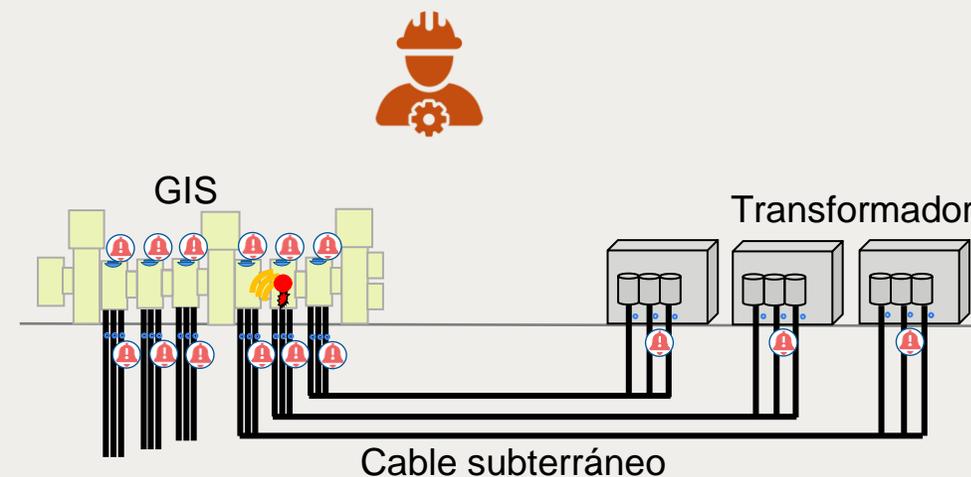
- Identifica el fenómeno físico entre 15 tipos de defectos
- Compatible con sensores HF y UHF
- Robusta frente a patrones mezclados con ruido o cortados por el threshold
- Determina el tipo de aislamiento afectado
- Agrega constantemente nuevos datos y se refina el entrenamiento continuo



# Integración de tecnologías

## Sistema experto generación alerta

- Alertas generadas por defecto, tipo de aislamiento, fase afectada y localización en función de parámetros disponibles por la tecnología:
  - diferencia de tiempos
  - polaridad
  - contenido frecuencial y/o tipo de sensor (HF, UHF, acústico, óptico)
- Actualizaciones sobre nuevos defectos y tendencias ascendentes
- Optimización de sensores redundantes

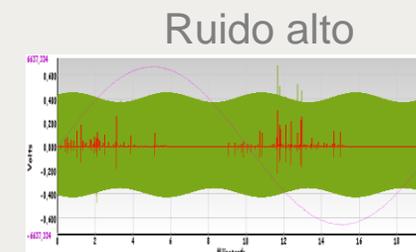
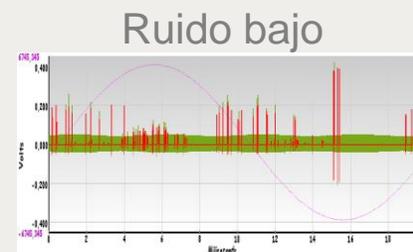
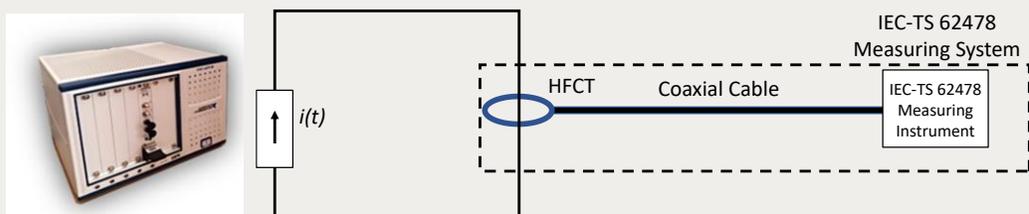


**Cavidad en solido**  
Localizada en **GIS – T2**  
Fase afectada **S**

# Procedimiento de validación de tecnología

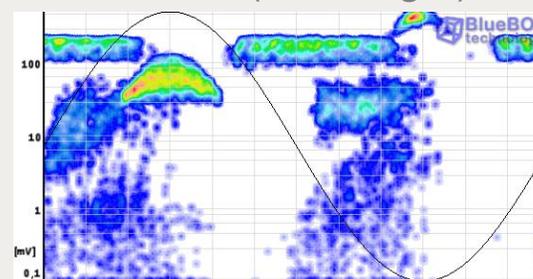
## Aplicación de sensor independiente

Ensayo para valorar la capacidad de detectar, separar y reconocer hasta cuatro tipos de defectos cuyas señales generadas sintéticamente e inyectadas directamente en el instrumento de medida están superpuestas junto con ruido eléctrico

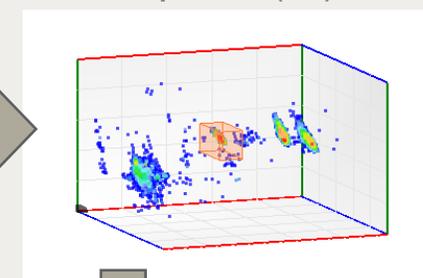


|        | Defecto 1                            | Defecto 2                           | Defecto 3                           | Defecto 4                          |
|--------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Caso 1 | 5%<br>Partículas móviles en aceite   | 100%<br>Corona en aire              | 50%<br>Cavidad en papel aceite      | 25%<br>Burbujas en aceite          |
| Caso 2 | 25%<br>Cavidad en cable              | 5%<br>Potencial flotante en aceite  | 100%<br>Protrusión en SF6           | 50%<br>Superficial en aceite       |
| Caso 3 | 50%<br>Burbujas en aceite            | 25%<br>Potencial flotante en aceite | 5%<br>Cavidad en papel aceite       | 100%<br>Superficial en aire        |
| Caso 4 | 100%<br>Corona en aire               | 50%<br>Partículas móviles en SF6    | 25%<br>Protrusión en SF6            | 5%<br>Burbujas en aceite           |
| Caso 5 | 100%<br>Burbujas en aceite           | 50%<br>Cavidad en sólido SF6        | 25%<br>Partículas móviles en SF6    | 5%<br>Superficial interna en cable |
| Caso 6 | 100%<br>Protrusión en SF6            | 50%<br>Superficial en aceite        | 25%<br>Partículas móviles en aceite | 5%<br>Corona en aire               |
| Caso 7 | 100%<br>Potencial flotante en aire   | 50%<br>Cavidad en papel aceite      | 25%<br>Cavidad en cable             | 5%<br>Partículas móviles en SF6    |
| Caso 8 | 100%<br>Partículas móviles en aceite | 50%<br>Superficial interna en cable | 25%<br>Potencial flotante en aceite | 5%<br>Potencial flotante en aire   |

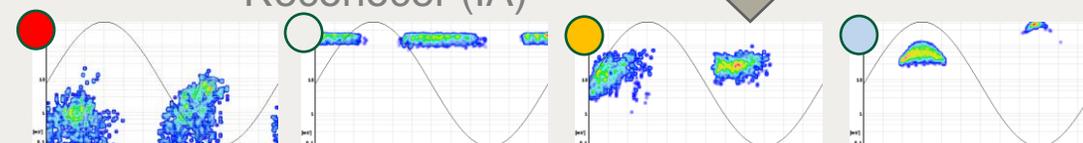
Detectar (tecnología)



Separar (IA)



Reconocer (IA)

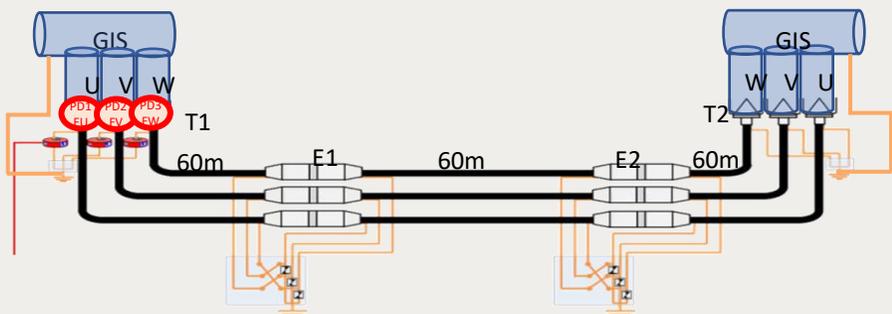


# Procedimiento de validación de tecnología

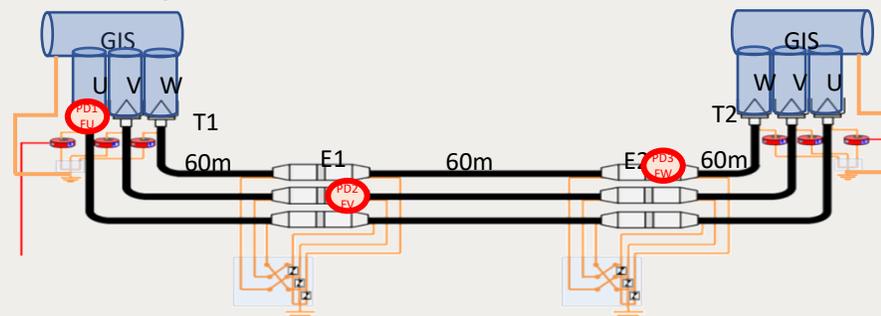
## Aplicación de sensores sincronizados en sistema de cable

Capacidad para detectar, separar y reconocer hasta tres defectos inyectados en diferentes emplazamientos de una instalación trifásica con GIS-Cable-GIS

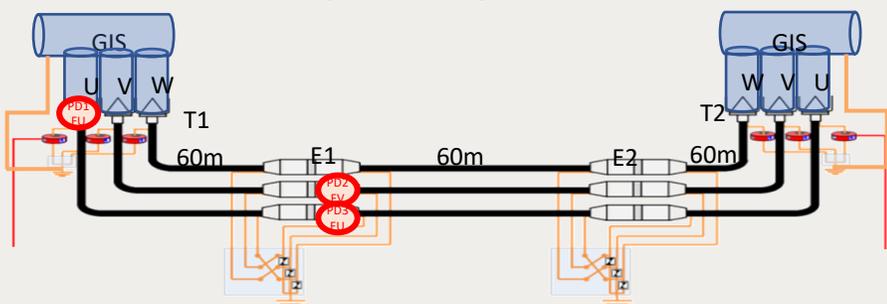
1. Separación a través de ratios entre señales de sensores situados en distintas fases



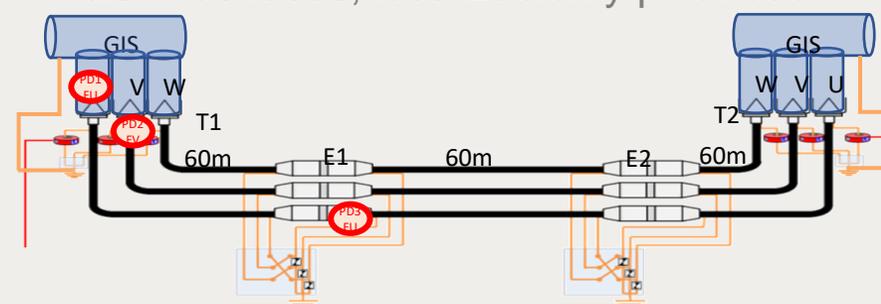
2. Separación a través de la localización por tiempo de vuelo



3. Separación que combina la técnica por ratios entre señales de sensores de distintas fases con la localización por tiempo de vuelo



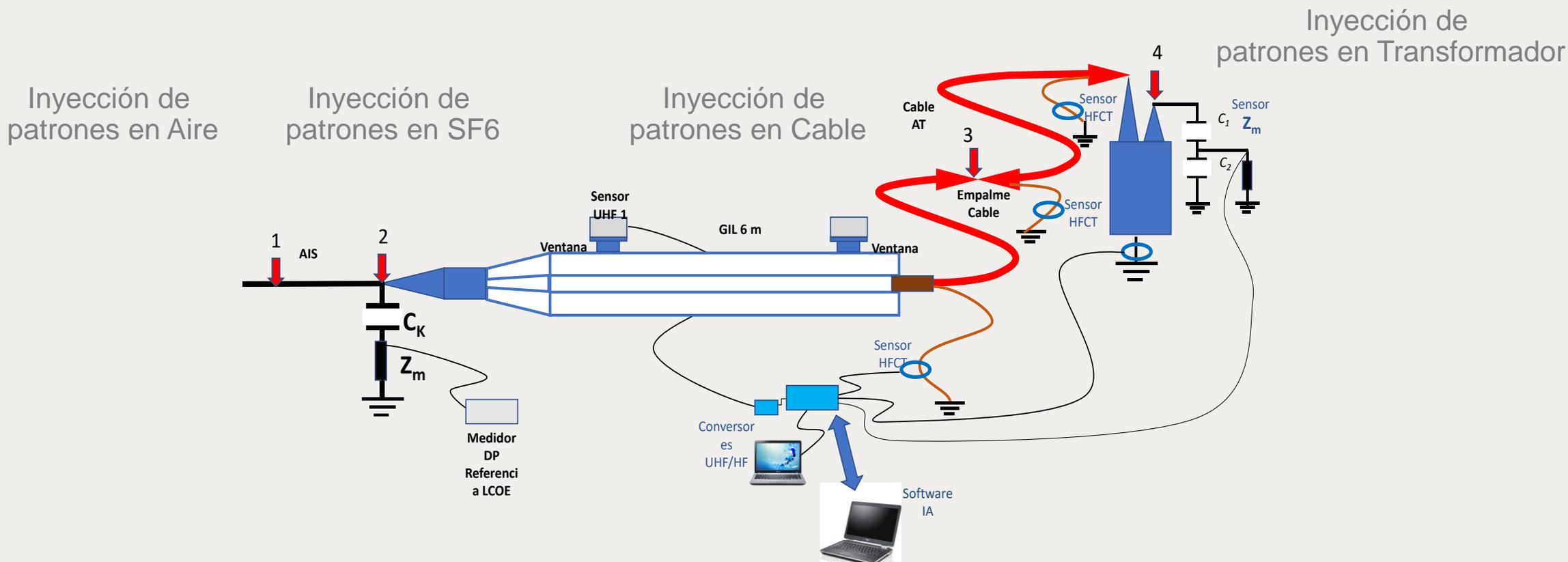
4. Separación que combina tres técnicas de separación: ratios entre señales de sensores de distintas fases, localización y polaridad



# Procedimiento de validación de tecnología

## Aplicación de sensores sincronizados en GIS-Cable-Transformador

Capacidad para separar y reconocer hasta cuatro tipos de defectos cuyas señales generadas sintéticamente e inyectadas a través de generador sintético en un emplazamiento del banco de ensayos están superpuestas junto con ruido eléctrico para que sean detectadas por sensores de tipo HFCT y sensores UHF



## CONCLUSIONES

- La capacidad de detección de las descargas es crítica para lograr un resultado fiable y depende directamente de la tecnología de medida
- La separación de defectos presentes en la instalación es un proceso particular de cada tecnología que requiere una implementación de algoritmos de clustering con parámetros específicos para cada tecnología.
- Para obtener un modelo de reconocimiento fiable, compatible con las tecnologías existentes es preciso realizar un entrenamiento que contemple los sesgos que pueden dejar en el patrón resuelto en fase las distintas tecnologías de medición.
- La integración de todos los sistemas en una plataforma de diagnóstico común permite generar una única alerta por cada defecto.
- El proceso de validación de una tecnología conectada a la plataforma de diagnóstico automático requiere distintos procedimientos en función del modo de aplicación de los sensores ya sean independientes o sincronizados, para valorar la capacidad de detección, separación, reconocimiento y localización de defectos.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

[ricardo.gomez@ree.es](mailto:ricardo.gomez@ree.es)



**cigre**

For power system expertise

**red eléctrica**

**elewit**

**LCOE**

LABORATORIO CENTRAL OFICIAL  
DE ELECTROTECNIA

**Ampacimon**

Smart solutions for a dynamic grid