



Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica  
y de Telecomunicaciones

Prof. Gabriel Ordóñez Plata

[gaby@uis.edu.co](mailto:gaby@uis.edu.co)

Prof. César A. Duarte G.

[cedagua@uis.edu.co](mailto:cedagua@uis.edu.co)

**Especialización en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica**

Junio de 2015

# Sistemas DAS o ADA



## Agenda:

- **Definiciones**
- Pirámide de la Automatización
- Desarrollo de un proyecto de Automatización
- Integración con la empresa
- Funciones de la Automatización
- Arquitecturas de control

# Definiciones



## EPRI

Es la automatización digital integrada de subestaciones y alimentadores, es decir, un sistema integrado que proporciona control digital, protección y funciones de supervisión para S/E y alimentadores de distribución.

## IEEE/IEE

Es un sistema que habilita una empresa de energía eléctrica para supervisar, operar, y coordinar los componentes del sistema de distribución en tiempo real desde ubicaciones remotas.

# Definiciones



CONSTRUIMOS FUTURO

## Kendrew

Sistema experto diseñado para operar y coordinar automáticamente el uso de todos los componentes de una empresa de distribución en tiempo real.

## Watson & Higgins

Es el resultado de la penetración de tecnología de información en la red del sistema de potencia, y básicamente consiste en esquemas de supervisión y de extensión del telecontrol, apoyados por sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

<http://www.youtube.com/watch?v=ub2gC2k91DU>

# Introducción a los DASs



## Agenda:

- Definiciones
- **Pirámide de la Automatización**
- Desarrollo de un proyecto de Automatización
- Integración con la empresa
- Funciones de la Automatización
- Arquitecturas de control

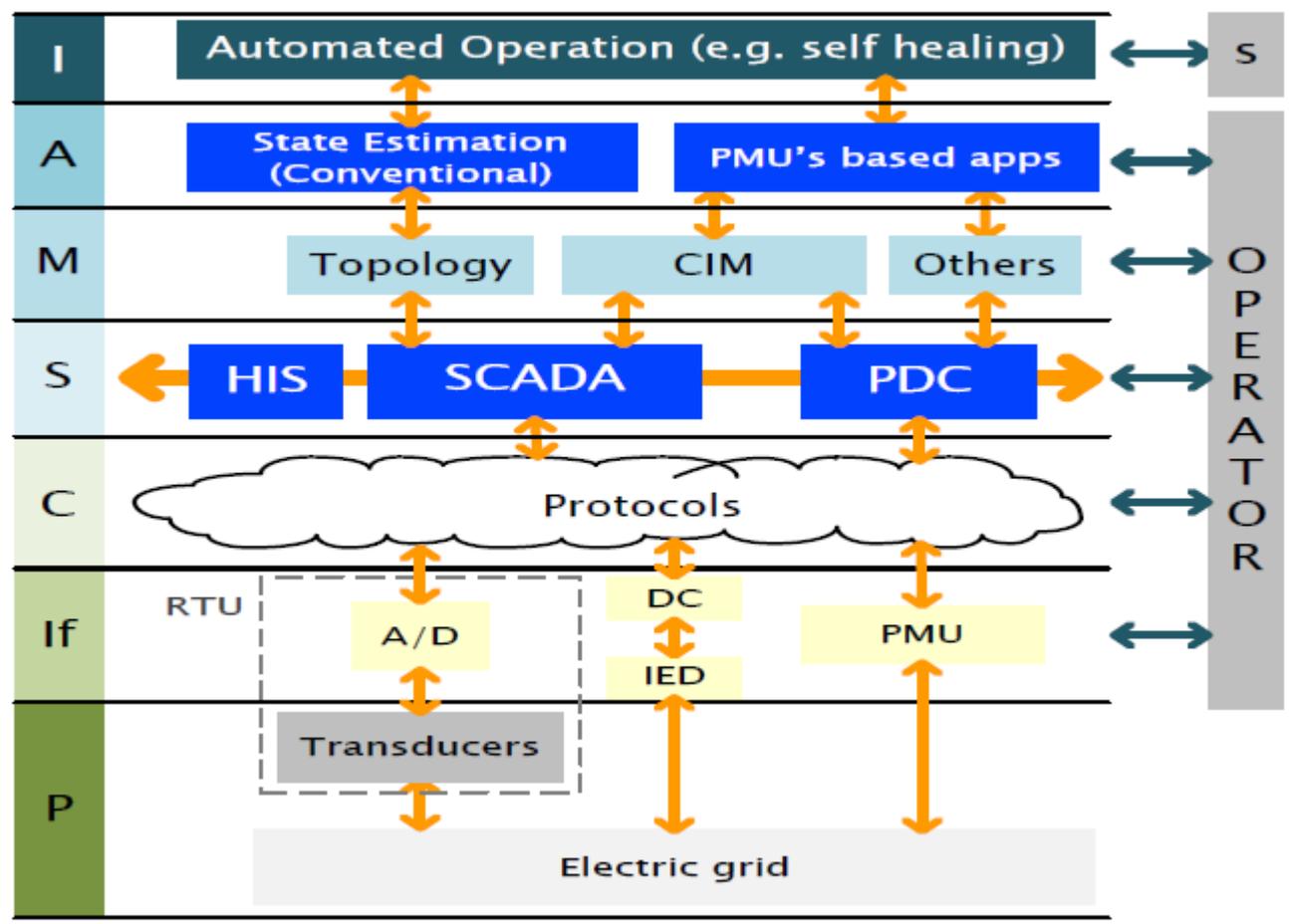
# Pirámide de un DAS



CONSTRUIMOS FUTURO

Nivel	Descripción
Red autónoma	<p>Red capaz de reaccionar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auto – optimizable</li> <li>Decisiones y control automático</li> <li>Optimización a través de respuesta a la demanda</li> </ul>
Optimización de la red	<p>Toma de decisiones por métodos analíticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Despacho óptimo</li> <li>Esquemas extendidos a la red para evitar colapsos</li> <li>Decisiones automáticas por medio de esquemas de protección</li> </ul>
Integración Empresarial	<p>Intercambio de datos entre sistemas empresariales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intercambio entre sistemas y funciones</li> <li>Estimación de estado de la red</li> <li>Gestión de interrupciones y cuadrillas</li> </ul>
Inteligencia Local	<p>Mejor eficiencia y conf. con la automatización local</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Automatización de S/E (monitoreo y control)</li> <li>Desconexión dinámica de carga (load shedding)</li> <li>Gestión distribuida de la red y restauración</li> </ul>
Colección de datos	<p>Dispositivos recolectando datos independientemente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>IEDs y medidores</li> <li>Control distribuido de activos</li> <li>Infraestructura de comunicaciones</li> </ul>

# Pirámide de un DAS



# Introducción a los DASs



## Agenda:

- Definiciones
- Pirámide de la Automatización
- **Desarrollo de un proyecto de Automatización**
- Integración con la empresa
- Funciones de la Automatización
- Arquitecturas de control

# Desarrollo de un Proyecto DAS



Grupo de Trabajo inter-departamentos/fabricantes/Univ.

- Proyectos hasta 6 años
- Definir objetivos de automatización
- Experiencia de los operadores de red

## Mejorar Eficiencia

- Gestión de carga
- Atención a usuario
- Control en tiempo real local y remoto
- Disminuir pérdidas eléctricas
- Disponer de información para planeación y operación

# Desarrollo de un Proyecto DAS



## Mejorar Confiabilidad

- Índices de confiabilidad: SAIDI, SAIFI, CAIDI (DES, FES)
- Calidad de la onda
- Optimizar activos para reducir interrupciones y gastos O&M

## 3 Áreas Operativas

- Subestaciones
- Alimentadores
- Instalaciones de clientes: (Gen. Dist., Almacenam., E.V.,...)

# Desarrollo de un Proyecto DAS



## Subestaciones

- Supervisión de carga
- Bancos de condensadores
- Supervisión de estado de dispositivos
- Manejo de información de red.
- Supervisión transformador: Temp. y corriente circulante

## Alimentadores

- Reguladores de tensión
- Bancos capacitores
- Dispositivos de conmutación y corte

# Desarrollo de un Proyecto DAS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Instalaciones clientes

- Lectura de medidores
- Gestión de demanda: Control cargas especiales, tarifas
- Desconexión / Conexión

# Desarrollo de un Proyecto DAS



## Consideraciones Generales

- Definición de funciones
- Sistema de control jerárquico de la empresa.
- Definición del sistema de comunicaciones.
- Equipos y software de automatización
- Relación beneficio/costo.
- Definición de fase de implementación

# Introducción a los DASs



## Agenda:

- Definiciones
- Pirámide de la Automatización
- Desarrollo de un proyecto de Automatización
- **Integración con la empresa**
- Funciones de la Automatización
- Arquitecturas de control

# Integración con la empresa

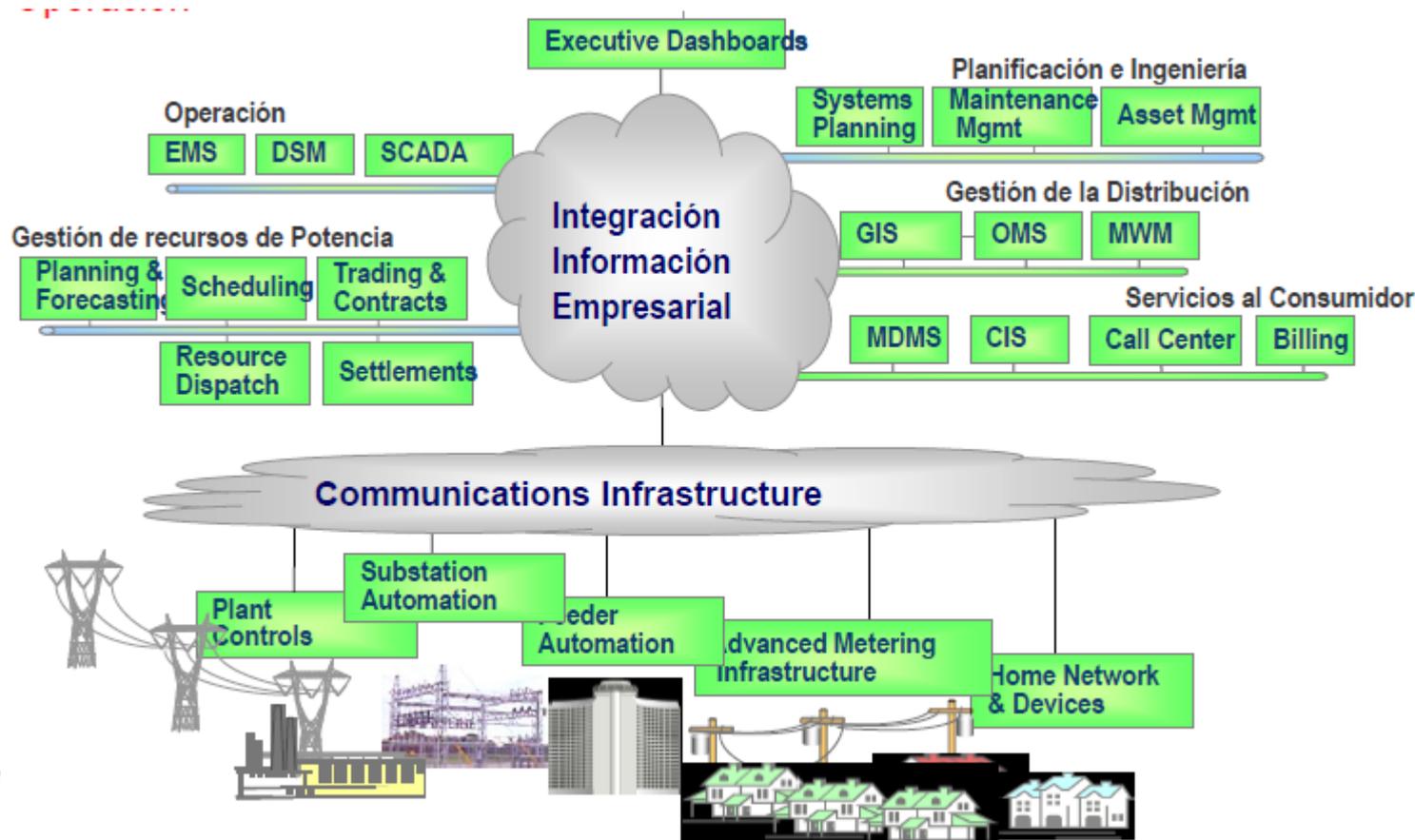


Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIAMOS FUTURO

- El DAS debe adaptarse a la organización de la empresa
- Eliminar ineficiencias organizacionales.
- Base de datos común compartida con accesos priorizados.



# Introducción a los DASs



## Agenda:

- Definiciones
- Pirámide de la Automatización
- Desarrollo de un proyecto de Automatización
- Integración con la empresa
- **Funciones de la Automatización**

<http://www.youtube.com/watch?v=9oAjVgBO1Ro&list=PLE9A2F38E11DEDA50>

- Arquitecturas de Control

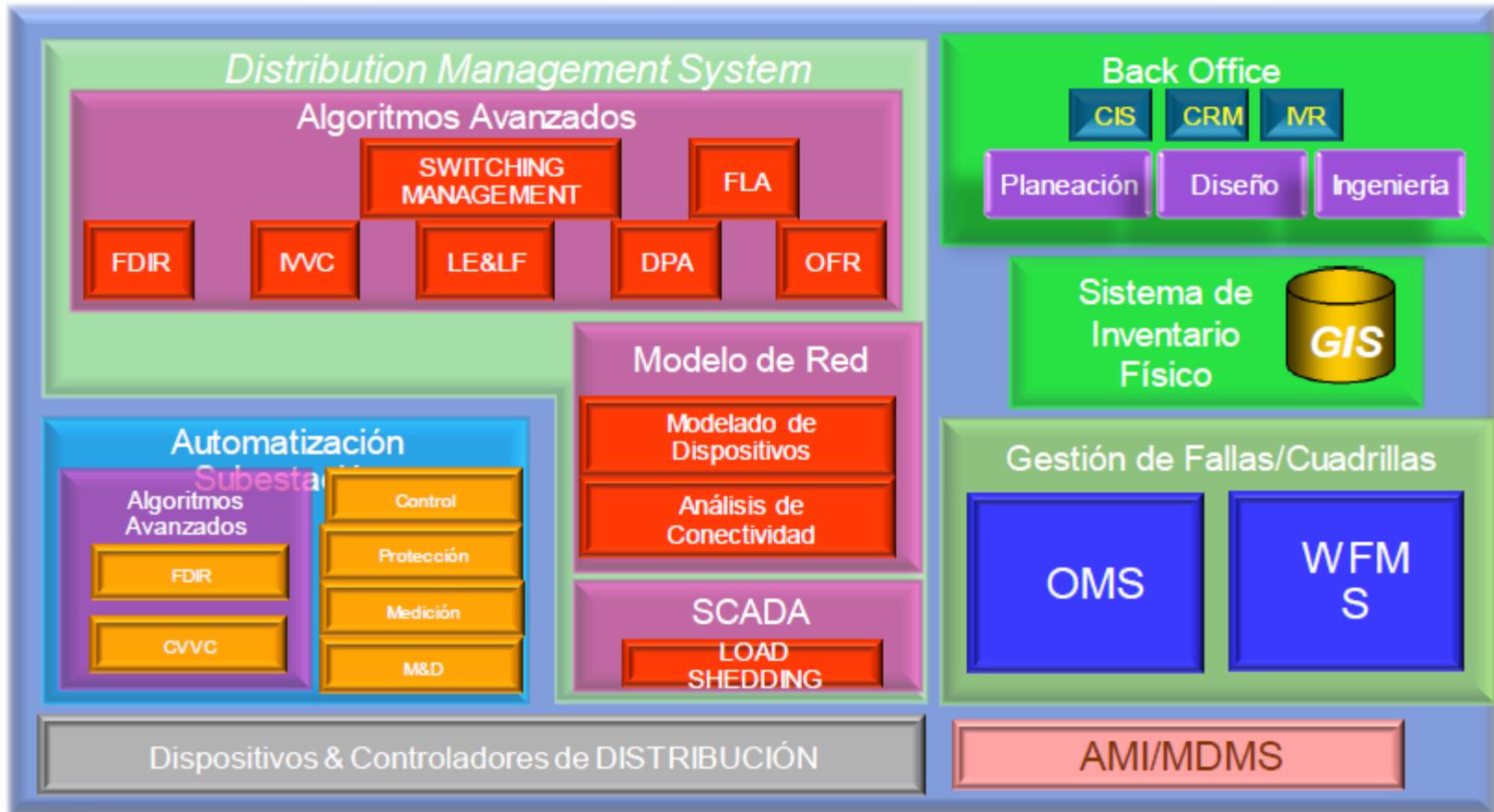
# Funciones de la Automatización



Universidad  
Industrial de  
Santander



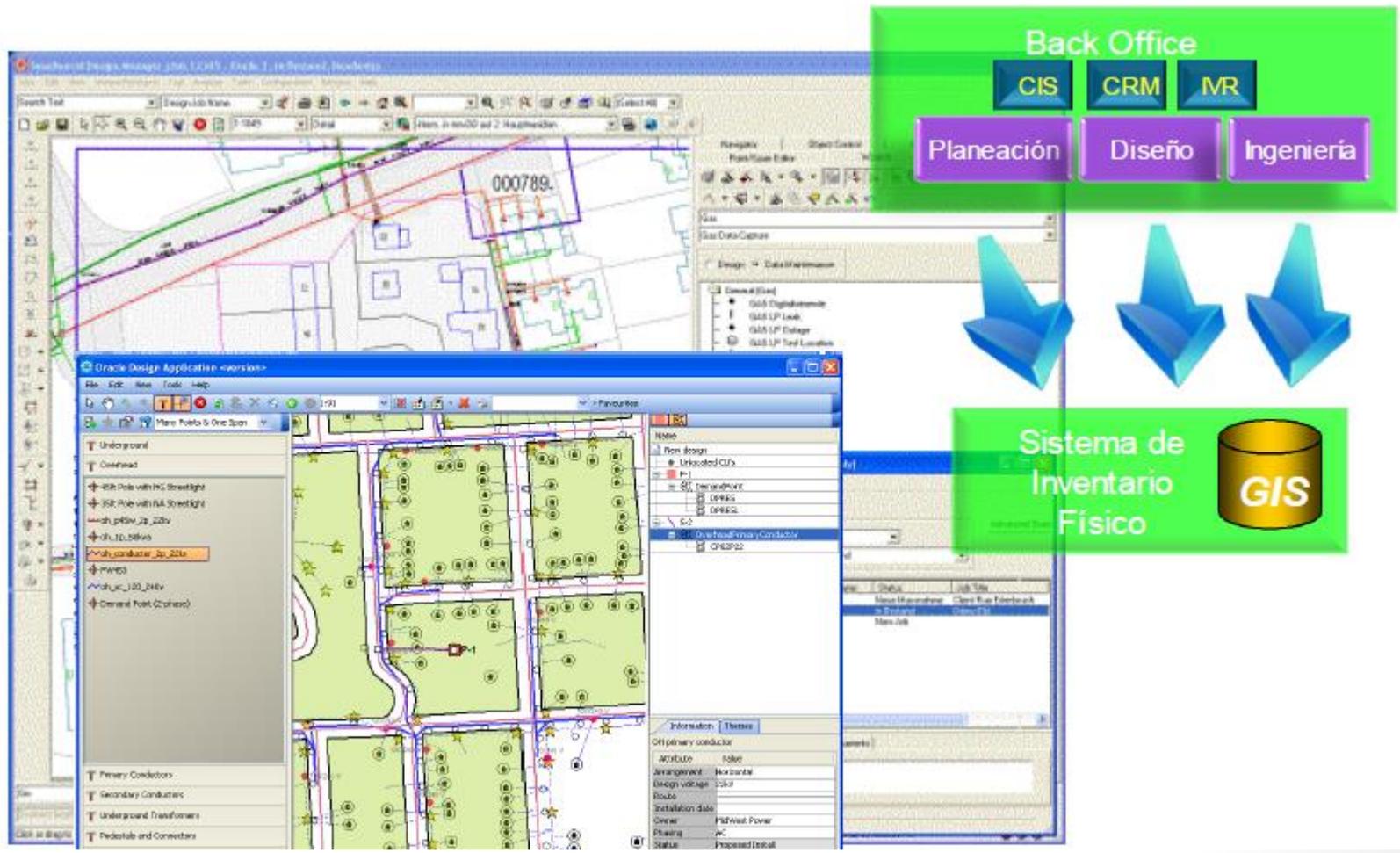
CONSTRUIMOS FUTURO



# Funciones de la Automatización



CONSTRUIAMOS FUTURO



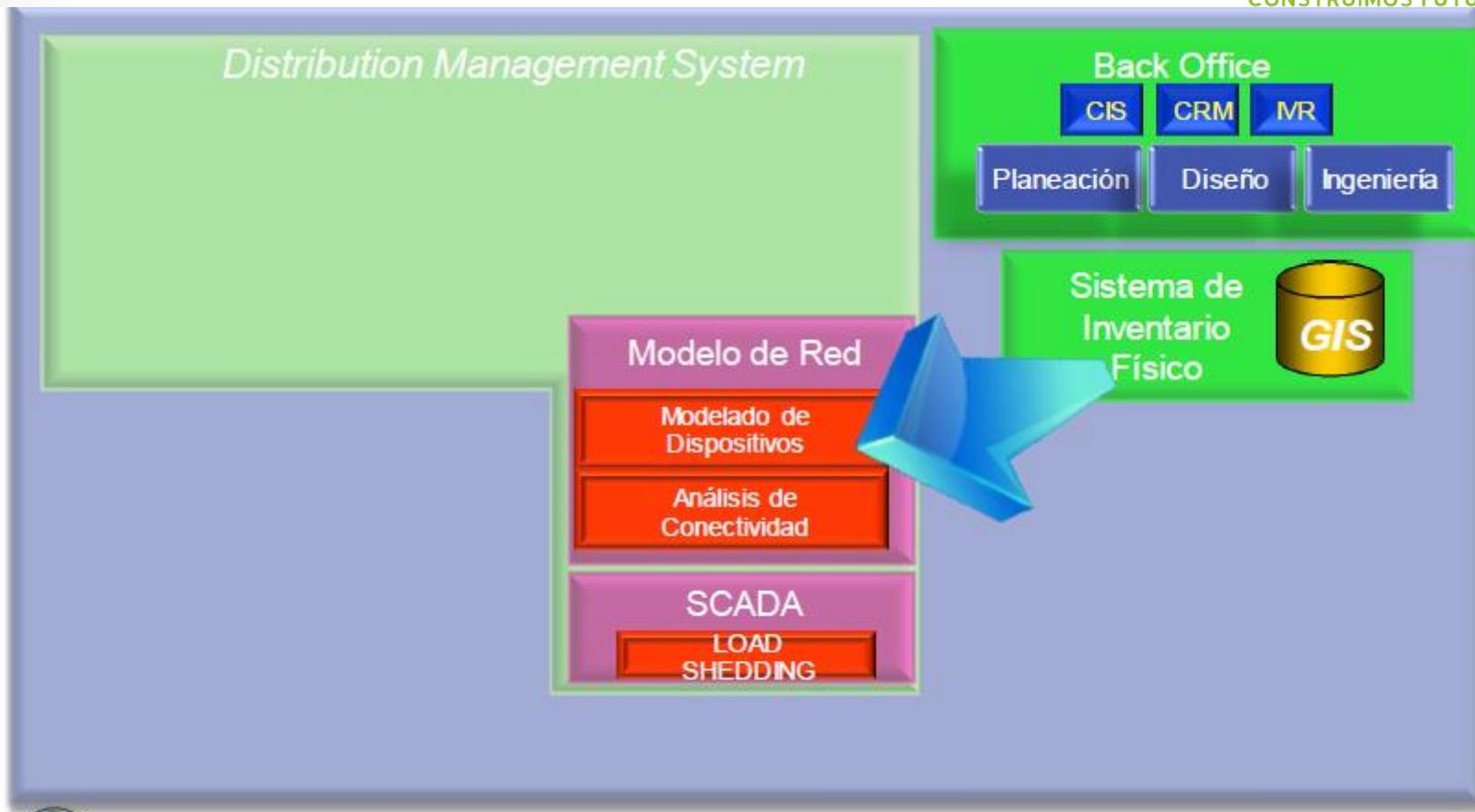
# Funciones de la Automatización



Universidad  
Industrial de  
Santander



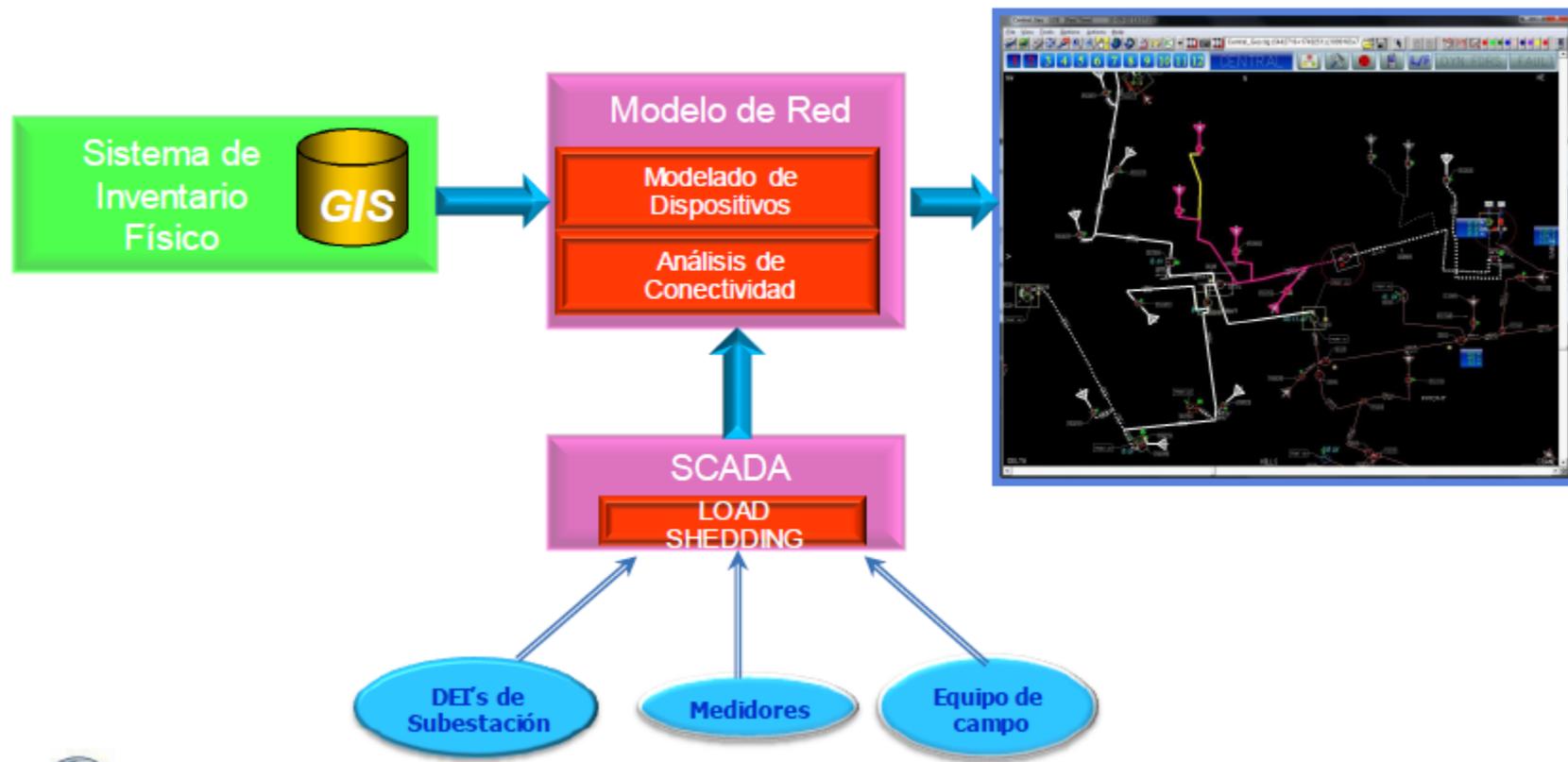
CONSTRUIMOS FUTURO



# Funciones de la Automatización



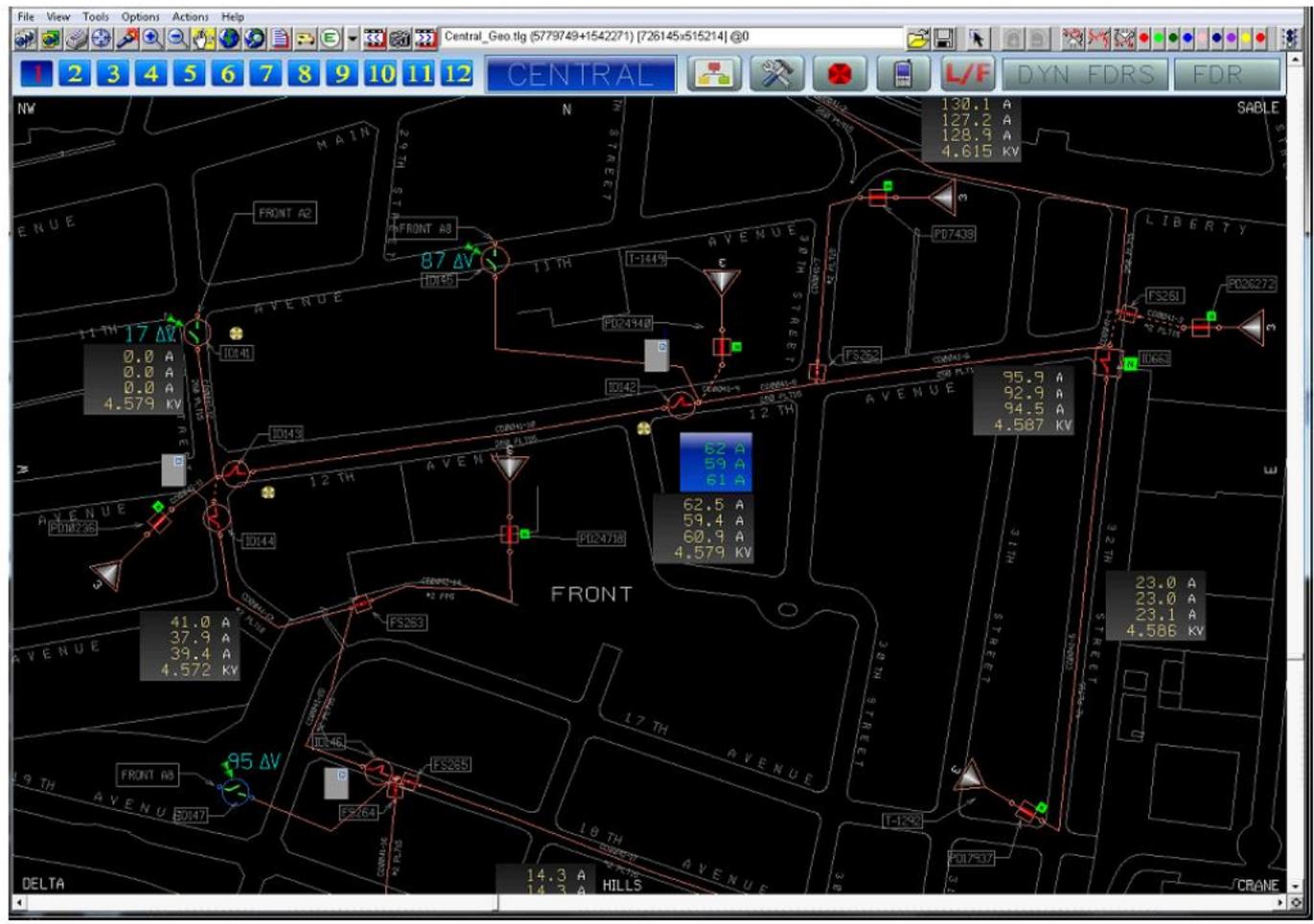
CONSTRUIAMOS FUTURO



# Funciones de la Automatización



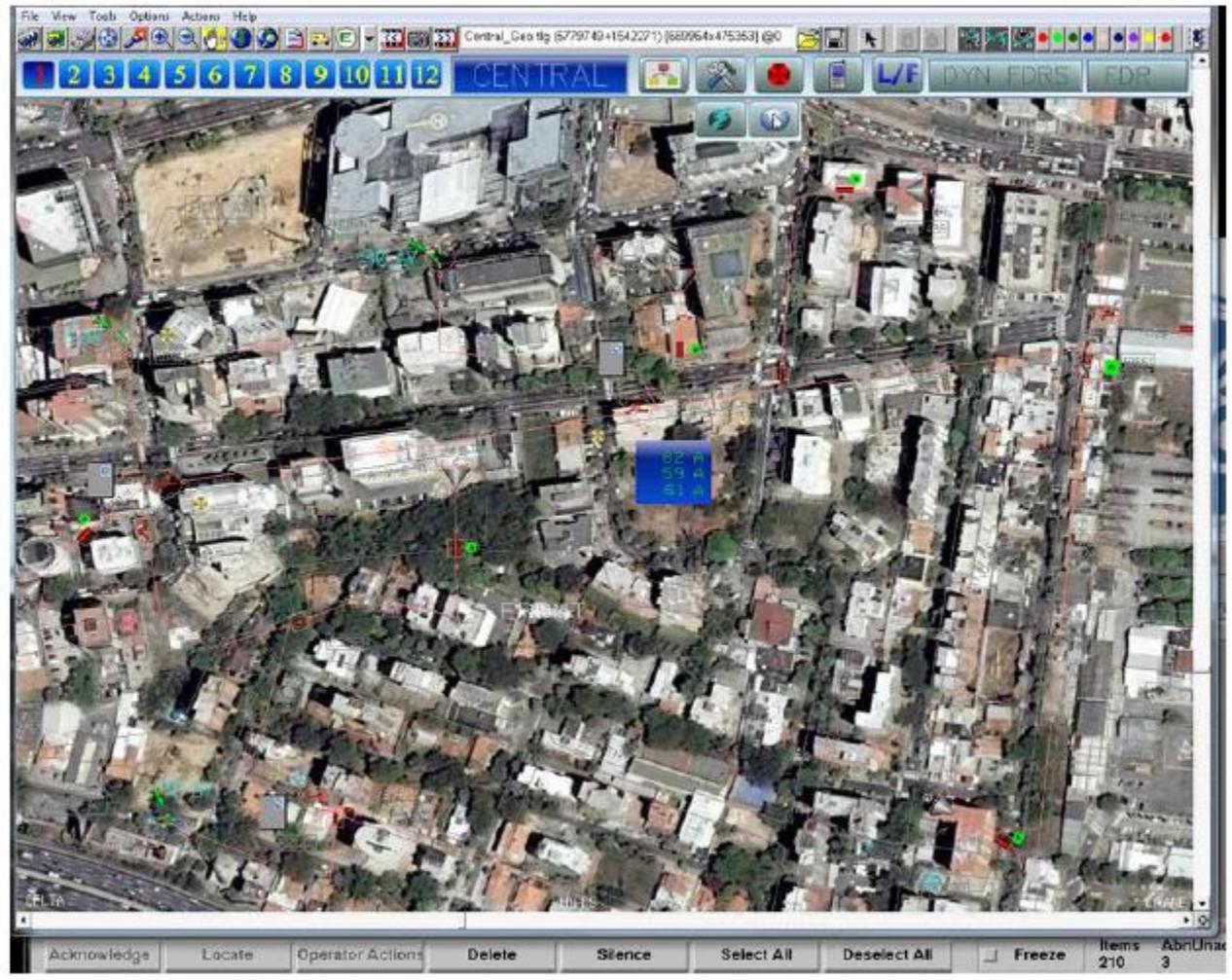
CONSTRUIAMOS FUTURO



# Funciones de la Automatización



CONSTRUIMOS FUTURO



# Funciones de la Automatización



CONSTRUIMOS FUTURO

- Automatización de las Subestaciones
- Automatización de la línea de distribución
  - Puntos de seccionamiento
  - Reconectores (Reclosers)
  - Reguladores de voltaje
  - Bancos de capacitores
- Monitoreo de activos y líneas
- Medición de la energía
- Implementación de algoritmos avanzados
  - Control de VARs en la línea de distribución
  - Control de voltaje en la línea de distribución
  - FDIR

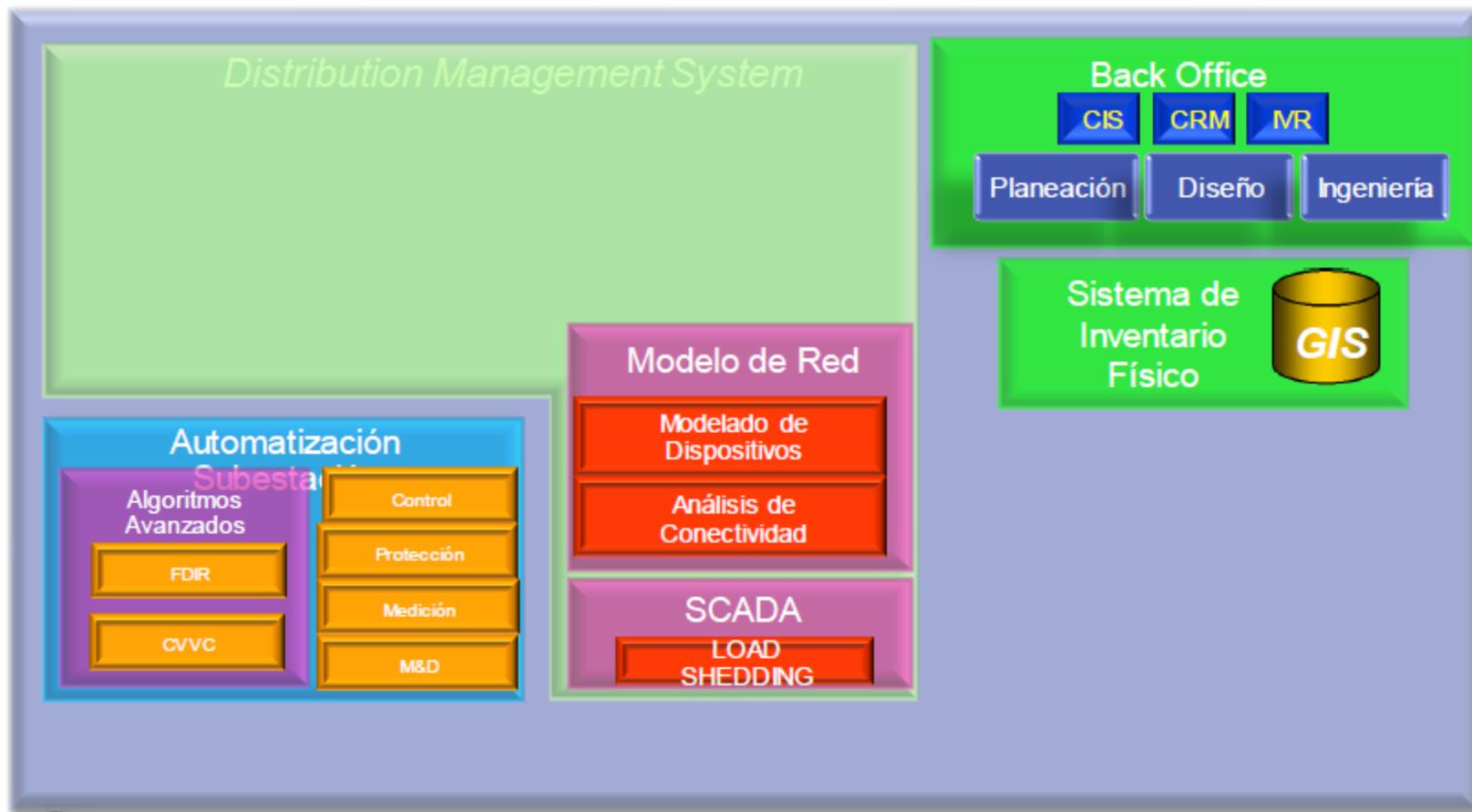
# Funciones de la Automatización



Universidad  
Industrial de  
Santander



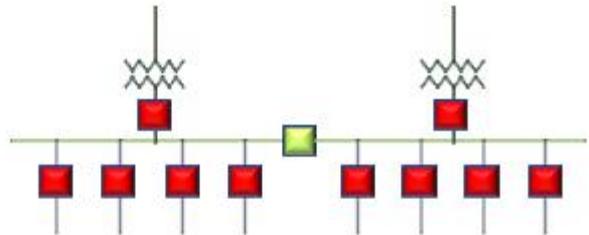
CONSTRUIMOS FUTURO





# Funciones de la Automatización

## Arquitectura básica



Centro de Control

- Visualización en distintos formatos (unifilares, tabulares, tendencias, etc.)
- Mandos de Control
- Sesiones remotas
- Manejador de base de datos
- Generador de reportes
- Autodiagnóstico al arranque
- Watch-dog
- Reloj tiempo real

Consola de Control Remoto



- Funciones de la CCL
- Configuración, monitoreo de DEIs
- Alta/Baja de DEIs
- Desarrollo y mantenimiento de base de datos, reportes, despliegues,
- Configuración de la CCL, Controlador de Subestación, control de bahía y DEIs

Controlador de Subestación



Consola de Control Local



Consola de Control Ingeniería



Firewall

- Concentrador de información tiempo real de Controladores de bahía y DEIs
- Independiente de CCL y CCI
- Capacidad de operar en redundancia hot-standby
- Puertos seriales y Ethernet
- Soportar distintos protocolos

LAN de Subestación

BAHÍA

DEI's

TRANSFORMADOR

Relé de protección

DEI's

MEDICIÓN

Phasor Measurement Unit

# Funciones de la Automatización

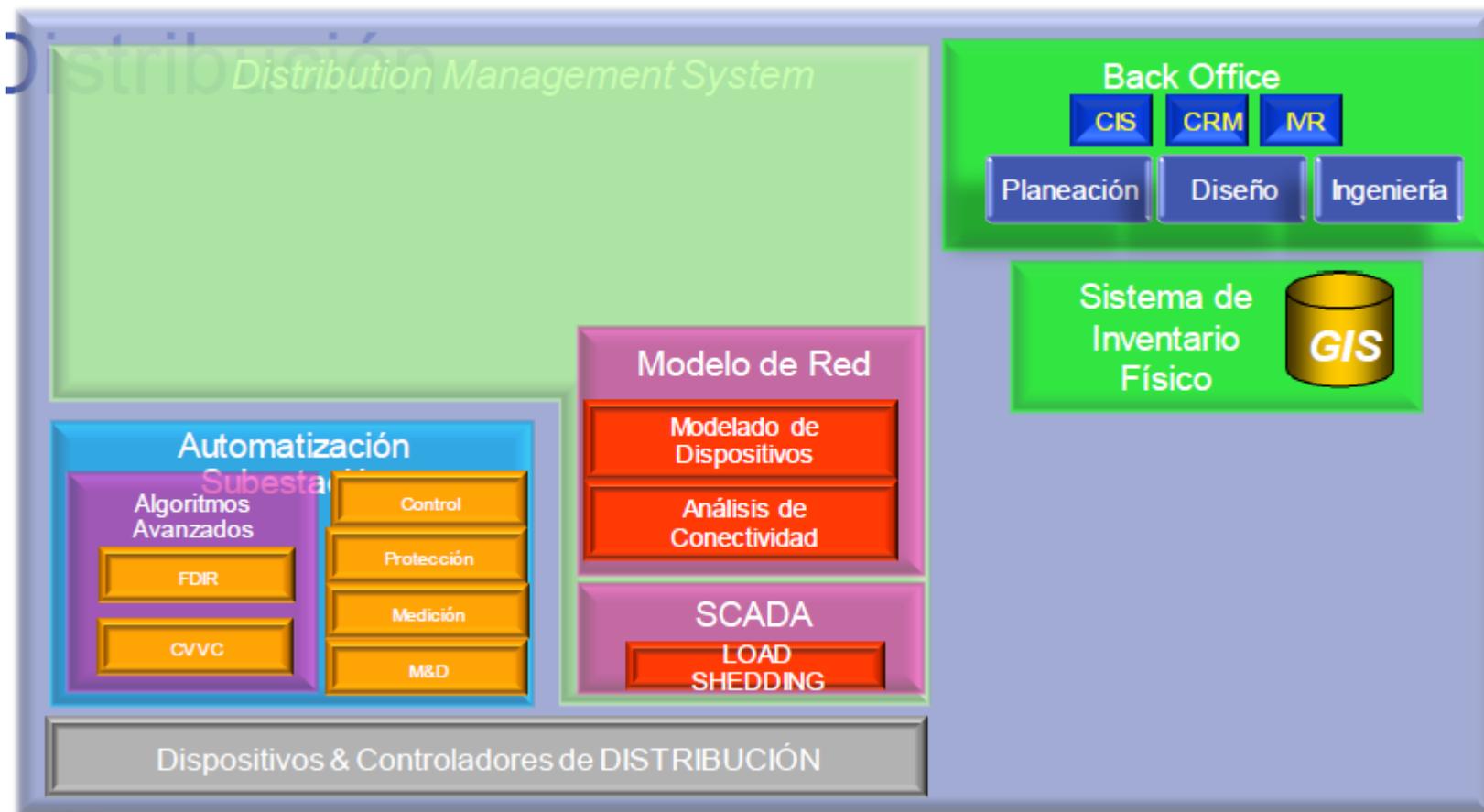


Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

## Automatización de la red

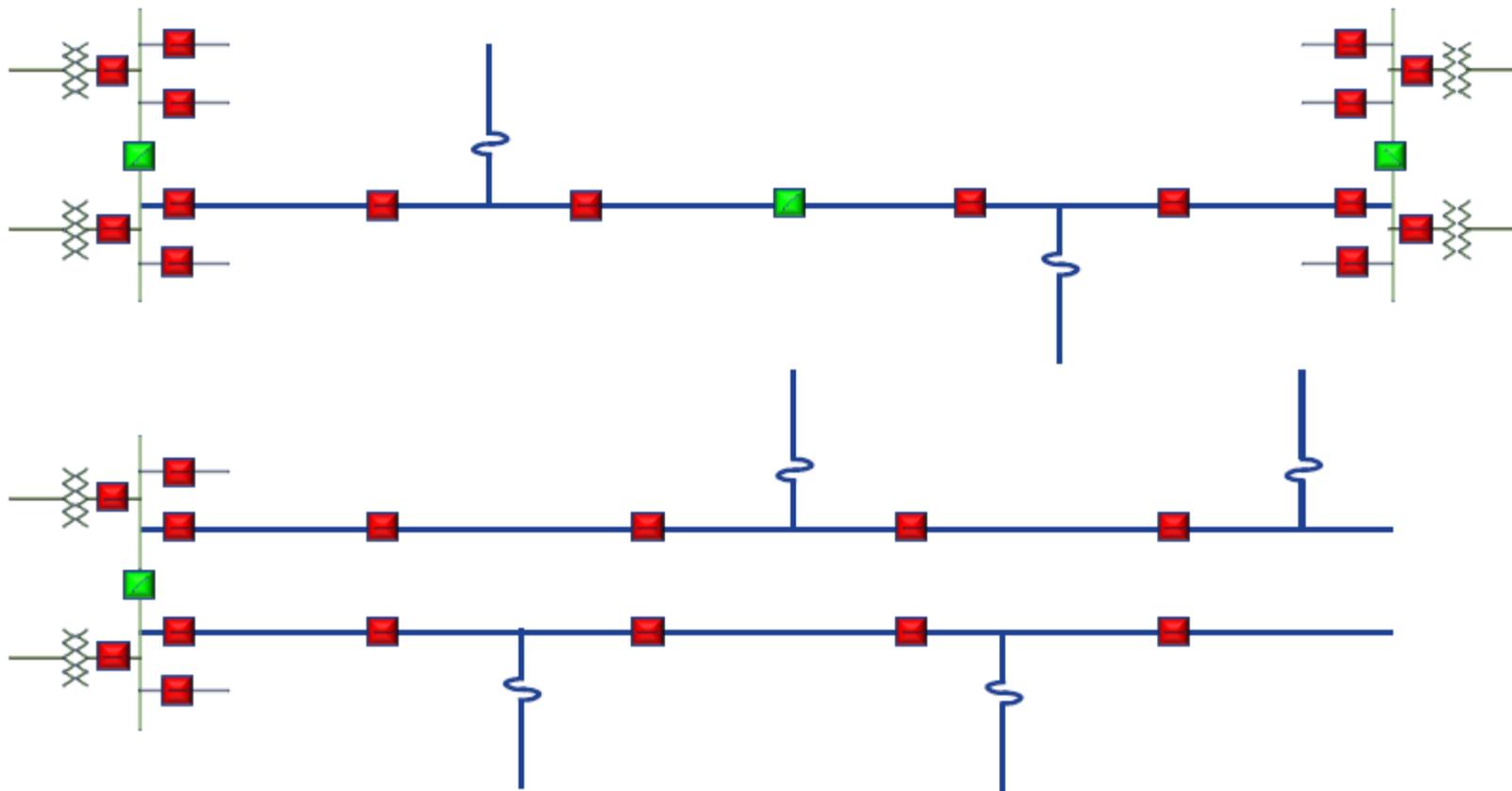


# Funciones de la Automatización



CONSTRUIAMOS FUTURO

## Beneficios Automatización de la red

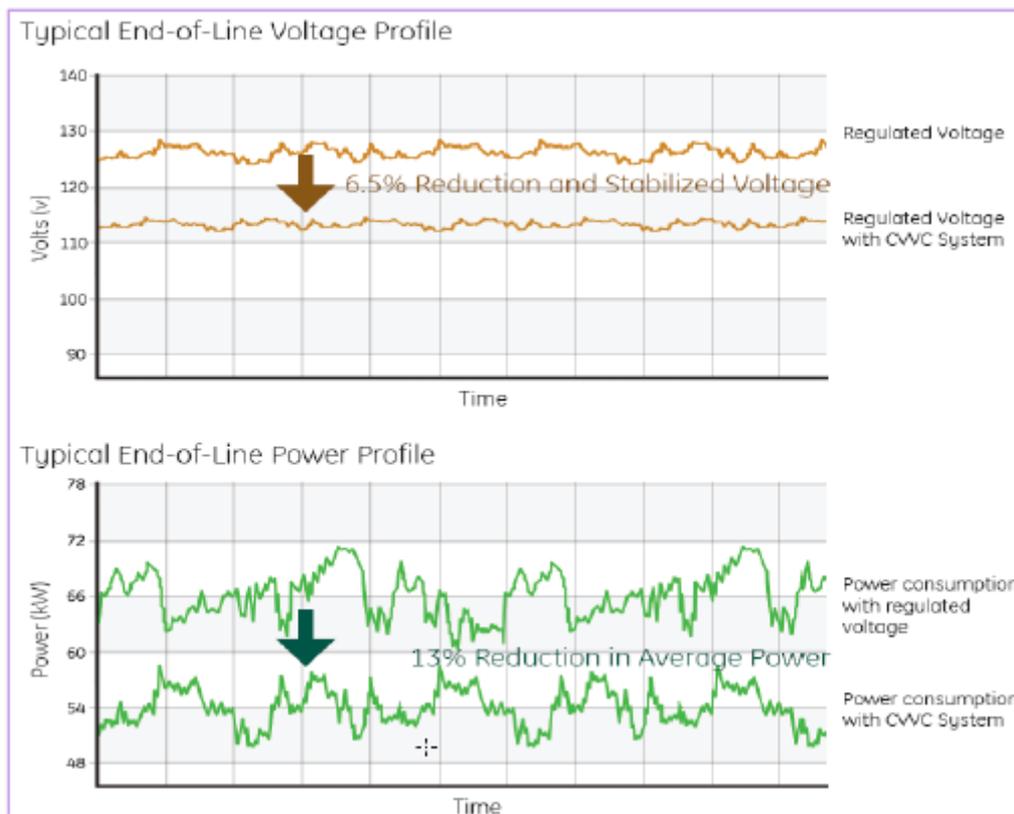


# Funciones de la Automatización



CONSTRUIAMOS FUTURO

## Beneficios Automatización de la red

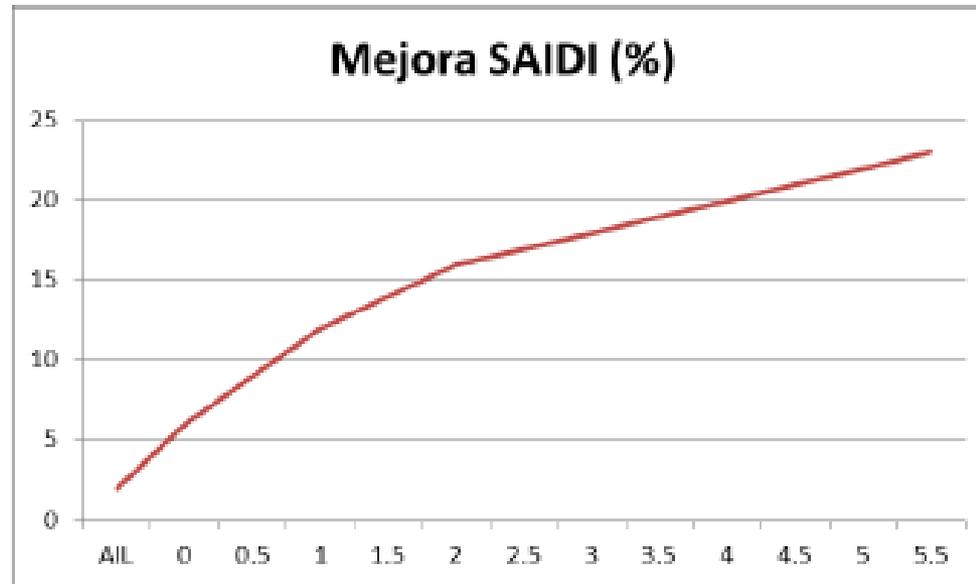


# Funciones de la Automatización



CONSTRUIMOS FUTURO

## Beneficios Automatización de la red



- Usualmente 2 1/2 switches por alimentador es un buen Nivel de Intensidad de Automatización (AIL)
- Se pueden agregar más cuando se tienen cargas críticas y configuraciones especiales.

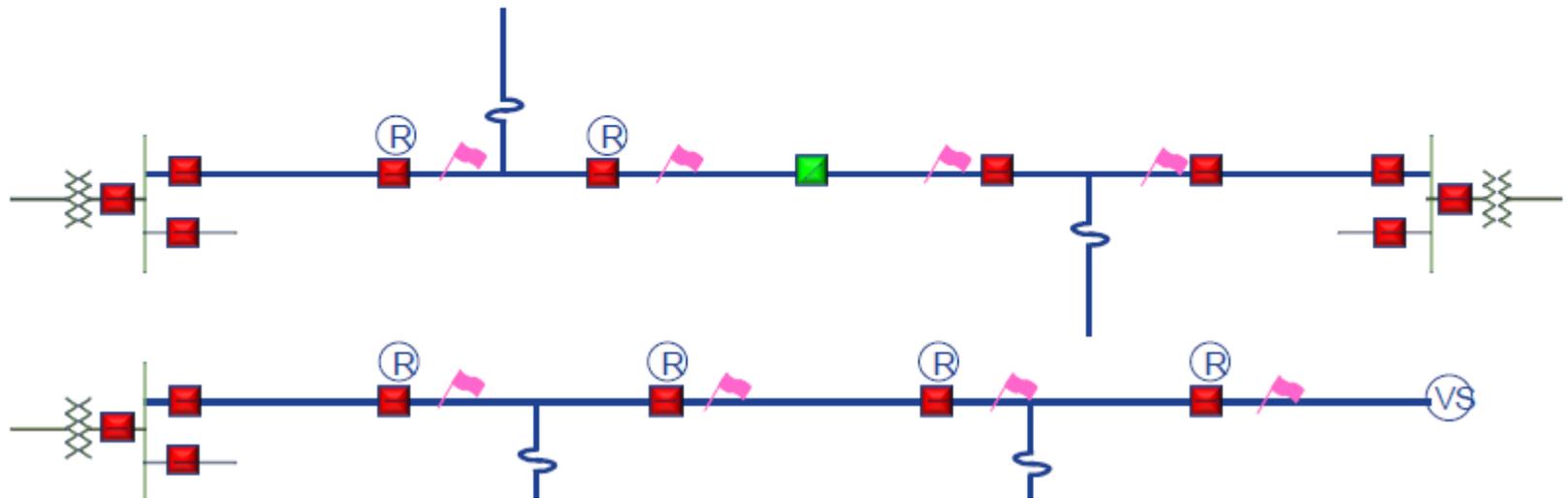
# Funciones de la Automatización



CONSTRUIMOS FUTURO

## Dispositivos básicos para Automatización de la red

- Reconectadores
- FPIs (Fault passage Indicators)
- EOLVS (End-of-line Voltage Sensor) en circuitos radiales



# Funciones de la Automatización



CONSTRUIMOS FUTURO

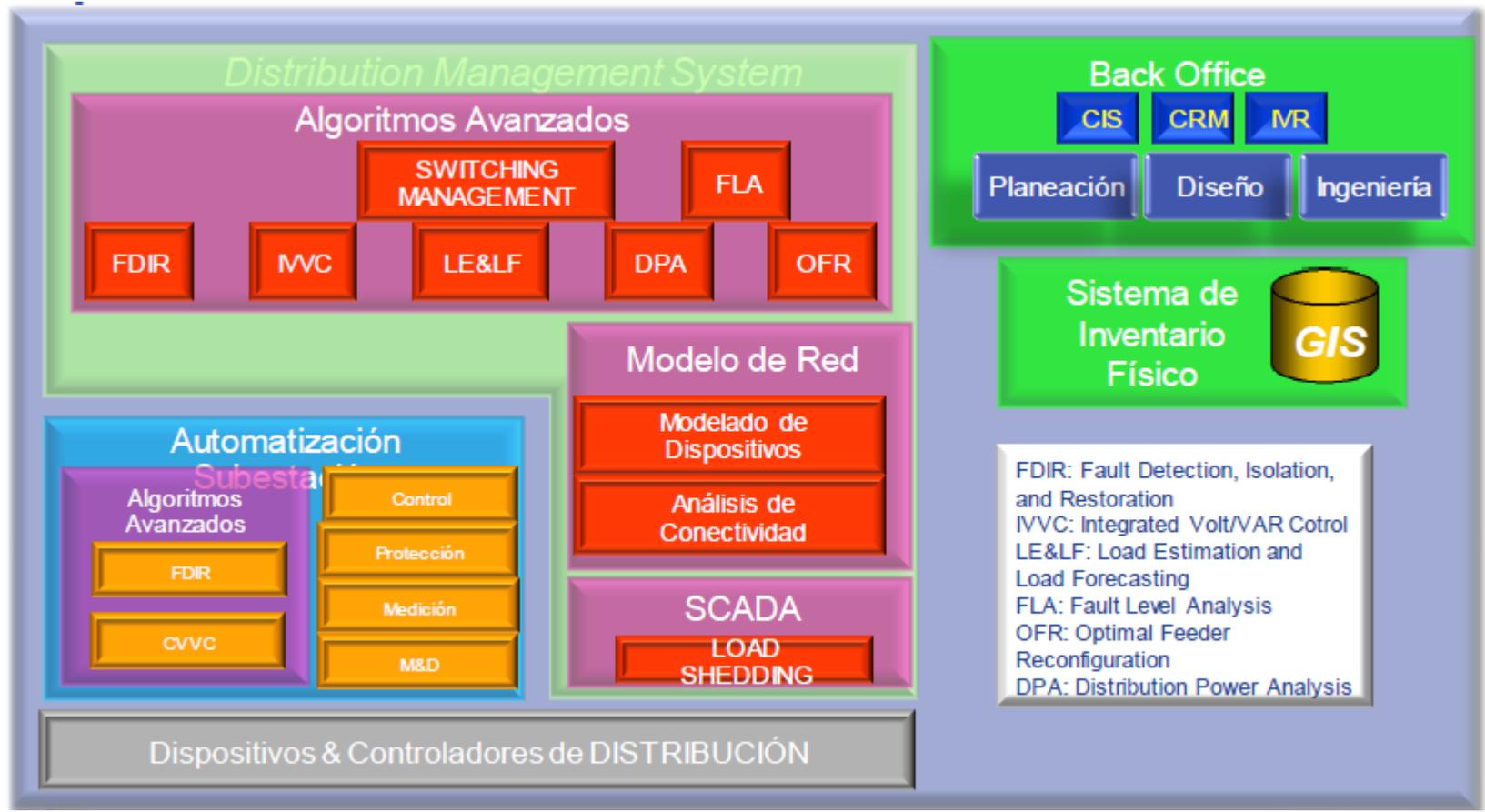
## Algoritmos avanzados para Automatización de la red

- Control de tensión
- Control Volt/VARs
- Control Integrado Voltaje/Volt-Var
- Control Integrado Voltaje/Volt-Var/Carga en Emergencia
- FLM: Manejo de carga del alimentador
- FR: Reconfiguración de alimentadores
- FDS and AS: Conmutación y seccionalización automática.
- Monitorización de calidad de onda y de servicio
- Reporte de fallas de suministro
- Localización y aislamiento de falla

# Funciones de la Automatización



## Algoritmos avanzados para Automatización de la red



# Funciones de la Automatización



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

## Control Volt/VARs para Automatización de la red

- IVVC es el control coordinado de voltaje y potencia reactiva por medio del control simultáneos de los bancos de capacitores y los taps de transformadores
- Optimiza voltaje ante la variación de la carga
- Opera el sistema de distribución lo más eficientemente posible sin violar las restricciones de carga y voltaje
- Soporta las necesidades de potencia reactiva de todo el sistema bajo condiciones de emergencia
- Asegura una alimentación adecuada (voltaje de fin de línea) a los consumidores
- Reduce requerimientos de generación para soportar la demanda y pérdidas en la línea



# Funciones de la Automatización



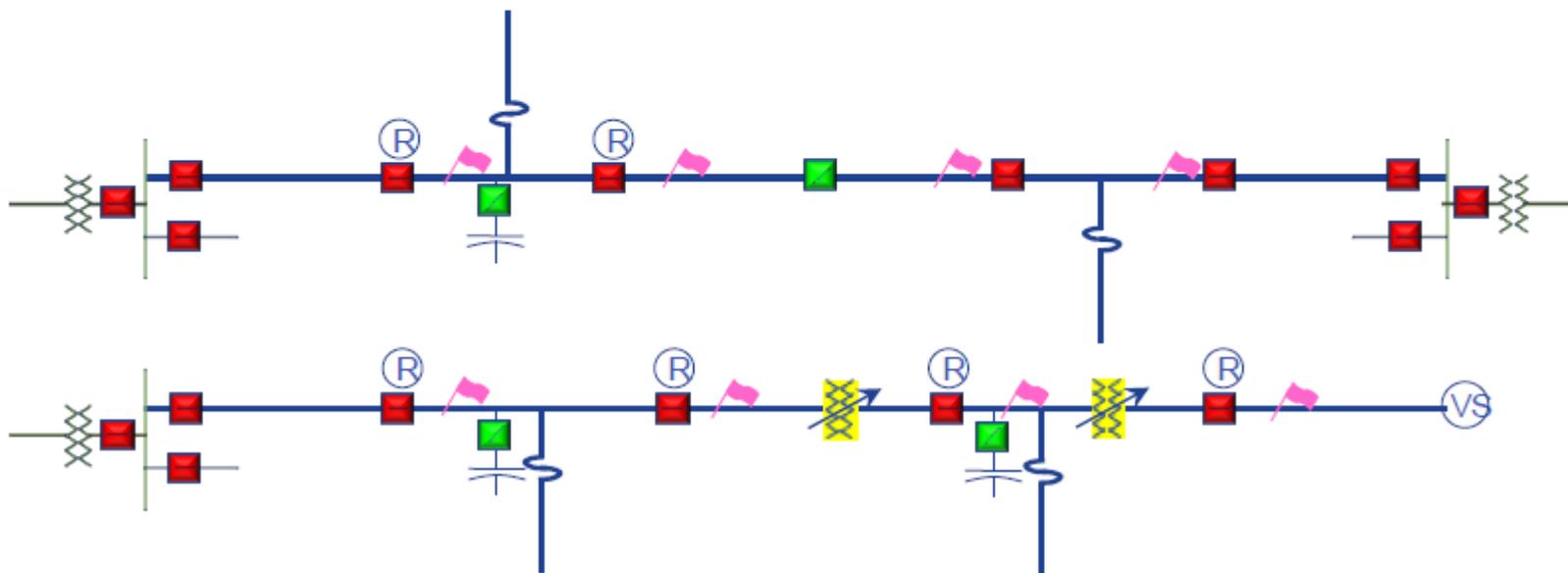
Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

## Dispositivos para Control Volt/VARs para Automatización de la red

- Reguladores de voltaje
- Bancos de capacitores

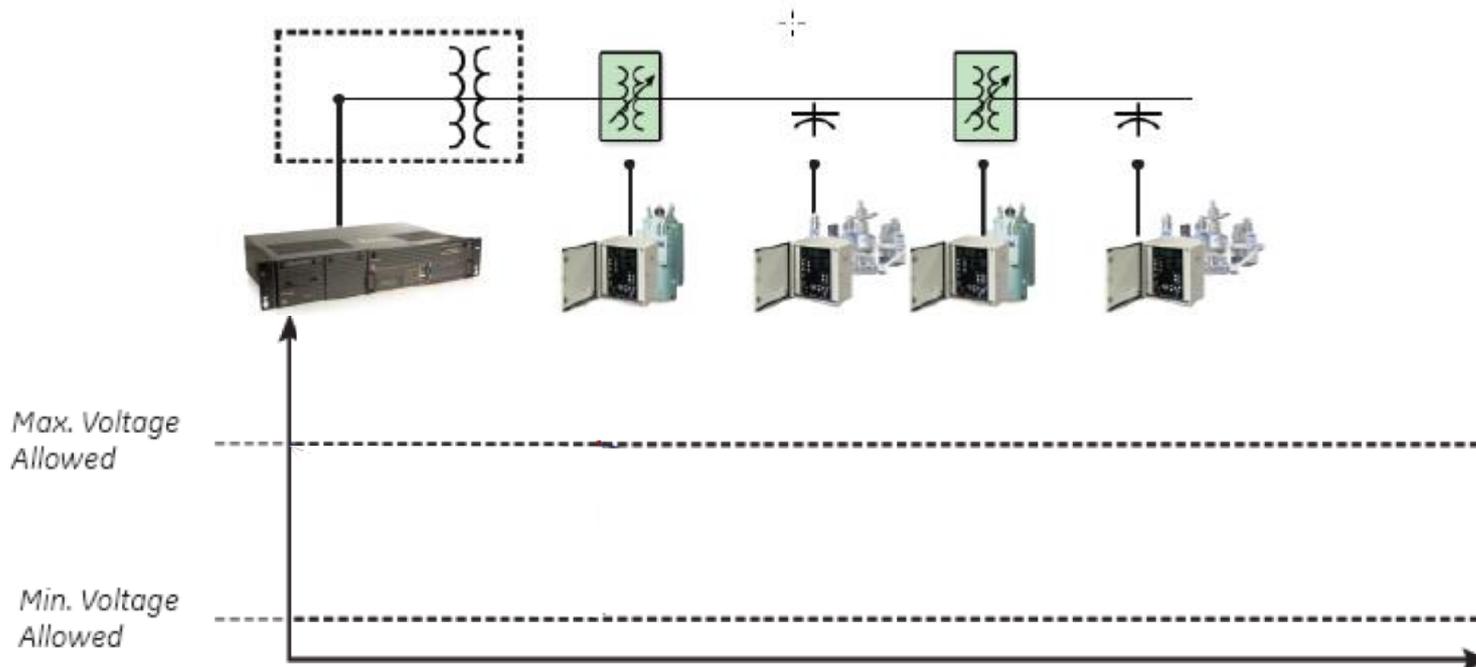


# Funciones de la Automatización



CONSTRUIMOS FUTURO

## Dispositivos para Control Volt/VARs para Automatización de la red



- El sistema Volt/VAR facilita la reducción de la tensión en la red y reduce la generación requerida para satisfacer la demanda

# Funciones de la Automatización



Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

## Detección , aislamiento y restauración de fallas (FDIR) para automatización de redes

- Un sistema FDIR permite a la empresa eléctrica la reconfiguración de la red eléctrica remotamente o automáticamente en respuesta a una interrupción del servicio (outage)



### Beneficios de FDIR :

- Mantiene el servicio aislando la falla y reconectado las partes no afectadas aguas arriba y aguas abajo.
- Mejora la eficiencia al reducir los tiempos de reparación/restauración del servicio
- Rápidamente identifica la ubicación y tipo de falla que permite un despacho de cuadrillas más expedito
- Mejora la confiabilidad medida por los indicadores de la empresa eléctrica (SAIDI, SAIFI, CAIDI)

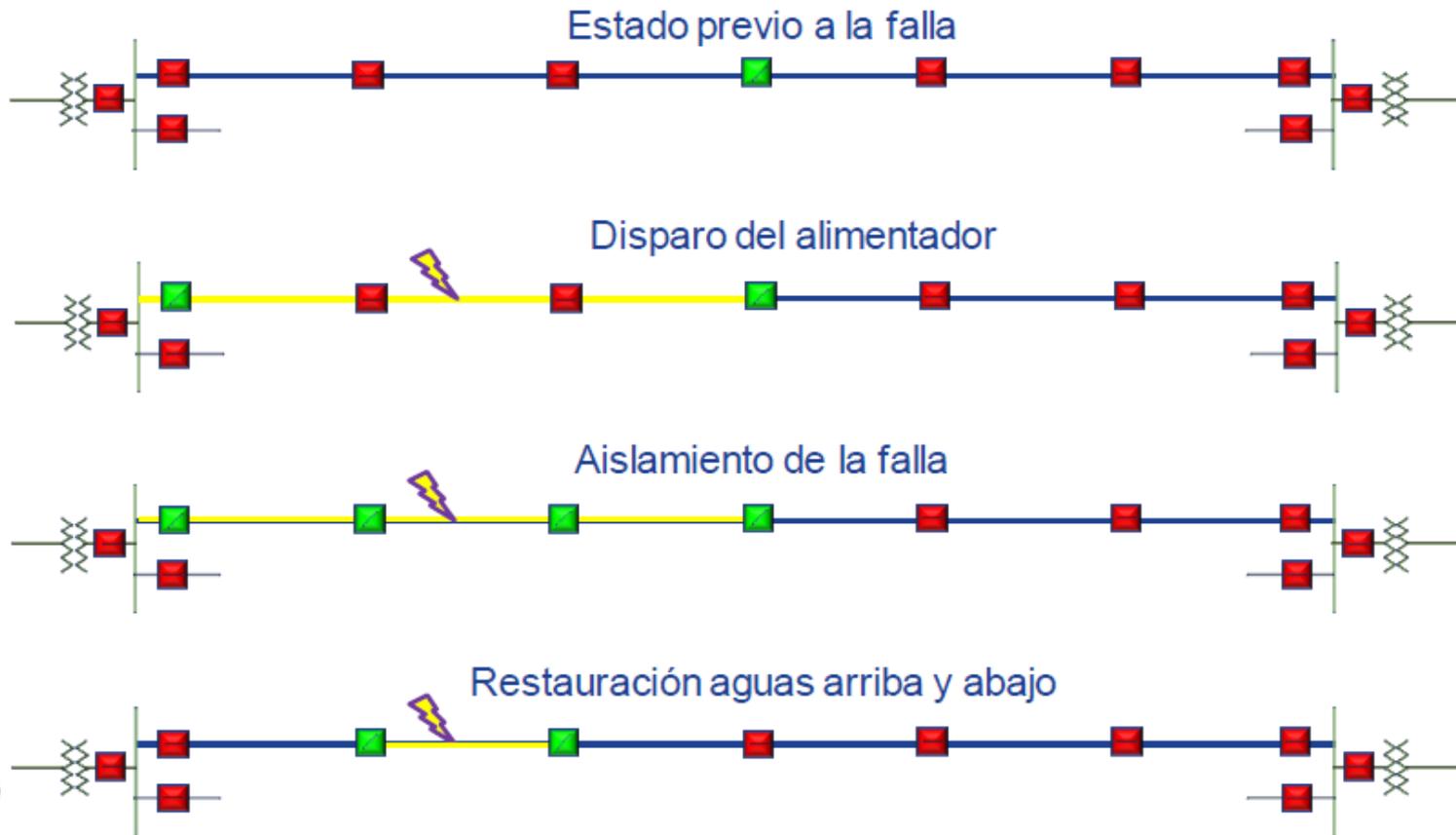
# Funciones de la Automatización



CONSTRUIAMOS FUTURO

Detección , aislamiento y restauración de fallas (FDIR) para automatización de redes

<http://www.youtube.com/watch?v=o4rreQlavkw>

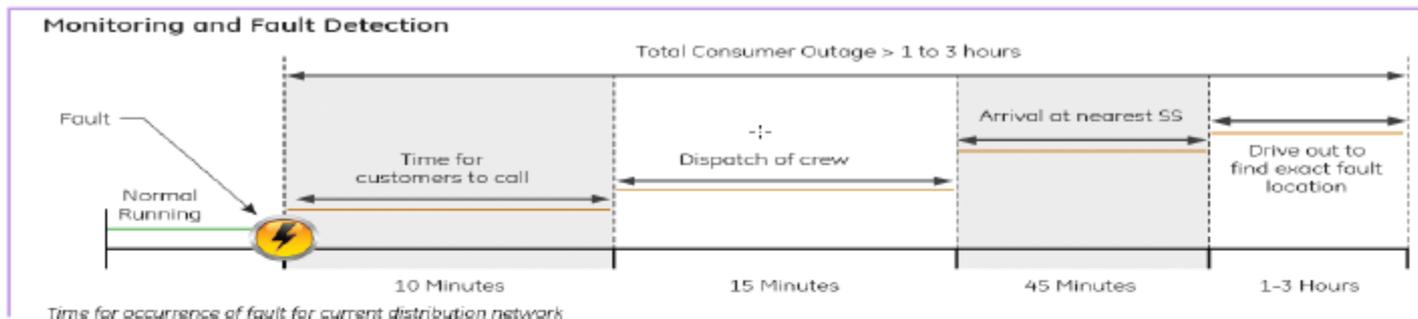


# Funciones de la Automatización

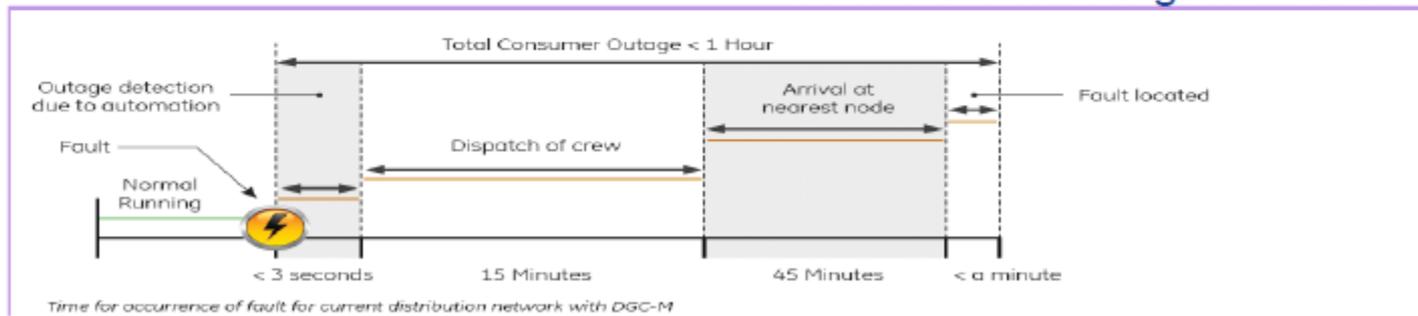


CONSTRUIAMOS FUTURO

Detección, aislamiento y restauración de fallas (FDIR) para automatización de redes



Reducción significativa del tiempo de interrupción gracias a una identificación “inteligente” de la falla

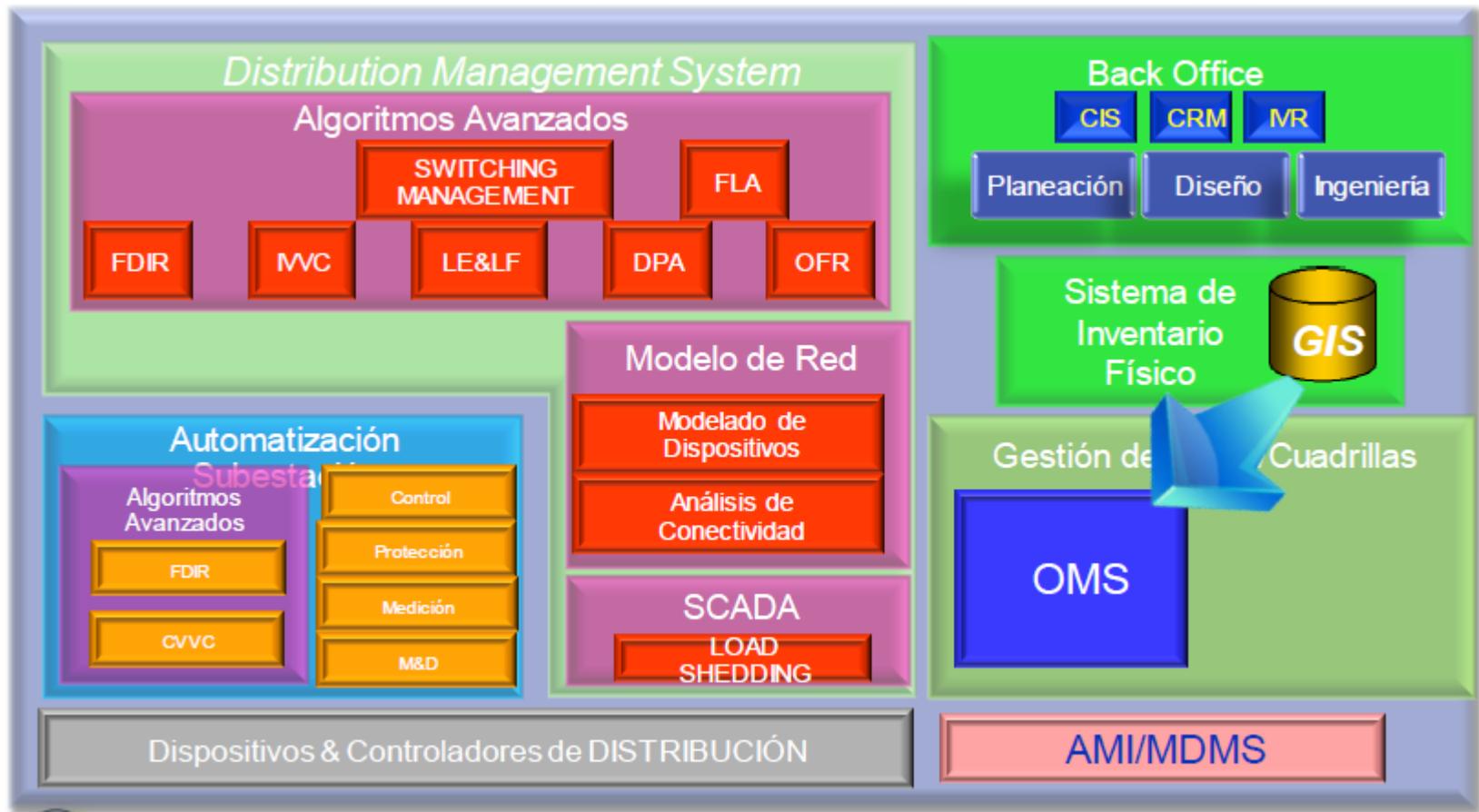


# Funciones de la Automatización



CONSTRUIAMOS FUTURO

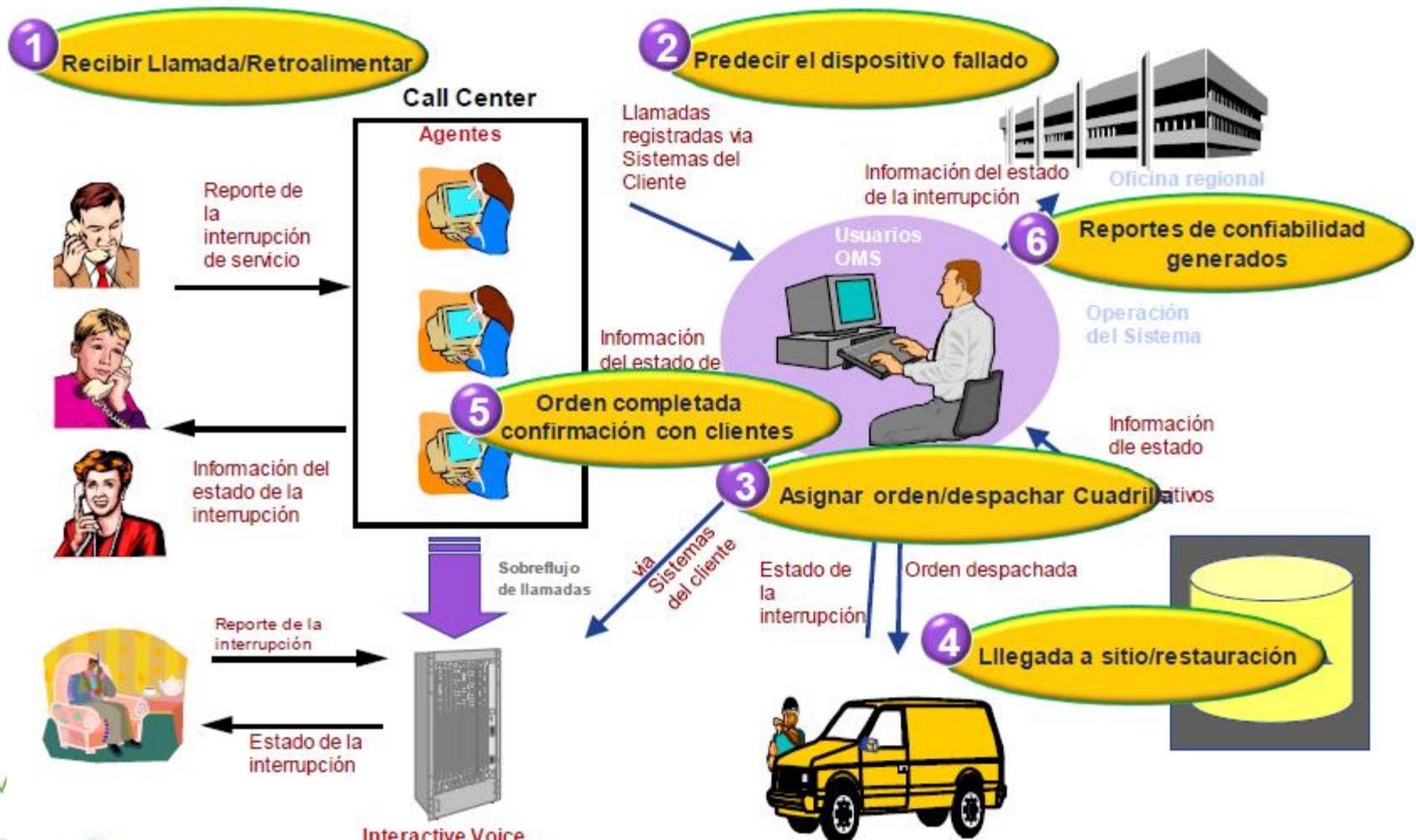
## Sistema de Gestión de Interrupciones (OMS)



# Funciones de la Automatización



## Sistema de Gestión de Interrupciones (OMS)

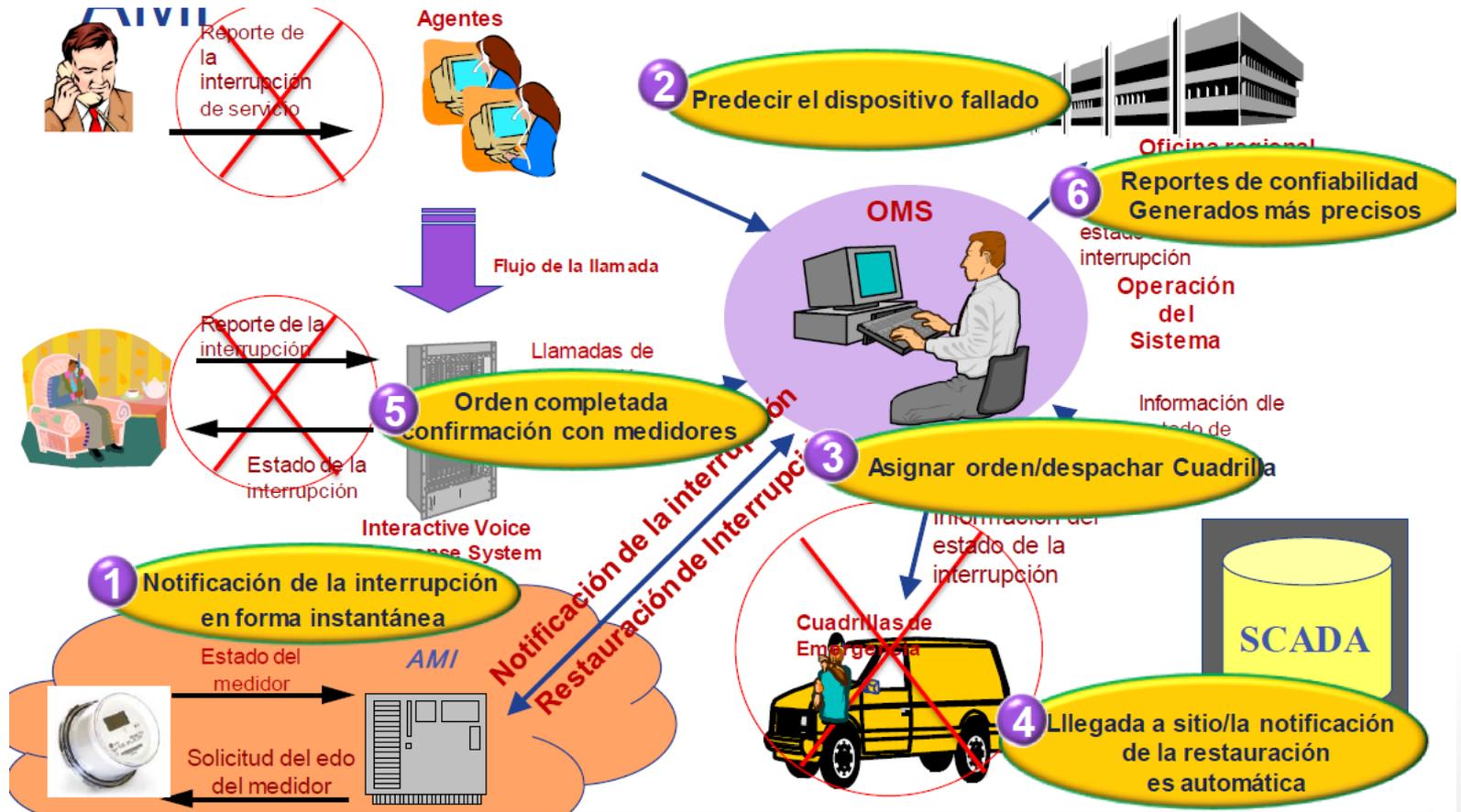


# Funciones de la Automatización



CONSTRUIAMOS FUTURO

## Sistema de Gestión de Interrupciones (OMS y AMI)



Se elimina la dependencia en el cliente para reportar la interrupción y en la cuadrilla para reportar el tiempo de restauración

# Funciones de la Automatización

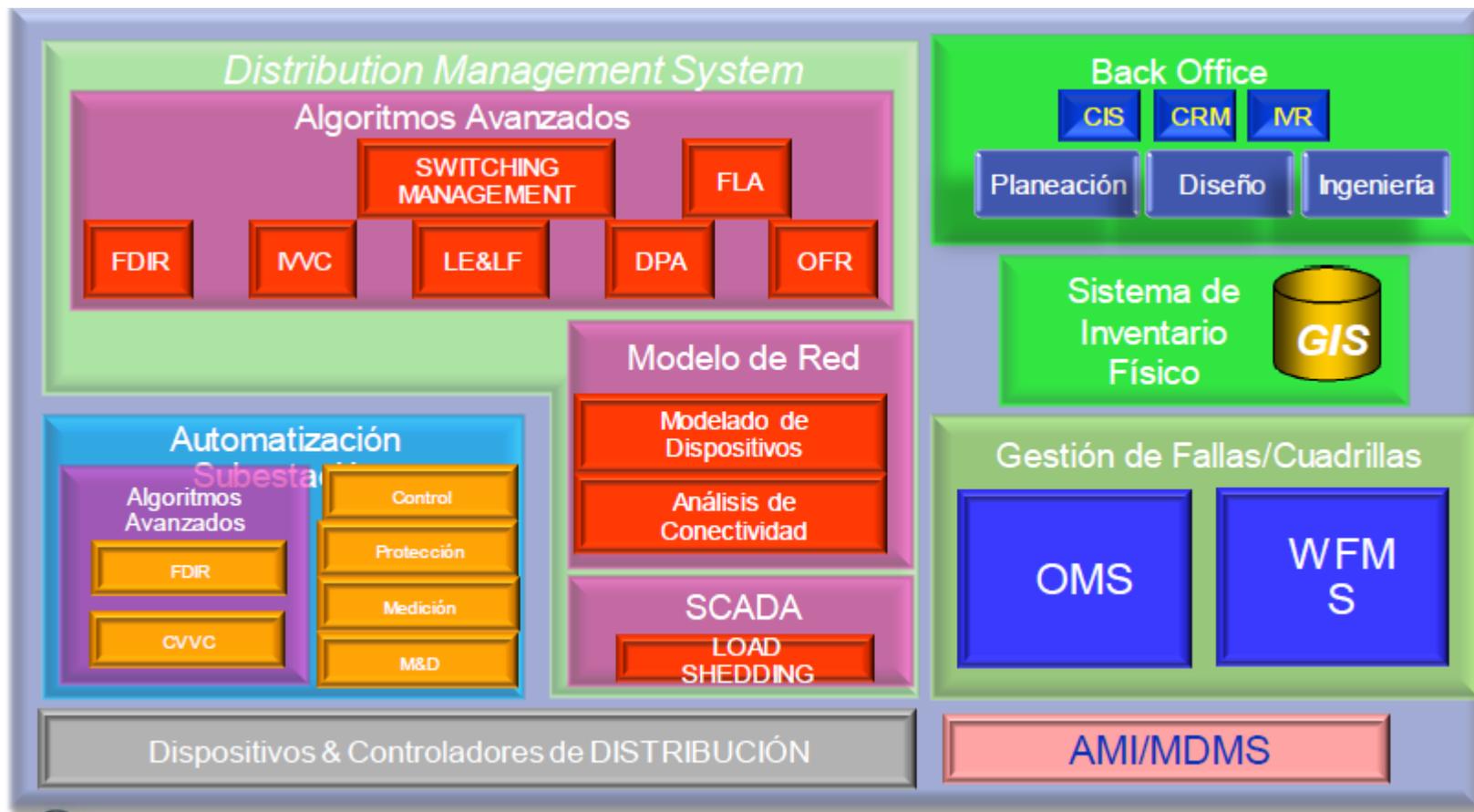


Universidad  
Industrial de  
Santander



CONSTRUIAMOS FUTURO

## Sistema de Gestión de Órdenes de trabajo (WFMS)



# Funciones de la Automatización



CONSTRUIAMOS FUTURO

## Sistema de Gestión de Órdenes de Trabajo (WFMS)



# Introducción a los DASs



## Agenda:

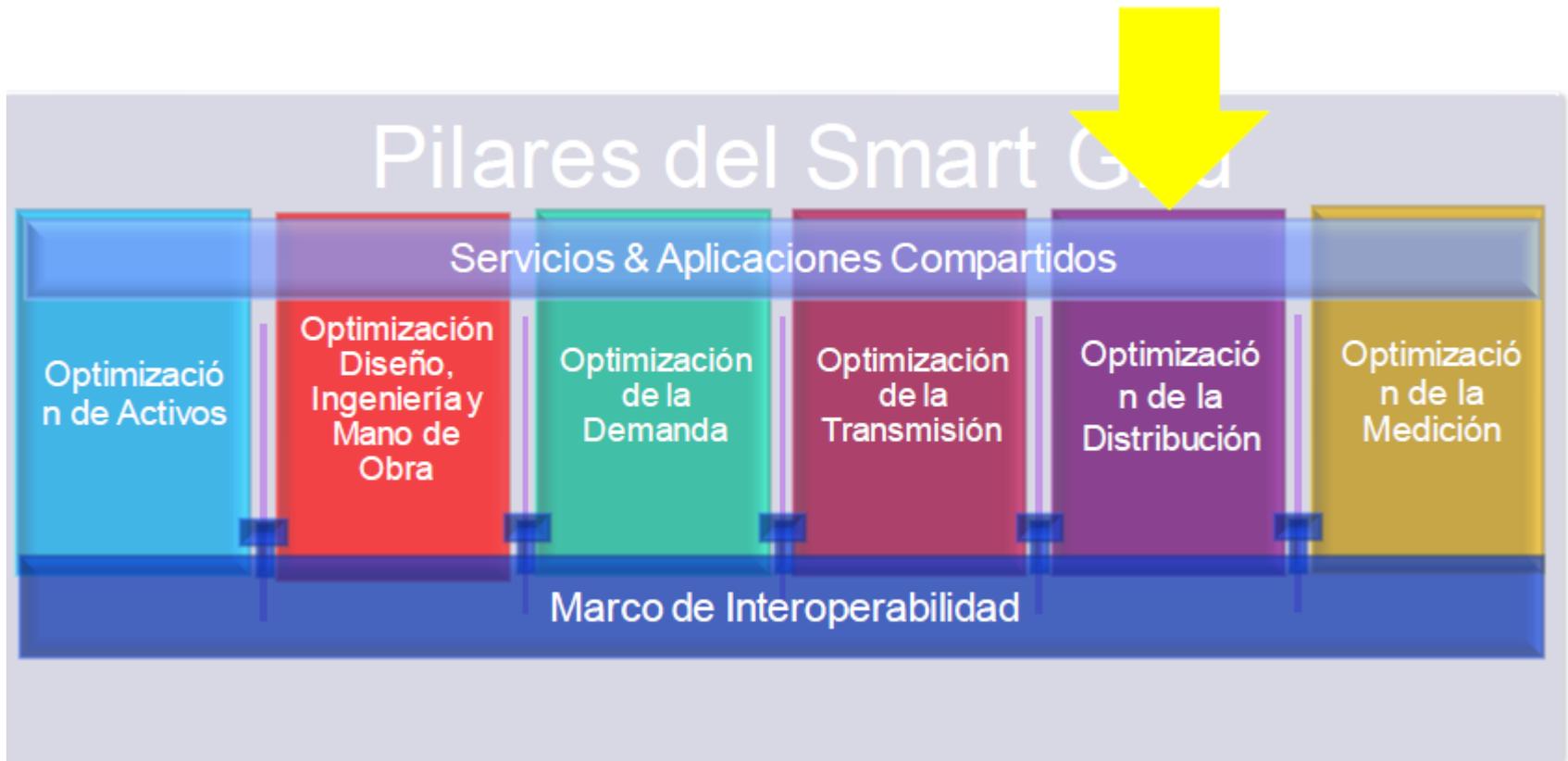
- Definiciones
- Pirámide de la Automatización
- Desarrollo de un proyecto de Automatización
- Integración con la empresa
- Funciones de la Automatización
- **Arquitecturas de Control**

# Arquitecturas de Control



CONSTRUIMOS FUTURO

## Pilares de la automatización en proyectos Smart Grid



# Arquitecturas de Control



CONSTRUIMOS FUTURO

Se requiere interoperabilidad



# Arquitecturas de Control



CONSTRUIMOS FUTURO

Modelo EPRI independiente de la tecnología .

CIM: Common Information Model

## Objetivo:

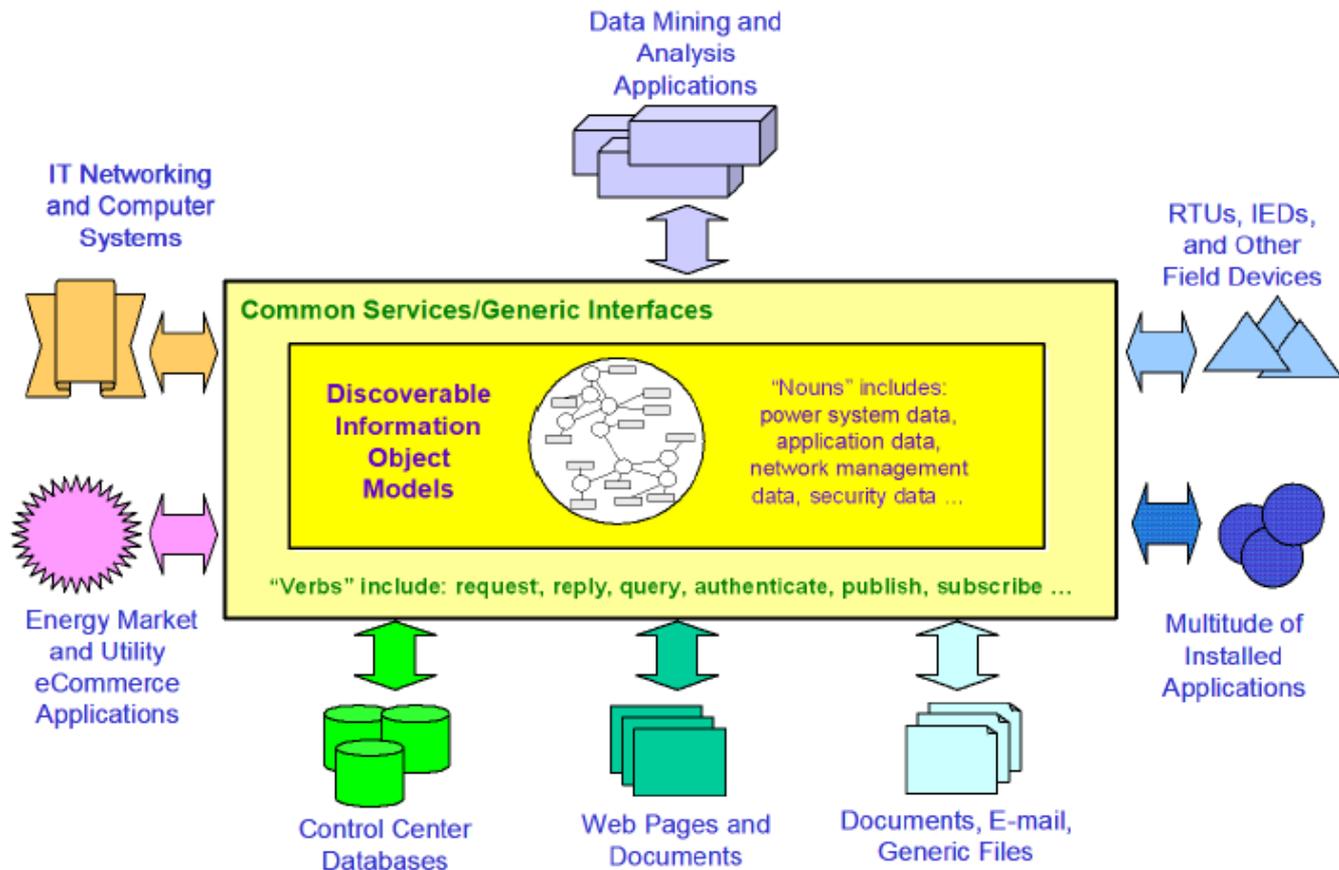
Desarrollar un conjunto de guías o especificaciones que permitan la creación de aplicaciones en el ambiente del Centro de Control «plug&play» de manera a evitar el desarrollo de interfaces entre diferentes aplicaciones de distintos fabricantes

# Arquitecturas de Control



CONSTRUIMOS FUTURO

Modelo EPRI independiente de la tecnología .  
 CIM: Common Information Model



# Arquitecturas de Control

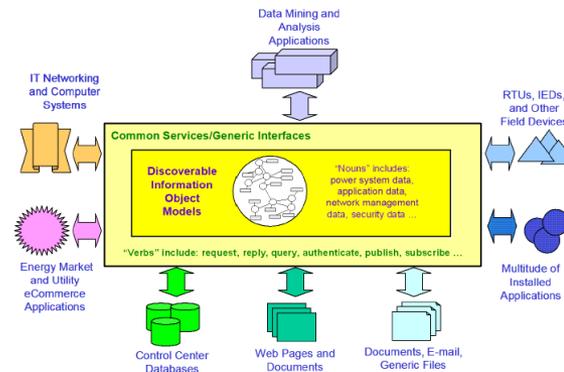


CONSTRUIAMOS FUTURO

Modelo EPRI independiente de la tecnología .

CMI: Common Information Model

- CMI es un estándar abierto para representar componentes del sistema de potencia
- Desarrollado para EPRI por el WG13 del IEC TC57 como parte del desarrollo de una API para EMS de centros de control.



# Actividad de clase



- Realizar un resumen del artículo asignado y presentarlo ante el grupo
  - Resumen de la introducción
  - Síntesis de nuevos conceptos o aspectos relevantes
  - Presentación de la síntesis de los resultados mediante las tablas y figuras.

# Actividad de clase



CONSTRUIAMOS FUTURO

## • Lecturas

- Perez Duarte, D.; Kagan, N.; Gouvea, M.R.; Labronici, J.; Cezar Maia, F.; Barreto Neto, A., "Diagnosis of advanced distribution automation in the Brazilian electric sector distribution," Electricity Distribution (CIRED 2013), 22nd International Conference and Exhibition on , vol., no., pp.1,4, 10-13 June 2013
- Moreira, R.; Silva, Nuno; Leite, H., "Technical and economic assessment for deployment of distribution automation equipments - enabling self-healing strategies," Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Europe), 2011 2nd IEEE PES International Conference and Exhibition on , vol., no., pp.1,8, 5-7 Dec. 2011
- A. Espinoza, S. González y B. Sierra, "Automatización de la distribución: Presente y Futuro", 2011.
- L. Gallegos, C. Picasso y J. Gómez, "Tendencias en automatización de la distribución", 2011.