



II SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN EN SISTEMAS ELÉCTRICOS



AMI-SMARTGRIDS

Experiencias en la Universidad del Valle

Eduardo Caicedo Bravo, Ph.D.
eduardo.caicedo@correounivalle.edu.co



Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Introducción



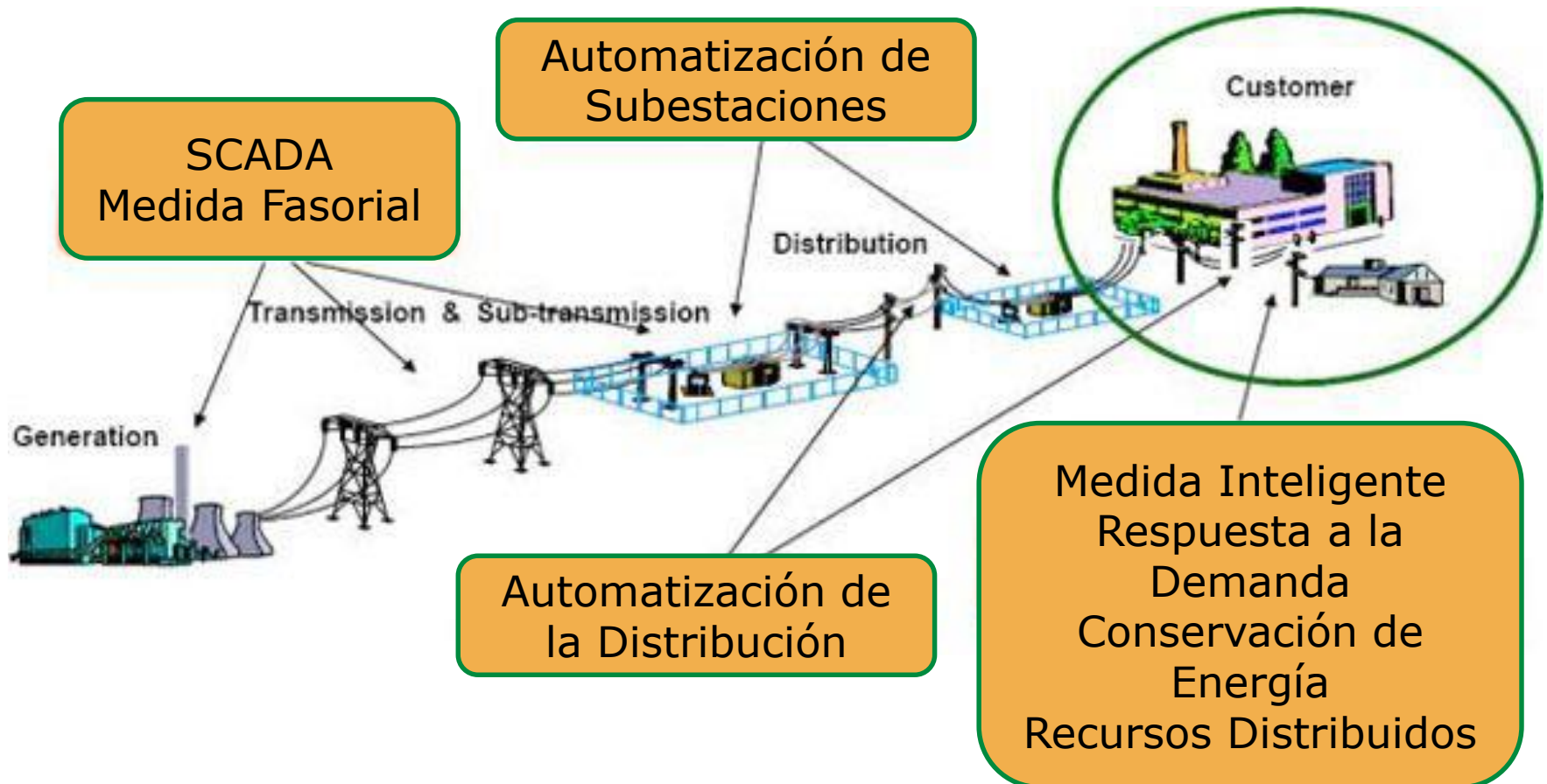
El término *Smart Grid* hace referencia a la red eléctrica que puede costear eficientemente y de manera integrada el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella (los elementos generadores, consumidores, y los que hacen las dos cosas), con el fin de asegurar económicamente la eficiencia, un sistema de potencia sostenible con bajas pérdidas y altos niveles de calidad en la seguridad de suministro. **[EU COMMISSION TASK FORCE FOR SMART GRIDS](#)**



Los sistemas *Smart Grids* no son otra cosa que la utilización de sensores, sistemas de comunicación, y de la capacidad y control computacional, en el sistema eléctrico de potencia, para mejorar su funcionalidad global.

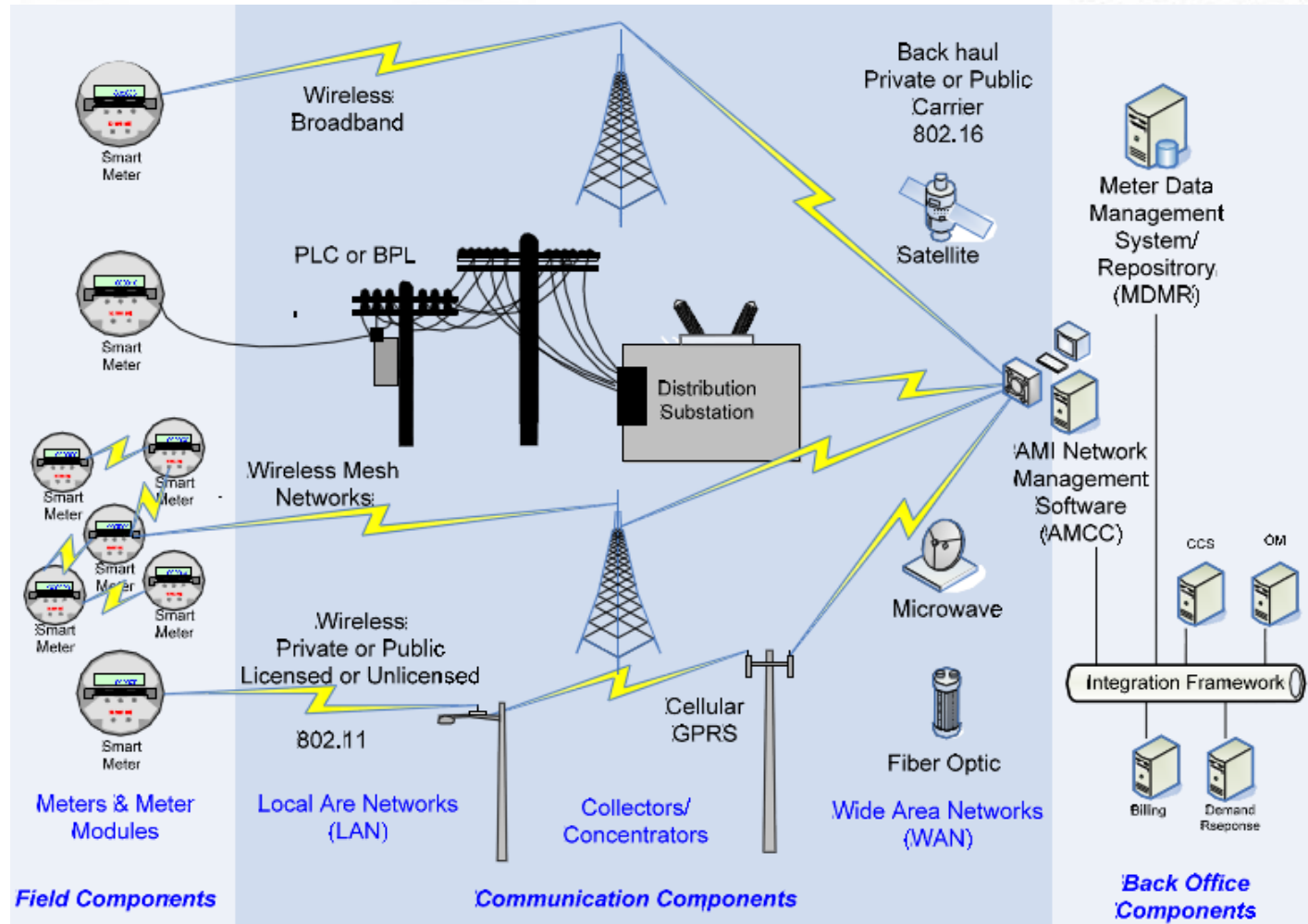


Introducción



Arquitectura SmartGrid

PSI Percepción y Sistemas Inteligentes



Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Visión AMI

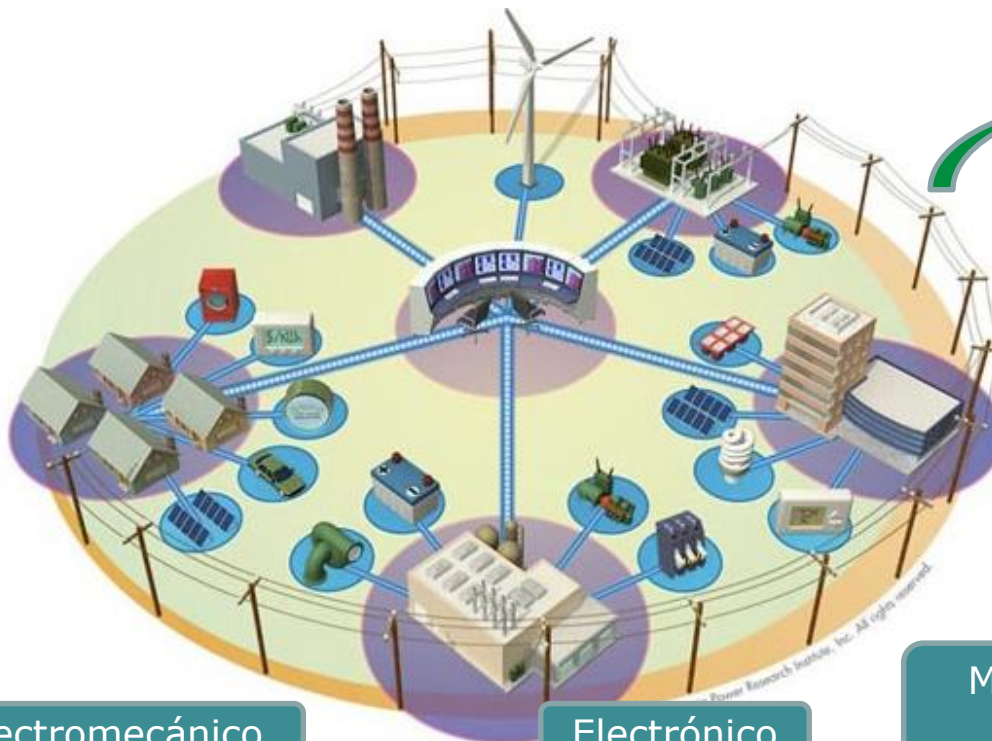


Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Evolución: Tecnologías AMI



Hogar Inteligente

Medidores Inteligentes
AMR - AMI

Electromecánico

Electrónico

1900 's

1970 's

1990 's

2000 's

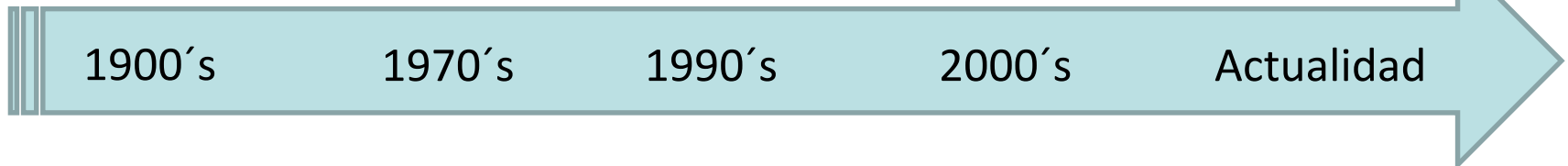
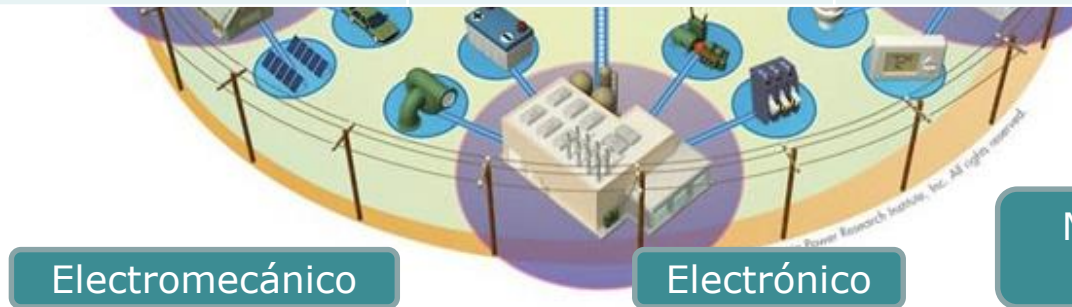
Actualidad

Evolución: Tecnologías AMI

1890	1920	1960
Primeros medidores comerciales electromecánicos	<ul style="list-style-type: none">• Mayor capacidad de manejo de carga• Mayor exactitud en la medición	<p>Este medidor experimenta sus últimos cambios importantes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Más compacto• Más robusto• Más exacto



Hogar Inteligente



Evolución: Tecnologías AMI

1990

Medidor Electrónico:

- Más versátil
(Información de calidad de energía, voltajes, corrientes, etc.)
- Más exacto
- Más compacto

AMR



Hogar Inteligente

Electromecánico

Electrónico

Medidores Inteligentes
AMR - AMI

1900's

1970's

1990's

2000's

Actualidad



Evolución: Tecnologías AMI



2000

Medidor Inteligente

- Mismas prestaciones del medidor electrónico
- Comunicación bidireccional
 - Empresa – Consumidor
 - Display Remoto
 - Dispositivos inteligentes del consumidor
- Medida Bi-Direccional

AMI

Hogar Inteligente

Medidores Inteligentes
AMR - AMI

Electromecánico

Electrónico

1900 's

1970 's

1990 's

2000 's

Actualidad



Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Sistemas Inteligentes para Medida

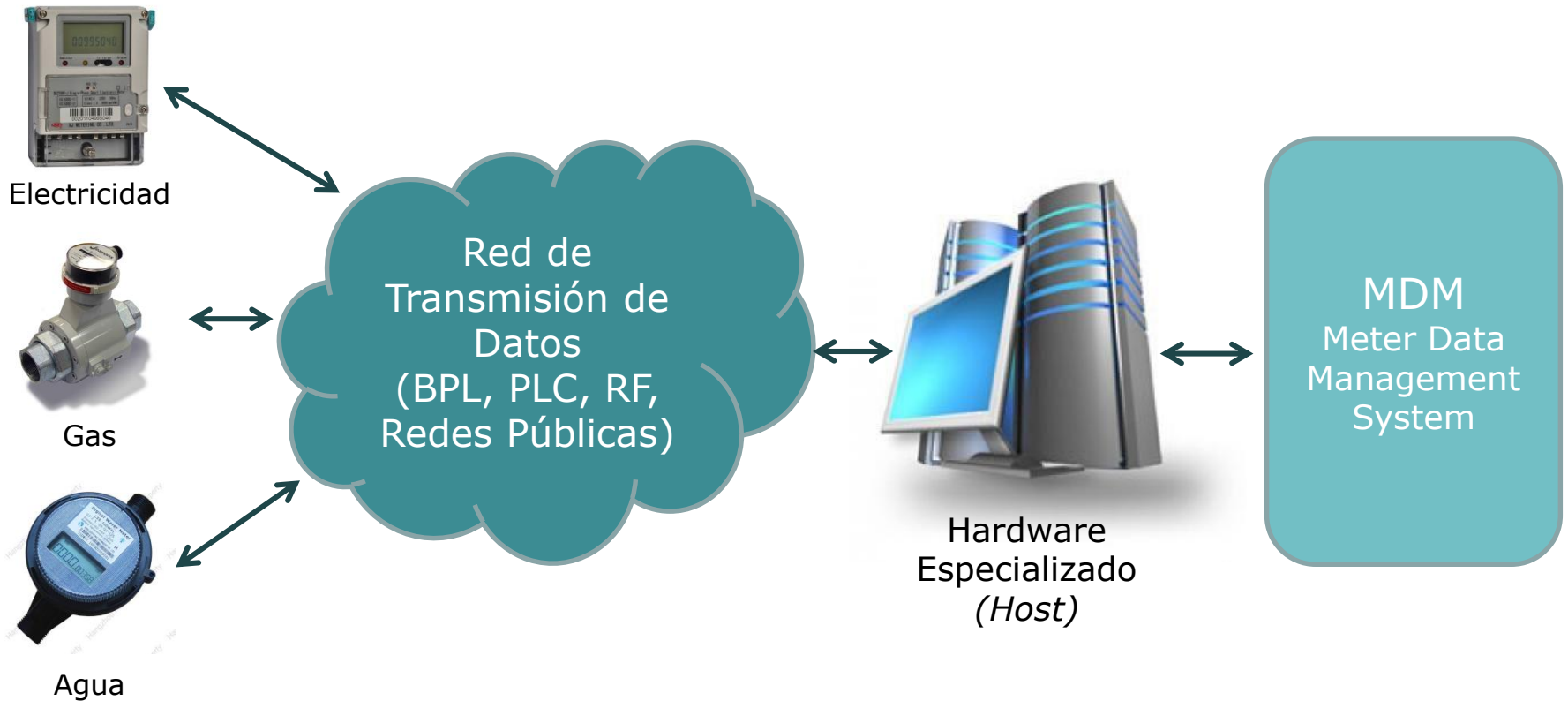


Diagrama General

Colector de
Datos

Redes de Comunicaciones

Recepción y Gestión de Datos



Definición AMI

Los sistemas de Medida Avanzada están comprendidos por el estado del arte en hardware y software electrónico/digital que engloba la medida de datos por intervalos con la disponibilidad de comunicación remota. Estos sistemas entregan información de la medida basada en el tiempo, su registro y transmisión de la información hacia diferentes actores.

AMI se refiere a una medición completa y sistemas de colección de datos que incluye los medidores en el sitio del usuario, redes de comunicación entre los usuarios y los proveedores del servicio (Electricidad, Gas, Agua), y los sistemas de recepción y gestión de datos que facilitan el acceso a la información a las empresas de servicios

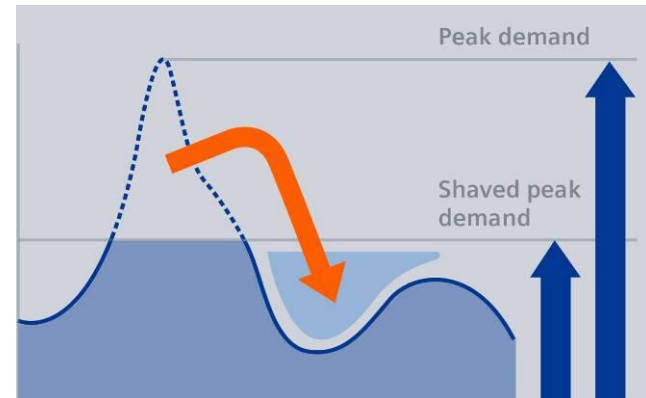
EPRI: Electric Power Research Institute

Inductores SmartGrids

Balance



Desplazamiento de carga



Confiabilidad



Eficiencia



Plug & Play AMI

aplicación y Sistemas Inteligentes



Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

AMI: Ventajas

- Procesos de Facturación
- Información sobre patrones de Consumo
- Ahorro en contrataciones
- Gestión de Cartera

- Reducción del Fraude
- Costos de Lectura
- Detección de Fallas
- Restablecimiento de la red
- Calidad de Energía



- Información sobre el consumo
- Menores costos de energía
- Nuevo sistema de tarifas
- Precisión en las facturas
- Servicio al cliente
- Integración de la Micro-Generación

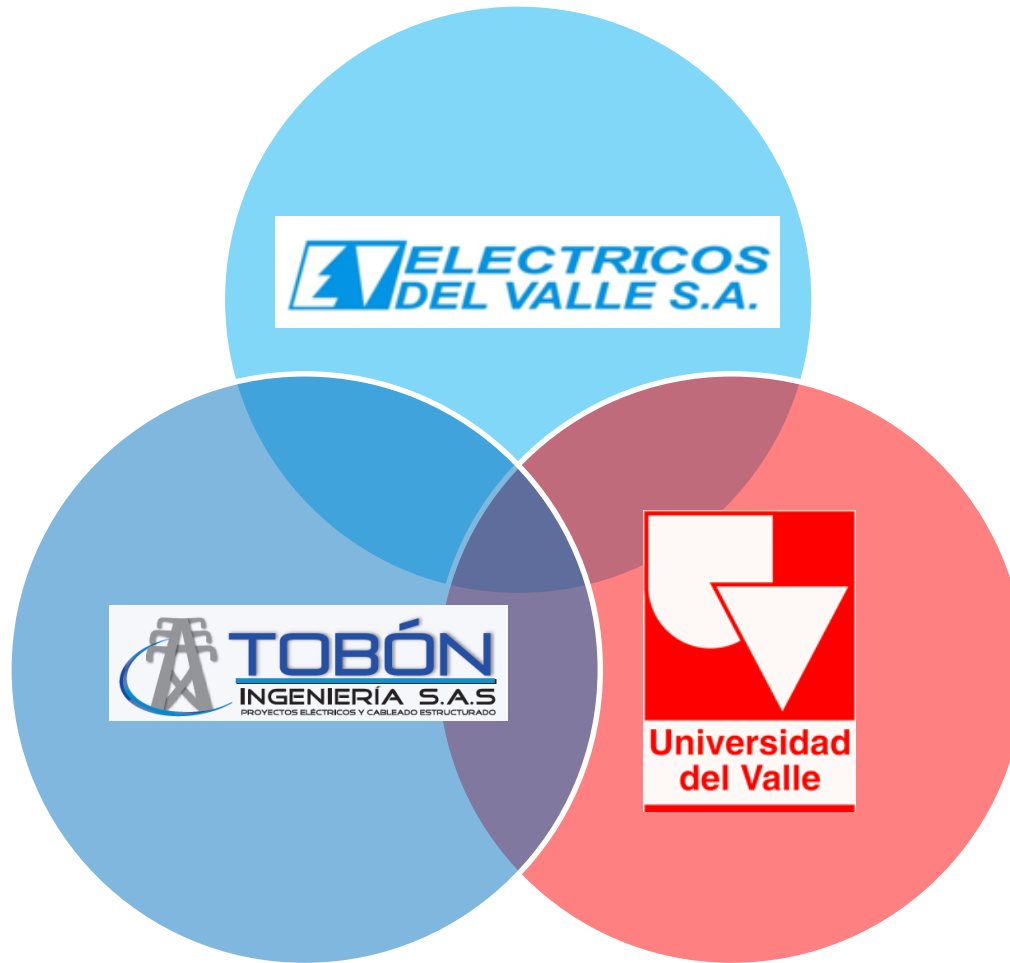
- Ahorro Energético
- Reducción de Emisiones
- Ajuste Curva de Demanda
- Capacidad de Suministro
- Generación de Empleo

A stylized graphic featuring a green sun with several rays in the upper right corner. Below the sun, a blue wavy line represents a horizon or ground. In the bottom right corner, there is a green lightning bolt symbol.

SmartMDC

**Sistema de Medida Concentrada
para la gestión integral de la
energía eléctrica**

Alianza Universidad-Empresa



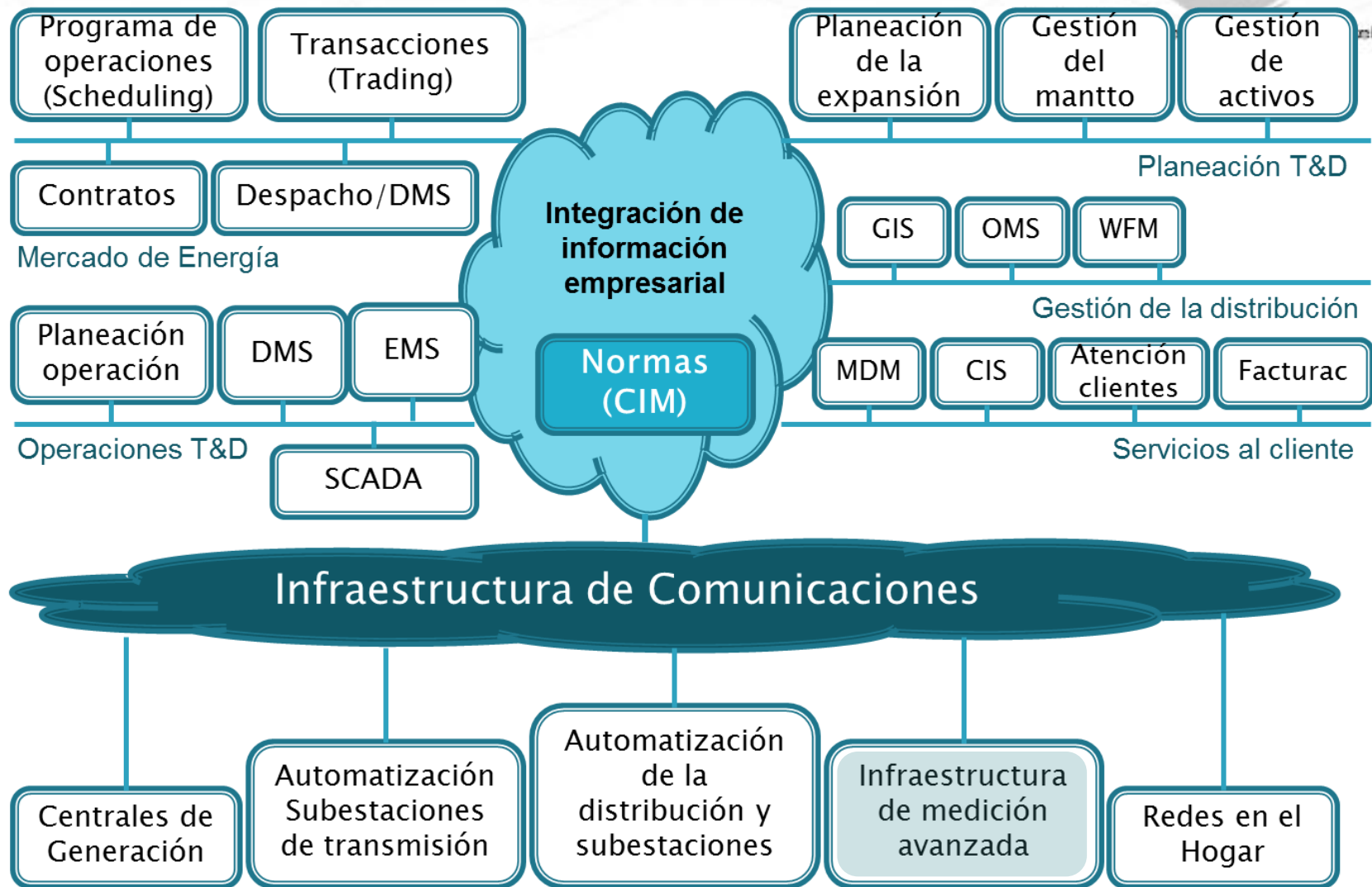
Universidad del Valle

SmartMDC

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Visión Sistémica SmartGrid



Descripción

SmartMDC

PSI Percepción y Sistemas Inteligentes

Sistema electrónico **modular** de **acceso remoto** para la **medición inteligente** y **control de suministro** de energía eléctrica incluyendo funciones de corte, reconexión y limitación.

Sistema de gestión de suministro eléctrico

Información general

Configuración del sistema

Configuración de medidores

Administración de suscriptores

Descarga de información



Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

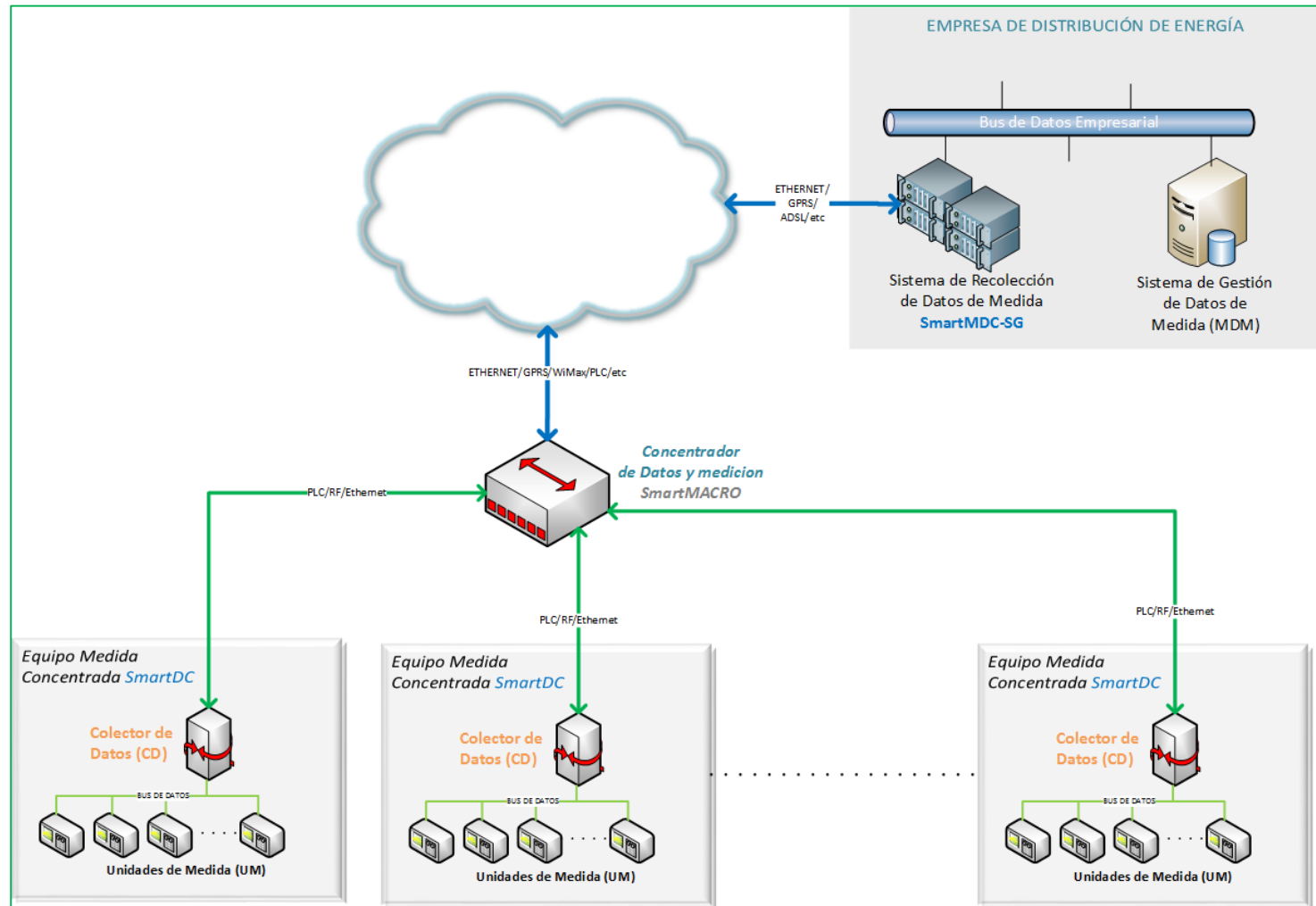
Características




SmartMDC



Arquitectura



Beneficios

- 
- 1 Mejora la gestión del suministro de energía**
 - 2 Reducción y control de pérdidas no técnicas**
 - 3 Implementación de sistemas de energía prepago**
 - 4 Integración de mediciones de otros servicios**
 - 5 Implementación de soluciones en eficiencia energética**

Escenarios de aplicación

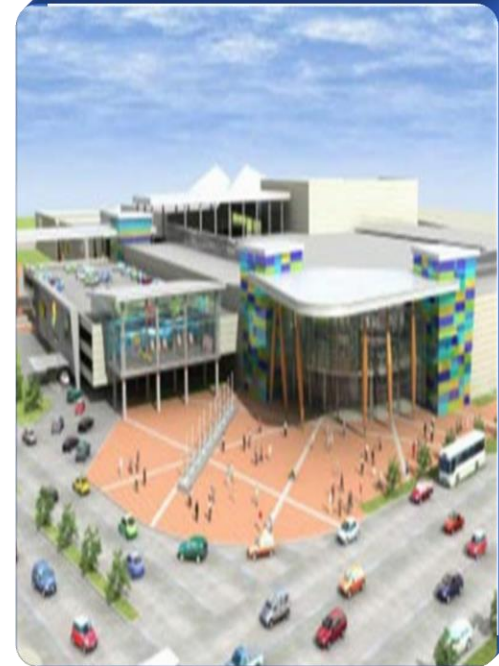
Instalación en Poste



Conjuntos Residenciales



Centros Comerciales



AMI EMCALI - Proyecto Llanoverde



**Usuarios
intervenidos**

262

**Equipos SMC
Instalados**

23

**Trafos
Macromedidos**

8



Universidad del Valle

SmartMDC

**Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica**

<http://psi.univalle.edu.co>

AMI EMCALI – Instalación equipos de medida

Preparación



Montaje



Configuración



Solar Decathlon 2015



Monitoreo para eficiencia energética

Casas
monitoreadas

15

Equipos SMC
Instalados

6

Medidores
bidireccionales

57



Universidad del Valle

SmartMDC

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Solar Decathlon 2015



Instalación Medición usuarios monofásicos y bifásicos

Registro energía fotovoltaica generada

hísCali

Select a team

team

Monitoring powered by



HisCali  

Team ID: K

Current values

Click on a contest to display data charts.

Outdoor data: °C % Lux



-16.09 °C



4.136 °C



26.966 °C



62.333 %



2278.838 Lux



37.79 kWh

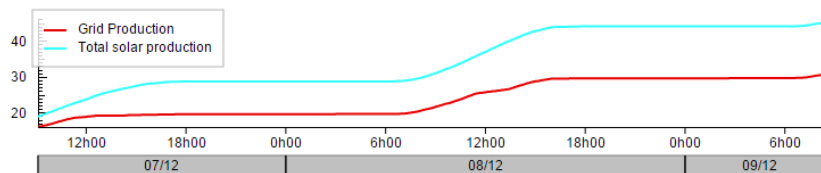


31.57 kWh



182 L

gridProduction



range*

Grid Consumption: 18.520
Balance (cons - prod): -13.479

Limit Temperature 26.81

Registro de energía entregada a la red

Registro energía consumida de la red



Universidad del Valle

SmartMDC

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Solar Decathlon 2015

Instalación

Cableado

Configuración



Universidad del Valle

SmartMDC

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

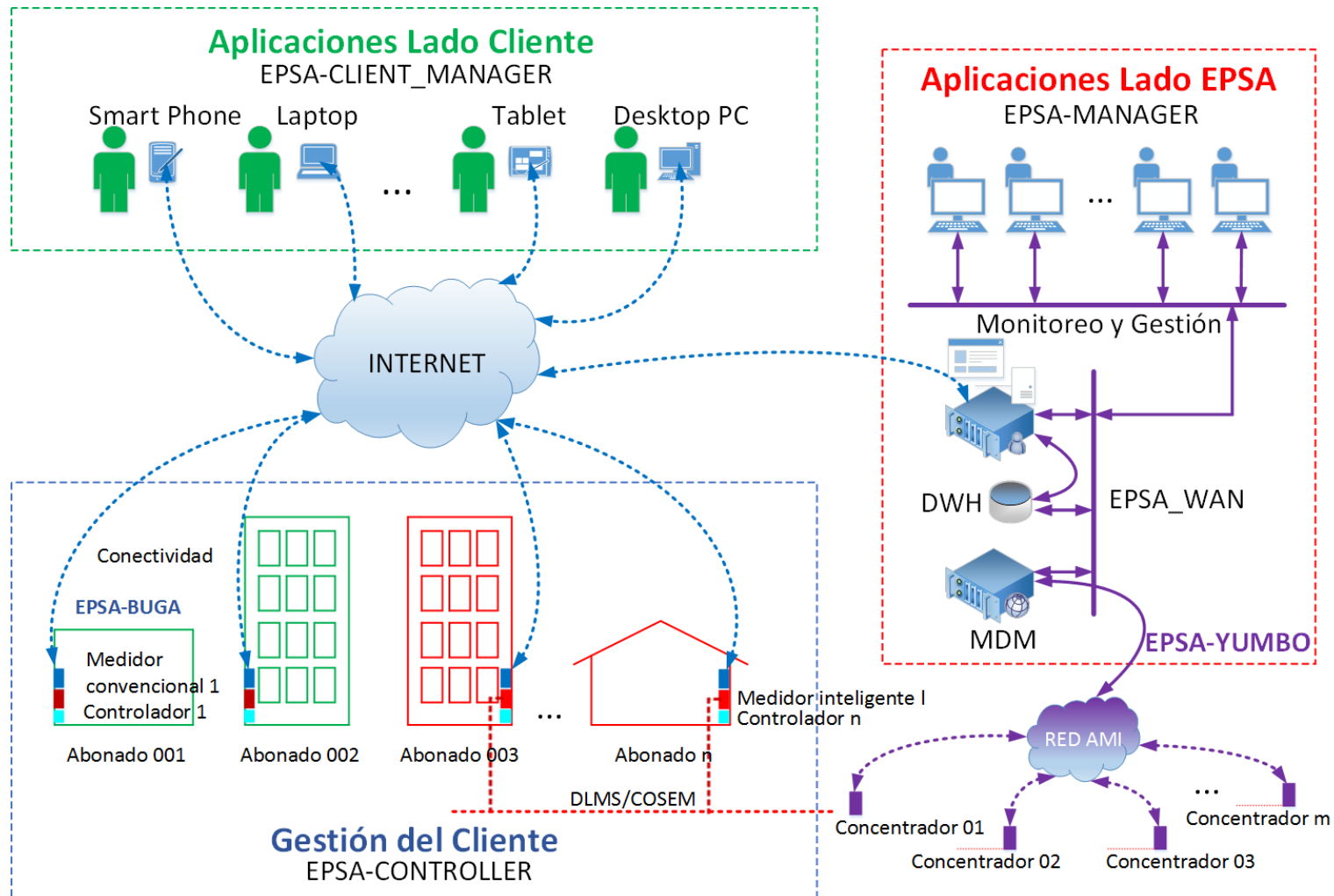
EPSA_CONTROLLER: Domótica e inmótica desde una perspectiva de eficiencia energética



¿Es posible reducir el consumo de energía sin afectar el confort y la productividad?



Visión General



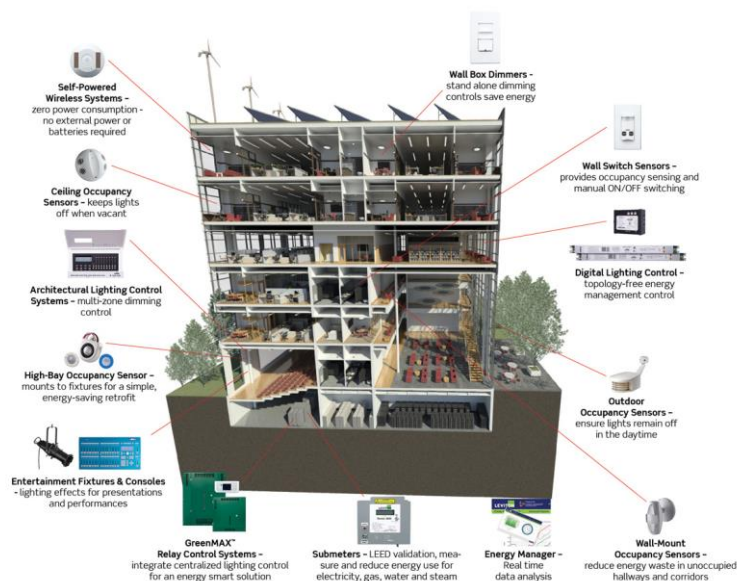
- ✓ **Control de la temperatura**
- ✓ **Control de la Iluminación**

Etapas del EMS

- Medición de consumo.
- Identificación de oportunidades.
- Orientación de las oportunidades.
- Seguimiento del proceso

Funciones EMS

- Monitoreo del consumo de energía.
- Racionalización del consumo energético.
- Programación de horarios de consumo.
- Configuración de estrategias de gestión.



Caso de Implementación

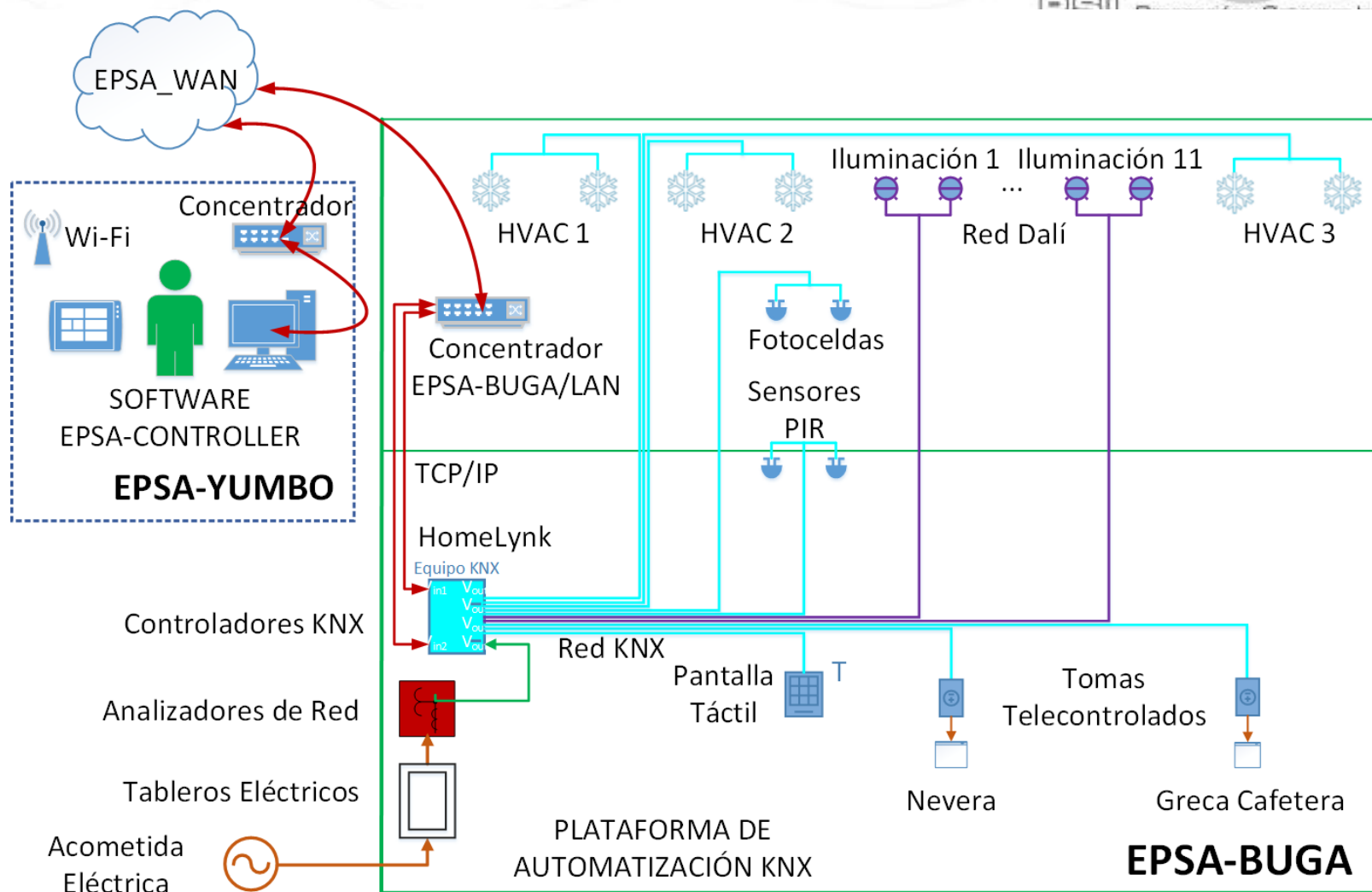
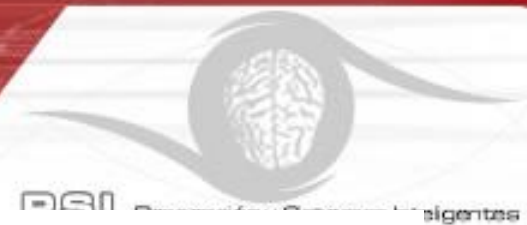


FICHA TÉCNICA SEDE EPSA-BUGA

Ciudad:	Buga, Valle del Cauca
Tipo de sede:	Oficina comercial
Sector de la ciudad:	Centro
Área total construida:	377m ²
Área de atención al cliente:	93.7m ²
Horario de atención al público:	07:30 am – 12:00 pm y 1:00 pm – 4:00 pm, L-V
Horario de trabajo:	07:00 am – 12:00 pm y 1:00 pm – 5:00 pm, L-V
Consumo promedio de energía:	81 kWh día
	1862 kWh mes
	22604 kWh año



Epsa-controller

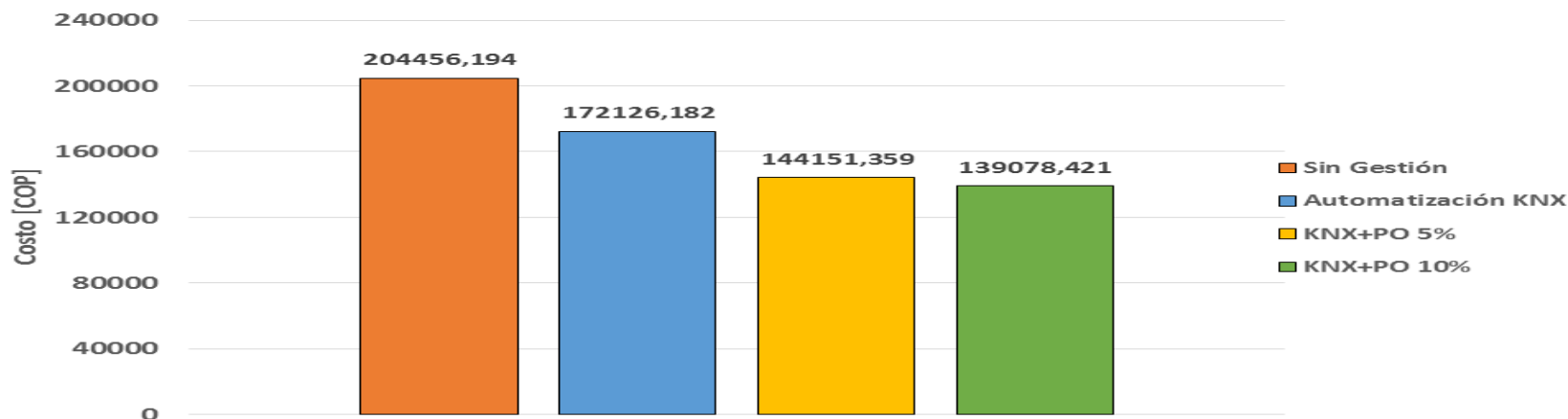


Resultados

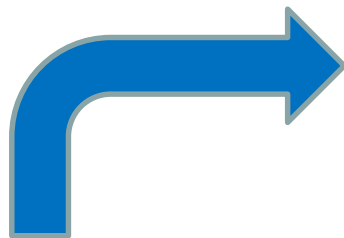
Consumo Semanal para los Diferentes Escenarios



Costo Semanal para los Diferentes Escenarios



Resultados



Escenario	Consumo [kWh]	Costo [COP]
Sin Gestión	22603,626	10875282,577
Automatización KNX	19035,538	9158568,398
KNX+PO 5%	15931,942	7665335,254
KNX+PO 10%	15368,634	7394310,780

Extrapolación a un año

Escenario	Consumo [kWh]	Costo [COP]
Sin Gestión	1861,716	895727,419
Automatización KNX	1567,888	754357,953
KNX+PO 5%	1312,172	631325,314
KNX+PO 10%	1265,755	608992,607

Extrapolación a un mes

Gestión Óptima de la Potencia Eléctrica en Microredes



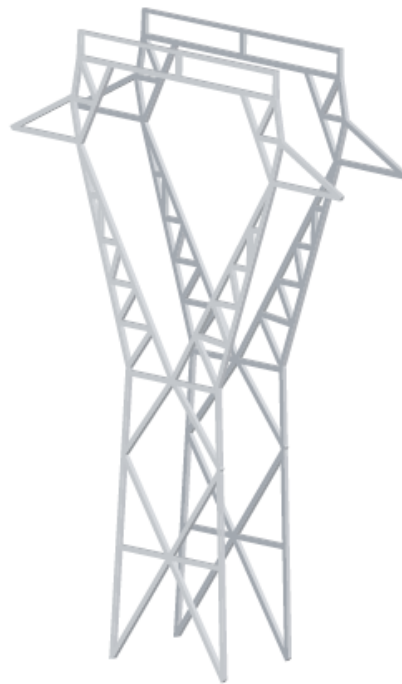
Redes Eléctricas Tradicionales

La Red Tradicional

Limitada para
interconexión entre países

Control centralizado

Tecnologías de casi cien
años de uso

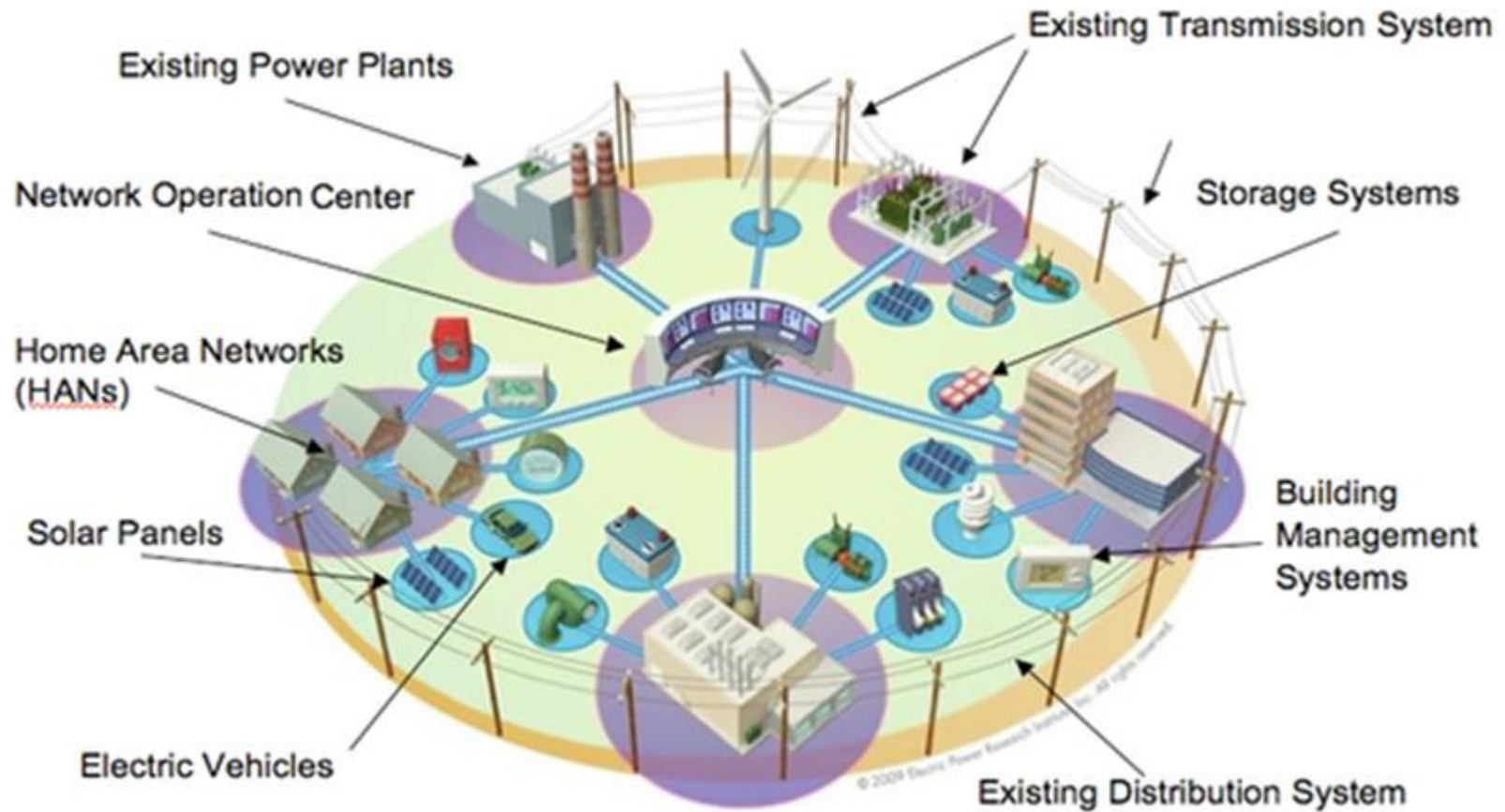


Grandes estaciones de
generación

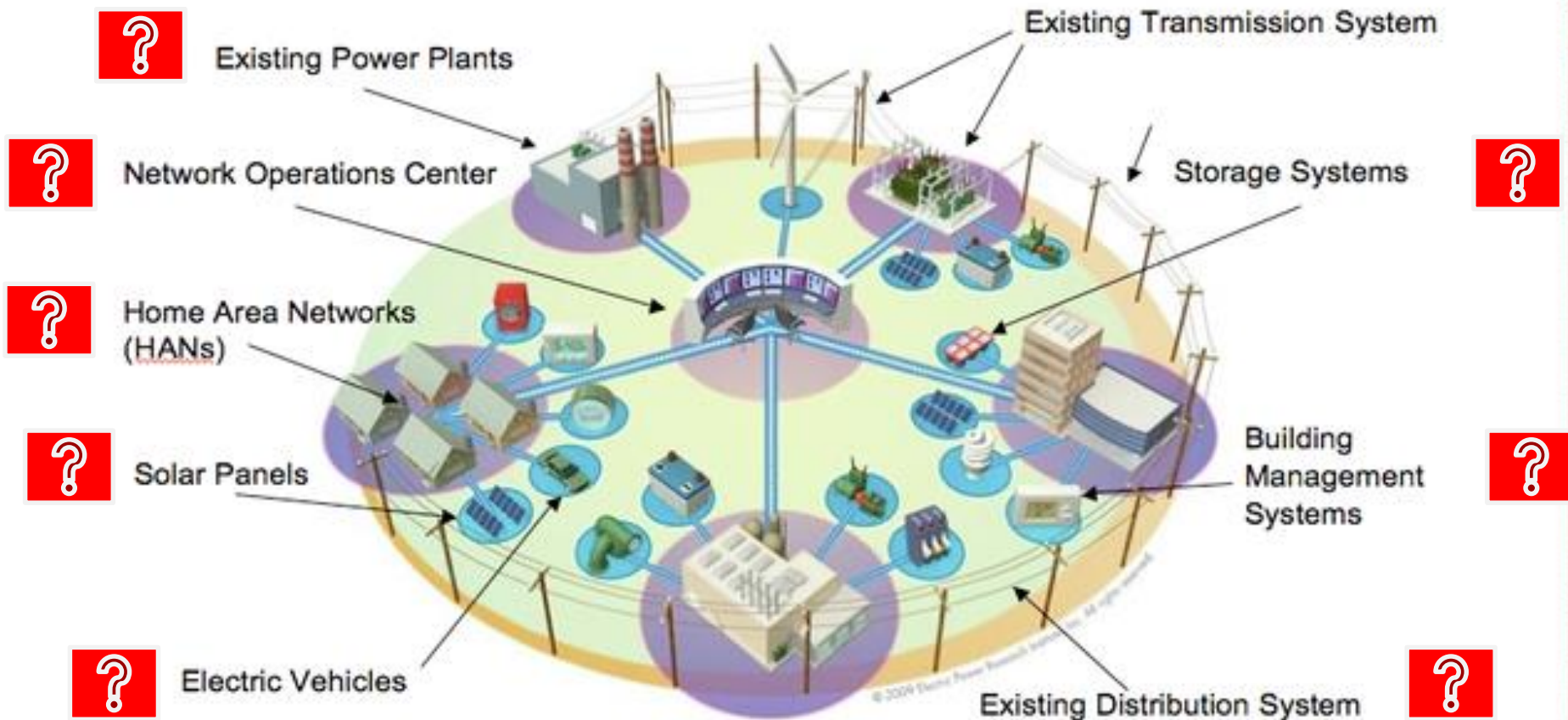
Optimizadas técnicamente
para un uso regional

Marcos comerciales y de
regulación heterogéneos

Microredes



Planteamiento del Problema



Cómo gestionar la energía eléctrica de la *microgrid* de manera **ÓPTIMA** ???

Expectativas de Desempeño

**DESEMPEÑO
ÓPTIMO**

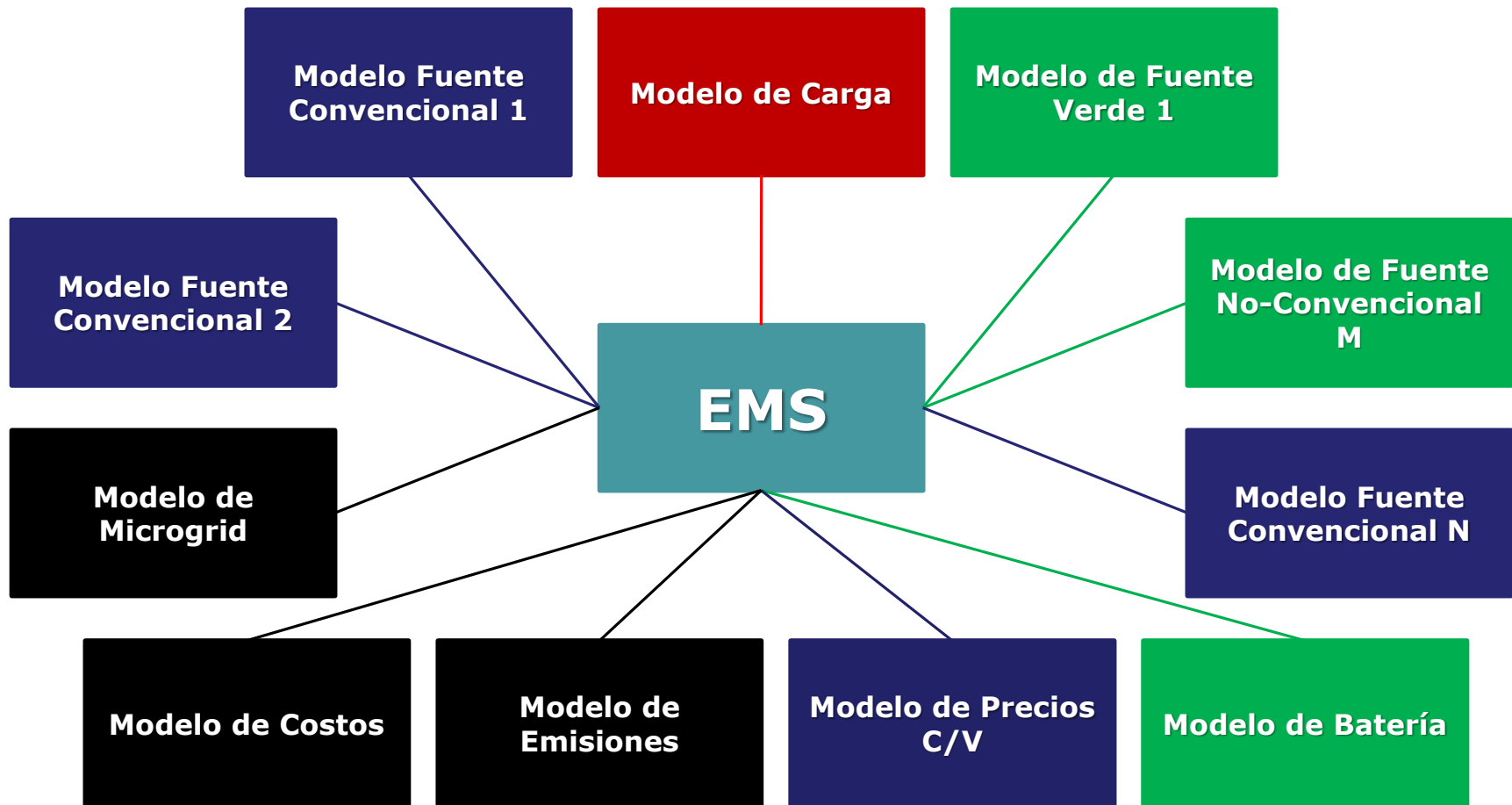
**Minimizar
los
costos**

**Mantener
segura la
operación**

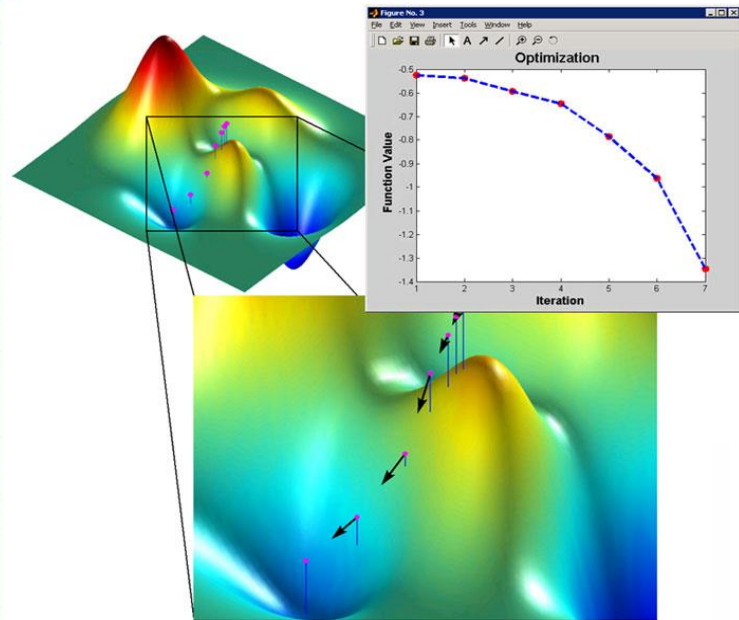
**Minimizar
emisiones**



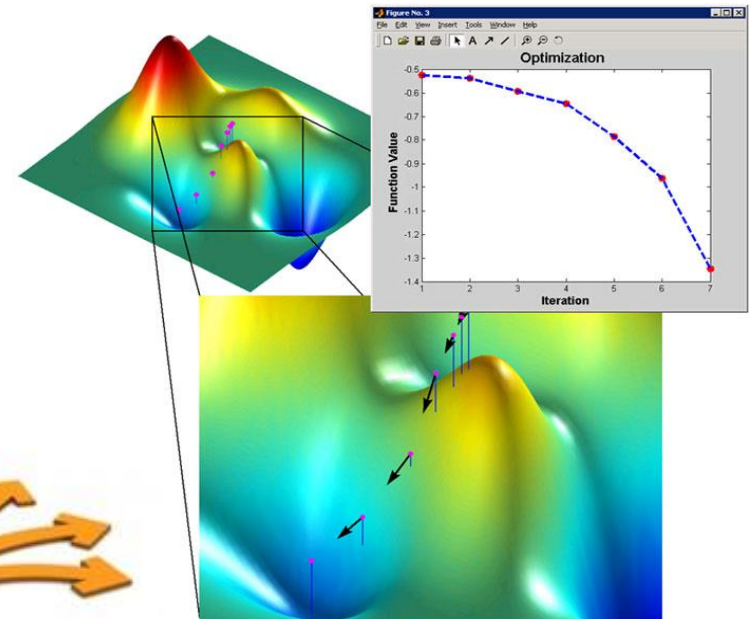
Sistema de Gestión de Energía



Optimización Multiobjetivo



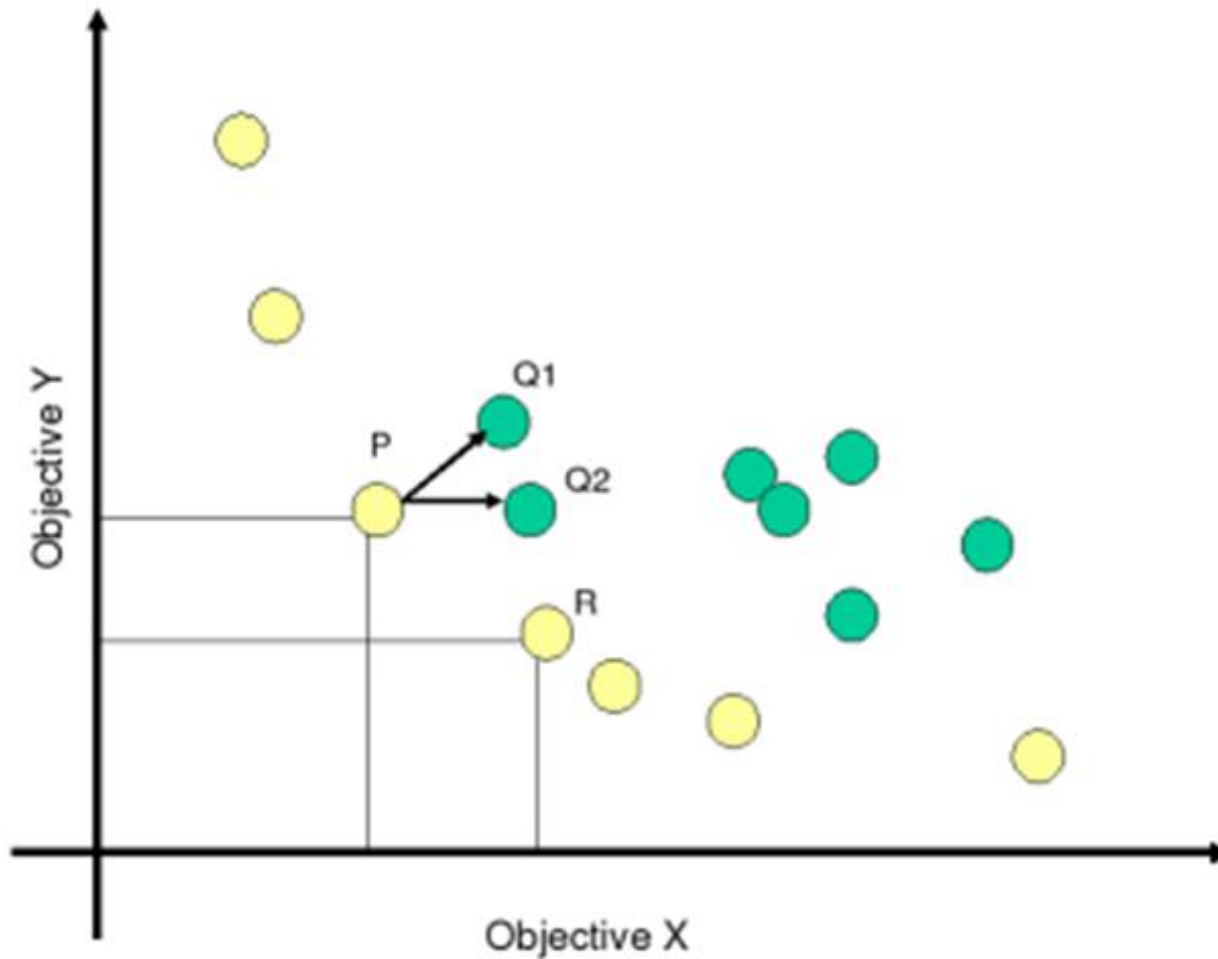
Función Objetivo 1



Función Objetivo 2

Optimización Multiobjetivo añade Complejidad al Problema

Frontera de Pareto

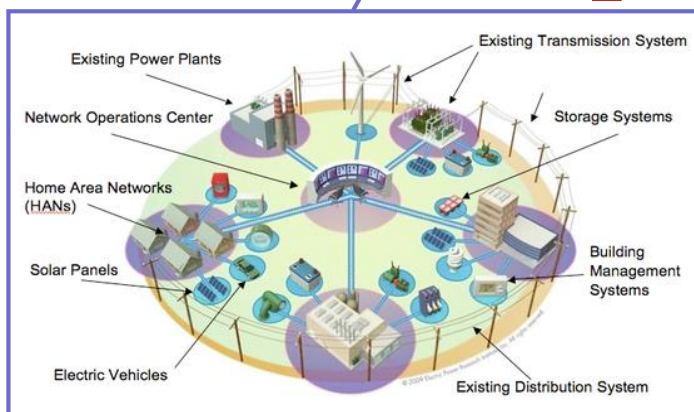
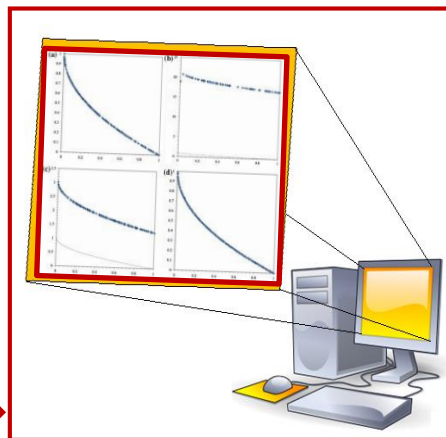
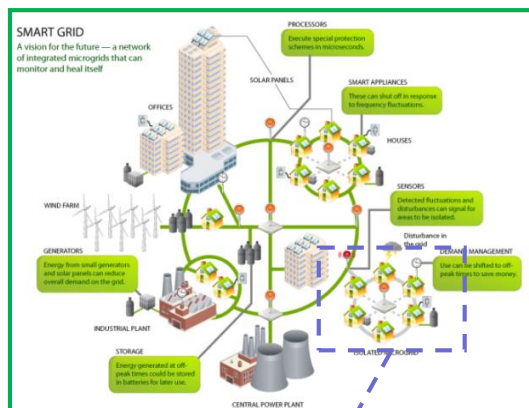


EMS basado en MO (IC)

PSI Percepción y Sistemas Inteligentes



**Optimización
Multiobjetivo**



Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Algoritmos MO implementados

Computación Evolutiva

MOGA

Multi-Objective Genetic Algorithm

NSGAI

Non-dominated Sorting Genetic Algorithm

CE-NSGAI

Controlled Elitist NSGAI

SPEA2

Strenght Pareto Evolutionary Algorithm



Inteligencia de Enjambres

MOPSO

Multi-Objective Particle Swarm Optimization

MOPSO-fs

MOPSO Fitness Sharing

MOPSO-PCCS

MOPSO Parallel Cells Coordinated System

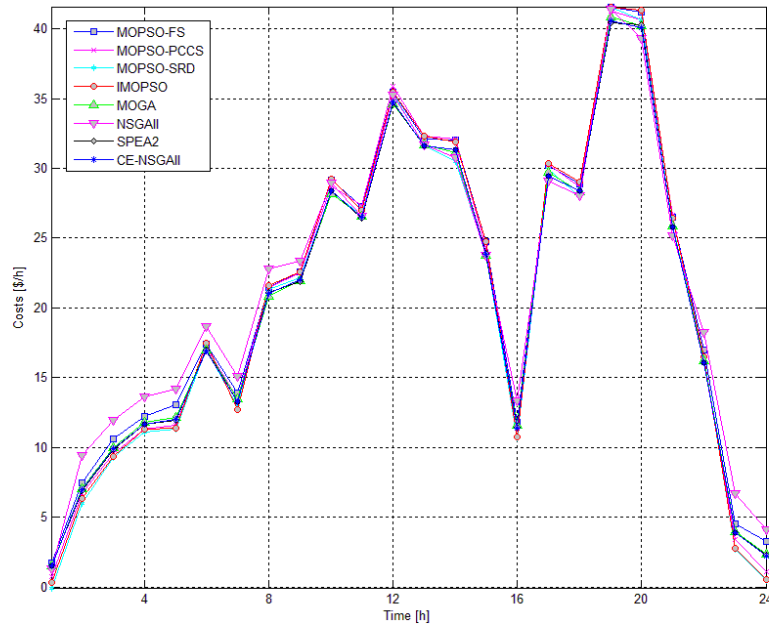
MOPSO-SRD

MOPSO Square Root Distance

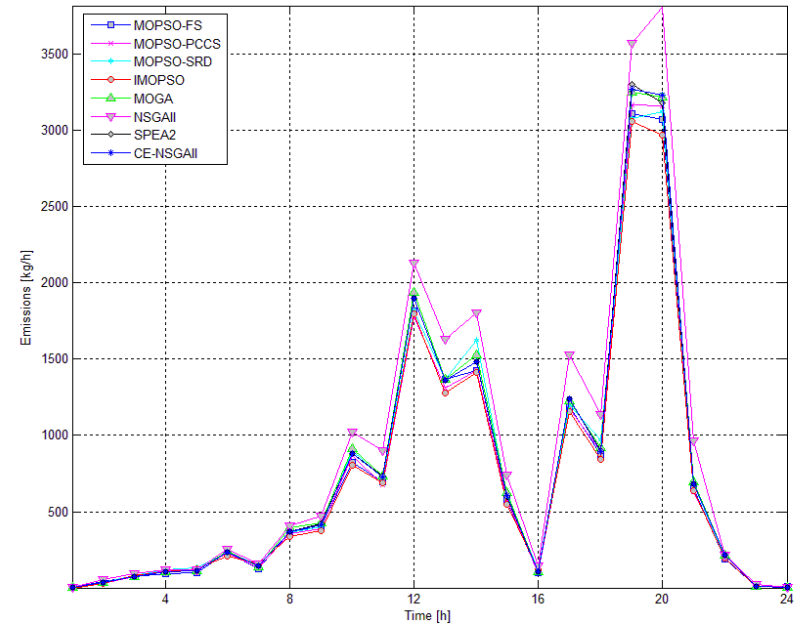


- La metodología de comparación incluyó ocho índices de desempeño que consideran tanto el aspecto eléctrico como el computacional para 960 simulaciones divididas en ocho técnicas en modo de operación conectado.
- Los índices evaluados en este estudio son el de **costos**, **emisiones**, **distribución de la energía**, **no-dominancia**, **espaciamiento**, **máxima dispersión**, **tiempo de ejecución** y **coeficiente de variación** del tiempo de ejecución.

Resultados



Comparación de Costos



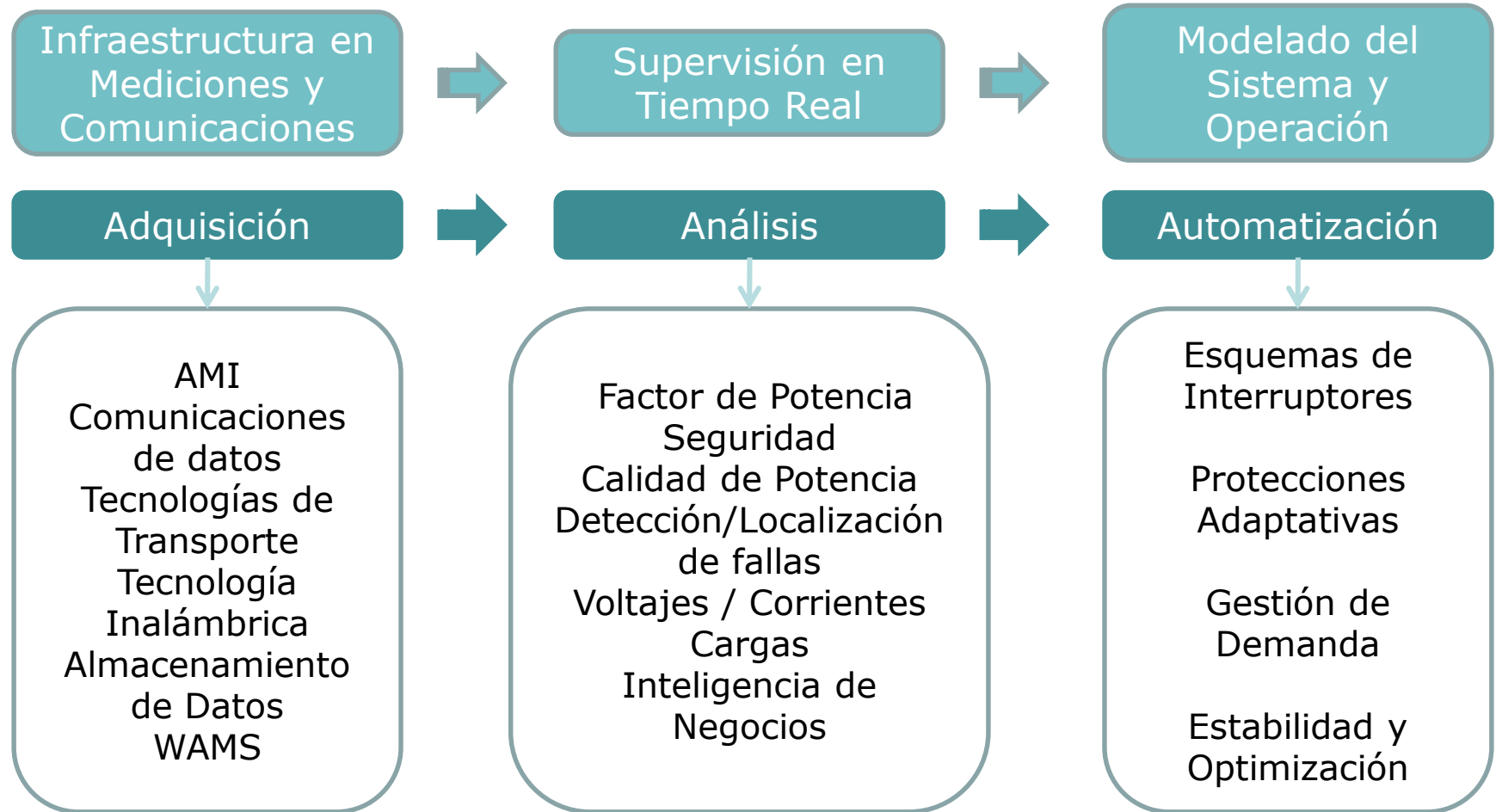
Comparación de Emisiones

- El índice de costos indica una prevalencia de la estrategia IMOPSO sin embargo, con una estrecha competencia de las otras técnicas.
- MOGA ofrece el mejor comportamiento tanto en el índice de emisiones, como en el tiempo de ejecución. Lo cual lo hace un algoritmo candidato a optimizar en tiempo real.
- Pruebas en la Micro-Red de Huatacondo Chile

Conclusión



Evolución Estratégica





Arquitectura SmartGrid



Guía IEEE P2030

- Estandarización: tanto los elementos de la infraestructura como las maneras como los elementos van a interrelacionarse, deben estar definidas, publicadas, ser útiles y estables todo el tiempo.
- Abierto: su infraestructura debe estar basada en tecnología que se encuentre habilitada a todos los integrantes calificados en un fundamento no discriminatorio.
- Interoperabilidad: la estandarización de las interfaces dentro de infraestructuras debe ser organizada de tal forma que el sistema pueda fácilmente ajustado para una situación particular (geográfica, aplicación específica, circunstancia de negocios, etc.
- Seguridad: la infraestructura debe ser protegida contra el acceso no autorizado y las interferencias con el sistema en operación normal.



Arquitectura SmartGrid



Guía IEEE P2030

- Extensibilidad: la infraestructura no debe ser diseñada con constantes incorporadas para extender sus capacidades como nuevas aplicaciones sean descubiertas y desarrolladas. Para llegar a este objetivo la información debe estar definida y estructurada acorde al CIM.
- Escalabilidad: la infraestructura debe poder expandirse a lo largo de todo el sistema de potencia sin ninguna limitación inherente de su tamaño.
- Manejabilidad: los componentes de la infraestructura pueden tener su propia configuración y manejo, las fallas pueden ser identificadas y aisladas, y las componentes deben ser remotamente manejables.
- Capacidad de actualización: las configuraciones, software, algoritmos y credenciales de seguridad de la infraestructura pueden ser actualizados de forma segura con el mínimo de visitas a sitios remotos. Esto constituye un aspecto particular de la manejabilidad.



Arquitectura SmartGrid



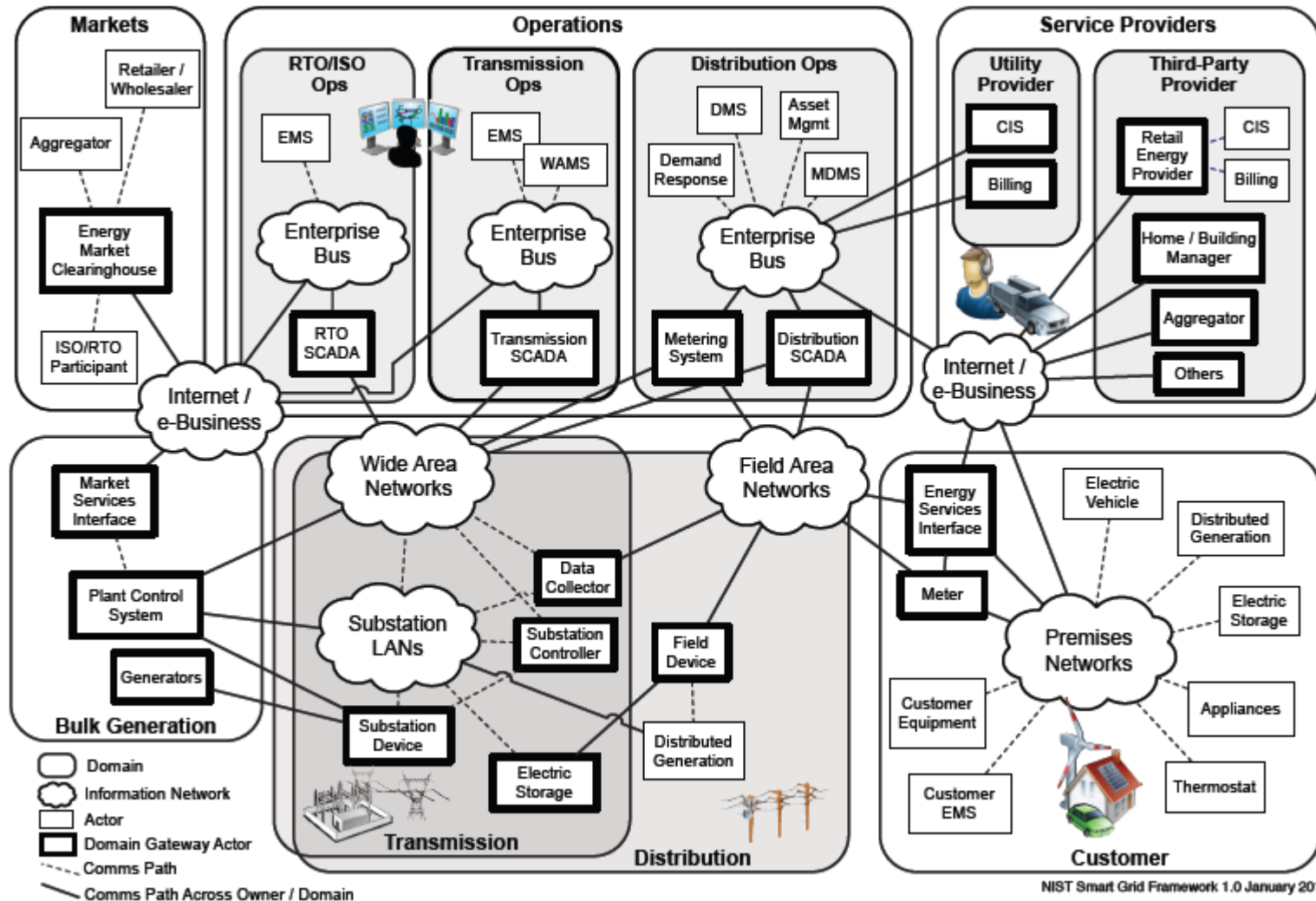
Guía IEEE P2030

- Capacidad de compartir: la infraestructura debe usar recursos compartidos que ofrezcan economía en la escala, minimice la duplicación de esfuerzos, y si esta apropiadamente organizado.
- Ubicuidad: los usuarios autorizados de *Smart Grid* deben fácilmente sacar ventaja de la infraestructura y que esto se provea sin tener en cuenta la ubicación geográfica ni otro tipo de barreras.
- Integridad: la infraestructura opera en un alto nivel de disponibilidad, desarrollo y confiabilidad. Eso re direcciona las comunicaciones de forma automática, opera durante las salidas del sistema y almacena información por intervalos suficientes para poder recuperarse de eventos de falla.
- Fácil de usar: debe contar con procedimientos y reglas lógicas, consistentes, y preferiblemente intuitivas para el uso y el manejo de la infraestructura.



Arquitectura SmartGrid

PSI Percepción y Sistemas Inteligentes



NIST Smart Grid Framework 1.0 January 2010



Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>

Objetivo General del Proyecto

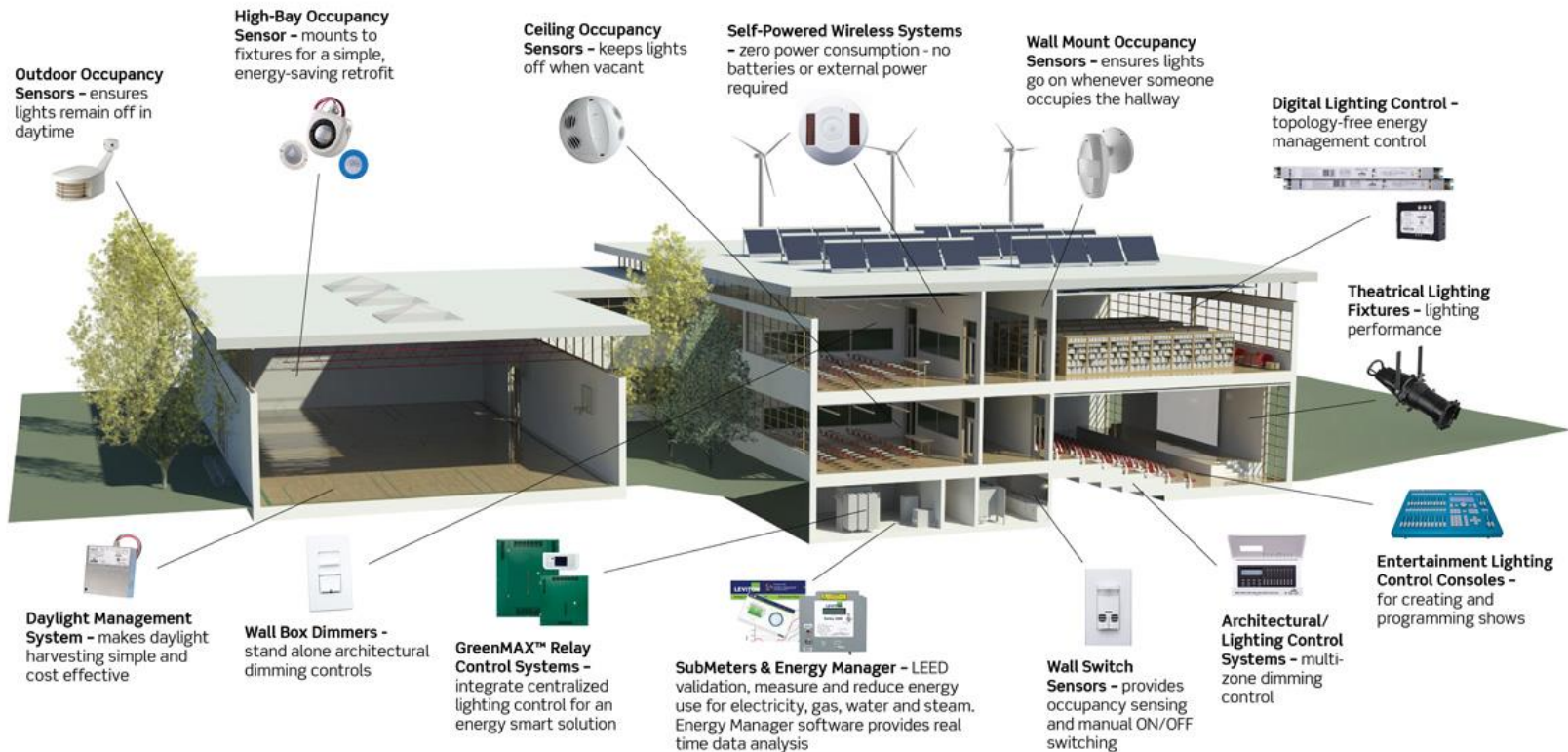


Investigar y desarrollar un prototipo para la gestión de la demanda, enfocado en la eficiencia energética, domótica e inmótica, que será probado e implementado por EPSA E.S.P. para los clientes del sector industrial, comercial y residencial.



Aplicación

PSI Percepción y Sistemas Inteligentes



No es necesario sustituir los dispositivos que se tienen, en lugar de ello es mejor realizar una gestión eficiente de los mismos:

- Sistemas de control para monitorear y analizar el consumo
- Automatización de los elementos.



Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

<http://psi.univalle.edu.co>