

# Mapa de ruta para el desarrollo de redes inteligentes en Colombia

## Smart Grid Colombia – Visión 2030

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME

Adaptado de la presentación de Fundación CIRCE – Andres Llombart

Día UPME

Bogotá, 3 de marzo de 2016

# Agenda

- Marco de desarrollo del proyecto
- Metodología del estudio, resultados y acciones
- Conclusiones

# Marco de desarrollo del proyecto

- Cooperación técnica: 
- Estudio de factibilidad técnica y económica de soluciones de redes inteligentes para el sector eléctrico colombiano CO-T1337-SN2



**MinMinas**  
Ministerio de Minas y Energía

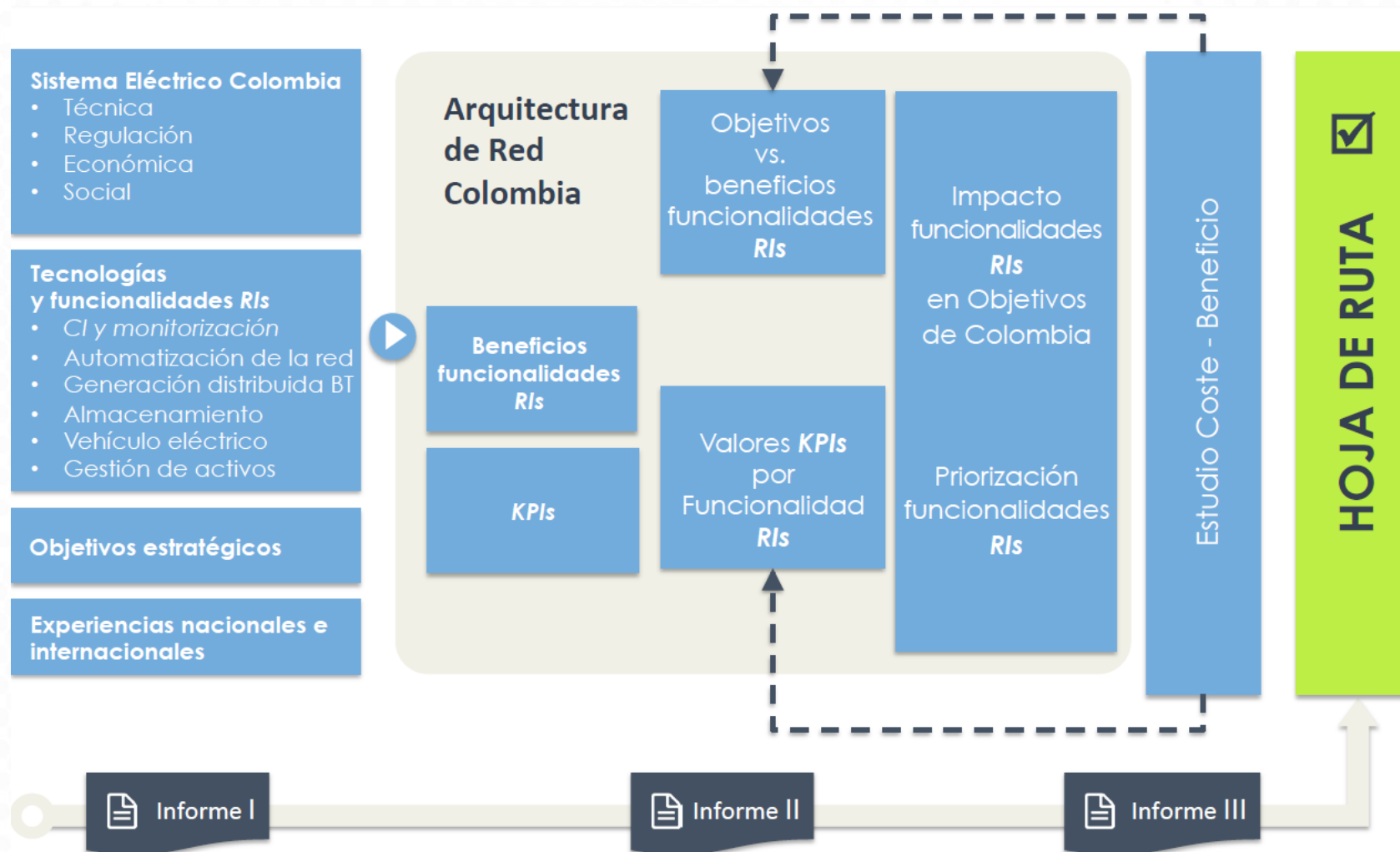


**MinTIC**  
Ministerio de Tecnologías  
de la Información y las Comunicaciones



Universidad  
Tecnológica  
de Pereira

# Metodología del estudio

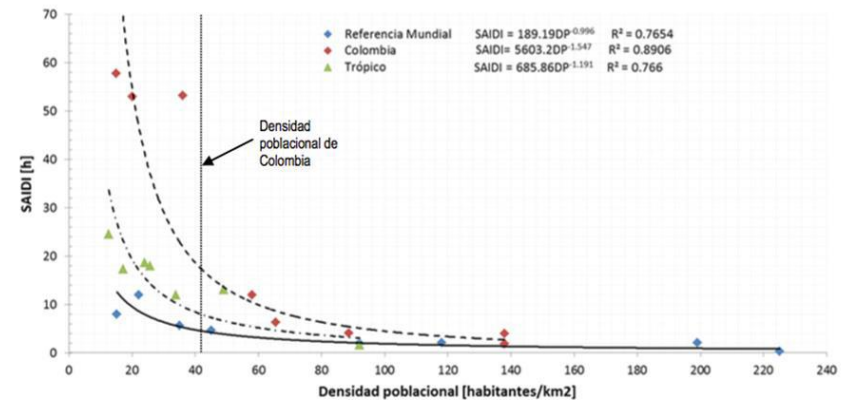


# Metodología del estudio

## Caracterización del sistema eléctrico colombiano

- SAIDI:
  - El indicador SAIDI marca el tiempo de interrupción de suministro eléctrico por cliente y año
  - El SAIDI promedio en Colombia es 29,47 h/año
  - Gran margen de mejora comparado con EE.UU y Europa
  - Se debe considerar la densidad de población y la climatología
  - Valor objetivo SAIDI es 10 h/año

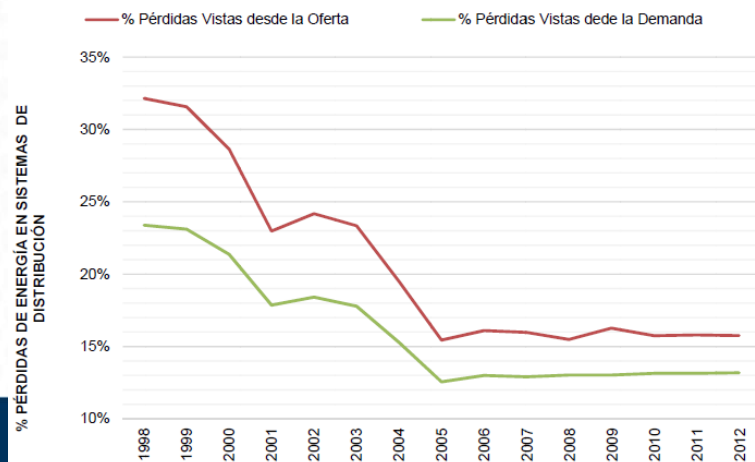
País o estado	Densidad de población (hab/km <sup>2</sup> )	SAIDI (h/año)
Alemania	255	0,3
Reino Unido	266	0,35
Holanda	501	1,4
España	92	2
Francia	118	2,2
Italia	199	2,2
EEUU	35	5,7



# Metodología del estudio

## Caracterización del sistema eléctrico colombiano

- Pérdidas:
  - Importante descenso entre 1998 y 2005: pasando del 30% al 15%.
  - Las pérdidas eléctricas anuales en el sistema de distribución están en torno al 15,7%.
  - Estas pérdidas eléctricas se dividen en partes iguales en:
    - Pérdidas técnicas: debidas a la generación y transporte. Valores próximos a EE.UU. y países europeos
    - Pérdidas no técnicas: conexiones no autorizadas, errores de medición, etc.
  - Se define un valor objetivo de pérdidas eléctricas del 10%.



País	Pérdidas eléctricas (%)
Alemania	4
Holanda	4
EEUU	6
Francia	7
Italia	7
Reino Unido	8
España	9



# Metodología del estudio

## Tecnologías y funcionalidades RI

### Automatización avanzada de red

**ADA**

Telemando (control remoto)  
Localización de fallas  
Self-healing  
Reconfiguración auto.  
Gestión de activos



### Infraestructura medición avanzada

**AMI**

Lectura y operación remota  
Limitación de potencia  
Medida de generación distribuida  
Detección de manipulación  
Información al usuario  
Tarificación horaria  
Gestión activa de cargas



### Vehículo eléctrico

**VE**

Movilidad eléctrica  
Vehicle to Grid



### Recursos energéticos distribuidos

**DER**

Generación distribuida  
FV baja tensión  
Almacenamiento

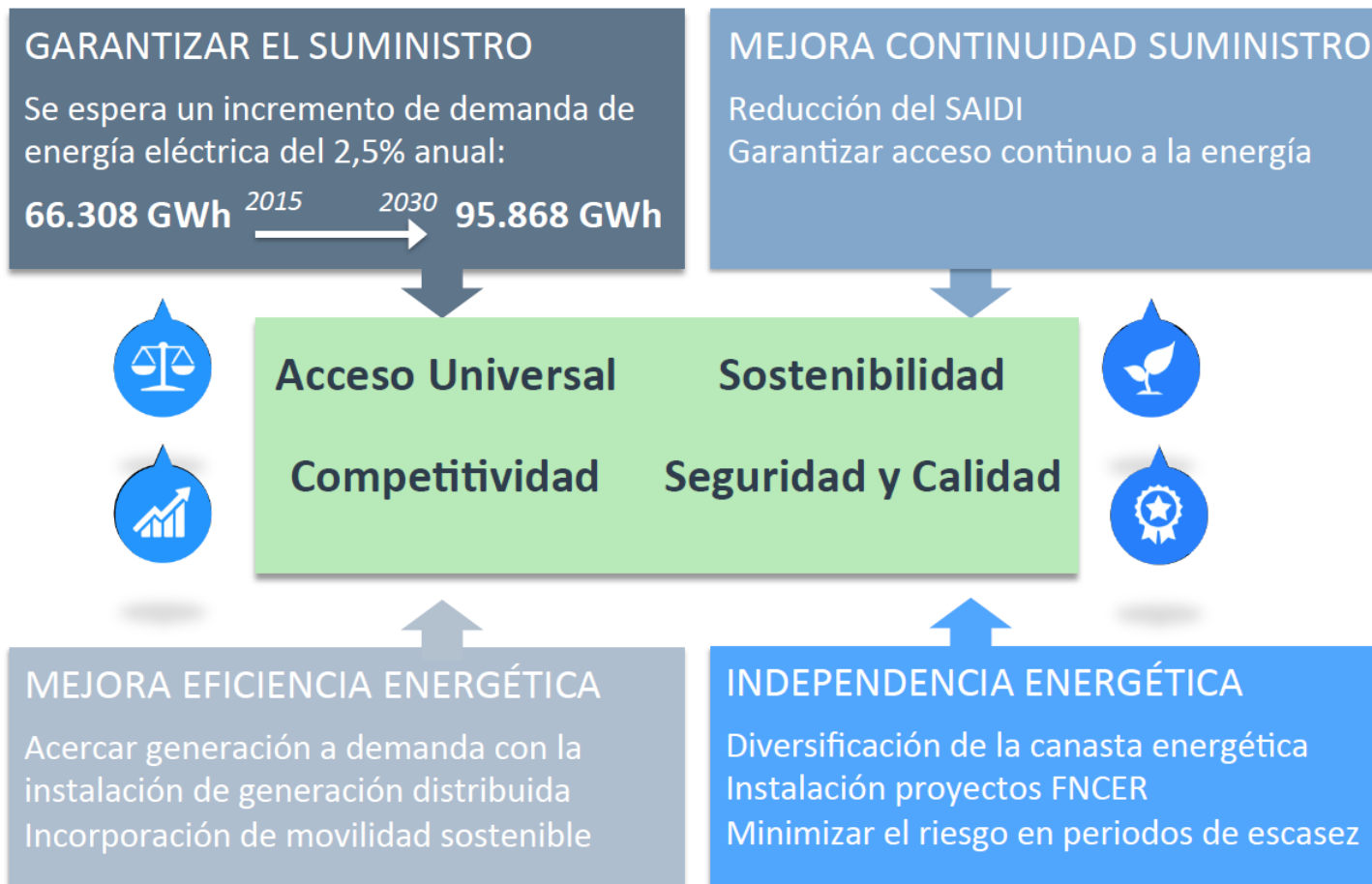


Infraestructura de Tecnologías de Información y Comunicación

**TICs**

# Metodología del estudio

## Objetivos estratégicos Colombia





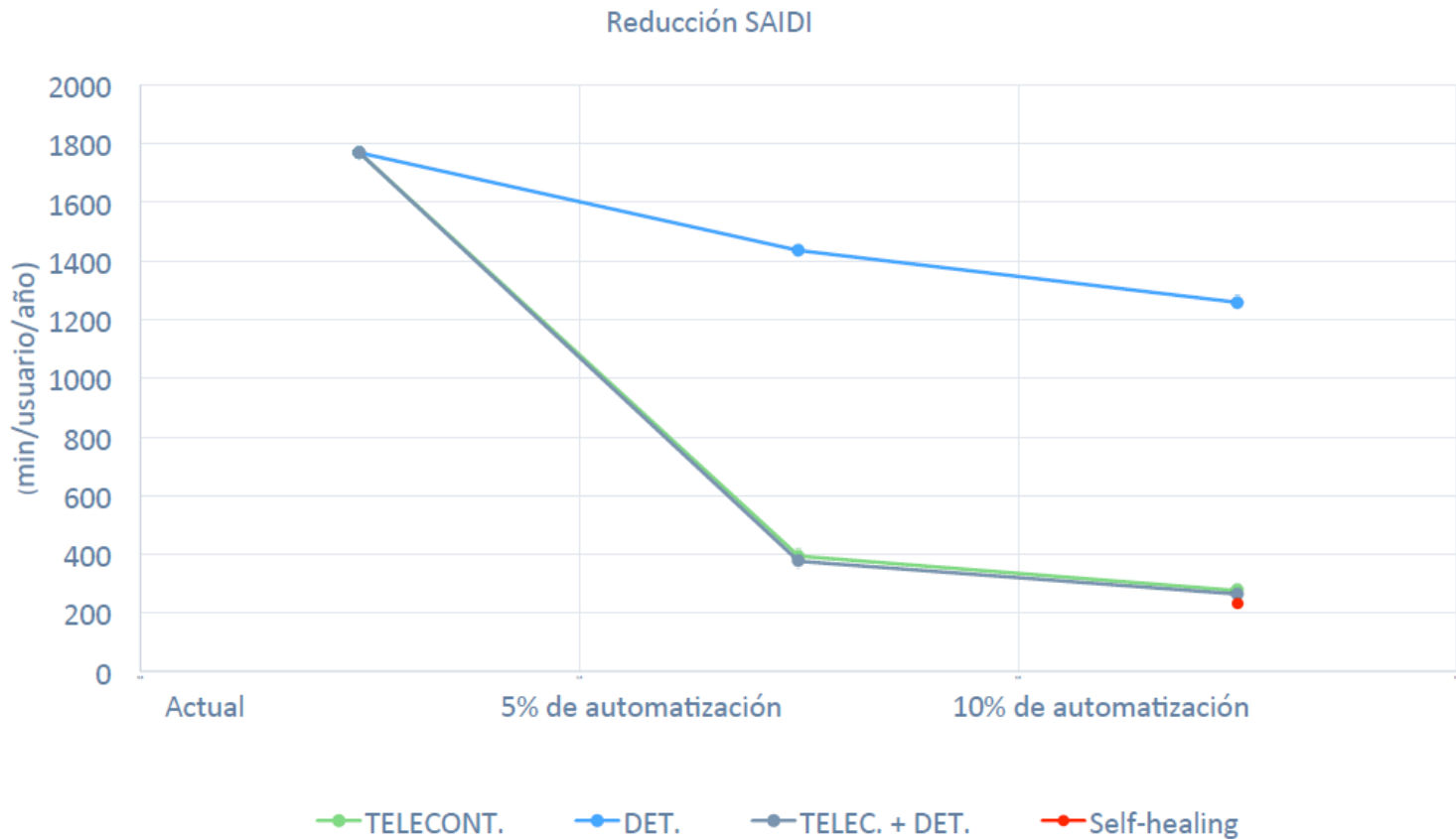
# Metodología del estudio

## Beneficios de las funcionalidades de RI

	AMI	ADA	DER	VE
Reducción de pérdidas técnicas		✓	✓	
Reducción de pérdidas no técnicas	✓			
Aplanamiento de la curva de demanda	✓		✓	✓
Accesibilidad datos consumo (operación remota)	✓			
Mejora de la continuidad de suministro		✓		
Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub>			✓	✓
Aumento de la independencia energética ante fenómenos naturales			✓	
Aumento de inversiones	✓		✓	
Mejora del factor de potencia			✓	

# Metodología del estudio

## Beneficios de las RI vs. Grado de implementación



# Metodología del estudio

## Beneficios de las RI vs. Grado de implementación

- Reducción de pérdidas no técnicas
  - Existen numerosas técnicas de detección de fraude basadas en el tratamiento de datos que se realiza gracias a la monitorización avanzada en MT y BT.
  - La identificación de pérdidas no técnicas depende de las técnicas de detección y no solo del índice de penetración de contadores.

Referencia	Técnica	Índice de detección (%)
(J. Nagi K. Y., 2008)	Genetic SVM	62
(S. Depuru L. W., Support vector machine based data classification for detection of electricity theft, 2011)	SVM	98,4
(J. Nagi K. S., 2011)	SVM and fuzzy inference system	72
(S. Depuru L. W., 2012)	Data encoding and SVM	76
(S. Depuru L. W., 2013)	SVM and high performance computing	92
(E. W. S. dos Angeles, 2011)	Fuzzy clustering and classification	74,5
(C. Muniz, 2009)	Neural networks ensembles	62
(Cárdenas, 2012)	ARMA models	62
(S. Salinas, Privacy-preserving energy theft detection in smart grids, 2012), (S. Salinas, 2013)	P2P computing	100
(J. E. Cabral, 2008)	Data mining	85
(J. Nagi K. S., 2010)	Support Vector Machines	65
(B. C. Costa, 2013)	Neural networks and data mining	65

VALOR MÍNIMO 62%

VALOR MEDIO 76,16%

VALOR MÁXIMO 100%

# Metodología del estudio

## Impacto de las RI en los objetivos de Colombia

		Objetivos específicos								Sostenibilidad
		Seguridad y Calidad			Competitividad					100
		20	70	10	10	10	40	15	25	
Funcionalidad	KPI	Minimizar riesgo periodos de escasez	Calidad electricidad con control de voltaje	Canasta energética	Energía a un precio atractivo	Reducir pérdidas técnicas	Reducir pérdidas no técnicas	Gestión de activos	Gestión de la demanda	Disminuir huella de carbono
Generación distribuida en BT (FV)	Reducción de pérdidas técnicas									
Reconfiguración Automática										
Detección y manipulación remota	Reducción de pérdidas no técnicas									
Lectura y operación remota										
Medida de generación distribuida										
Información del usuario										
Gestión de cargas										
Tarifificación horaria										
Generación distribuida en BT (FV)	Aplanamiento de la curva de demanda									
Almacenamiento										
Movilidad pública										
Limitación de potencia										
Lectura y operación remota	Reducción de costes de comercialización (y operación remota)									
Medida de generación distribuida										
Telemantenimiento										
Localización de faltas	Mejora de la continuidad de suministro									
Self-healing										
Generación distribuida en BT (FV)	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub>									
Movilidad pública V2G										
Generación distribuida en BT (FV)	Aumento de la independencia energética ante fenómenos naturales									
Gestión de activos	Aumento de vida útil y aplazamiento de inversiones para aumentar la capacidad de la red de distribución									
Reconfiguración Automática										
Generación distribuida en BT (FV)	Mejora del factor potencia									

Objetivo global

Pesos - relación entre los *KPI* y el grado de mejora de los objetivos específicos

Beneficios -- KPI

Funcionalidades RII

Objetivos específicos

vs

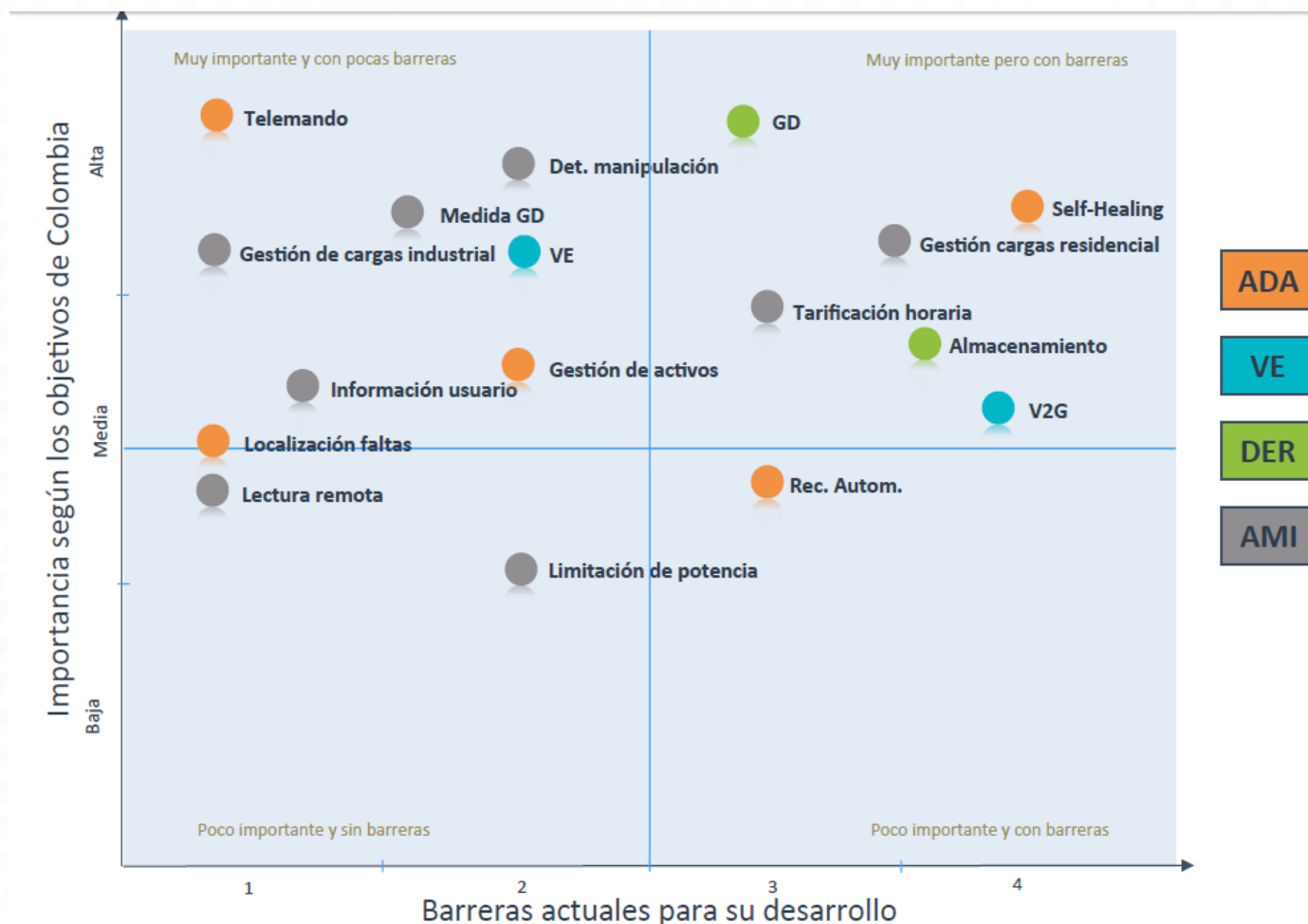
Objetivo global

Beneficios -- KPI

Pesos - relación entre los KPI y el grado de mejora de los objetivos específicos

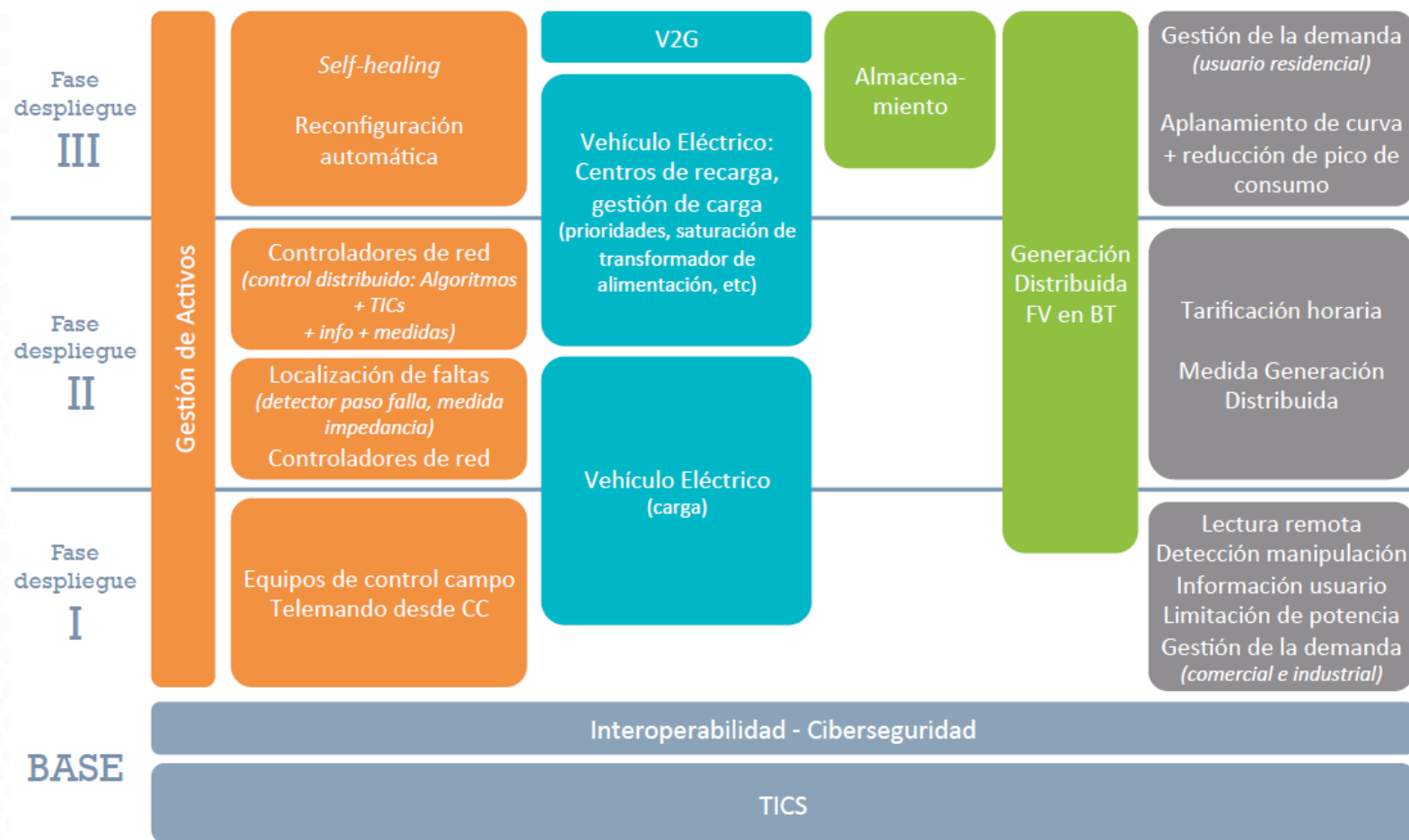
# Metodología del estudio

## Priorización de funcionalidades RI – Visión 2030



# Metodología del estudio

## Análisis beneficio/costo – Visión 2030





# Metodología del estudio

## Análisis beneficio/costo – Visión 2030

- Fases de implantación de las tecnologías de RI

	ADA (nº interruptores telecontrolados por circuito)	VE (% respecto al nº total de vehículos)	DER (Generación Distribuida) (% del total de potencia instalada) (MW instalados)		DER (Almacenamiento) (% del total de potencia instalada)	AMI (% respecto a la energía total consumida)
FASE I	2,7 – 3,3	1,0 – 1,2	0,1 – 0,2	20 – 60	0	58,0 – 70,9
FASE II	4,2 – 5,7	2,9 – 3,9	0,4 – 0,5	90 – 120	0	65,2 – 88,3
FASE III	<i>Self-Healing</i>	9,3 – 14,0	1,0 – 2,5	240 – 600	0,1 – 0,3	73,0 – 100,0

Estudio económico  
(caso medio)

Tecnología	VAN (USD)	Ratio B/C
ADA	91.048,50	1,35
VE	748.977,50	1,35
GD	86.826,50	1,25
AMI	420.892,00	1,4

# Acciones para alcanzar la Visión 2030

ADA	Actual	Fase I					Fase II					Fase III				
Penetración		2,7 – 3,3 interruptores por circuito					4,2 – 5,7 interruptores por circuito					Algoritmos Self-Healing en los de Fase II				
Funcionalidades		Equipos control campo Telemando desde CC					Localización de faltas Controladores de red					Self-Healing Reconfiguración automática				
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tecnología, Infraestructura e I+D		[OR; PS] Instalación de elementos de maniobra que permitan aislar tramos de red (seccionadores, interruptores)														
		[OR; PS] Comunicaciones para permitir el telemando de los elementos de maniobra														
		[OR; ID; UN] Estudios técnicos para identificar puntos óptimos de automatización														
		[OR] Coordinar despliegue con los SCADA de los OR														
		[OR; PS] Formación capital humano en el uso y control de los equipos telecontrolados														
							[OR; PS] Formación capital humano en el uso y control de los equipos telecontrolados y de localización de fallas									
												[OR; PS] Formación capital humano en uso y control del Self-Healing				
		[ID; GB; OR; UN] Programa de I+D para generación de nuevo conocimiento (métodos de localización de falta, algoritmos óptimos de reposición de suministro, gestión activos)														
		[ID; GB; OR; UN] Proyectos Piloto Sistemas avanzados localización de fallas														
								[GB; OR; PS] Instalación y operación de Sistemas avanzados localización de fallas								
Marco Económico, nuevas actividades y mercados		[GB; R] Creación infraestructura de certificación										[ID; GB; OR; UN] Proyectos Piloto Self-Healing				
												[OR; PS] Incorporación y operación de sistemas Self-Healing				
Marco normativo y regulatorio		[GB] Programas apoyo inversión para los OR's con baja capacidad de inversión														
	[R] Revisión CREG 097/2008 para ajustar la retribución por mejorar la red															
		[R] Desarrollar requisitos mínimos para continuidad de suministro														
		[R] Especificaciones mínimas protocolos comunicación														
ID: Centro de I+D		ES: Empresa de servicios Energéticos			GB: Gobierno		OR: Operador de Red		PS: Proveedor de soluciones		R: Regulador		UN: Universidad		US: Usuario	
Acción crítica		Acción necesaria			Acción recomendable											

# Acciones para alcanzar la Visión 2030

ADA	Actual	Fase I					
Penetración		2,7 – 3,3 interruptores por circuito					
Funcionalidades		Equipos control campo Telemando desde CC					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Tecnología, infraestructura e I+D		[OR; PS] Instalación de elementos de maniobra que permitan aislar tramos de red (seccionadores, interruptores)					
		[OR; PS] Comunicaciones para permitir el telemando de los elementos de maniobra					
		[OR; ID; UN] Estudios técnicos para identificar puntos óptimos de automatización					
		[OR] Coordinar despliegue con los SCADA de los OR					
		[OR; PS] Formación capital humano en el uso y control de los equipos telecontrolados					
		[ID; GB; OR; UN] Programa de I+D para generación de nuevo conocimiento (métodos de localización de falta, algoritmos óptimos de reposición de suministro, gestión activos)					
		[ID; GB; OR; UN] Proyectos Piloto Sistemas avanzados					
		[GB; R] Creación infraestructura de certificación					

ID: Centro de I+D

ES: Empresa de servicios Energéticos

GB: Gobierno

OR: Operador de Red

PS: Proveedor de soluciones

R: Regulador

UN: Universidad

US: Usuario

Acción crítica

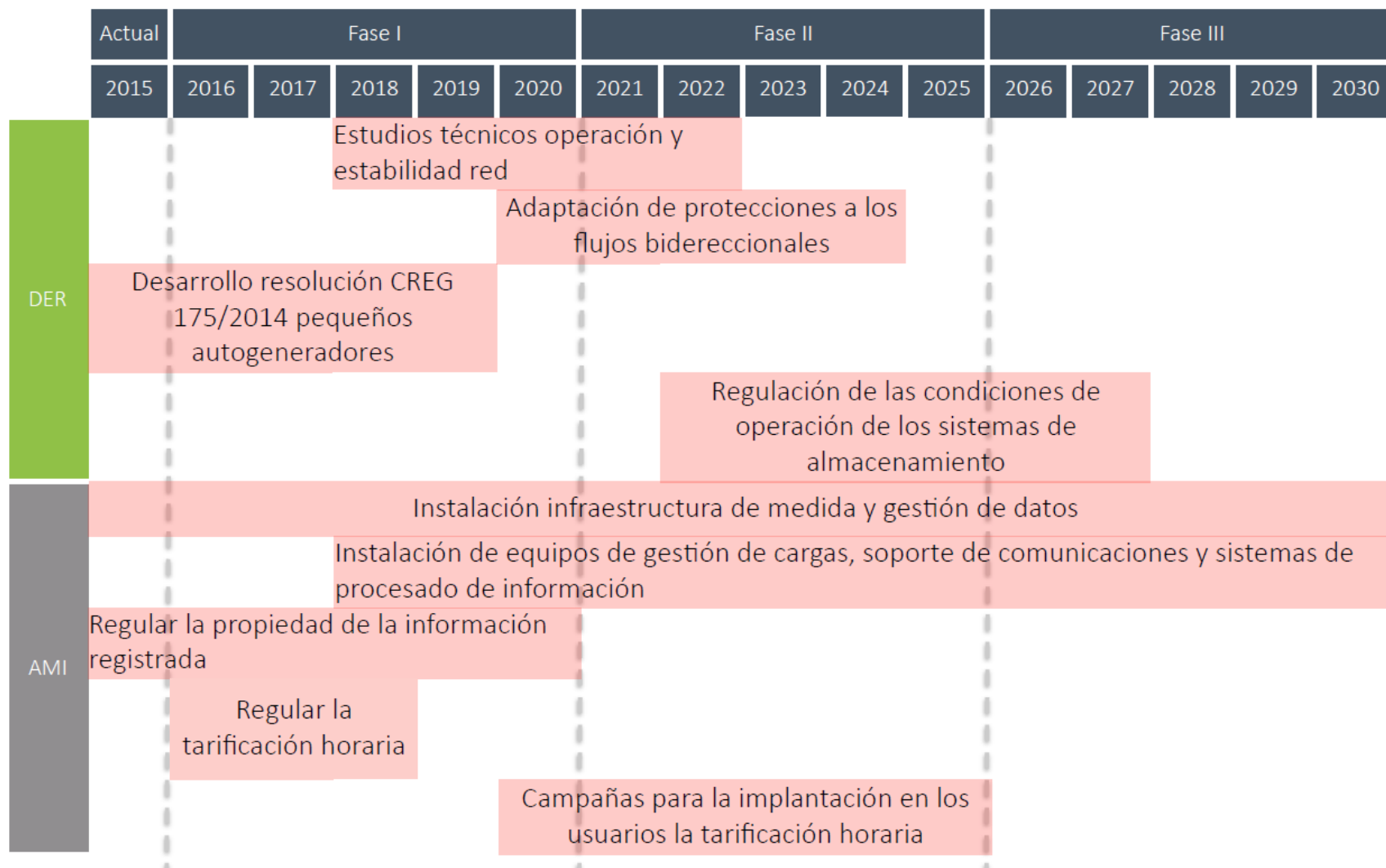
Acción necesaria

Acción recomendable

# Acciones para alcanzar la Visión 2030

	Actual	Fase I					Fase II					Fase III				
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
ADA		Instalación de elementos de maniobra que permitan aislar tramos de red (seccionadores, interruptores)														
		Comunicaciones para permitir el telemando de los elementos de maniobra														
		Estudios técnicos para identificar puntos óptimos de automatización														
		Coordinar despliegue con los SCADA de los OR														
VE		Incorporación de VE														
		Garantizar la seguridad de datos														
		Estudios técnicos de operación y estabilidad de red ante elevados % de VE														
		Instalación de puntos de recarga públicos														
		Ayudas financieras a la compra del VE y para la adaptación de la red														
		Regular la propiedad de la información del consumo														
		Regular la tarificación horaria														

# Acciones para alcanzar la Visión 2030



## Conclusiones

- Los resultados muestran que la implantación de las diferentes tecnologías de RIs estudiadas aportan suficientes beneficios para el país, como para justificar el impulso global y coordinado de estas soluciones.
- El despliegue de las RIs aporta en la consecución de los objetivos estratégicos de Colombia en materia de energía.
- El despliegue de las tecnologías de RIs ayudaría a reducir la inversión necesaria en infraestructura eléctrica de generación, transmisión y distribución para dar cobertura al aumento previsto de la demanda energética en el mediano y largo plazo.



## Conclusiones

- El escenario propuesto en la Visión RI Colombia 2030 fomenta la participación activa del usuario en el sistema energético, ayudando a generar conciencia de ahorro de energía al aportar información más detallada de sus consumos y las tarifas.
- El despliegue de RIs da igualmente solución a la integración coordinada de las nuevas tecnologías en desarrollo.
- Las acciones propuestas fomentan la generación de conocimiento local y de capital humano especializado, posicionando a Colombia como referente regional en el desarrollo e implementación de tecnologías de RIs.

# GRACIAS

[www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co)



@upmeoficial



Upme (Oficial)



MINMINAS

