



20
AÑOS

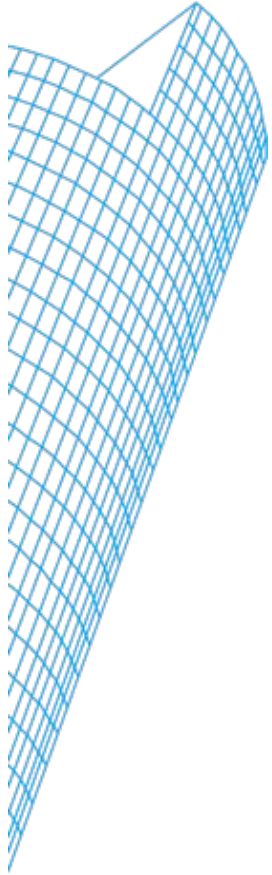
*generando ideas
transformadoras.*

26612: Metodologías de Planeación de la Expansión

✉ rubendario.cruz@cidet.org.co |  @rdcruzr

**Especialización en Sistemas de
Distribución de Energía Eléctrica, E3T-UIS**

Bucaramanga, 31 de julio de 2015



¡Conozcámonos!

- Presentación de cada uno de los participantes
 - Nombre
 - Empresa
 - Actividad Actual
 - Experiencia
 - Intereses Profesionales
 - Expectativas en el Curso



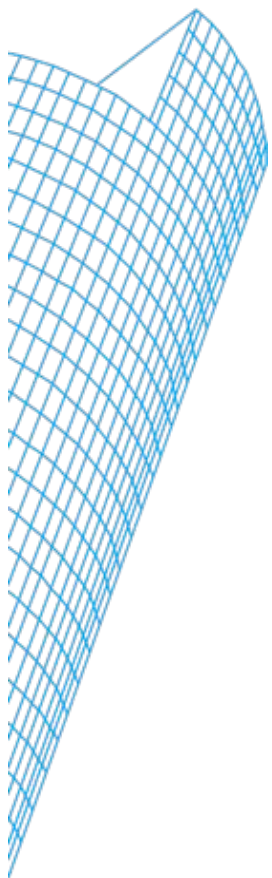
Acerca del Profesor...



Rubén Darío CRUZ RODRÍGUEZ se graduó como **Ing. Electricista y Magíster en Potencia Eléctrica** en la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T) de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Recibió el título de **Doctor en Ingeniería** por parte de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). Sus estudios doctorales fueron patrocinados por Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. (ISA) y realizó su pasantía doctoral en “*The University of Texas at Austin*”.

Además de su participación en el Equipo Desarrollo y Optimización de la Red en ISA, su trayectoria profesional incluye a Ecopetrol y la UIS, en esta última como profesor, donde además estuvo a cargo por seis años de la Dirección de la E3T. **Desde 2012 se desempeña como Director de Innovación de CIDET, logrando, junto con su equipo, multiplicar por cinco los resultados de esta área a 2014.**

Sus **19 años de experiencia** profesional, investigativa y docente se han centrado en la **planeación, gestión, operación, monitorización y regulación de mercados de energía**, la aplicación de modelos de gestión de mejores prácticas y el desarrollo de modelos de vigilancia tecnológica, gestión tecnológica y de innovación para el sector eléctrico.



Fundación de CIDET

1984

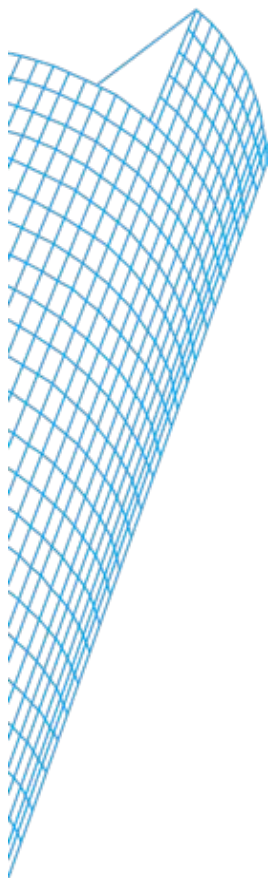
- Creación del Comité de Protección y **Desarrollo de la Industria Nacional** liderado por Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. (ISA)

1985

- Se constituyó el **Comité de Calidad** con la participación de diversas empresas del Sector y entidades reguladoras

Julio 5 de 1995

- Se configura el CIDET como Corporación sin ánimo de lucro, compuesta por diversos asociados pertenecientes a las empresas del Sector Eléctrico, fundada bajo auspicio de COLCIENCIAS y el SENA acogiendo las recomendaciones de una consultoría realizada para el DNP a través de cooperación del Gobierno de Japón (CONPES 2739/1994), formalizadas para CIDET en el documento **CONPES 2763 del 15 de febrero de 1995**



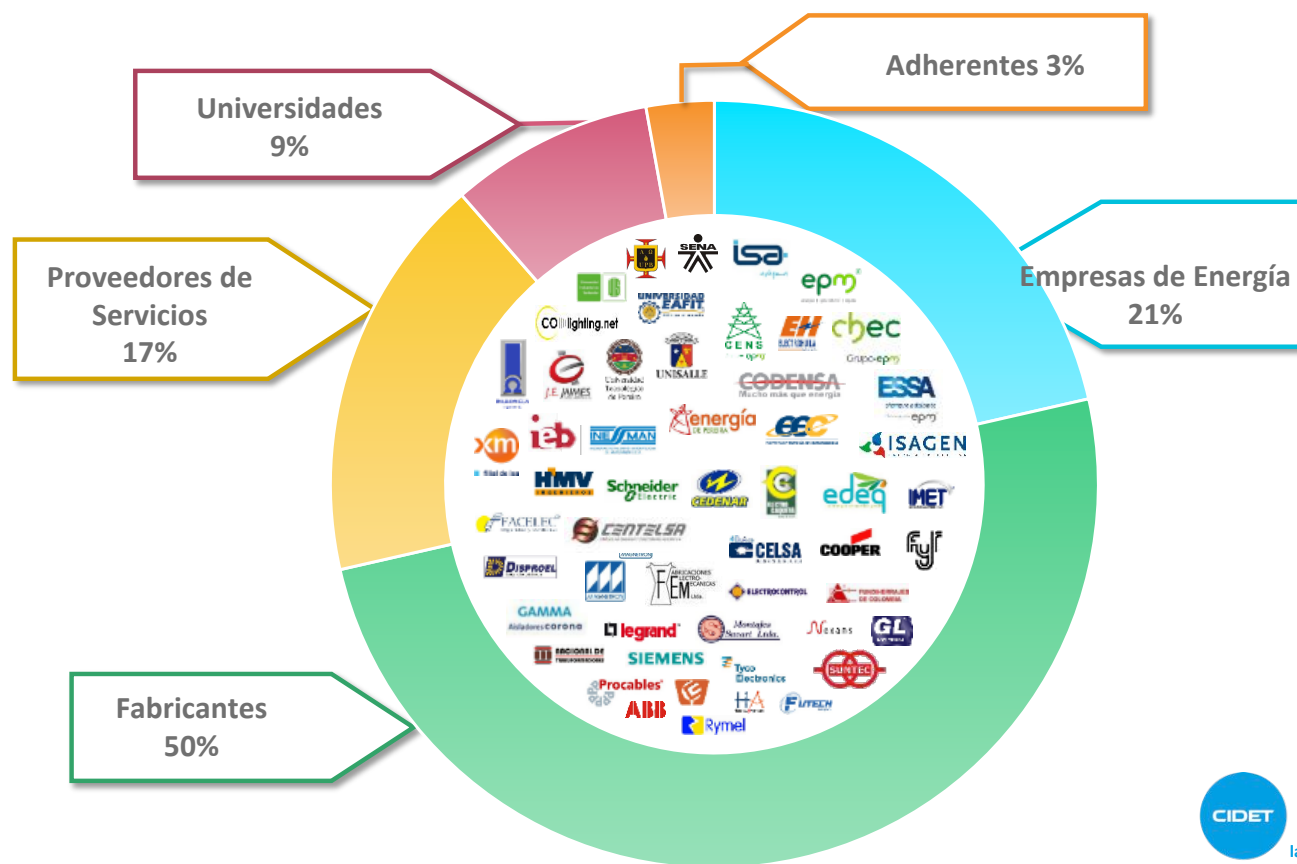
¿Qué mandato se le dió a CIDET como el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico?

- **Fomentar la productividad y competitividad** sectorial a nivel internacional además de mejorar la calidad de vida en Colombia
- **Fortalecer las capacidades para la innovación en las empresas*** del sector desarrollando con estas **activos empresariales** a partir de conocimiento y tecnología de vanguardia

* Además de los emprendedores e inventores/innovadores

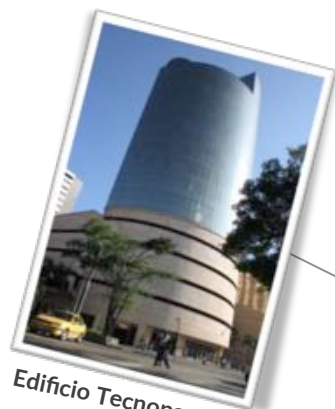


Asociados de CIDET



la energía de las ideas

Sedes de CIDET



Edificio Tecnoparque
Medellín

- **Innovación**
- Academia CIDET
- CIDET Certificación



Laboratorio CIDET
S/E Ancón Sur
Sabaneta

- Desarrollo & Gestión de Activos
- **Innovación (Lab. Prototipos)**



Edificio Paralelo 108
Bogotá

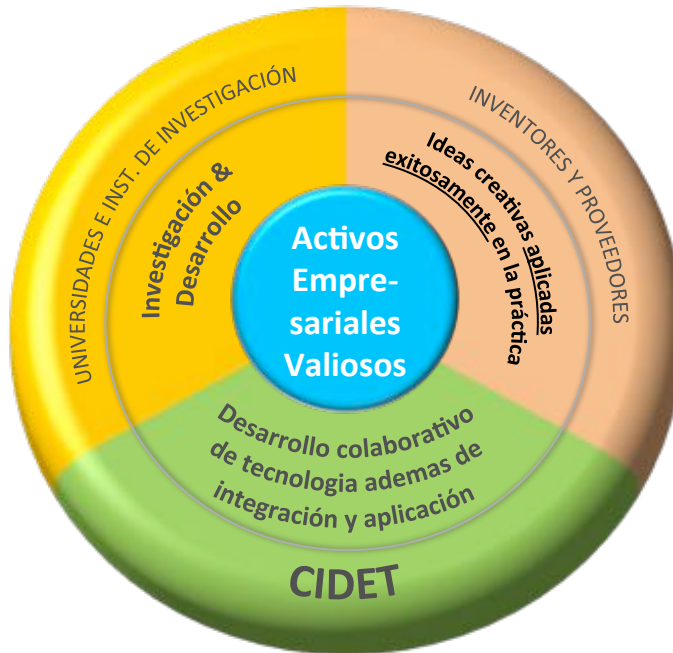
- **Articulación Sectorial**
- Academia CIDET
- CIDET Certificación



la energía de las ideas

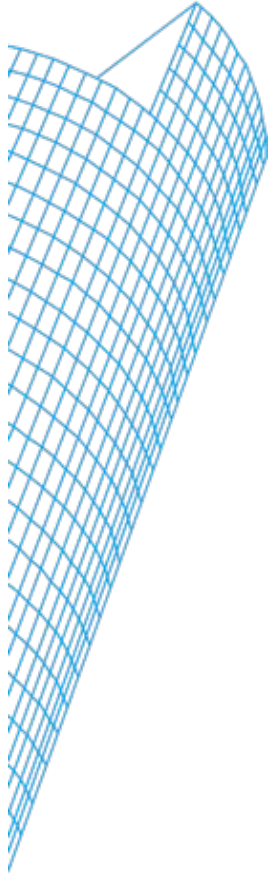
Papel de CIDET

Estimular la innovación (bajando el riesgo) y **acelerar el logro de la explotación comercial del conocimiento y la tecnología**, impactando la competitividad y la sostenibilidad



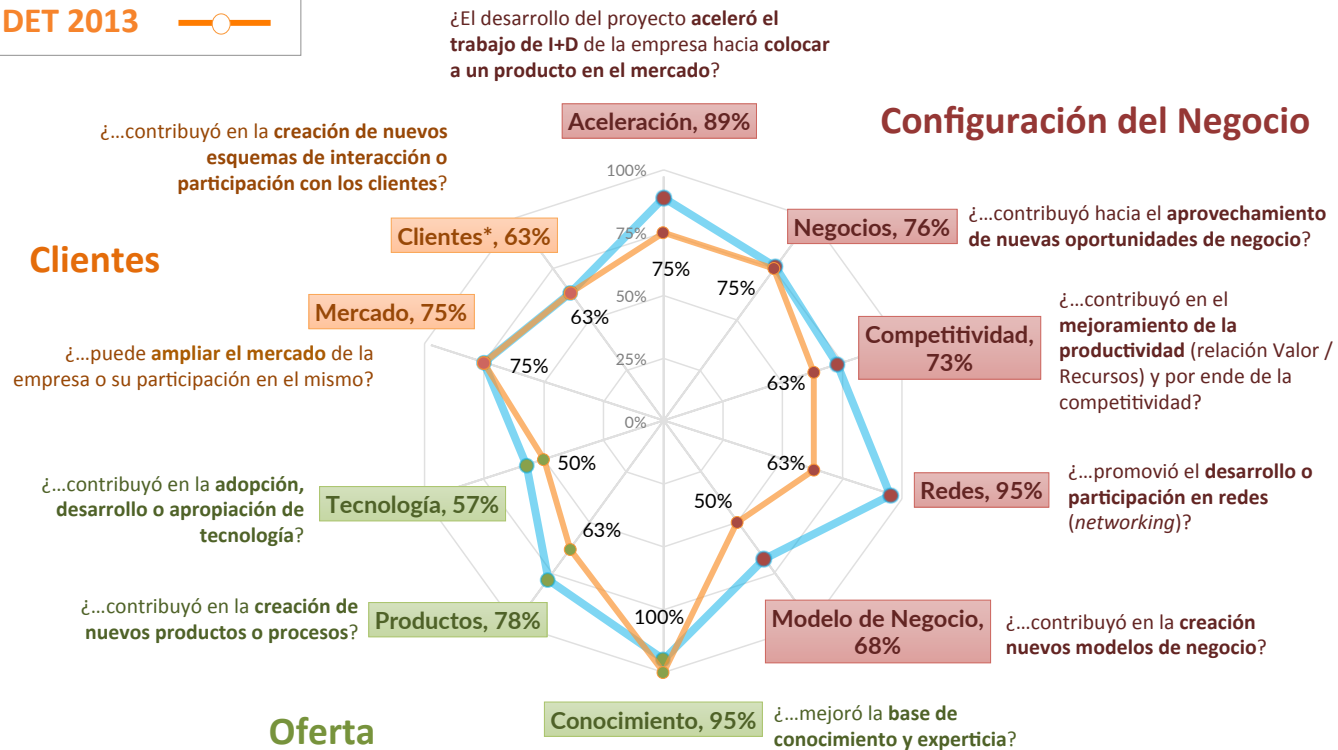
Desarrollar las capacidades de innovación de la industria mediante:

- Gestión para la Innovación
- Desarrollo de Proyectos de I+D+i
 - Articulación de Actores Diversos en un mismo Proyecto
 - Movilización de recursos desde el estado y las entidades de fomento nacionales e internacionales
 - Soporte Técnico Ex Post
- Transferencia y Apropiación Tecnológica/ Conocimiento
- Gestión de Propiedad Intelectual
- Capacitación Especializada
- Servicios Tecnológicos (e.g. VT-IC)

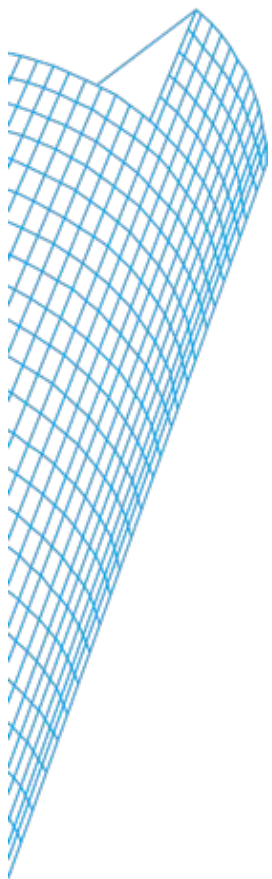


Impactos de CIDET (Encuesta a Beneficiarios)

VTT 2013
CIDET 2013



* La calificación para "clientes" no existe en el modelo VTT sino en el modelo construido a partir de este para CIDET



Tres Aspectos Clave de CIDET

Independiente

Objetivo (centrado en argumentos técnicos) **y eficiente**, preocupado por la **asequibilidad, seguridad y sostenibilidad** del suministro de energía eléctrica, el **desarrollo de la industria** nacional con estándares internacionales y la **calidad de vida** de la población

Sin Ánimo de Lucro

Constituido para servir el **interés público**

Colaborativo

Convoca **investigadores académicos** y **expertos de la industria** además de sus propios profesionales

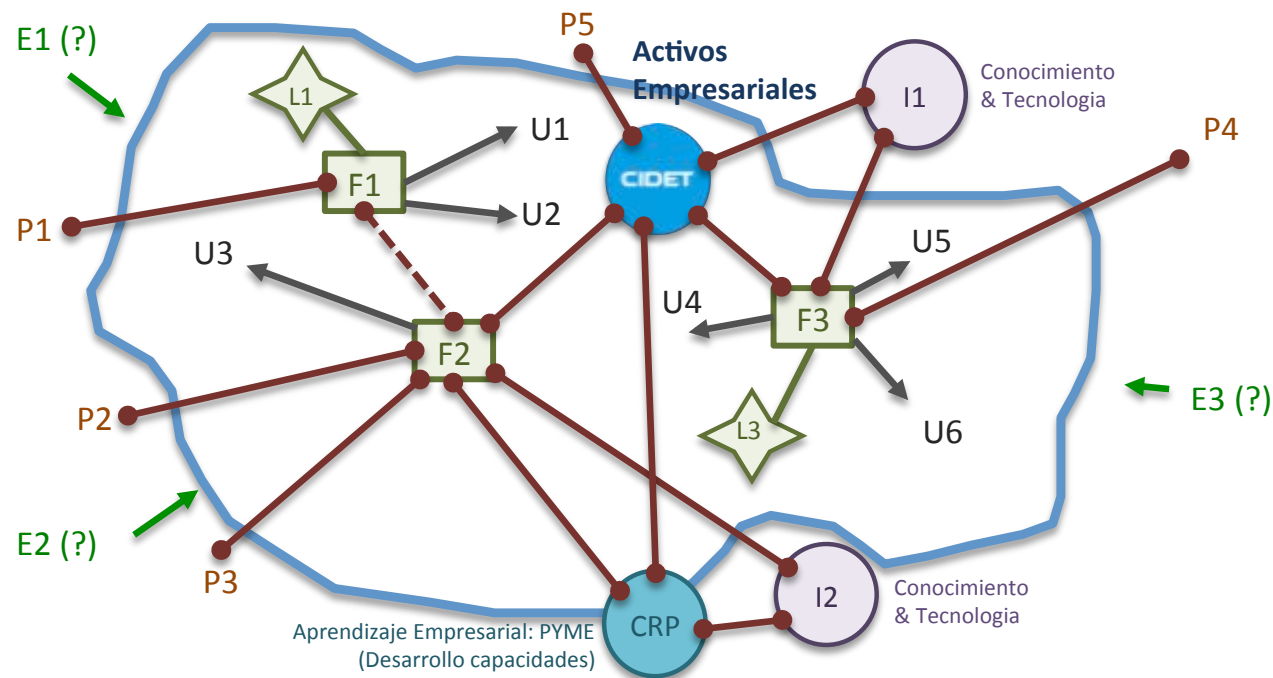


Sistemas Sectoriales/Regionales de Innovación*



* Conjunto de actores que realizan actividades dentro y fuera de determinado sector/región/país, compitiendo mediante la generación de valor a través de la innovación, para la creación, producción y venta de bienes y servicios (Adaptación a partir de la definición propuesta por: MALERBA, Franco. *Sectoral systems of innovation and production*. En: *Research Policy*, Elsevier, Febrero, 2002. Vol. 31, No. 2, p. 247-264). Disponible en línea: <http://www.azc.uam.mx/socialesyhumanidades/06/departamentos/relaciones/Pdf.%20De%20curso%20de%20MESO/Malerba2002-Sistemas%20sectoriales.pdf>

Sistema Regional/Sectorial de Innovación*



ACTORES:

Fi: empresas de compitiendo e innovando

Ui: usuarios (consumidores o productores de otros sectores)

Ii: centros de producción científica y formación (universidades-I1, institutos-I2)

CIDET: centro de desarrollo tecnológico (CDT)

CRP: centros regionales de productividad

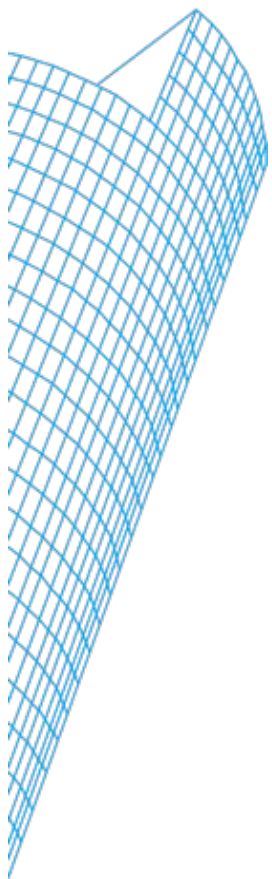
Li: laboratorios/departamentos de I+D internos de propiedad privada

Pi: proveedores/consultores

Ei: empresas entrantes potenciales

Relaciones entre los actores: aprovisionamiento, demanda, competencia, cooperación, I+D, formación, financiación

* Adaptado de: Fatás Villabranca, F; Peris Beamonte, A. Sistemas sectoriales de innovación y crecimiento económico. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales «Francisco de Vitoria». Universidad de Zaragoza. 2003. Disponible en línea: http://www.ies-fv.es/publicaciones_docs/Avances_docs/Avance_N3.pdf



El Poder de la Colaboración*

Entregar **mayor valor** para el País

- **Universidades**
 - Centros/Institutos de Investigación
 - Laboratorios de Evaluación/Investigación
 - Centros de Desarrollo Tecnológico
 - Proveedores de Tecnología
- **Empresas del Sector**
 - Consultores
 - Investigadores Académicos
 - Expertos Industriales
 - Emprendedores
 - Inventores e Innovadores (Seriales)
- **Comunidades**
- **Clientes**



la energía de las ideas

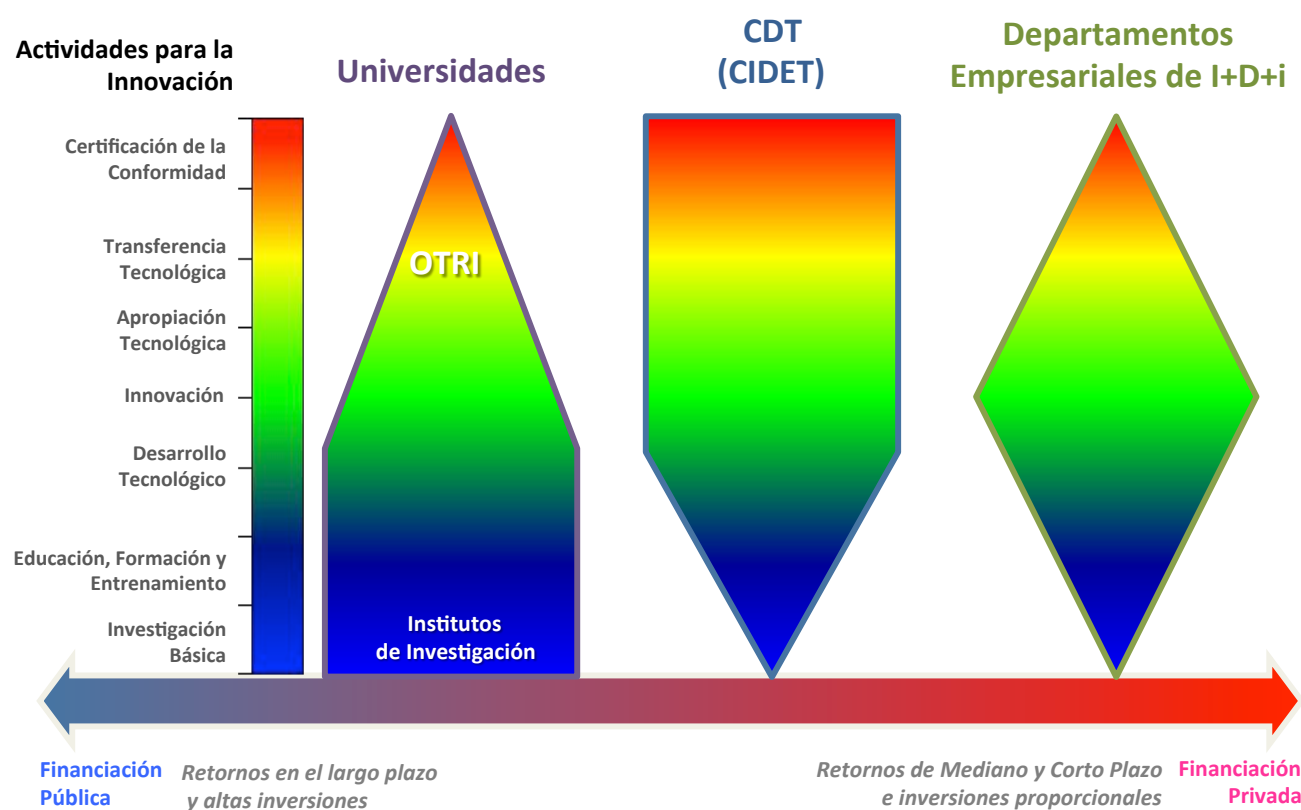
Dinamizadores del Sistema de Innovación

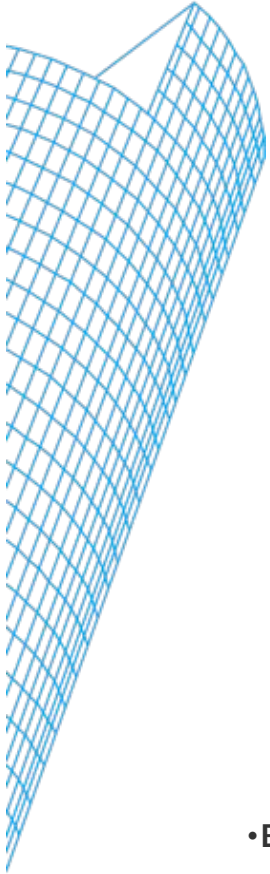


20 AÑOS

generando ideas transformadoras

Met. de Planeación de la Expansión de la Distribución | rubendario.cruz@cidet.org.co
Adaptado de: David Tveit, "DTI's and Denmark's experience with technology transfer to industry", WAITRO Networking Conference on Industrialization, Uganda Industrial Research Institute (UIRI), Kampala, Uganda, March 27, 2015





El País que queremos...

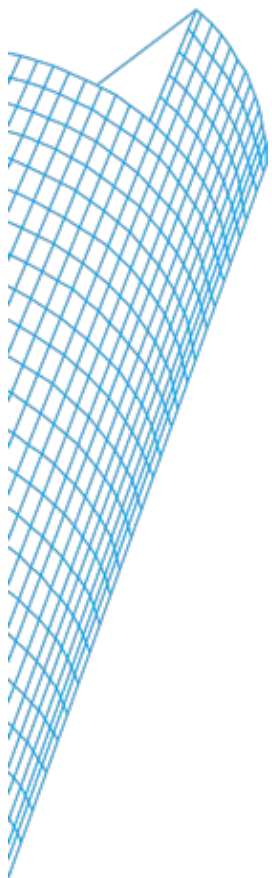


• Sostenible:

- Alto nivel de ingresos (US\$18.000/per cápita)
- Competitivo
- Exportaciones de alto valor agregado (60%)
- Empleo formal (60%)
- Baja desigualdad y desempleo
- Elevada calidad de vida
- Bajos niveles de pobreza (< 15%)
- Alta responsabilidad ambiental
- En paz y seguro

- Ingresos de US\$ 35.000 millones
- Exportaciones de US\$ 13.500 millones
- 61.000 empleos directos
- Con participación directa en los mercados de toda América

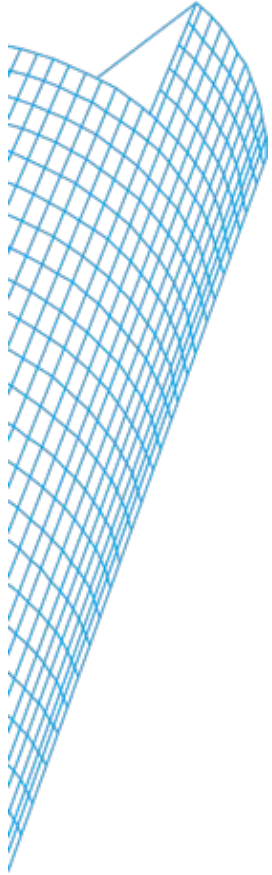
Requiere un **sector eléctrico competitivo, globalizado y dinámico** apoyado en un **sistema sectorial de innovación maduro y especializado**



¿Qué caracteriza(rá) al sector eléctrico del país que queremos?

- **Referente** Latinoamericano
 - Generación limpia
 - Movilidad eléctrica
 - Productividad y calidad
- **Operador/Proveedor** de energía eléctrica del continente
- Protagonista de una **revolución en el uso de la electricidad** (altas per-cápitás de consumo eficiente de energía, **desplazando energías menos limpias**)
- **Desarrollador** de los bienes requeridos por esta revolución





¿Cómo lograrlo?

- Utilizando la “**innovación**” como estrategia para lograr un crecimiento sostenible en tres áreas:



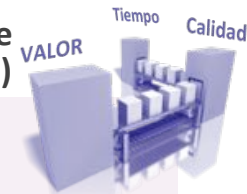
Electricidad & Vida

- Energías limpias
- Uso eficiente de la energía
- Participación del usuario/ comunidades
- Construcción sostenible
- Electrificación de sistemas ferroviarios y de transporte masivo
- Vehículos eléctricos e infraestructura de recarga

Habilitador: Redes + inteligentes

Producción Eficiente (Bienes/Servicios)

- Producción que ahorra recursos
- Desarrollo de productos
- Tecnologías de manufactura
- Ingeniería de pruebas y medición
- Ingeniería de plantas
- Procesos de producción
- Materiales y superficies
- Transferencia tecnológica



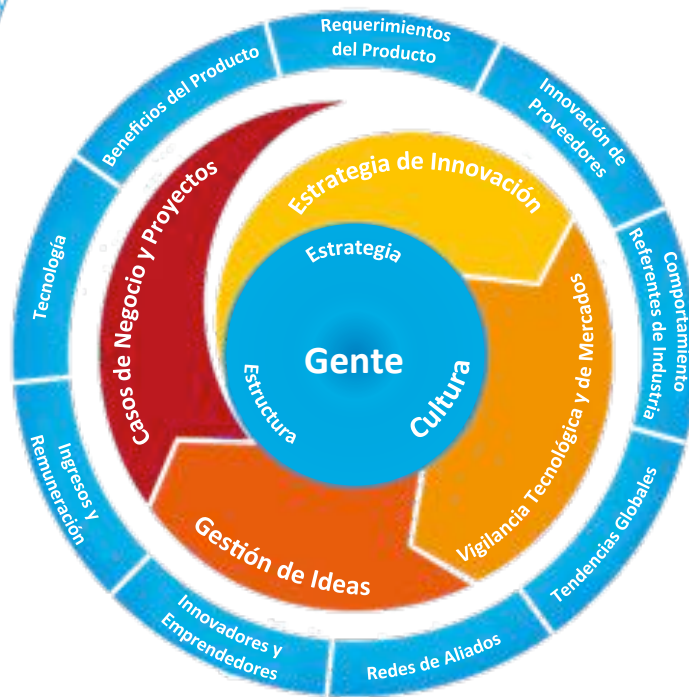
Transversal

TRANSFORMACIÓN DE IDEAS EN NEGOCIOS

- Negocios y servicios
- Propiedad Intelectual
- Gestión para la Innovación
- Entendimiento y comprensión del cliente/usuario
- Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva



Modelo de Innovación de CIDET



Innovación es la creación^[1] de una oferta^[2] nueva^[3] y valiosa^[4]

[1] Innovar **no es inventar** ni tampoco implica necesariamente la generación de conocimiento o tecnología de vanguardia (I+D), lo que siempre implica es un profundo conocimiento de los clientes, determinar cómo trabajar con aliados y fundamentalmente ¿cómo pagar la innovación?

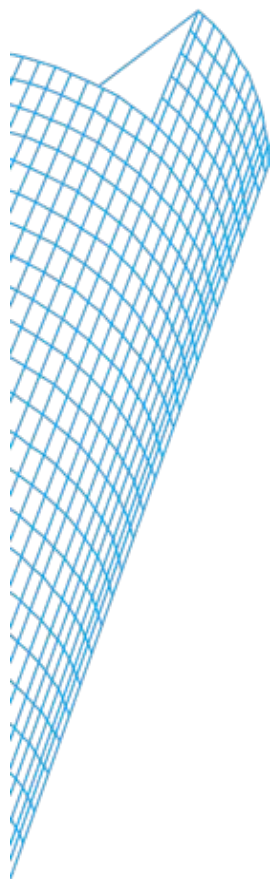
[2] Las innovaciones **van mucho mas allá de un producto** (bien/servicio) o proceso, incluyen nuevas formas de negocio o de generar valor, nuevos sistemas de productos y servicios e incluso nuevas formas de interacción y formas de involucramiento con los clientes

[3] Las innovaciones deben ser **nuevas a un mercado o a una industria**, no tienen que ser nuevas en el mundo, por lo que se basan en avances previos y muy poco es estrictamente "nuevo"

[4] La innovación debe haber generado valor, para ser considerada como tal. Así de simple, el portafolio de proyectos de innovación deben **generar activos empresariales** y retornar valor si se quiere impactar los indicadores de éxito de la empresa, de una región o del país además de volver a innovar en el futuro

¿Cómo está organizado el CDT?





Para ser pieza clave en la generación de valor, **CIDET** tiene como **temas dominantes...**



Centro de
Desarrollo
Tecnológico

INNOVACIÓN

Apoyar los procesos de innovación de amplio espectro, orientados a la solución de problemas reales de las firmas, donde se premie la audacia y que los resultados generen rentabilidad y **crecimiento a las firmas** que los desarrollan

rubendario.cruz@cidet.org.co



DILLO. & GESTIÓN DE ACTIVOS

Acompañar el proceso de **desarrollo de bienes innovadores** y la **gestión de activos con altos estándares**

santiago.tabares@cidet.org.co



ACADEMIA

Desarrollar las habilidades y capacidades del **talento humano** en un **sector en transformación desde la innovación**

federico.guhl@cidet.org.co



ARTICULACIÓN

Articular actores locales, nacionales e internacionales alrededor de **iniciativas viables y de alto impacto** para las firmas en **temas futuristas y desafiantes** para guiar la evolución del sector hacia **mercados sofisticados y globales**

francy.castro@cidet.org.co



Dirección de Innovación



Creación o mejoramiento de bienes, servicios o procesos a partir de conocimiento y tecnología de vanguardia


Desarrollo Experimental

Evaluación de Prototipos

Dirección DIIo. & Gestión de Activos

Desarrollar mediante la práctica las **capacidades empresariales para innovar**


Aceleración de Innovaciones

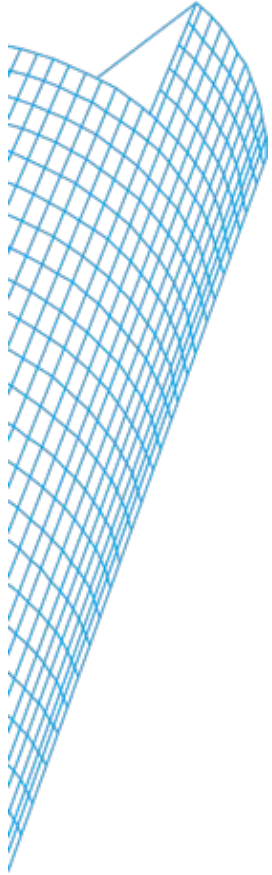
Re-configuración de las capacidades y activos empresariales para la **generación de valor** a partir de la innovación

Red Nacional de Laboratorios

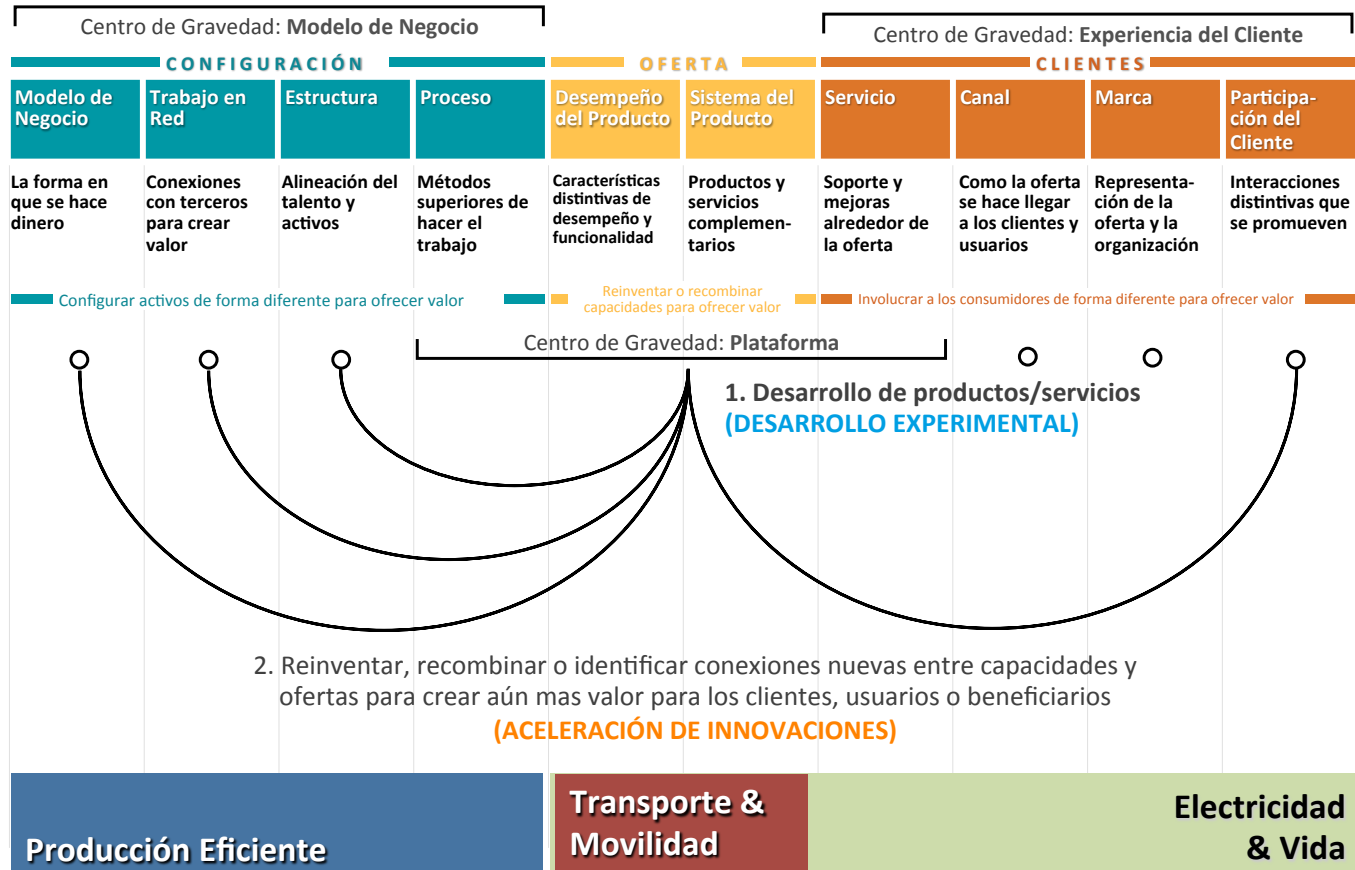
 **RNL**
Spin-outs en incubación

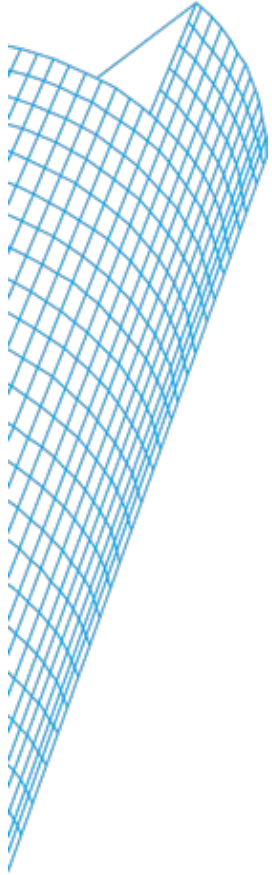

Inteligencia Tecnológica

Soporte a las empresas en la **toma de decisiones o estructuración de estrategias tecnológicas**

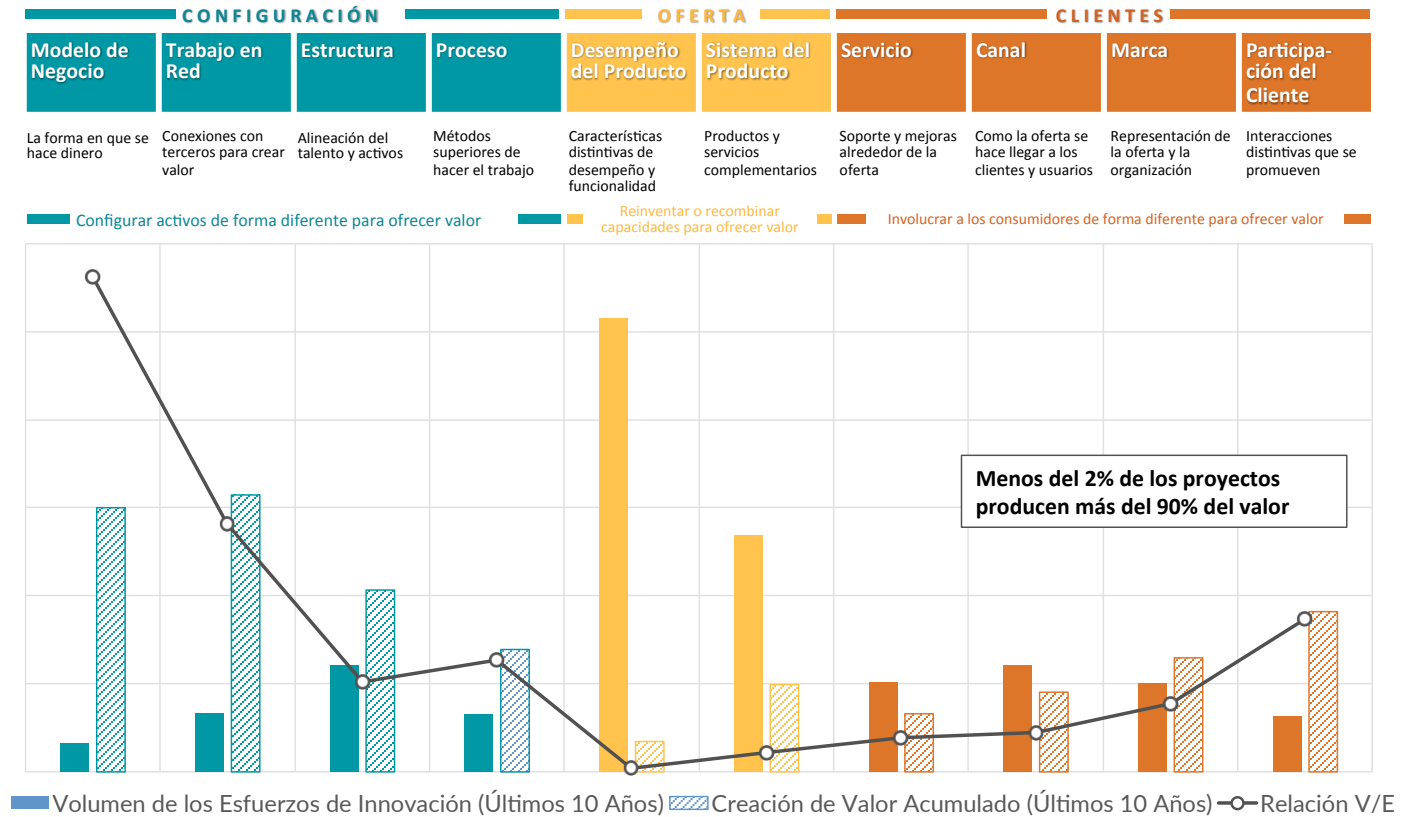


Espectro Amplio de la Innovación*

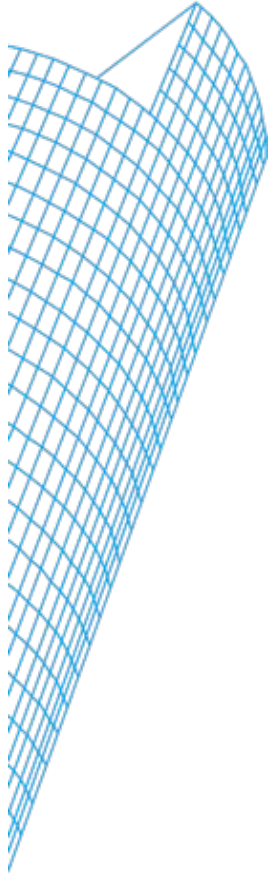




Creación de Valor Acumulado*

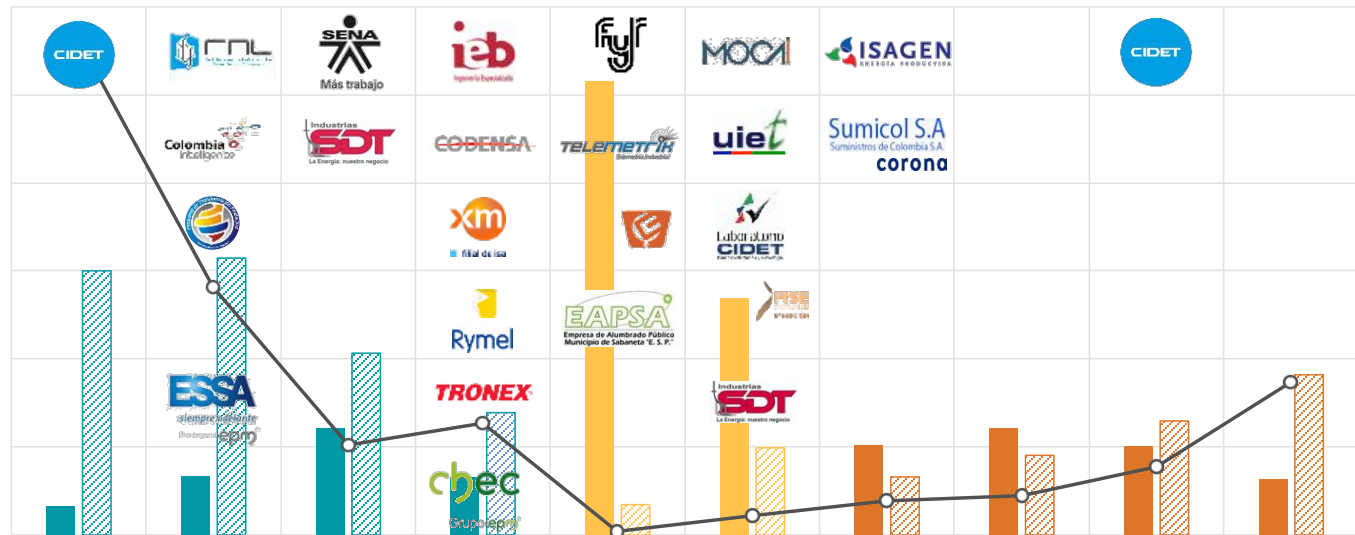


* Keeley, L., Walters, H., Pikkell, R., Quinn, B., "Ten Types of Innovation: The Discipline of Building Breakthroughs", John Wiley & Sons, Abril 2013, p. 276



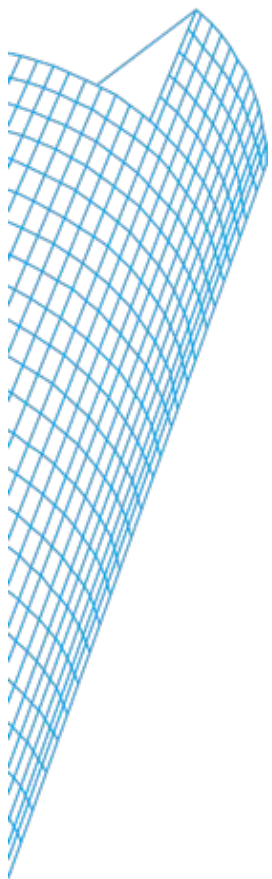
Innovación junto con CIDET

CONFIGURACIÓN				OFERTA		CLIENTES			
Modelo de Negocio	Trabajo en Red	Estructura	Proceso	Desempeño del Producto	Sistema del Producto	Servicio	Canal	Marca	Participación del Cliente
La forma en que se hace dinero	Conexiones con terceros para crear valor	Alineación del talento y activos	Métodos superiores de hacer el trabajo	Características distintivas de desempeño y funcionalidad	Productos y servicios complementarios	Soporte y mejoras alrededor de la oferta	Como la oferta se hace llegar a los clientes y usuarios	Representación de la oferta y la organización	Interacciones distintivas que se promueven



■ Volumen de los Esfuerzos de Innovación (Últimos 10 Años) ■ Creación de Valor Acumulado (Últimos 10 Años) —○— Relación V/E

* Keeley, L., Walters, H., Pikkil, R., Quinn, B., "Ten Types of Innovation: The Discipline of Building Breakthroughs", John Wiley & Sons, Abril 2013, p. 276



Mapa de la Jornada (Viernes 31)

0.1 **Presentación** del Curso

0.2 **Introducción** al Tema

1. Generalidades de los Sistemas
de Distribución de Electricidad





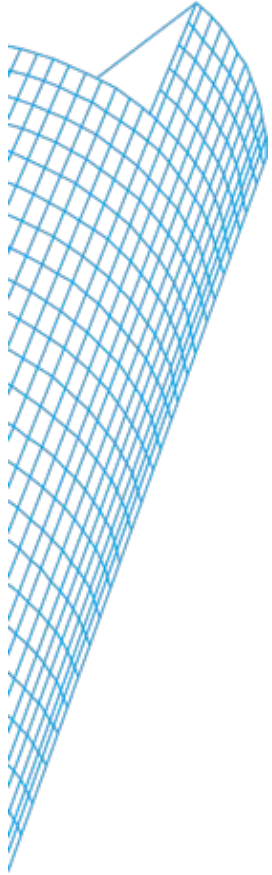
20
AÑOS

*generando ideas
transformadoras.*

0.1 Presentación

Especificaciones del Curso

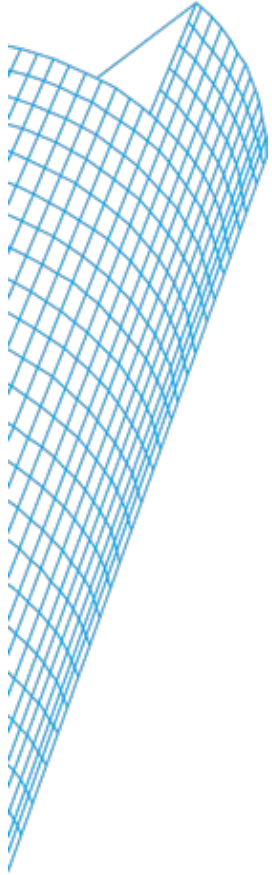




Objetivo del Curso

- Brindar elementos de guía y referencia para la **planeación de la expansión** de sistemas de distribución (**criterios, métodos & herramientas**)

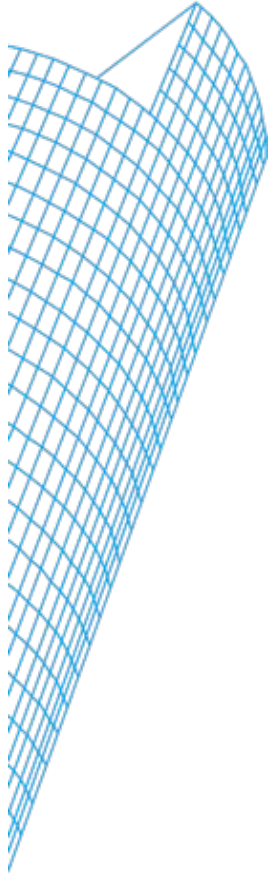




NO es Objetivo del Curso

- Plantear recomendaciones absolutas, recetas infalibles, **ni verdades reveladas**

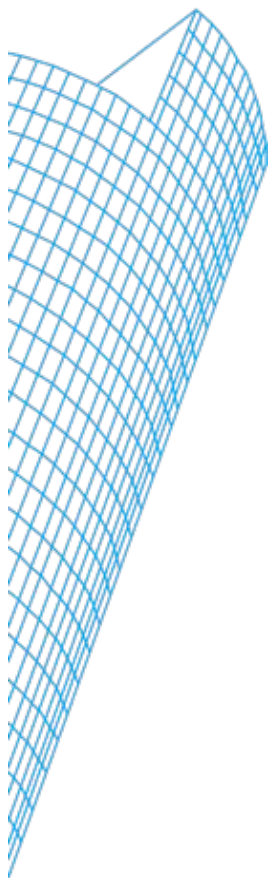




¿Qué constituye una victoria?

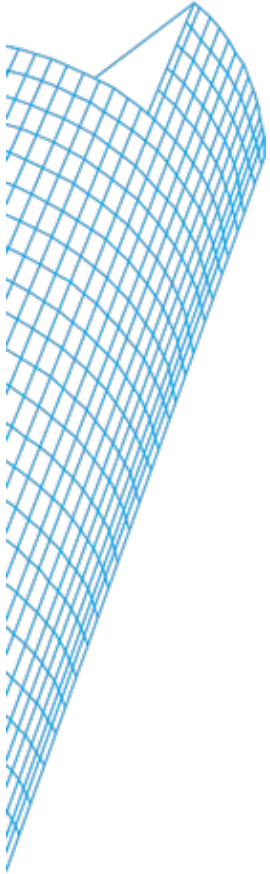
- Brindar una base para **construir sobre el tema**
- **Compartir puntos de vista y experiencias**, entre pares, en un tema en continua evolución y de gran impacto





Datos Generales del Curso

Código:	26612	
Nombre:	Metodologías de Planeación de la Expansión	
Créditos:	Dos (2), <i>Un crédito = 48 horas de trabajo</i>	
Programa:	Especialización/Maestría en Sistemas de Distribución	
Trabajo:	Con Acompañamiento Docente	Independiente
	36 horas (28 Teóricas, 8 Prácticas)	72 horas
Profesor:	Rubén Darío CRUZ RODRÍGUEZ Ing. Electricista (UIS), Magíster en Potencia Eléctrica (UIS), Doctor en Ingeniería -Área Energía y Termodinámica- (UPB) Correo-e: rubendario.cruz@cidet.org.co Consulta: Skype: rd_cruz	



Organización del Curso

Cinco (5) Jornadas

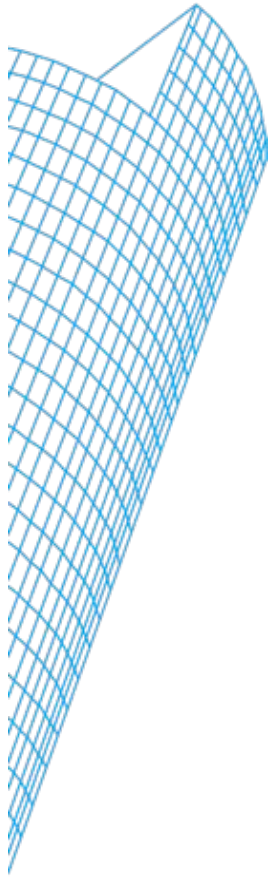
- Dos (2) viernes (**31 de julio, 28 de agosto**)
- Tres (3) sábados (**1 y 29 de agosto, 12 de septiembre**)

Hasta cuatro (4) Sesiones por Jornada

- Dos (2) en la mañana (sábado)
- Dos (2) en la tarde (sábado)
- Dos (2) en la noche (viernes)

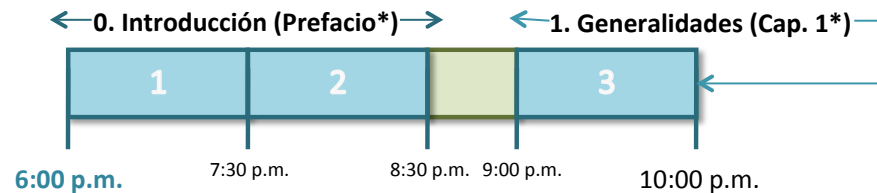
Sesiones de dos (2) a dos horas y media (2,5)

- Teoría
- Práctica/
Herramientas

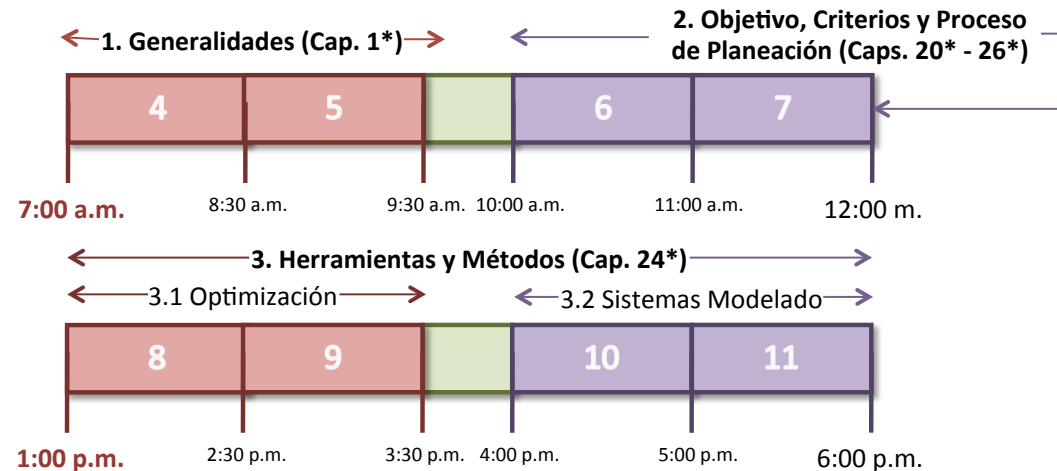


Mapa del Curso, Cohorte 3 (1/3)

JORNADA 1 (viernes, **31 de julio de 2015**)



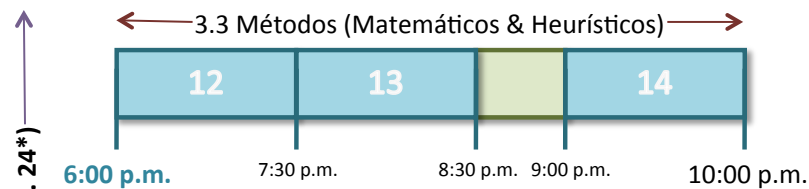
JORNADA 2 (sábado, **1 de agosto de 2015**)



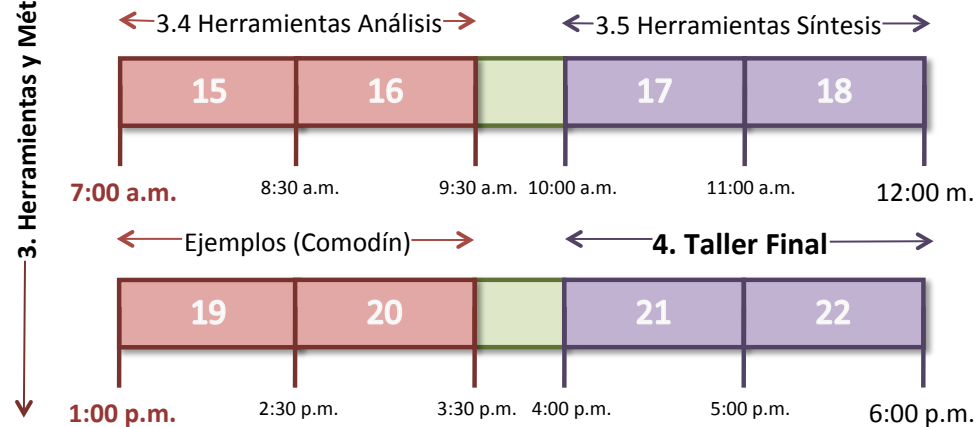
* H. Lee Willis, "Power Distribution Planning Reference Book", Marcel Dekker, Inc., Second Edition, 2004.

Mapa del Curso, Cohorte 3 (2/3)

JORNADA 3 (viernes, **28 de agosto de 2015**)



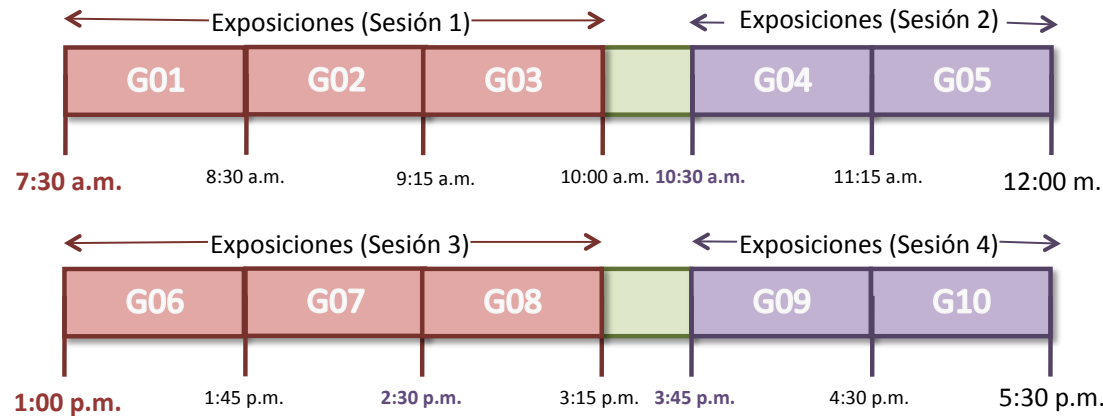
JORNADA 4 (sábado, **29 de agosto de 2015**)



* H. Lee Willis,
"Power Distribution
Planning Reference
Book", Marcel
Dekker, Inc., Second
Edition, 2004.

Mapa del Curso, Cohorte 3 (3/3)

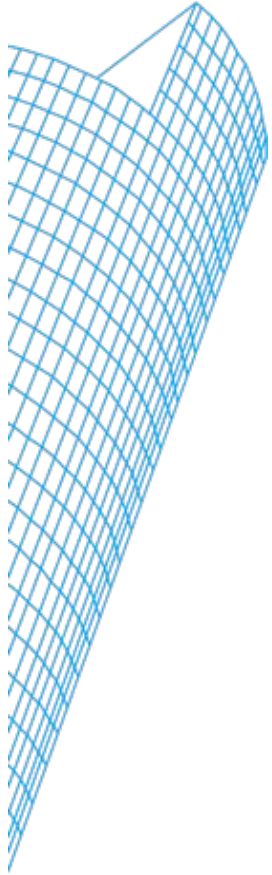
JORNADA 5 (sábado, 12 de septiembre de 2015)



* H. Lee Willis,
"Power Distribution
Planning Reference
Book", Marcel
Dekker, Inc., Second
Edition, 2004.

TEMAS PARA LAS EXPOSICIONES (45 Minutos: 40 Expo., 5 preguntas | 8 Grupos de 3):

1	Evaluación y Aprobación (Cap. 6*)	6	Conf. de Alimentadores Múltiples (Cap. 15*)
2	Ing. de Tensión-Reactiva (Cap. 9*)	7	Subestaciones de Distribución (Cap. 16*)
3	Selec. de Transformadores (Cap. 11*)	8	Conf. de Sistemas de Distribución (Cap. 17*)
4	Selec. de Conductores (Cap. 12*)	9	Ubicación de Subestaciones (Cap. 18*)
5	Config. de Alimentadores (Cap. 13*)	10	Pronóstico de Carga (Cap. 25*)



Principios de Andragogía (El curso....)

- **Pertinencia y Contexto**

- Debe resolver un **problema** o evitar uno para los estudiantes
- Suministrar una **oportunidad** o incrementar el prestigio
- Permitir **crecer** profesional o personalmente

- **Experiencia**

- Debe considerar la **experiencia y vivencias previas** de los estudiantes, que son muy valiosas, y explotarlas

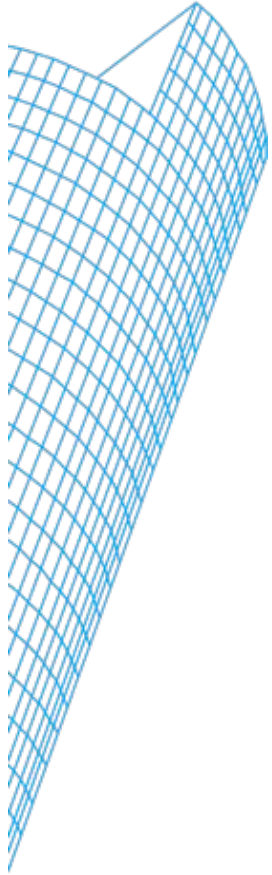
- **Autonomía**

- Deben brindar espacios para que los estudiantes tomen sus **propias decisiones** y participen activamente de su aprendizaje además de contribuir en el perfeccionamiento del curso

- **Acción**

- Debe hacer énfasis en la **práctica...**

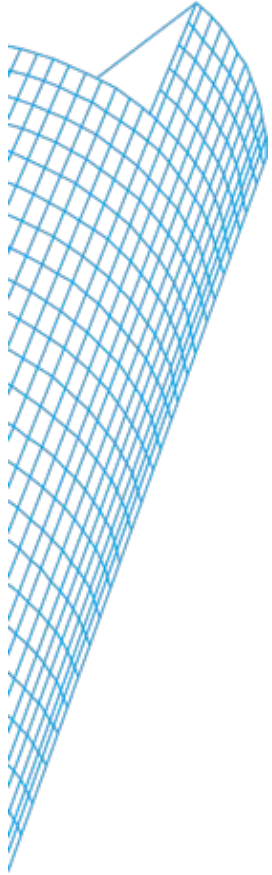




Método de Desarrollo de Competencias

- Concentrarnos en la práctica...
 - **Talleres:**
 - En la medida de lo posible, al final de cada sesión se propondrá una **actividad para desarrollar y entregar en la misma clase**, preferiblemente en grupo, así como un taller final
 - **Escritura (Trabajo Final):**
 - La preparación de **buenos informes técnicos** es crítica en ingeniería, por lo que se desarrollará un trabajo escrito a partir del taller final
 - **Presentación (Exposición):**
 - Una mala presentación siempre descubre debilidades conceptuales, además de ser una **habilidad fundamental** para lograr la aprobación de proyectos y planes de expansión

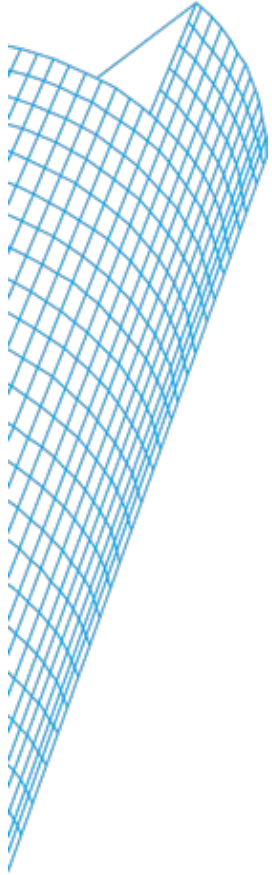




Compromisos de los Estudiantes

- **Asistir** a (*todas las*) clases
- **Entregar** (*todos*) los talleres
- **Participar** en (*todas*) las actividades
- Participar en (*todas*) las **discusiones** en clase (**preguntar y preguntar** e incluso **contestar y contestar...**)
- **Conversar** abiertamente con respecto a cualquier inquietud
- **Probidad e integridad** (**tolerancia cero al plagio** o fraude)

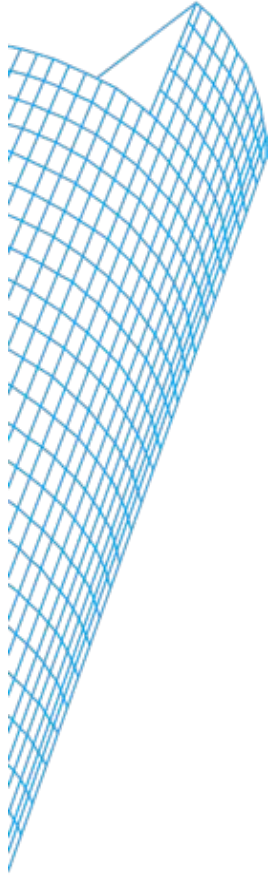




Papel del Profesor

- Los profesores NO son personas que tienen ni mucho menos dan conocimiento
- Son apenas los **guías metodológicos** del proceso (facilitadores, mediadores)
- La función de los profesores es **poner en contexto** la información que ahora se consigue en los libros y en los computadores o que se obtiene en la práctica o **debatiendo con colegas**

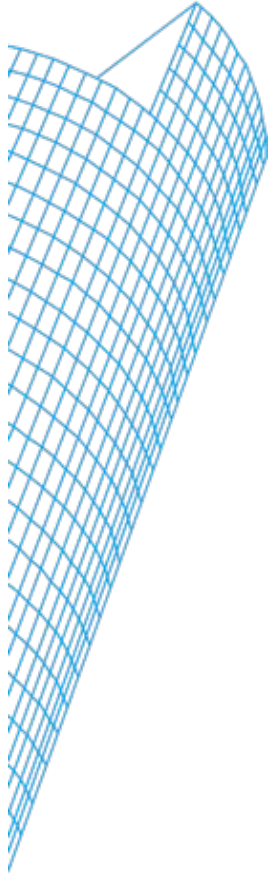




Compromisos del Profesor

- **Puntualidad**
- Buen **Ejemplo**
- **Preparación** Clases
- **Exigencia y Probidad**
- **Realimentación** Oportuna y Constructiva
- **Respeto** (Interacción entre Pares)



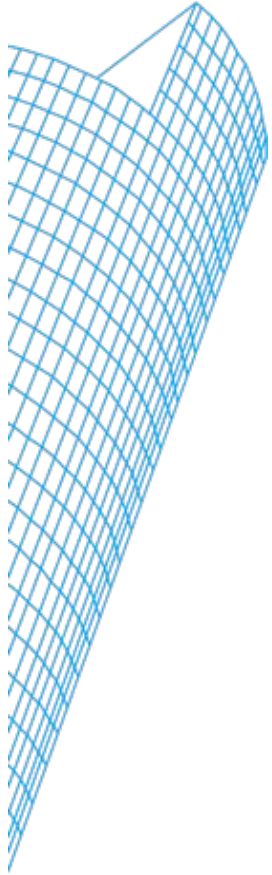


Evaluación del Curso

- La evaluación del curso tiene tres (3) componentes:

1. Actividades durante las sesiones del curso **[20%] ±10%**
2. Exposición **[40%] ±10%**
3. Trabajo Escrito a partir del Taller Final **[40%] ±10%**



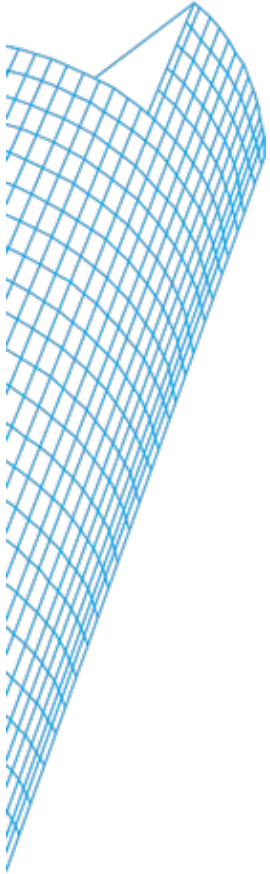


Criterios de Evaluación (1/2)

1. Para las Actividades en Clase y el Trabajo Final

- Análisis del Problema **[20%]**
- Aplicación de los Conceptos **[10%]**
- Calidad de la Solución **[40%]**
- Valor Agregado **[30%]**





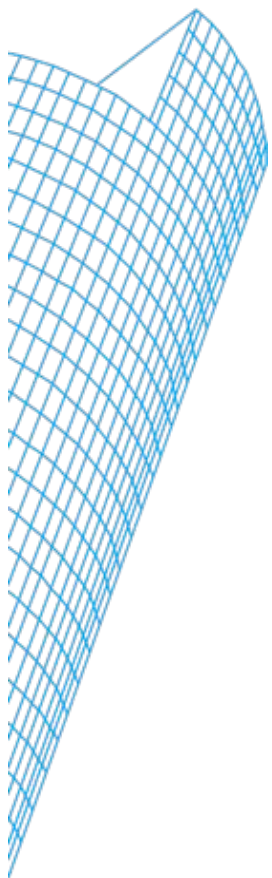
Criterios de Evaluación (2/2)

2. Exposición*

- Evaluación por Profesor **[50%]**
- Evaluación por Audiencia **[40%]**
- Participación Evaluando **[10%]**

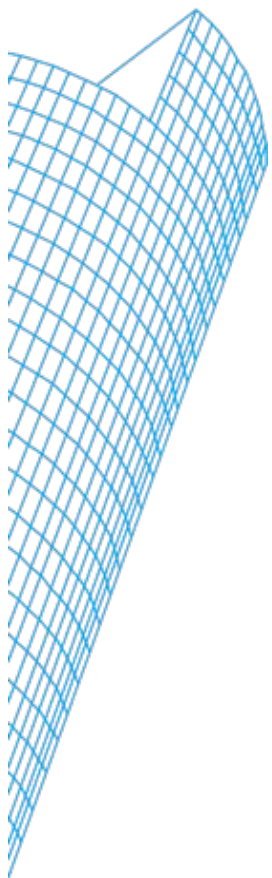
*Debe entregarse una presentación en power-point vía correo-e a más tardar la víspera a las 5:00 p.m. (viernes **11 de septiembre de 2015**)





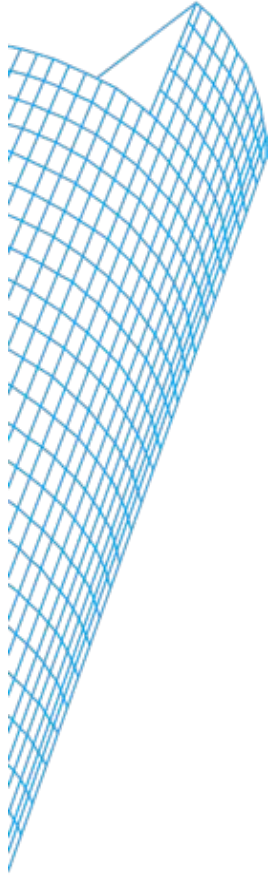
Evaluación de la Exposición (1/2)

1. **OBJETIVO:** Define y enuncia claramente el **propósito y los objetivos** de la presentación además de su contenido y organización
2. **INTRODUCCIÓN:** La introducción **(inicio) captura la atención**, utiliza métodos que animen la participación o fomenten el interés/atención de la Audiencia en el desarrollo de la presentación (e.g., manteniendo contacto visual)
3. **CALIDAD & PERTINENCIA:** Organiza efectivamente los recursos disponibles para **cumplir con los objetivos declarados** de la presentación, las diapositivas incluyen material e información pertinente (una idea por diapositiva) presentada adecuadamente (e.g., fácil lectura), la presentación fue estructurada con una secuencia lógica
4. **TIEMPO:** **Administra adecuadamente el tiempo** asignado (**40 minutos**) con un ritmo constante que permita la consolidación de conceptos y tomar notas
5. **PREPARACIÓN:** Demuestra entusiasmo durante la presentación, seguridad y **dominio del tema**



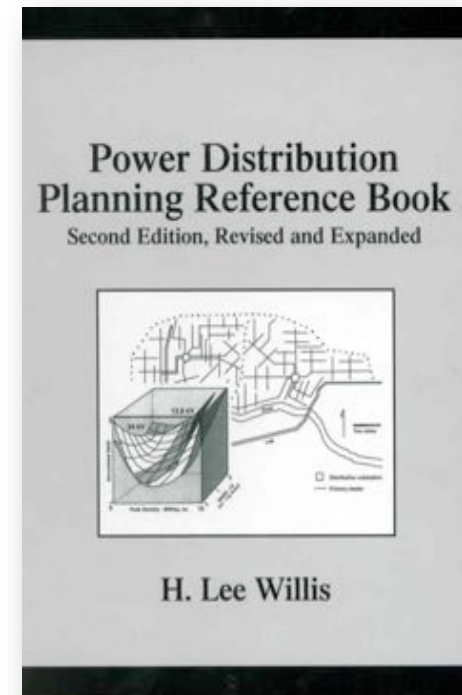
Evaluación de la Exposición (2/2)

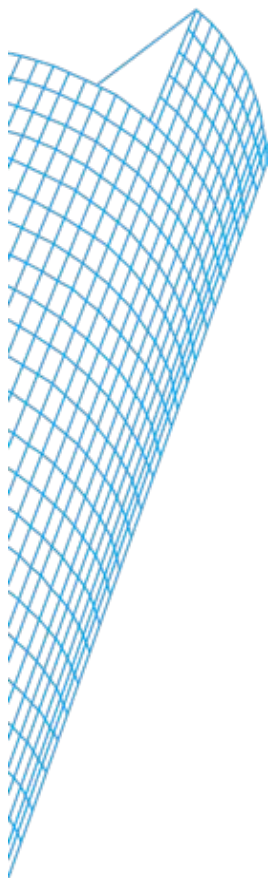
6. **COMUNICACIÓN:** Se **comunica adecuada y efectivamente** con un lenguaje apropiado para la audiencia (definiendo términos no familiares y presentando información apropiada considerando el nivel de los asistentes) y explicando las ideas importantes de forma simple y clara
7. **INTERACCIÓN:** **Responde adecuadamente** a cualquier inconveniente durante la presentación así como a las preguntas, inquietudes y comentarios de la Audiencia
8. **LENGUAJE:** **Habilidades de comunicación** adecuadas (tono de voz, entonación, pronunciación, muletillas, gestos, presentación personal, lenguaje corporal, humor, etc.)
9. **CIERRE:** Finaliza la presentación resumiendo las **conclusiones** o ideas más importantes
10. **REFERENCIAS:** Da crédito adecuado al material y **contribuciones de otros** utilizado en la presentación



Bibliografía

1. Guía del Curso: H. Lee Willis, ***“Power Distribution Planning Reference Book”***, Marcel Dekker, Inc., **Second Edition, 2004**. Disponible en:
https://www.dropbox.com/sh/4skzdbsq1timv1g/AACPD5JSwSUjNNz4scST_sU1a
2. Richard E. Brown, ***“Electric Power Distribution Reliability”***, Marcel Dekker, Inc., First Edition, 2002
3. Ramón A. Gallego Rendón, Antonio H. Escobar Zuluaga, Eliana M. Toro Ocampo, ***“Técnicas Metaheurísticas de Optimización”***, Universidad Tecnológica de Pereira, Segunda Edición, 2008





Preguntas y comentarios...





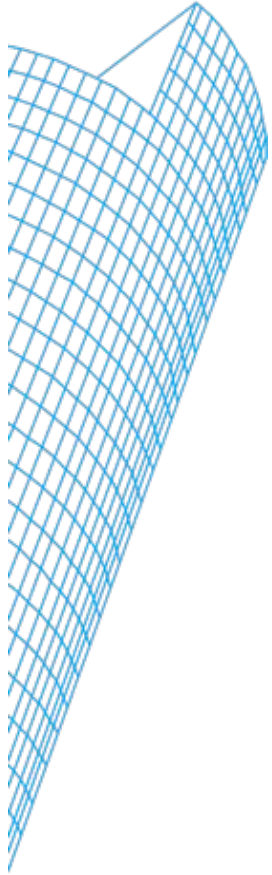
20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.

0.2 Introducción

Planeación de la Distribución

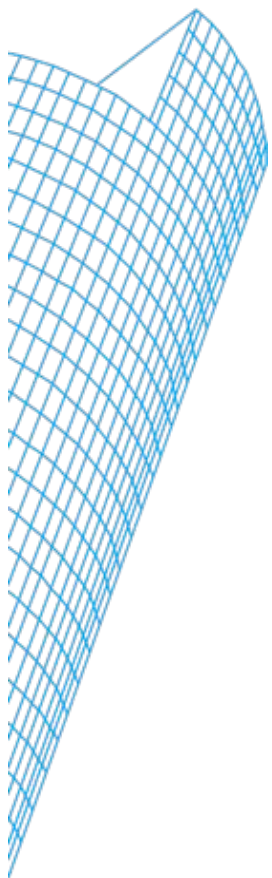




¿Sobre qué conversaremos?

- Definición de Planeación de Sistemas de Distribución (PSD)
- Tareas que involucra la PSD
- Complejidades y Retos
- Nuevos Paradigmas

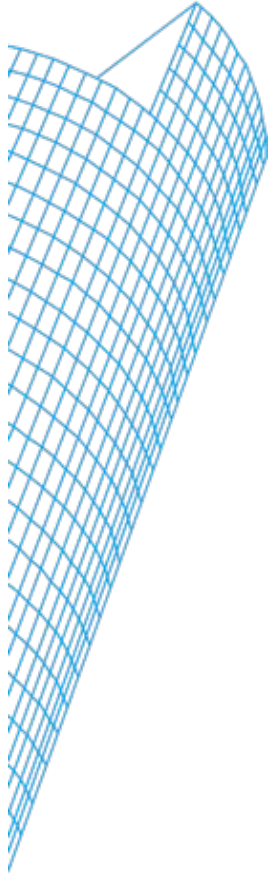




Empresas de Distribución (Operadores de Red)

- Poseen y operan una red de distribución
- Ambiente tradicional
 - Monopolio para el suministro y venta de energía a los consumidores en un área geográfica determinada
- Ambiente competitivo
 - Las funciones de operación y desarrollo de la red están separadas de la venta de energía
 - Permanece como un monopolio regulado el suministro, pero no la venta de electricidad
- **Objetivo:**
 - **Maximizar los excedentes a partir del ingreso regulado**



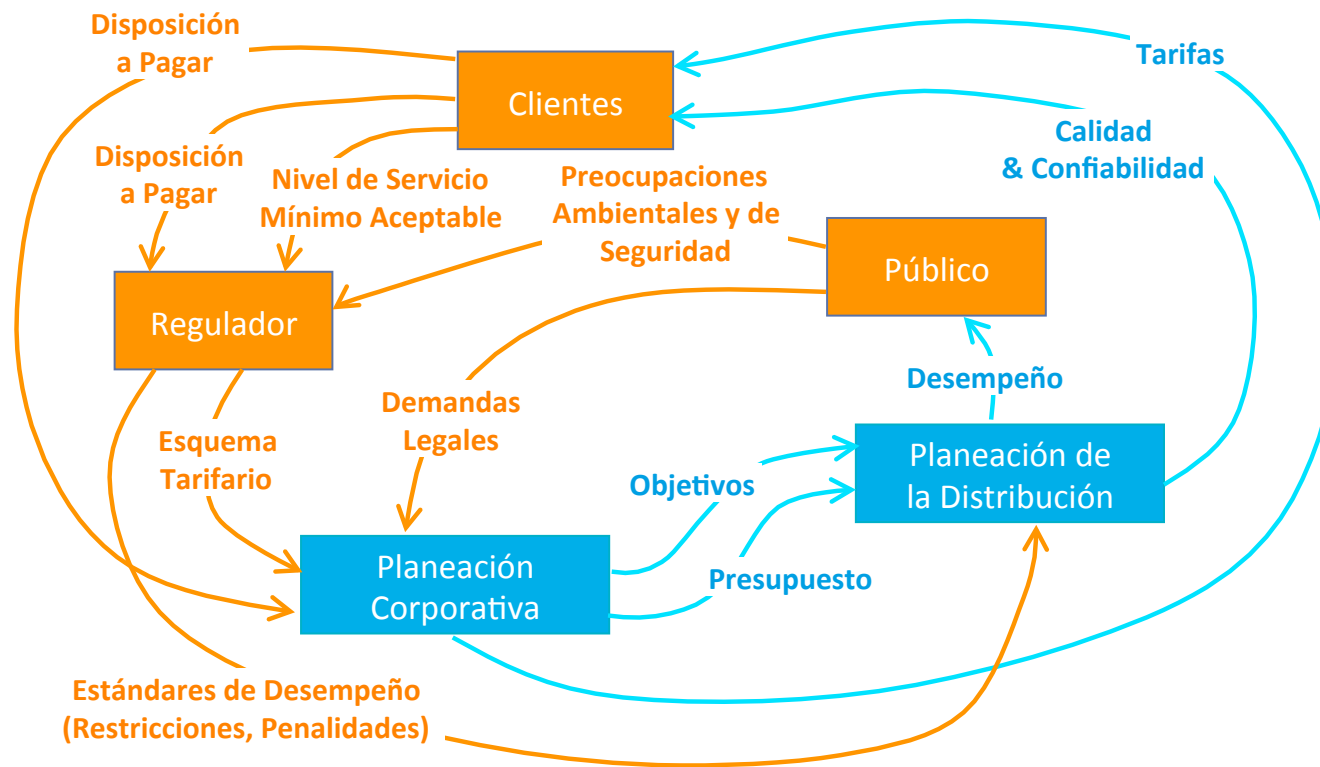


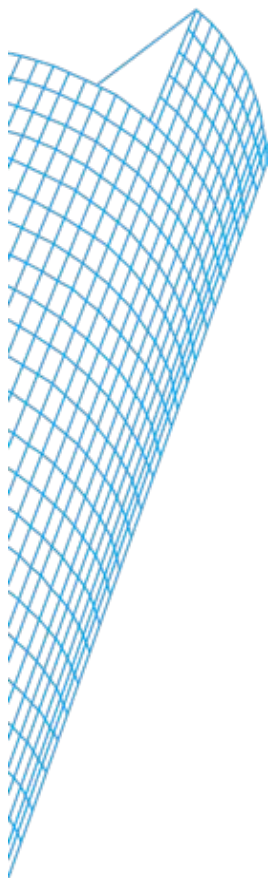
Planeación de la Distribución

- Proceso para **determinar**, **justificar**, **desarrollar** y **actualizar** continuamente el programa de adiciones futuras y cambios (configuraciones, equipos, tecnología, infraestructura, etc.) que asegurará el **logro de la meta del operador de red** con respecto al suministro de electricidad en el sistema a su cargo



Procesos y Stakeholders





Los Tres (3) Componentes de la Planeación a nivel de la Distribución



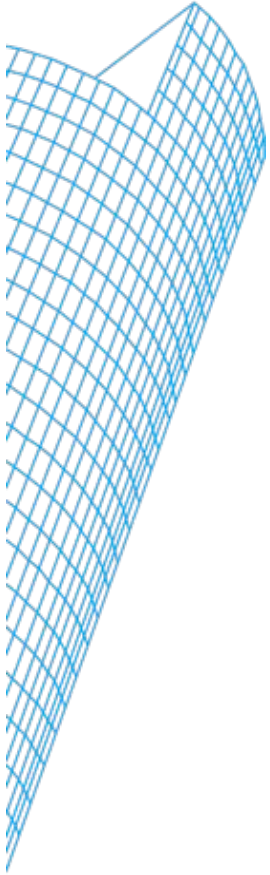
- Conocer y gestionar la demanda (26610)
 - Caracterizar los perfiles de la carga
 - Gestión de la demanda (DSM – *Demand Side Management*)
 - Confiabilidad (26611)
 - Eficiencia energética
- Planeación de la infraestructura de distribución (26612)
 - Proyección espacial de la demanda (26610)
 - **Trazado y calibre óptimo de la red de distribución**
 - **Optimización de localización y capacidad de S/E**
 - Integración óptima de la red con el entorno
- Integración de la generación distribuida (26613)
 - Evaluación económica de la generación distribuida
 - Integración de generación distribuida a la red
 - Planeamiento de zonas aisladas y/o microrredes

Tareas en la Planeación



20
AÑOS

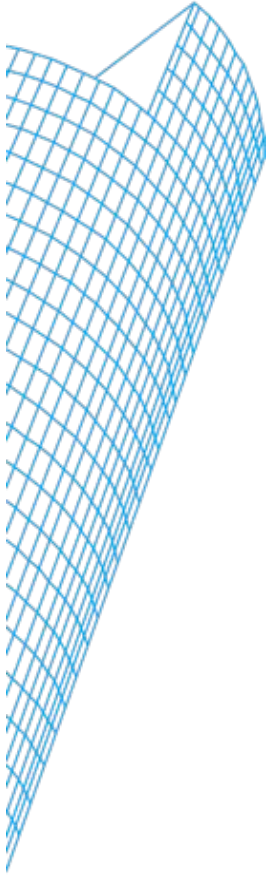
generando ideas
transformadoras.



Tareas en la Planeación de la Distribución (1/3)

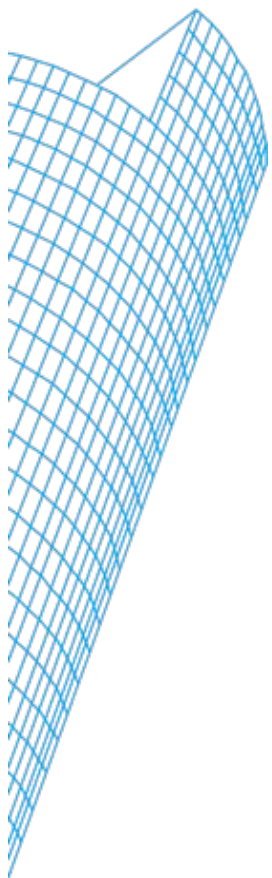
1. Establecer las **metas** para el sistema
 - ¿Exáctamente que se entiende por “**desempeño satisfactorio**”?
 - ¿**Cómo se mide el desempeño** del sistema?
 - ¿Qué significa “**bajo costo**” y “**menor presupuesto**” para la organización?

Se deben establecer objetivos cuantitativos, sin ambigüedades, para todas las metas de planeación



Tareas en la Planeación de la Distribución (2/3)

2. Establecer el **paradigma de diseño** del sistema que mejor se ajuste a las metas y resultados deseados
 - Existen **diferentes enfoques** para configurar y operar un sistema de distribución (**filosofías de diseño**), cada uno con sus **ventajas y desventajas** según el propósito buscado
 - El equipo de planeación debe entender cómo las **diferencias en el diseño y equipos** en el sistema de distribución afectan el **logro de las metas**



Tareas en la Planeación de la Distribución (3/3)

3. Determinar la **mejor configuración** en el tiempo para su sistema, de manera que se aprovechen al máximo las posibilidades de ahorro o mejora
 - Deben utilizarse **metodologías de planeación amplias y completas**, asegurándose de que nada sea desestimado
 - Se debe contar con los **medios** (**personal**, la **información** y las **herramientas**) que permitan desarrollar **planes robustos, balanceados y fácilmente “vendibles” ante todos los interesados** (*stakeholders*: Junta Directiva, Regulador, Comunidades)



Complejidades y Retos en la PSD

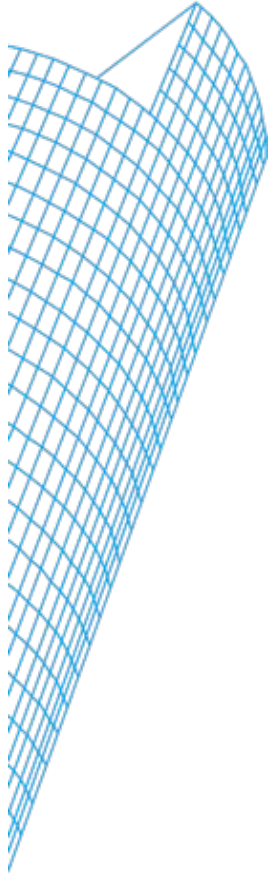


20 AÑOS

generando ideas
transformadoras.

Met. de Planeación de la Expansión de la Distribución | rubendaro.cruz@cidet.org.co

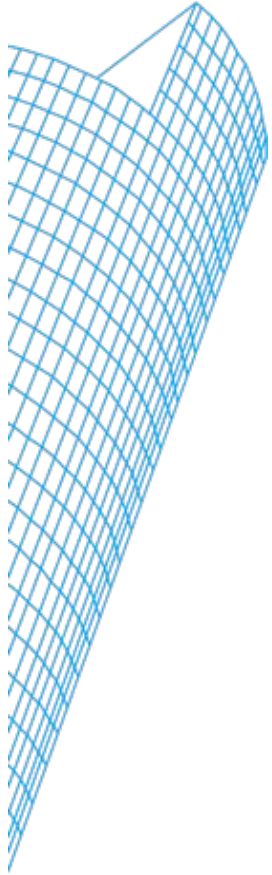
Julio 31, 2015



Complejidad del Proceso

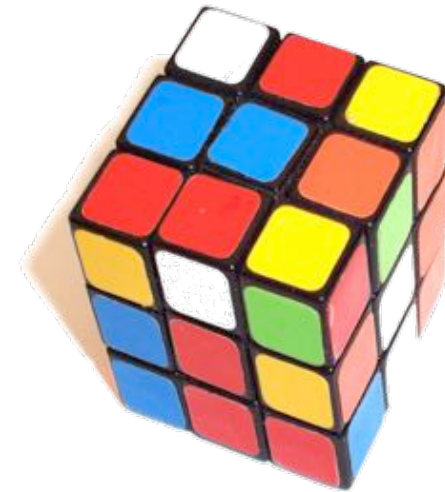
- Los sistemas de distribución (SD) son **entidades complejas y combinatoriales**, por lo que el desempeño y costo del sistema depende de la **coordinación de decenas de miles de equipos y elementos de circuito**

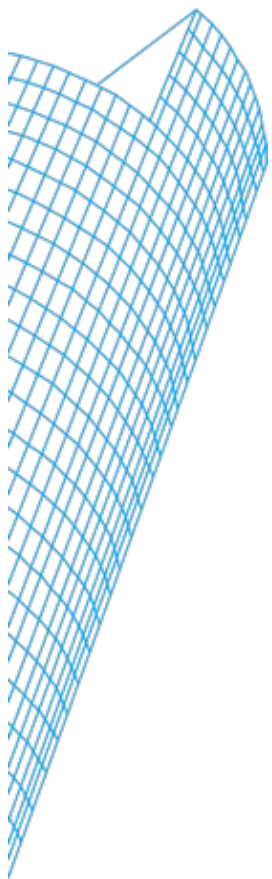




Retos Tradicionales

- **Incertidumbre** de la evolución de la **demanda**, en su localización y en los **costos** de inversión
- Múltiples alternativas para la **ubicación de transformadores y subestaciones**
- Múltiples alternativas para la **ruta y los calibres** de los alimentadores primarios y secundarios
- **Múltiples etapas** de inversión
- **Incertidumbre en las alternativas de financiamiento** de la empresa eléctrica
- Costos asociados a la **confiabilidad**
- **Regulación** del negocio de T&D





Retos Actuales

- En los últimos años se ha **complicado y extendido** el papel del planeador de un sistema de distribución:
 - Gestión explícita de la **confiabilidad**
 - Presión para **reducir inversiones** y mejorar desempeño financiero
 - **Obsolescencia de activos**

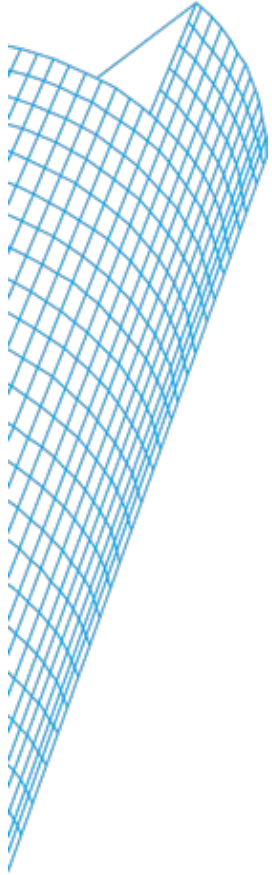




20
AÑOS

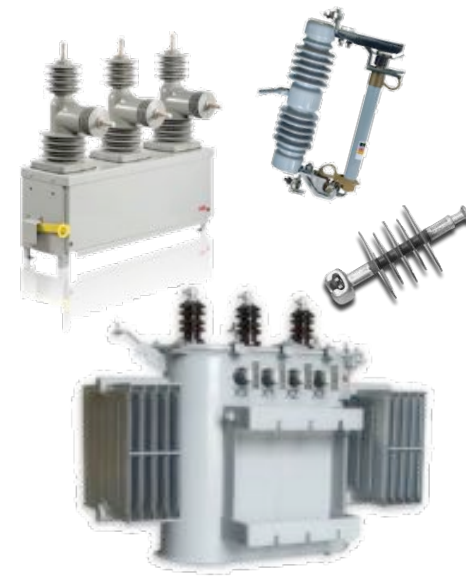
generando ideas
transformadoras.

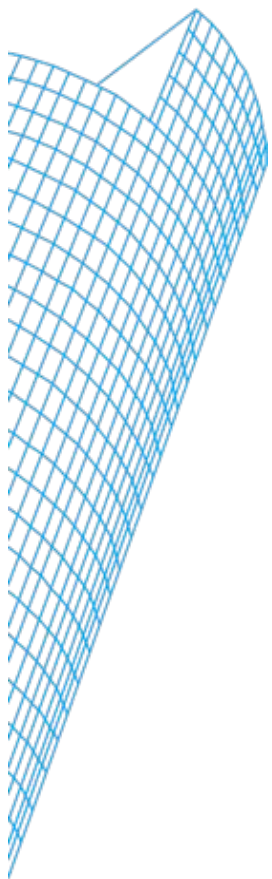
Nuevos Paradigmas



Nuevos Paradigmas (1/2)

- La infraestructura y los equipos no duran para siempre:
 - Debe incorporarse el concepto de “**ciclo de vida**” a la planeación (**edad-estado** de la infraestructura actual, **vida útil** de los nuevos activos)
 - La “**Gestión de Activos Físicos**” (Asset Management) brinda elementos para esto





¿Qué es la Gestión de Activos Físicos?

- “Actividades y prácticas coordinadas y **sistemáticas** a través de las cuales una organización maneja **óptima** y **sustentablemente** sus activos y sistemas de activos, su **desempeño**, **riesgos** y **gastos asociados** a lo largo de sus **ciclos de vida** con el propósito de lograr su **plan estratégico** organizacional”*

O de una manera más sencilla:

La mejor manera de manejar los activos para alcanzar el resultado deseado sustentablemente

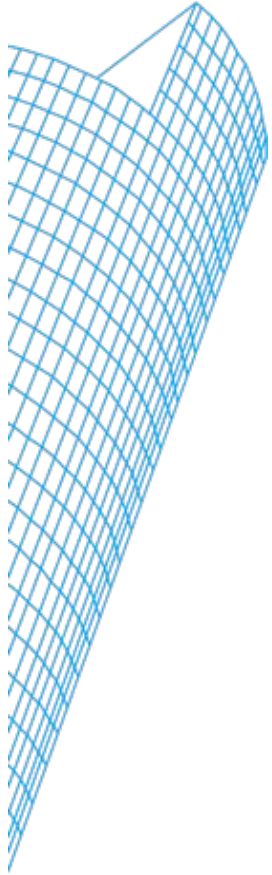


* Definición PAS 55

Ciclo de Vida de Activos

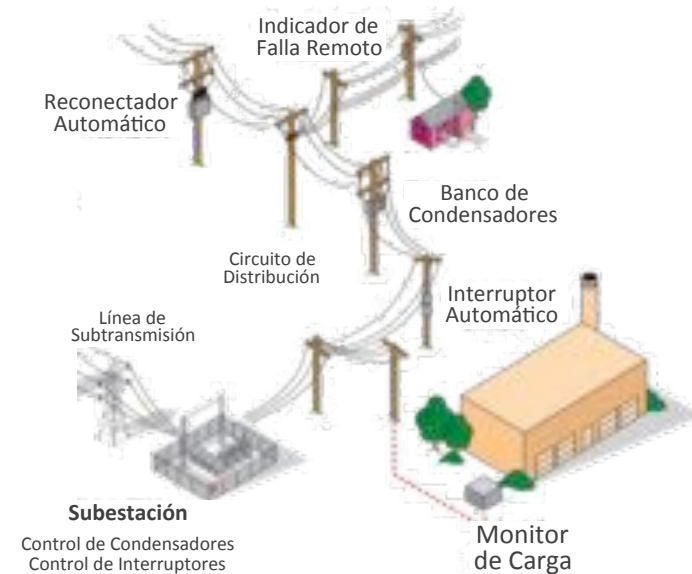


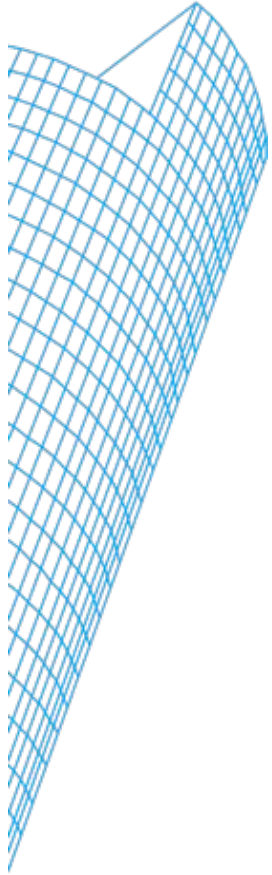
CONCLUSIÓN: La gestión de activos no involucra simplemente a los activos, sino también a su función e involucra al negocio y la organización como un todo (**especialmente al proceso de planificación de la expansión**)



Gestión de Activos y Planeación

- No se pueden tomar decisiones de expansión considerando únicamente los **costos de inversión y operación (pérdidas)** sin evaluar el **costo total (AOM)** a lo largo del ciclo de vida de los activos
- Toda decisión de expansión debe **balancear costo-riesgo-desempeño** durante el ciclo de vida
- Deben estimarse y considerarse las **vidas remanentes** dentro del proceso de planeación



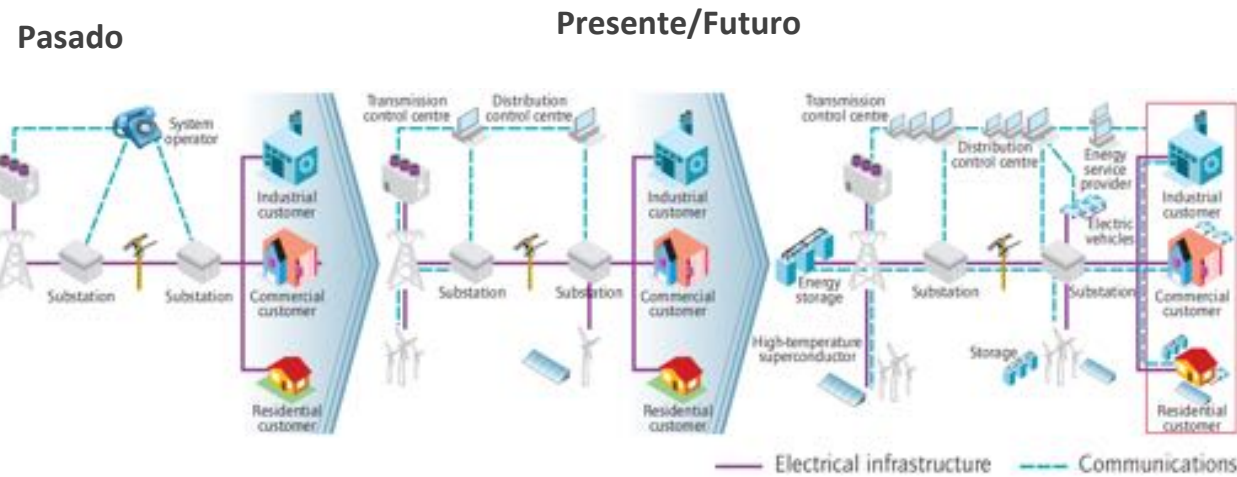


Nuevos Paradigmas (2/2)

- Los sistemas eléctricos son cada vez **más** “**Inteligentes**” (***Smarter** **Grids***) - 26608
 - Nuevas **tecnologías** (medición inteligente, operación remota, etc.) y **sistemas** (SCADA, DMS, EMS, OMS, ERP, AM, CIS, GIS, etc.) y **recursos** (Generación Distribuida, Cogeneración, etc.) a ser considerados en el proceso de expansión



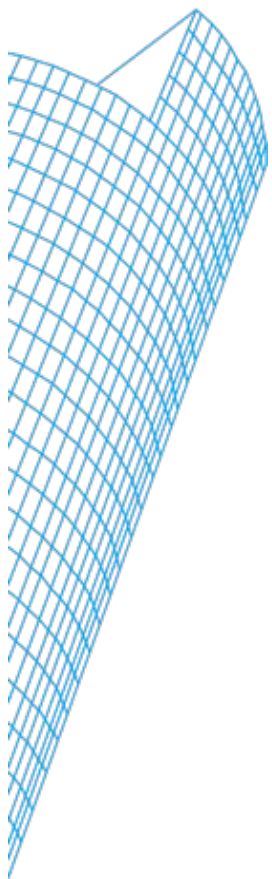
- El futuro ya está pasando



Sistemas Eléctricos cada vez más inteligentes:

Las tecnologías de redes inteligentes han emergido de la utilización, **desde hace ya bastante tiempo (80-90)**, del control electrónico, la monitorización y medición remota

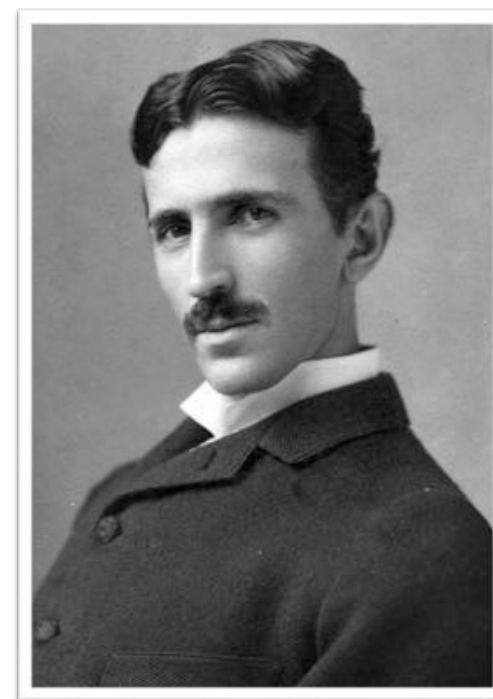
¡No es algo nuevo!



¿Cuándo llegarán las redes más inteligentes?

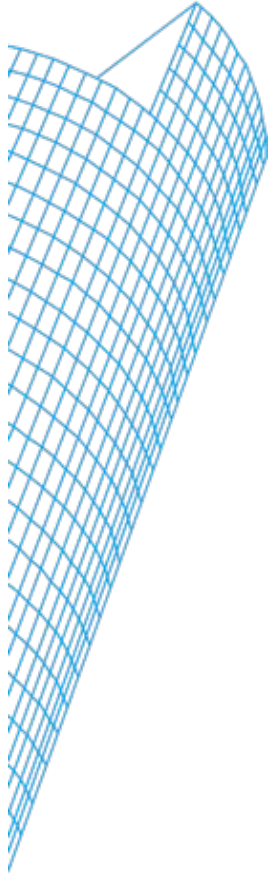
- Nikola Tesla (1856-1943)
 - Inventor de la transmisión inalámbrica de datos y energía entre 1880 y 1920[†] (presentó un bote conducido por telecontrol en 1898[‡])
 - Patentó un aparato para aprovechar energía solar (1901)[‡]
 - Patentó en 1918 un auto eléctrico, con velocidad máxima de 90 km/h (Pierce Arrow)[‡]

Con estos inventos integrados a la red eléctrica, es posible afirmar que desde el punto de vista técnico, fue **Tesla el que dió origen a lo que hoy se llama redes inteligentes** (smart grids)



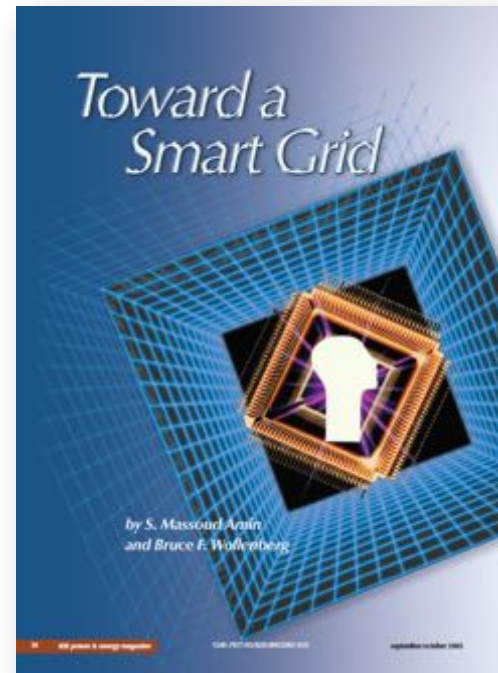
[†] Torres, H., "Nikola Tesla: el hombre que inventó el siglo XX", Innovación y Ciencia, 9:8-12, Colombia, 2000

[‡] Torres, H., Luna, B. E., "Las smart grids no son inteligentes", Innovación y Ciencia, 20:50-55, Colombia, 2013

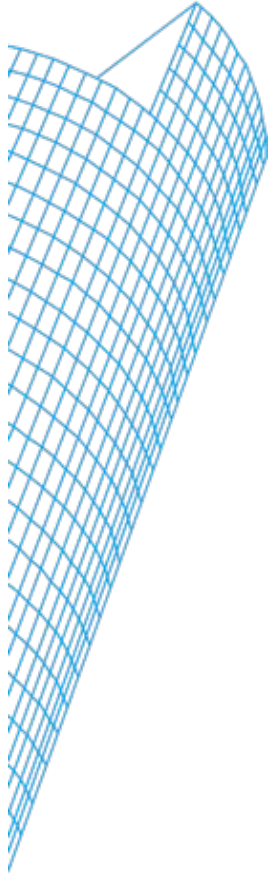


Origen del Término*

- El término se ha utilizado desde al menos 2005 cuando fue utilizado en el artículo “**Toward a Smart Grid**” de **M. Massoud Amin** y **Bruce F. Wollenberg** (*IEEE Power & Energy Magazine, September-October 2005*)



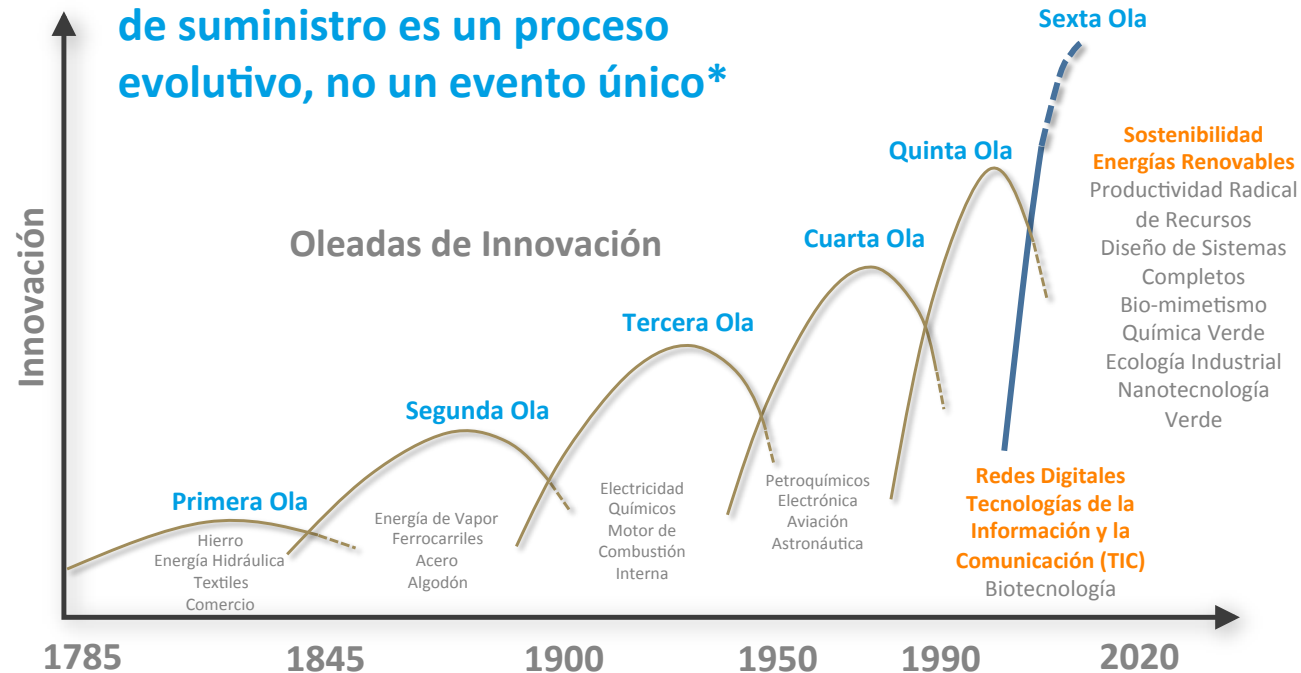
http://massoud-amin.umn.edu/publications/Smart_Grid_IEEE_P&E_Amin_Wollenberg.pdf



Redes más Inteligentes

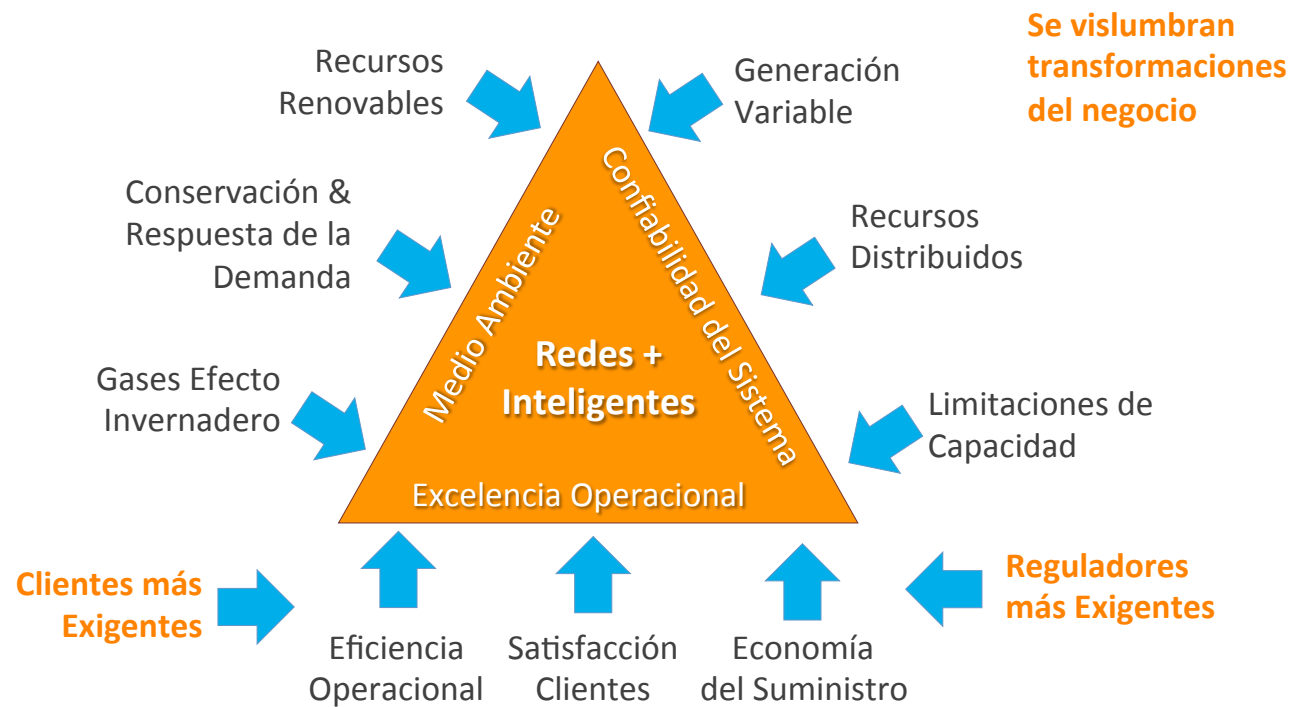
- Evolución de la Tecnología

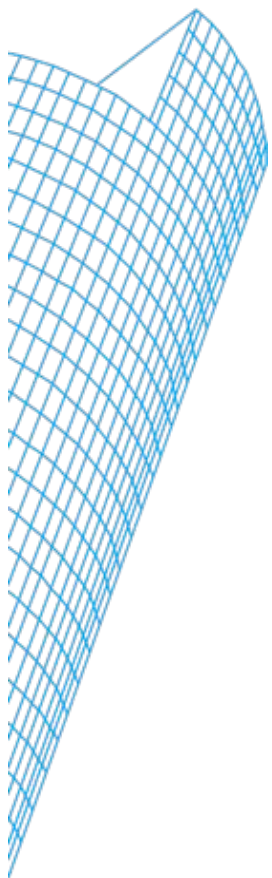
La “*intelligenización*” de los sistemas de suministro es un proceso evolutivo, no un evento único*



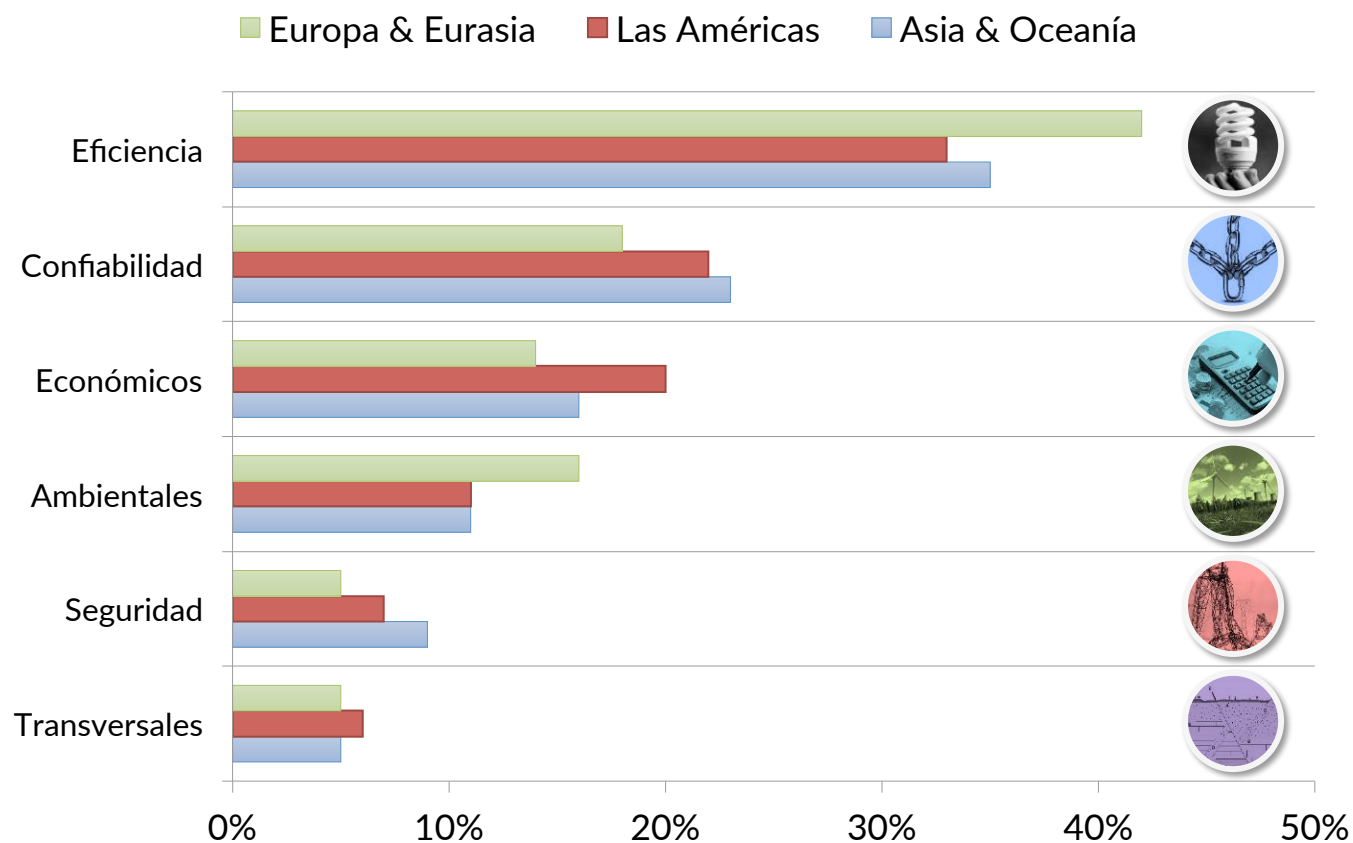


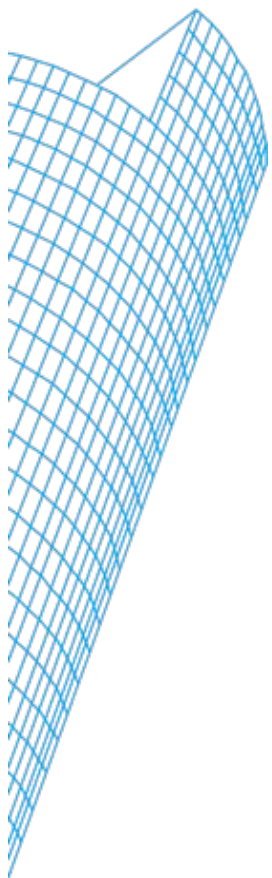
Sin embargo, si se están presentando mayores exigencias y urgencias....





Factores Motivadores de las Redes más Inteligentes*



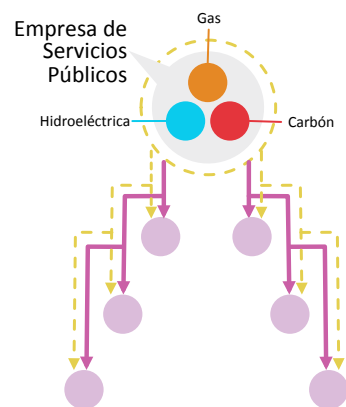


Si no han cambiado los objetivos, no es sólo tecnología y no es algo nuevo...

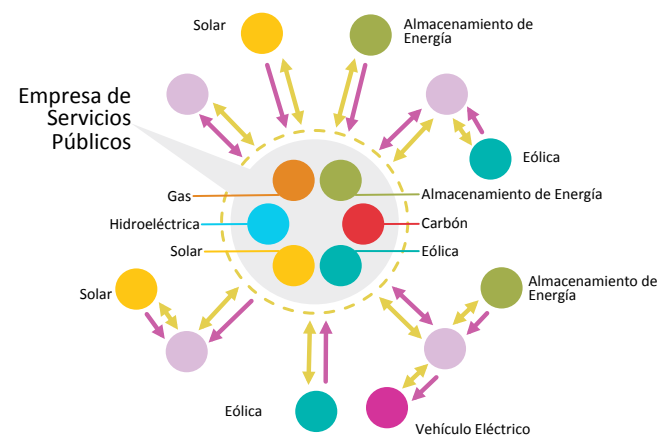
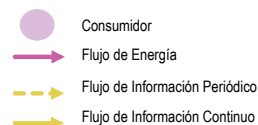
¿Por qué estamos hablando de Redes más Inteligentes?

- Porque las **redes inteligentes (*smart grids*) son el nombre “mediático/comercial”** de la evolución tecnológica actual de todo el sector de servicios públicos domiciliarios a partir de una mayor integración de las TIC
- Porque se debe tomar una decisión:
¿Qué tan activamente participar de esta evolución para obtener el mayor beneficio en el momento oportuno?
- **¡MEDIO PARA UN FIN, NO SON UN FIN EN SI MISMO!**

Definición de “Red más Inteligente”

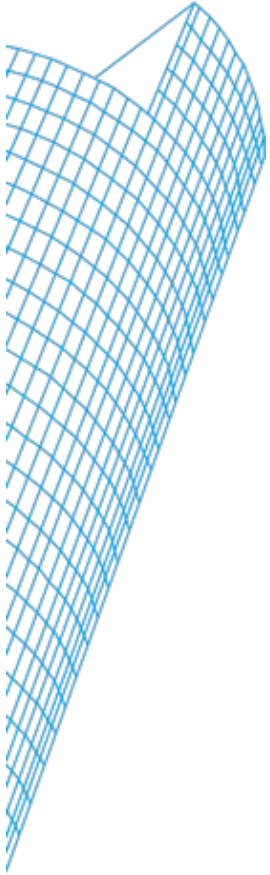


Entorno Tradicional [2]



Entorno “más Inteligente” [2]

“...evolución de la red actual para tener en cuenta nuevos requisitos, para desarrollar nuevas aplicaciones/servicios/negocios y para integrar tecnologías actuales/emergentes (en particular las TIC) que faciliten alcanzar las metas empresariales” [1]



Definición de Inteligencia

inteligencia

(<http://lema.rae.es/drae/?val=inteligencia>)

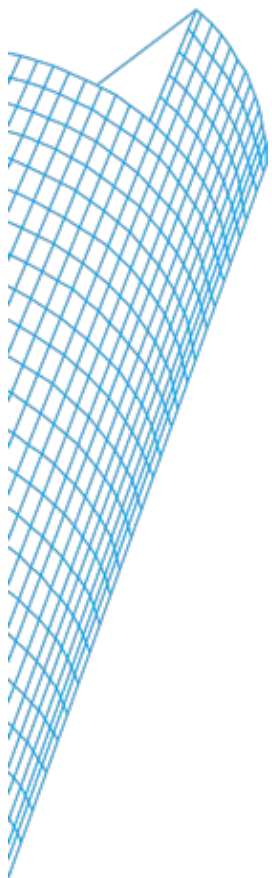
(Del lat. intelligentĭa)

- f. Capacidad de entender o comprender.
- f. Capacidad de resolver problemas.
- f. Conocimiento, comprensión, acto de entender.
- f. Sentido en que se puede tomar una proposición, un dicho o una expresión.
- f. Habilidad, destreza y experiencia.
- f. Trato y correspondencia secreta de dos o más personas o naciones entre sí.
- f. Sustancia puramente espiritual.

inteligencia artificial

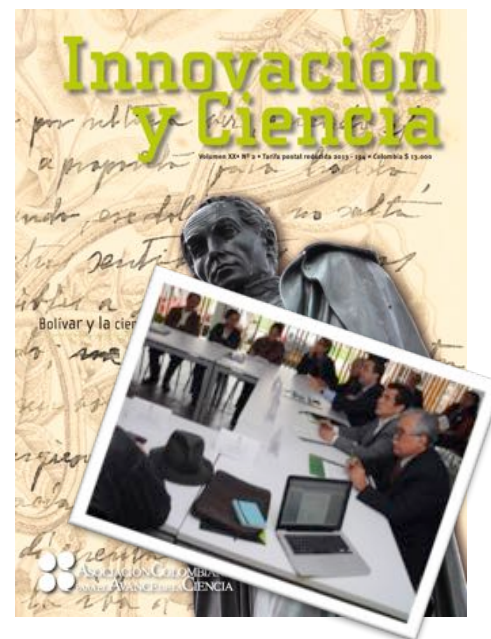
- f. Inform. Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico



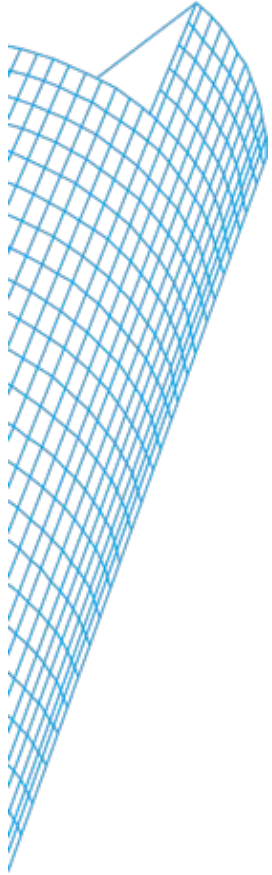


No todos están de acuerdo...

- “**Una red, un edificio, un teléfono o una cosa, no pueden ser considerados conceptualmente inteligentes.** Si nos remitimos al sentido estricto del concepto y comprendemos las implicaciones que éste conlleva, no es posible transferir o incorporar a objetos inanimados el significado, en su esencia, de una manifestación humana como la inteligencia, el pensamiento y el lenguaje...
- ... esta arbitrariedad obedece a una **mala traducción del término** o al **desconocimiento profundo de su significado** o tal vez a una **estrategia comercial** o simplemente a una **combinación de estas**”*



* Torres, H., Luna, B. E., “Las smart grids no son inteligentes”, Innovación y Ciencia, 20:50-55, Colombia, 2013

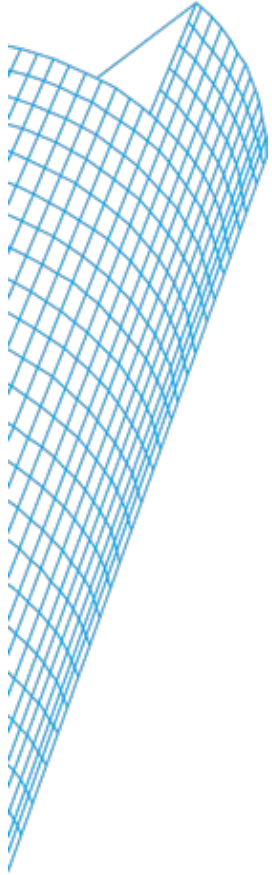


Hipercorrección

- “Entre los hablantes de una lengua hay personas víctimas del llamado "**prurito de corrección**", consistente en el **deseo persistente y excesivo de querer hablar y escribir** según lo que ellos creen es la **doctrina oficial del idioma...**”



* Bernardo Mayorga R., mayorga@uis.edu.co, Mensaje de correo-e a comunidad-universitaria@uis.edu.co, Julio 19, 2014



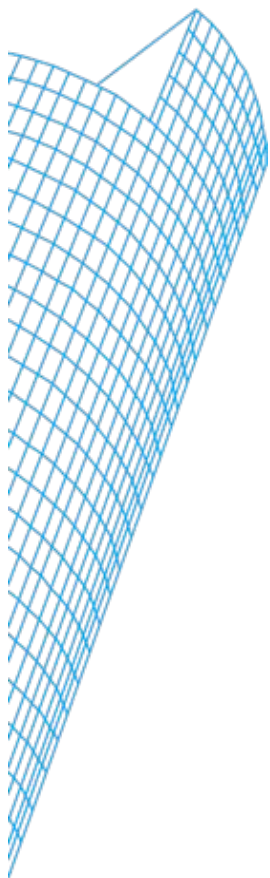
Características de una Red más Inteligente

- **Auto-restauración** que recupera el servicio más rápidamente (resilencia)
- **Interactividad** con clientes y mercados (flujos de energía/información bidireccionales en tiempo real)
- **Optimización** de recursos (eficiencia en tiempo real)
- **Predicción** de situaciones que conllevan a emergencias
- Activos, información y recursos **distribuidos**
- **Integración** de toda la información y sistemas relevantes (interoperabilidad)
- **Más segura** ante amenazas y todo tipo de peligro

¿Qué involucran las redes más inteligentes?



¡No es sólo tecnología!



Tecnologías para Redes más Inteligentes (1/5)



GENERACIÓN



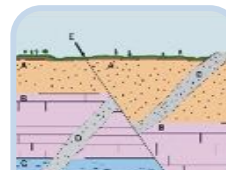
TRANSMISIÓN



DISTRIBUCIÓN

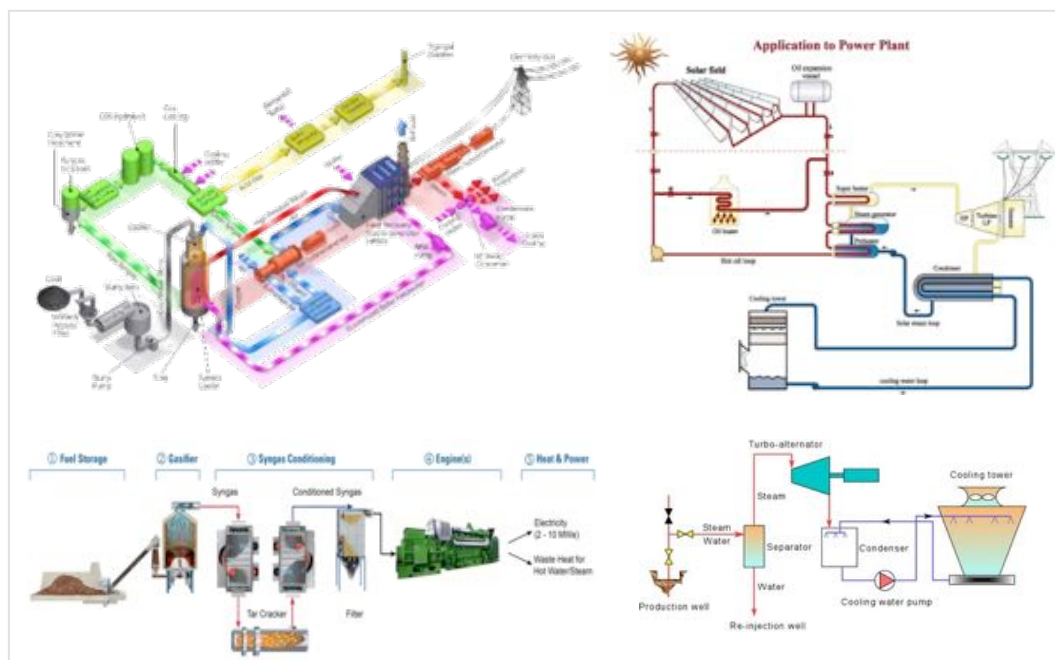


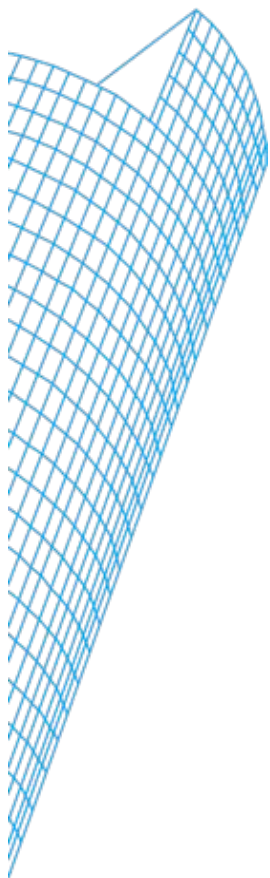
USUARIO FINAL



TRANSVERSALES

Carbón limpio (e.g, ciclo combinado con gasificación integrada)
Ciclo combinado de gas natural
Nuclear
Eólica
Solar fotovoltaica y termosolar
Mareomotriz
Energía termal oceánica
Undimotriz
Geotérmica
Biomasa
Biogas





Tecnologías para Redes más Inteligentes (2/5)



TRANSMISIÓN

Herramientas de planación de recursos, análisis y pronóstico
Integración de fuentes de energía renovable variable de gran escala
Sistemas de medición fasorial (PMU)
Sensores en líneas y subestaciones
Tecnologías de alto voltaje DC (HVDV)
Sistemas Flexibles de Transmisión AC (FACTS)
Límites térmicos dinámicos de circuitos
Conductores avanzados para líneas de transmisión
Dispositivos superconductores de alta temperatura (e.g. SFCL, cables, etc.)
Líneas de transmisión de Alto Voltaje AC



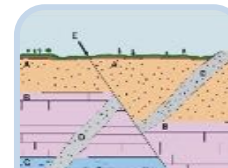
GENERACIÓN



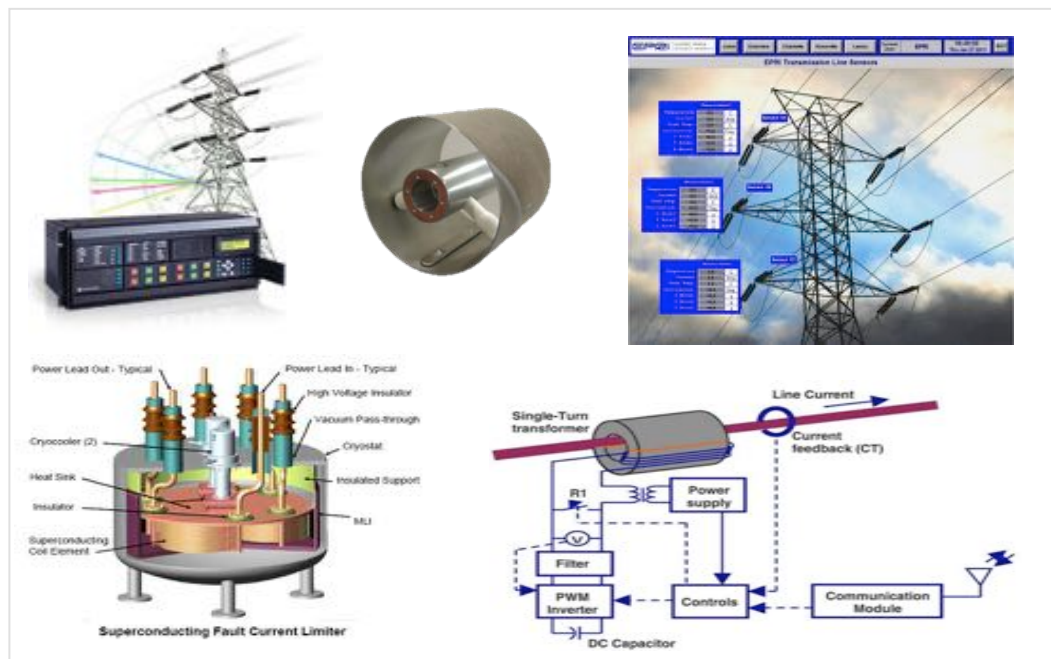
DISTRIBUCIÓN

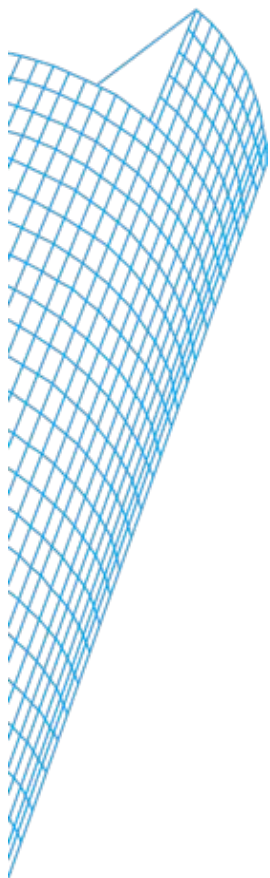


USUARIO FINAL



TRANSVERSALES





Tecnologías para Redes más Inteligentes (3/5)



DISTRIBUCIÓN

Sistemas de gestión de la distribución y las interrupciones (DMS, OMS)

Automatización de los circuitos alimentadores de distribución

Detección, identificación y despeje de fallas (FDIR)

Control directo de carga

Monitoreo y mantenimiento basado en la condición

Control de tensión y reactiva

Automatización de condensadores

Infraestructura de medición avanzada (AMI)

Sistemas de trastienda para el negocio (sistemas de información geográfica, sistemas de gestión de interrupciones, sistemas de información de los clientes, sistemas de gestión de los datos de medida)



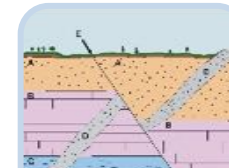
GENERACIÓN



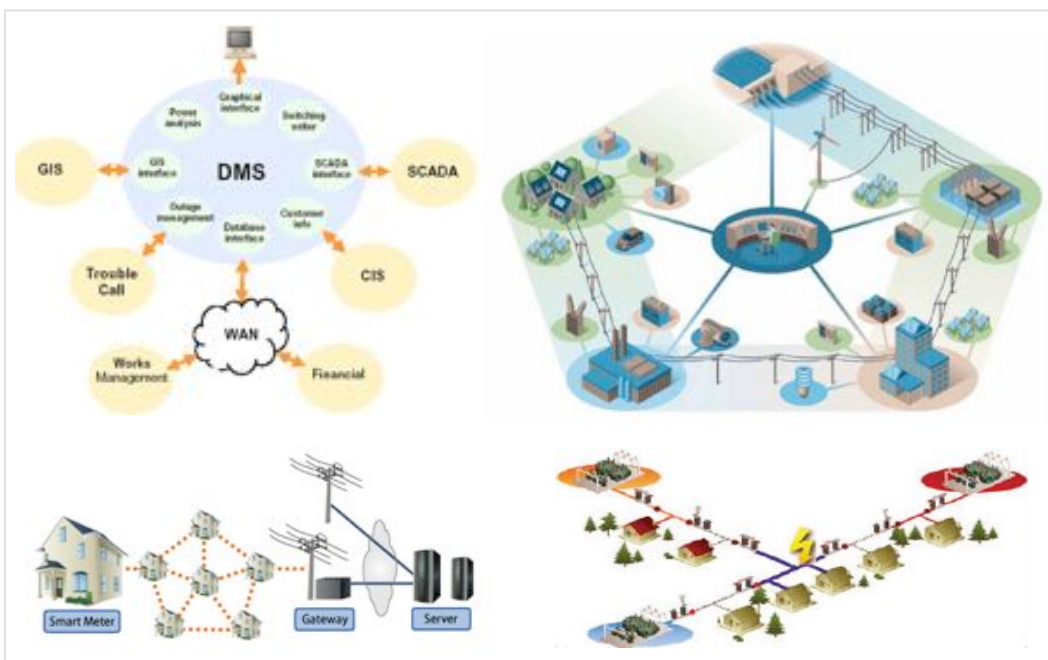
TRANSMISIÓN

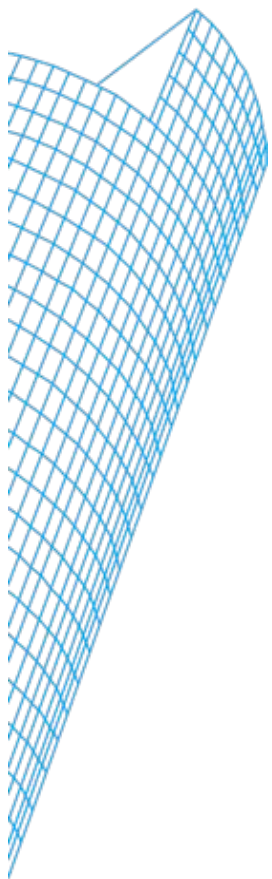


USUARIO FINAL



TRANSVERSALES





Tecnologías para Redes más Inteligentes (4/5)



USUARIO FINAL

Gestión de energía de los usuarios residenciales
(incluyendo pantallas, redes de área residencial, integración del comportamiento del usuario, herramientas de software, electrodomésticos inteligentes)

Gestión de energía y automatización de edificios

Vehículos eléctricos e infraestructura de recarga

Micro y mini redes

Recursos energéticos locales sostenibles



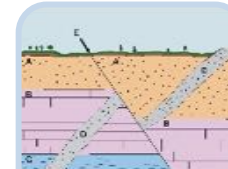
GENERACIÓN



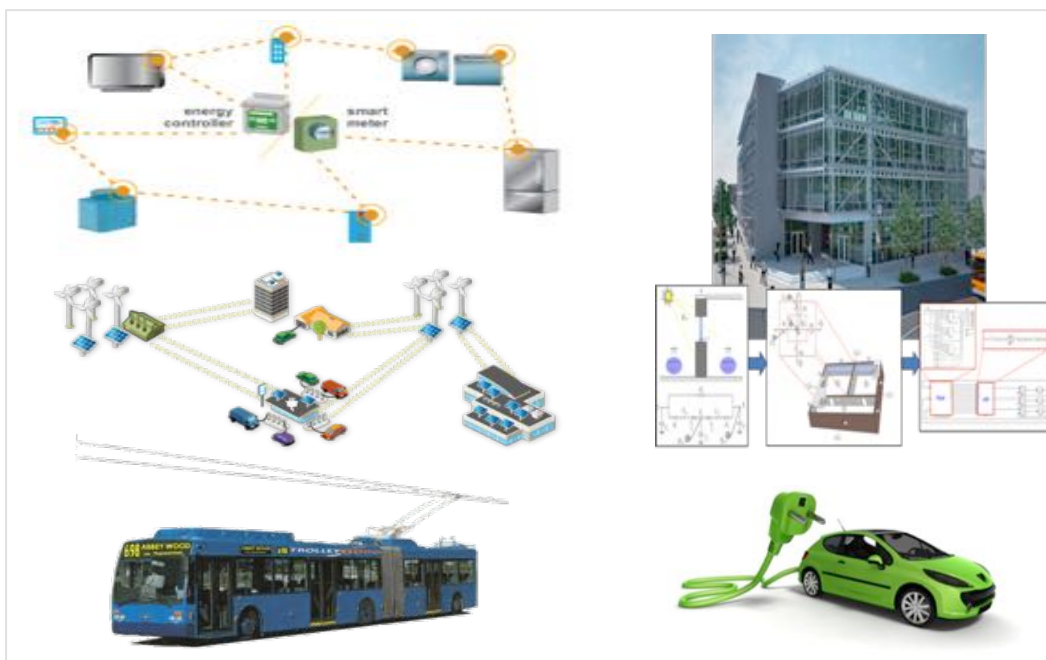
TRANSMISIÓN

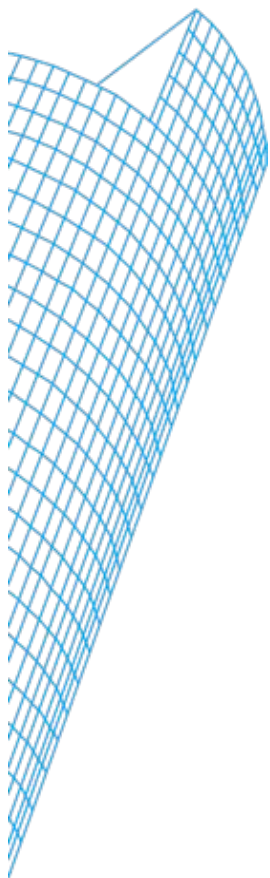


DISTRIBUCIÓN

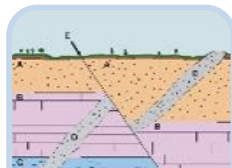


TRANSVERSALES





Tecnologías para Redes más Inteligentes (5/5)



TRANSVERSALES

Herramientas para planeación, operación y análisis

Monitoreo, medida y control exhaustivo del sistema ("wide")

Dispositivos Inteligentes de Electrónica de Potencia

Recursos energéticos distribuidos

Almacenamiento de energía

Respuesta de la demanda

Estándares y evaluación de la conformidad

Ciberseguridad

Compatibilidad electromagnética

Nuevos modelos de mercado

Herramientas de entrenamiento de operadores y procedimiento de emergencia



GENERACIÓN



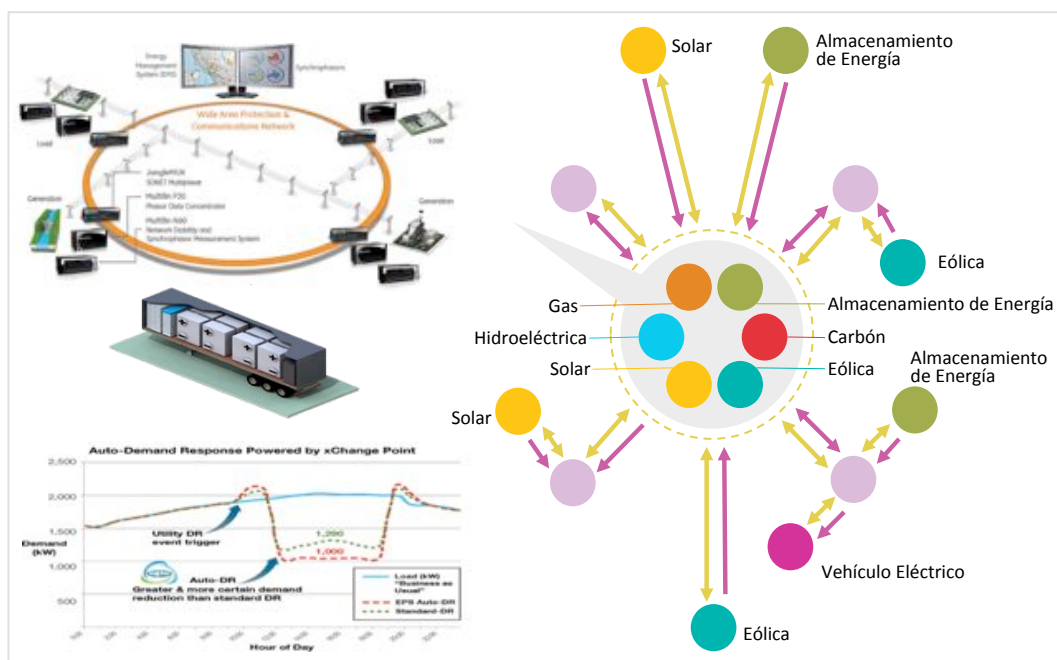
TRANSMISIÓN

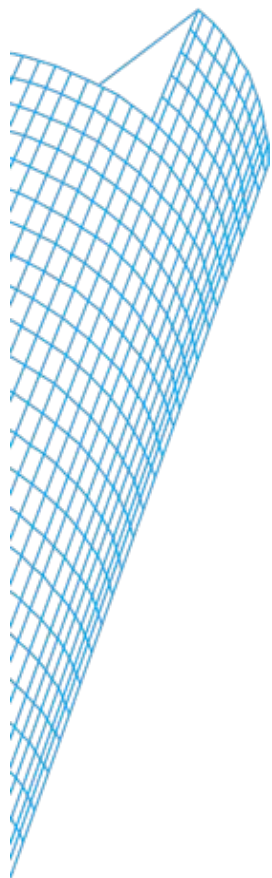


DISTRIBUCIÓN



USUARIO FINAL





* K. Grave. "Flexibility Options in Electricity Systems", IEA DSM Workshop. Junio 10, 2014. Disponible en línea:
http://economie.fgov.be/nl/binaries/IEA_DSM_Flexibility_Options_in_Electricity_Systems_tcm325-249222.pdf

1. **Carbón limpio**
2. **Gas Natural**
3. **Cogeneración**
4. **Renovables**

- Solar (fotovoltaica y termosolar)
- Geotermia
- Eólica
- Biomasa

18. **Sistemas de Información**
(SCADA, DMS, EMS, OMS, ERP, AM, CIS, GIS, etc.)
19. **Reglas del Mercado**
20. **Integración de Mercados**
 - Electricidad-Gas
 - Expansión de mercados (integración regional)
 - Expansión de zonas de control

Almacena-
miento
de Energía

5. **Baterías** (*Battery Energy Storage Systems – BESS*)
6. **Superconductores magnéticos** (*Super-conducting Magnetic Energy Storage- SMES*)
7. **Aire comprimido** (*Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage – AA.CAES*)
8. **Volantes de inercia** (*Flywheels*)
9. **Bombeo hidráulico** (*Pump Storage*)
10. **Ultracapacitores** (Supercapacitors)
11. **Hidrogeno** (energía en gas)

12. Repuesta de la demanda

- Empresas intensivas en energía
- Edificios sostenibles
- Electrodomésticos inteligentes

13. Movilidad eléctrica

- Sistemas de Transporte Masivo
- Vehículos eléctricos

14. Micro y mini redes

15. Generación distribuida

16. Capacidad de Transmisión

- Extra-Alta Tensión AC (*Extra High Voltage AC – EHVAC*)
- Ultra-Alta Tensión AC (*Ultra High Voltage AC – UHVAC*)
- Transmisión en Alta Tensión Continua (*Voltage-source Converters High-Voltage Direct Current – VSC.HVDC*)

17. Control del Flujo de Energía

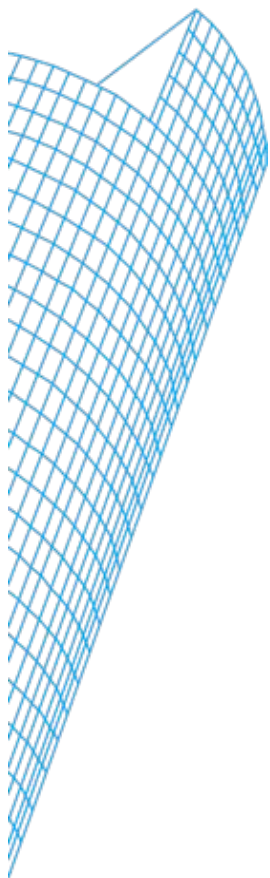
- Sistemas Flexibles de Transmisión AC (*Flexible AC Transmission Systems – FACTS*)
 - Transformadores Desfasadores (Thyristor Controlled Phase-Shifting Transformers – TCPST)
 - Compensación Serie (Static Synchronous Series Compensator – SSSC)
 - Compensación Sincrónica (Static Synchronous Compensator – STATCOM)
 - Compensación Reactiva (Static VAR Compensator – SVC)
 - Controladores de Flujo de Carga (Unified Power Flow Controller - UPFC)
- Transmisión en Alta Tensión Continua (*High-Voltage Direct Current – HVDC*)

Sumi-
nistro

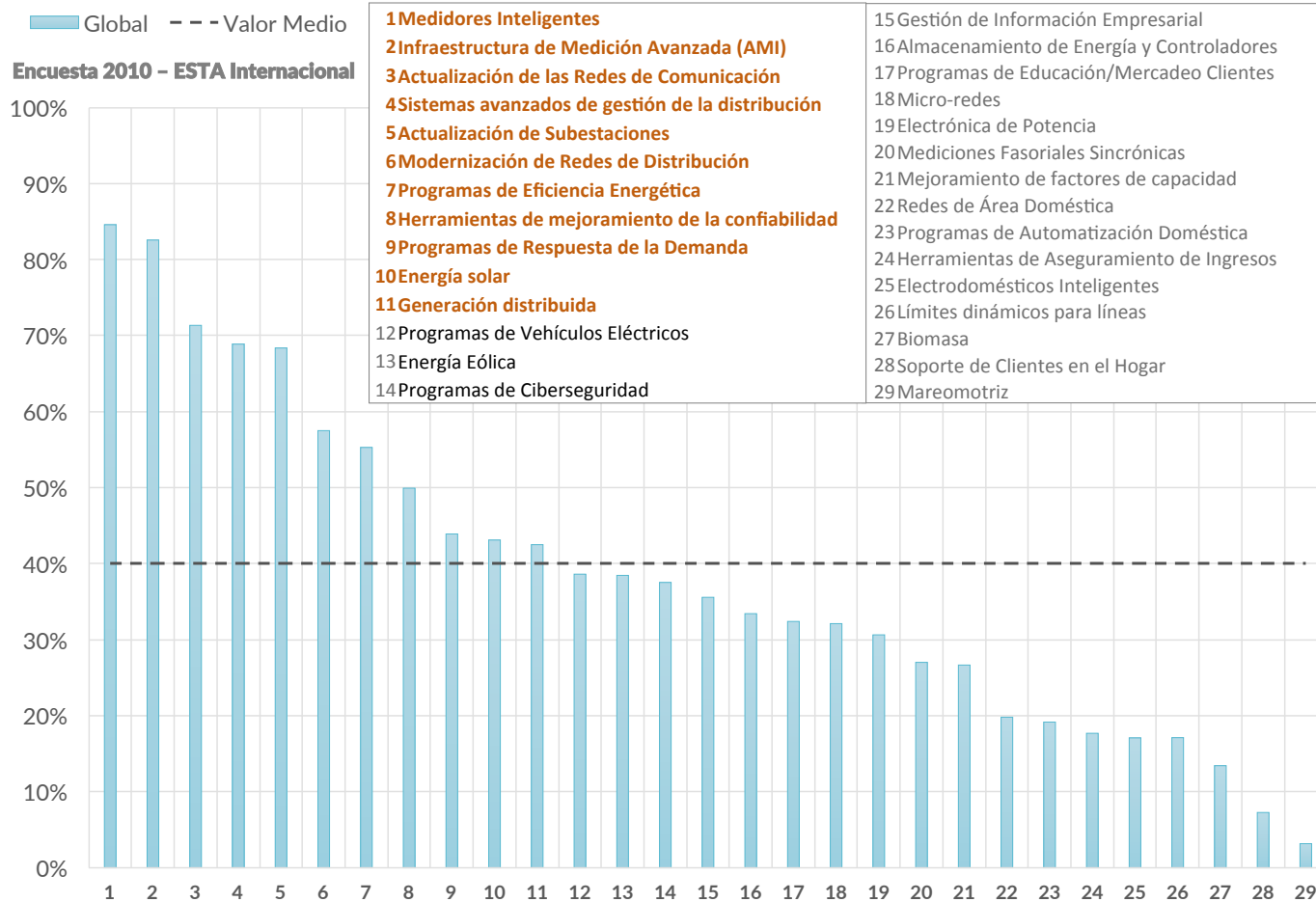
Sistema

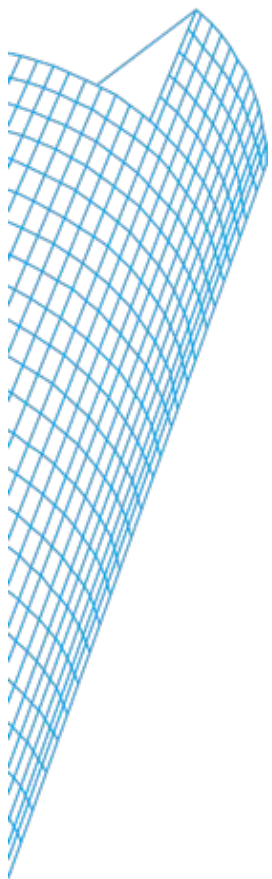
Demanda

Red

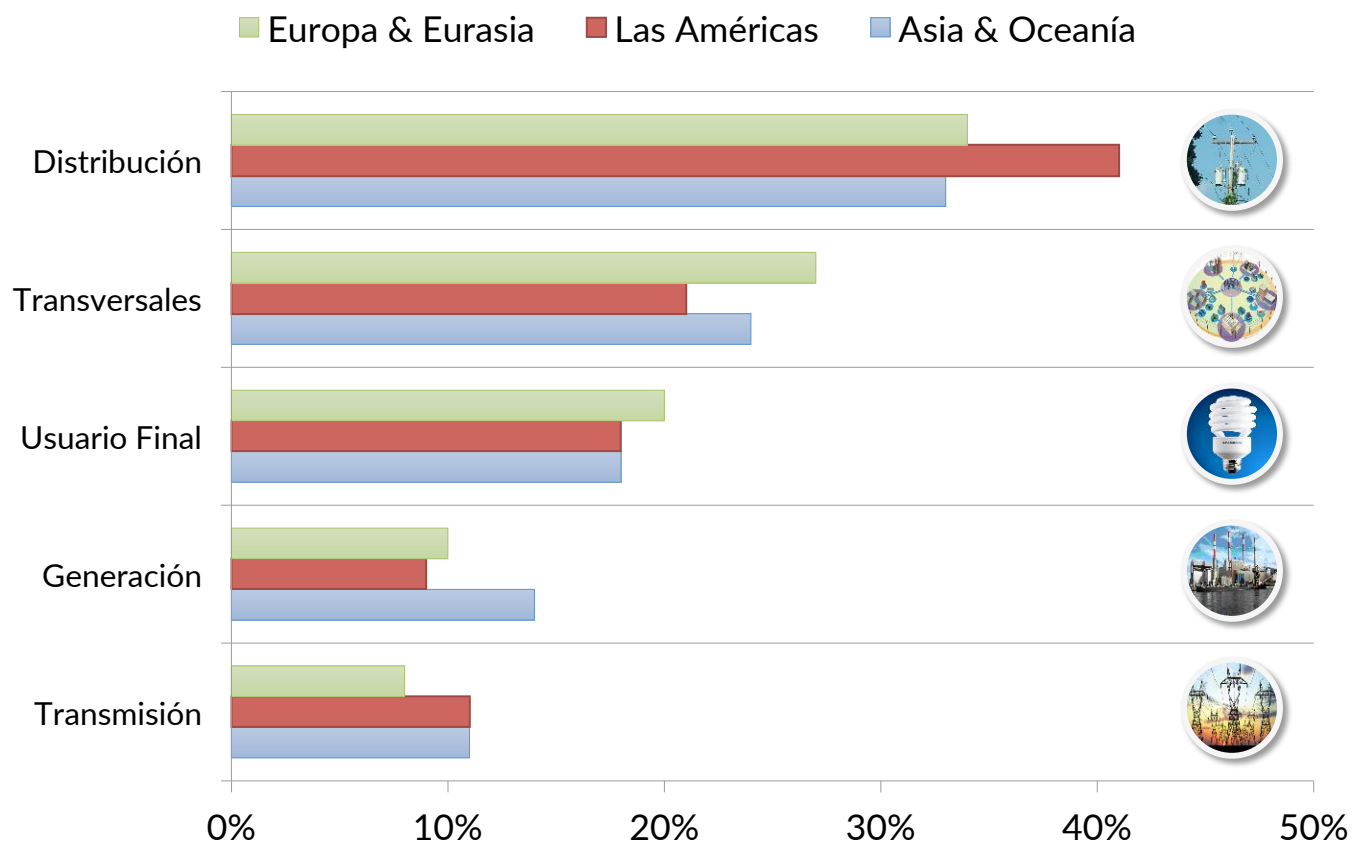


Componentes de las Redes Inteligentes* (1/2)





Componentes de las Redes Inteligentes* (1/2)



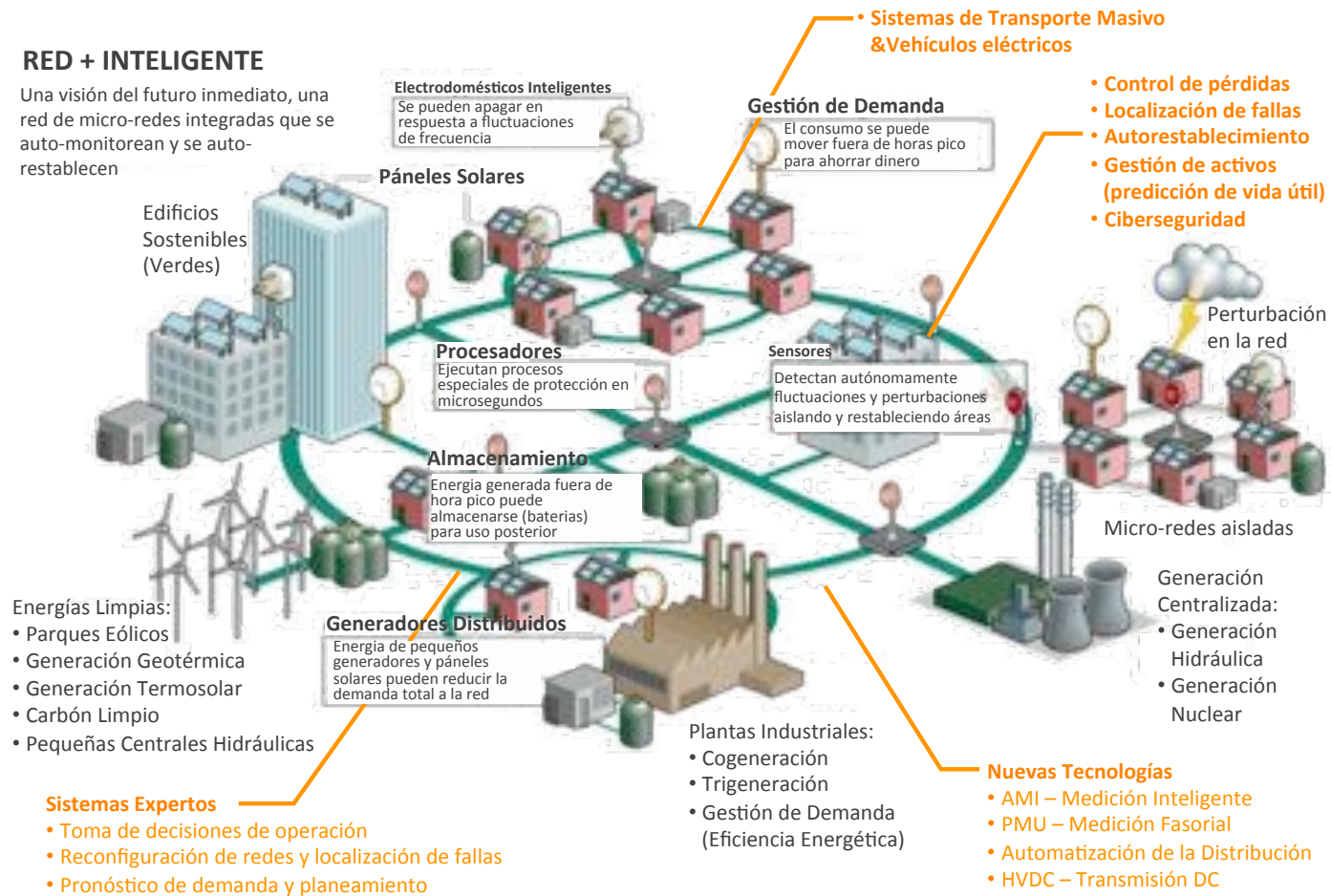
Mayor impacto más cerca del cliente...

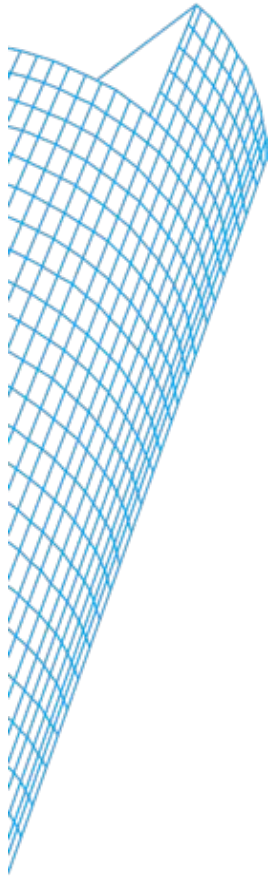


Sistema de Distribución del Futuro

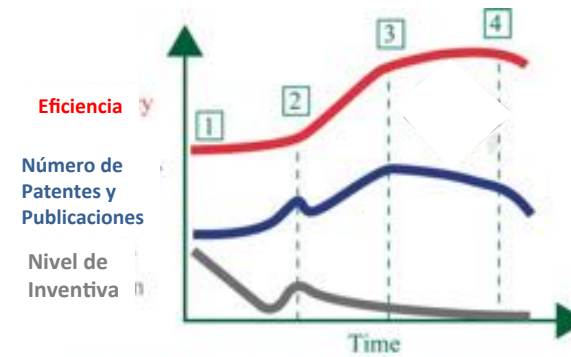
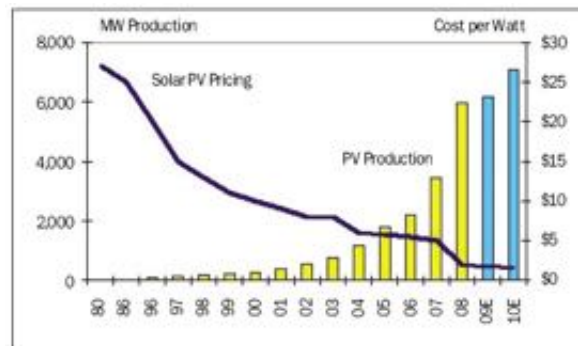
RED + INTELIGENTE

Una visión del futuro inmediato, una red de micro-redes integradas que se auto-monitorean y se auto-restablecen

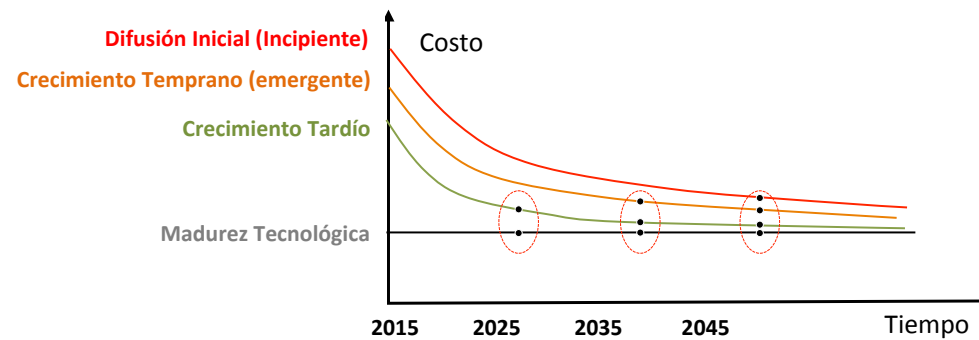


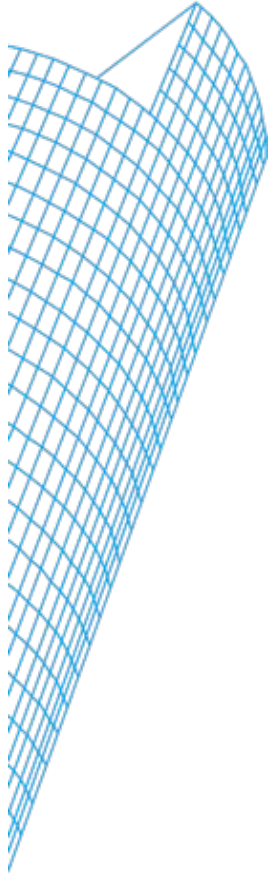


Madurez Tecnológica



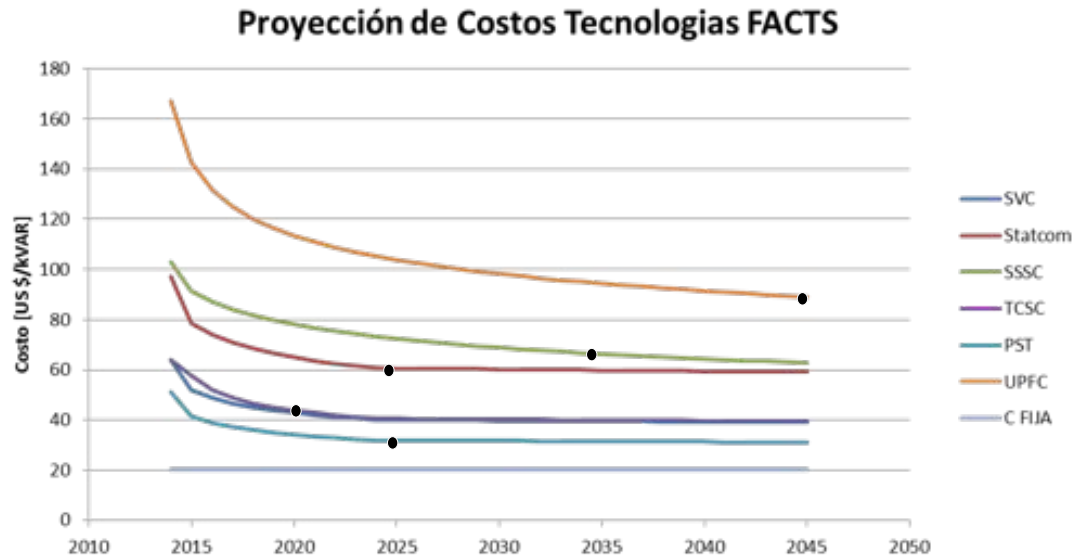
1-2 Difusión Inicial 2-3 Crecimiento Temprano
3-4 Crecimiento Tardío 4 Madurez Tecnológica





Madurez Tecnológica - FACTS

Se espera que en los próximos años los costos de los FACTS se comporten como la curva de aprendizaje típica para nuevos dispositivos tecnológicos, suponiendo que se mantenga la dinámica en las investigaciones de los últimos años, metodología adaptada de (Della, Gryglewicz, & Kort, 2012).



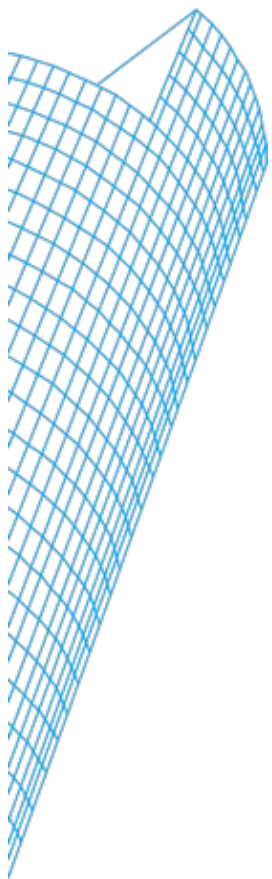
Adaptado a partir de (Della, Gryglewicz, & Kort, 2012).

Futuro del Negocio de Distribución de Energía Eléctrica

- Las empresas de distribución se convertirán en un **“holding” de empresas de servicios** basados en infraestructura y tecnología, en el núcleo de lo que se han denominado **“ciudades y territorios sostenibles”**

<http://www2.schneider-electric.com/images/pictures/solutions/solution/landscape-smart-cities.jpg>





Ciudades y Territorios Sostenibles

- Una ciudad o territorio puede ser calificado como sostenible en la medida que las inversiones que se realicen en la gente, en infraestructura de energía-TIC y en sistemas de transporte y movilidad, logren una **calidad de vida elevada**, un **desarrollo económico-ambiental sostenible** y una **gobernanza participativa**





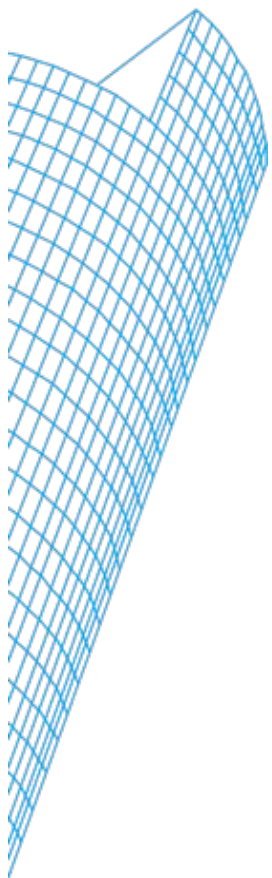
20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.

KEY POINTS

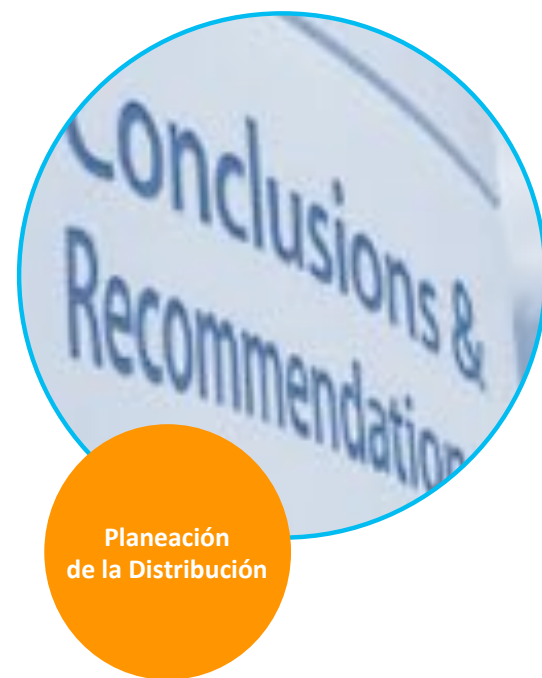
SECONDARY

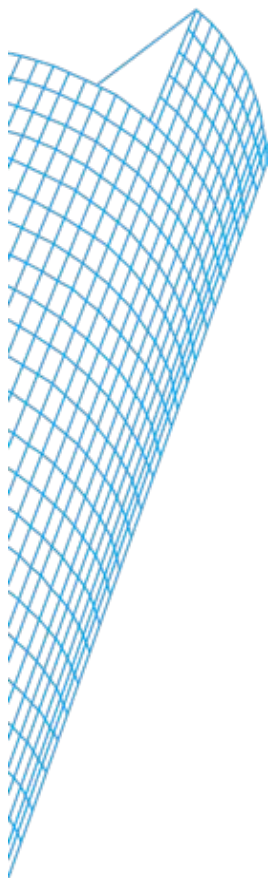
Puntos Clave



Puntos Clave

- El planeador no solo debe realizar el plan sino **brindar los elementos para “venderlo” a todas las partes interesadas** (Junta Directiva, CREG, Comunidades, etc.)
- Los procesos de planeación y la **gestión de activos** no pueden realizarse independientemente
- Las tecnologías bajo el nombre de **“redes inteligentes”** pueden acelerar el logro de los objetivos planteados para el sistema





Preguntas y comentarios...





20 AÑOS
generando ideas transformadoras.

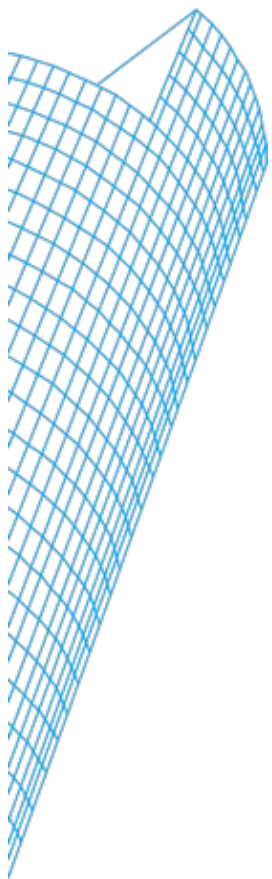
Met. de Planeación de la Expansión de la Distribución rubendaro.cruz@cidet.org.co

Julio 31, 2015

1. Generalidades

Sistemas de Distribución de E.E.

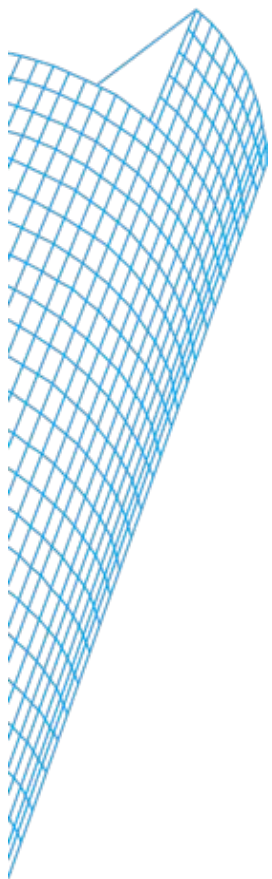




¿Sobre qué conversaremos?

- Sobre el **propósito** de los sistemas de distribución y las **reglas** que gobiernan su **comportamiento, desempeño y costos**

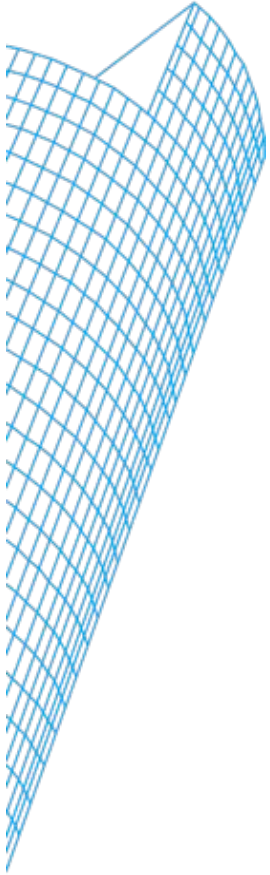




Objetivo

- ¡Nivelar el campo de juego!
- Todos tenemos diferentes antecedentes, por lo tanto diferentes percepciones y criterios



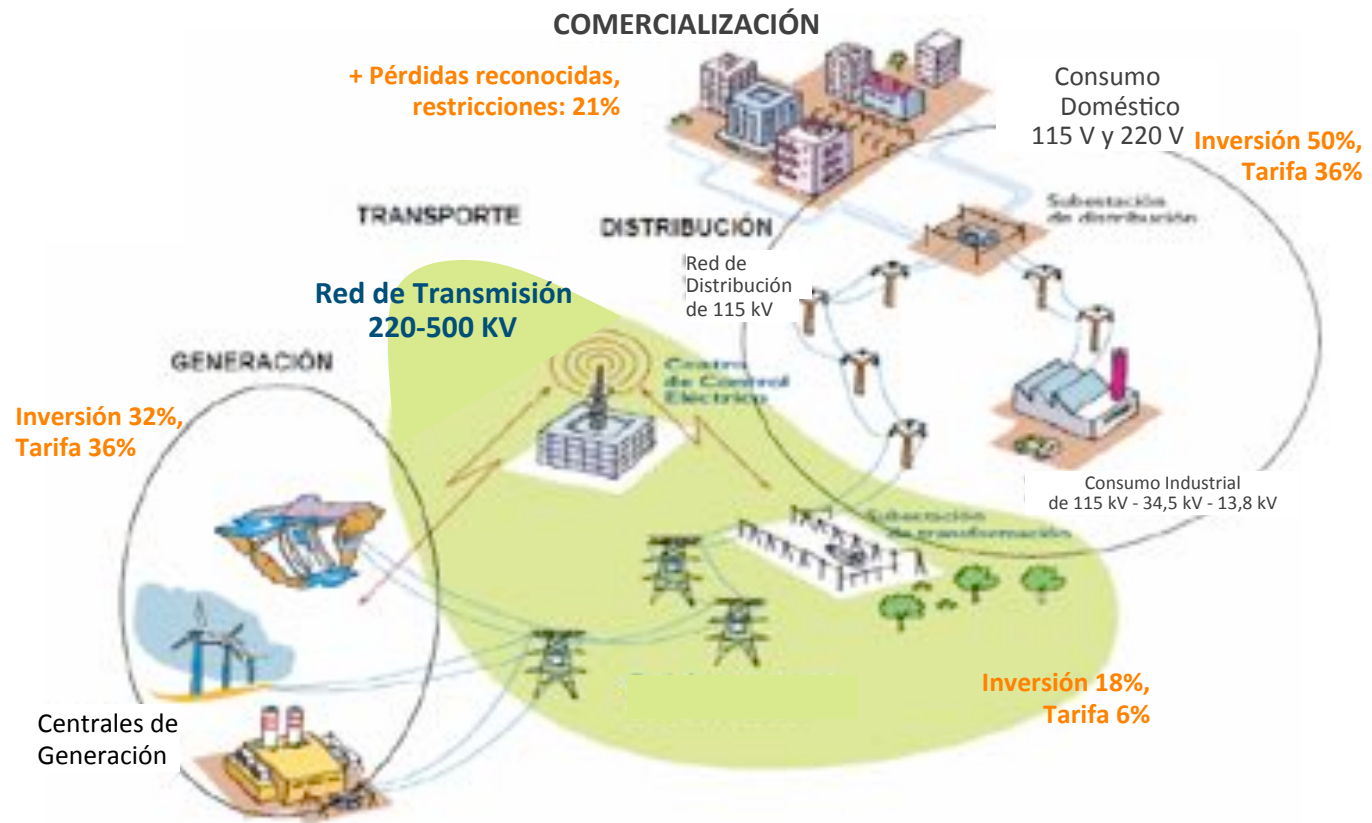


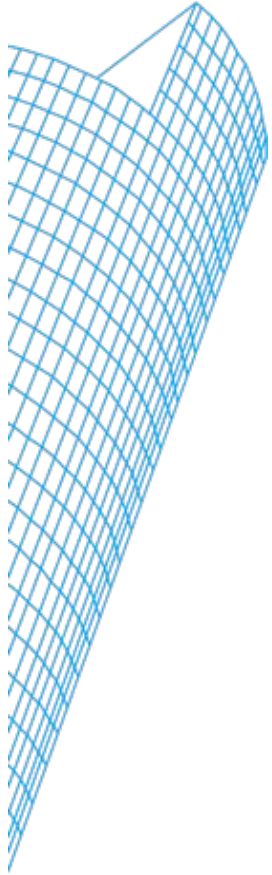
Temas de la Sección 1

- Misión de los Sistemas de Transmisión y Distribución (T&D) - 26600
- Confiabilidad en el Suministro de Electricidad - 26611
- Las “Leyes Naturales” de la T&D
- Niveles en los Sistemas de T&D
- Equipos de Distribución - 26604
- Pérdidas de Distribución
- Potencia en CA
- Distribución Trifásica Balanceada
- Costos de T&D
- Tipos de Configuración de SD
- Áreas de Servicio
- Planeación de las dos-C (Cantidad-Calidad)



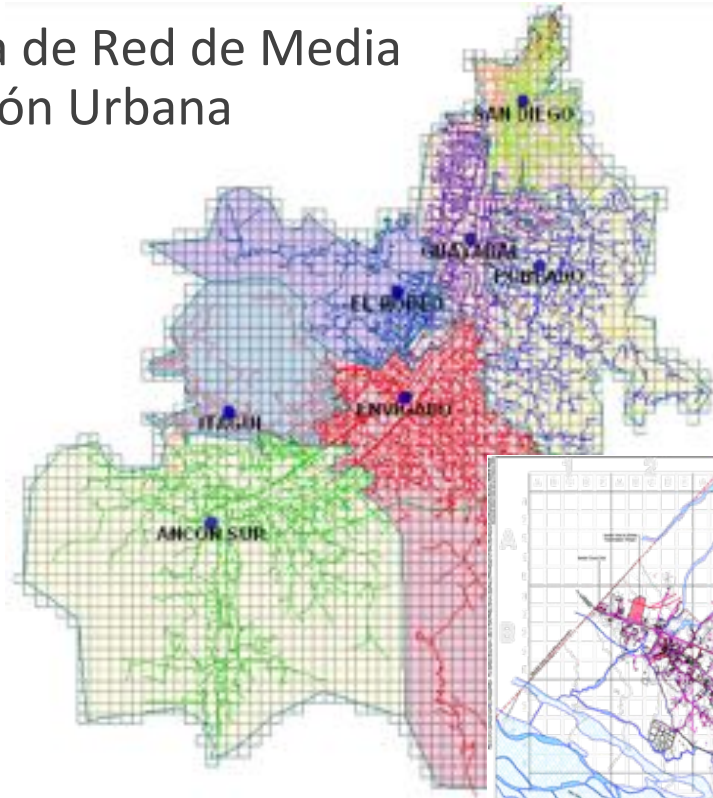
Distribución de Energía Eléctrica (1/3)



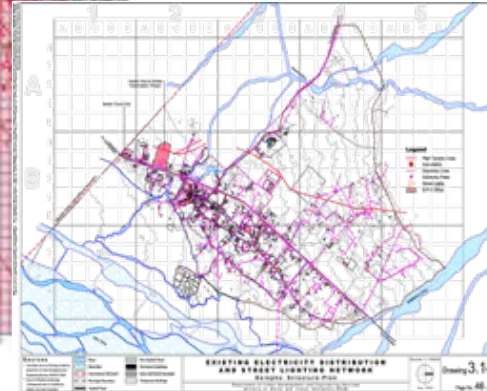


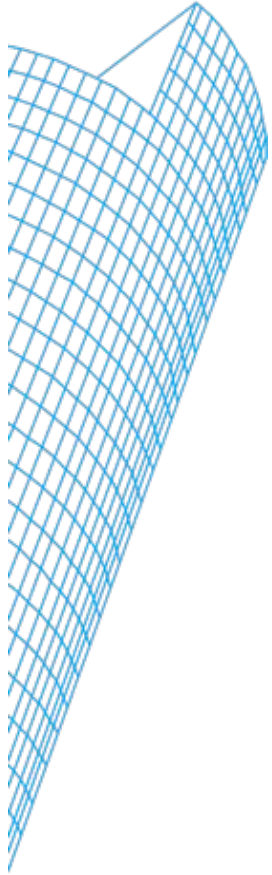
Distribución de Energía Eléctrica (2/3)

- Mapa de Red de Media Tensión Urbana

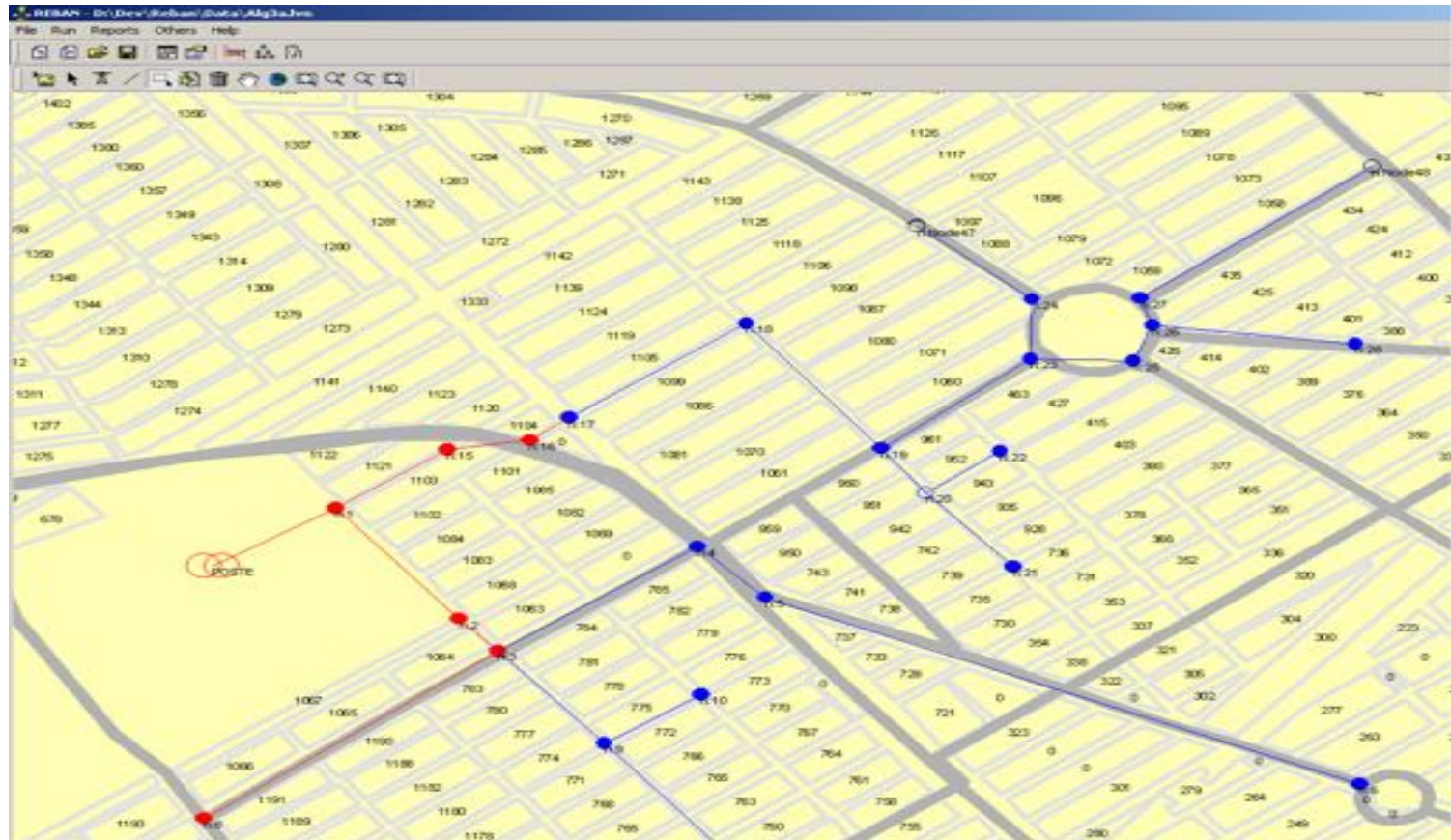


- Redes recorren miles de kilómetros
- Más sujetas a fallas (vegetación, animales, clima, vandalismo, etc.)
- Configuración menos redundante





Distribución de Energía Eléctrica (3/3)





Misión de los Sistemas de Distribución

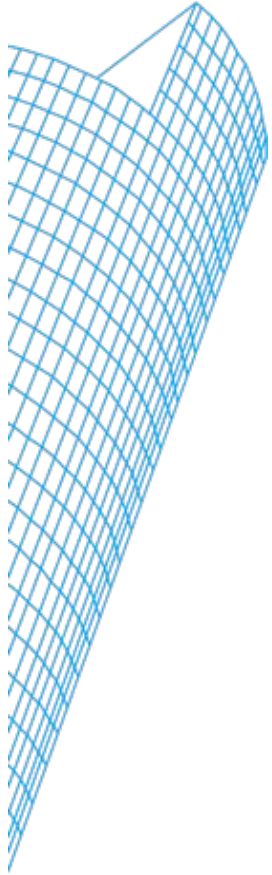


20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.

Met. de Planeación de la Expansión de la Distribución | rubendario.cruz@cidet.org.co

Julio 31, 2015

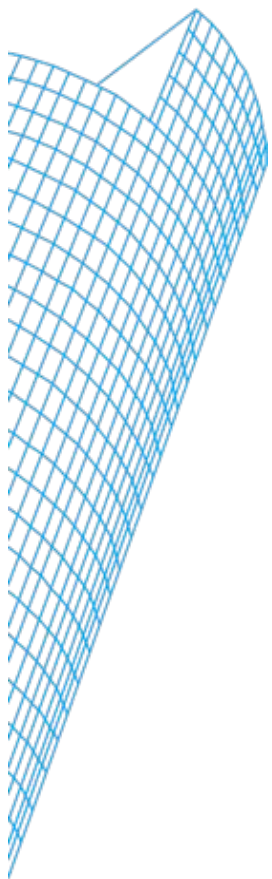


Misión Tradicional de los Sistemas de T&D

Entregar la energía eléctrica que compran los clientes (*de los comercializadores*) en el lugar de consumo con las **características adecuadas** para su utilización inmediata al **menor costo** y de la manera más **segura y estética** posible

1. **COBERTURA:** Cubrir el territorio de servicio, alcanzando a todos los clientes que desean conectarse y comprar energía en ese territorio
2. **CAPACIDAD:** Contar con suficiente capacidad para satisfacer el consumo pico de esos clientes
3. **CONFIABILIDAD:** Suministrar una continuidad adecuada del servicio para los clientes conectados
4. **CALIDAD:** Suministrar una calidad estable de la tensión independiente de los niveles o condiciones de carga



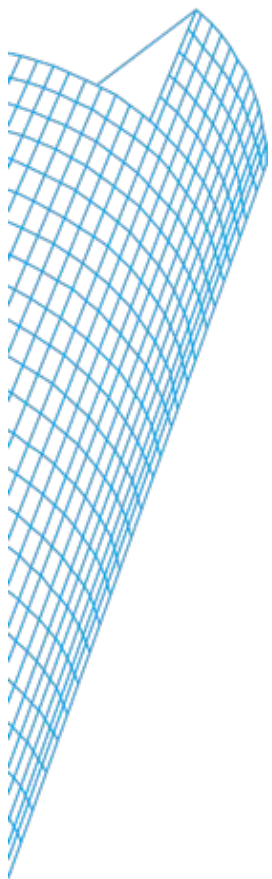


Misión de los Sistemas de T&D (1/2)

- Consumo de Electricidad de Nueva York (Edificio por Edificio)

Un sistema de T&D debe **CUBRIR** el área de servicio con suficiente **CAPACIDAD** en cada punto para satisfacer las necesidades (presentes y futuras) de los clientes

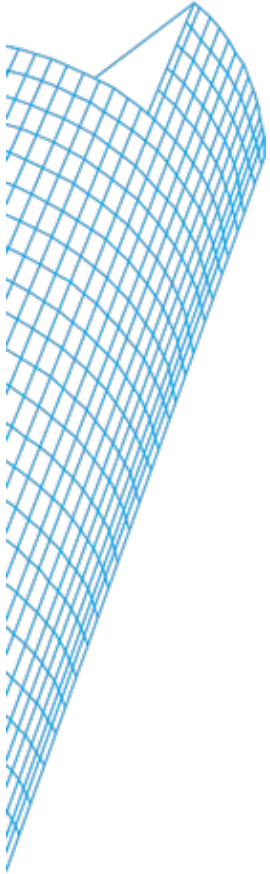




Misión de los Sistemas de T&D (2/2)

- Flujo ininterrumpido (confiable) de energía estable (calidad)

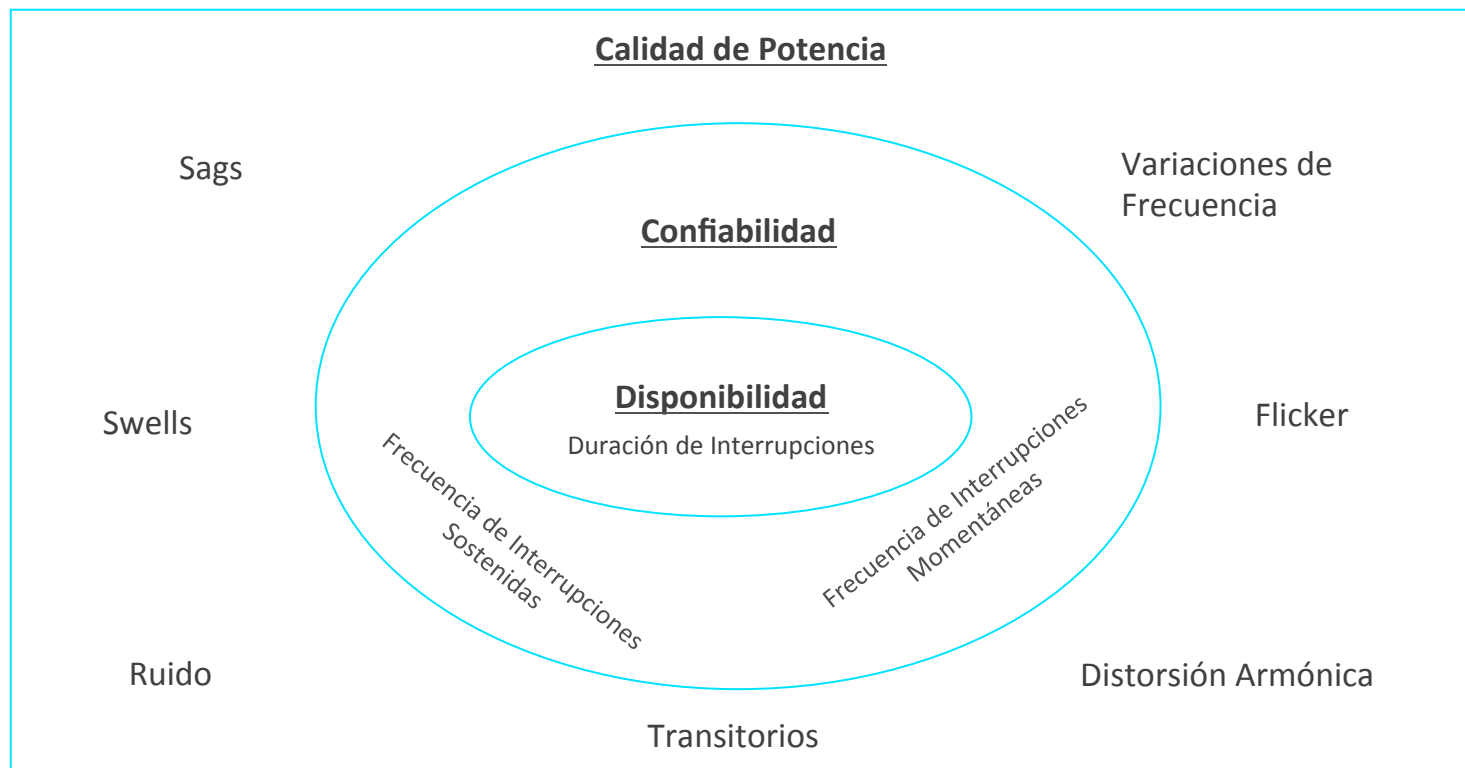
Disponibilidad (%)	“nueves”	Tiempo Anual de Interrupción
90	1	36,5 días
99	2	3,7 días
99,9	3	8,8 horas
99,99	4	52,6 minutos
99,999	5	5,3 minutos
99,9999	6	31,5 segundos
99,99999	7	3,2 segundos
99.999999	8	0,3 segundos
99,9999999	9	1,9 ciclos (60 Hz)

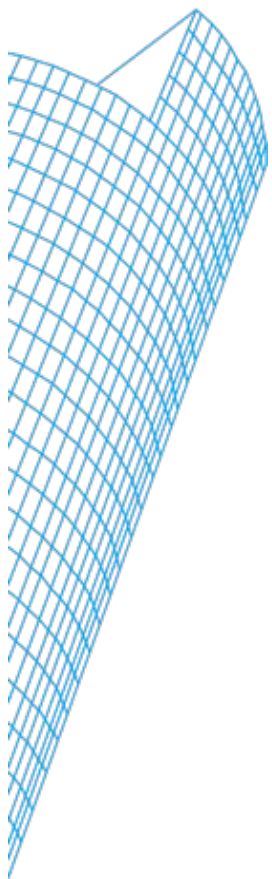


Meta del Índice de Disponibilidad (CREG 061-2000)

Métas Año 2001	Meta del Índice de Disponibilidad Anual	Meta Horas Anuales Acumuladas de Indisponibilidad
Activos de Conexión al STN	99,45%	48
Bahías de Línea	99,73%	24
Bahías de Transformación	99,73%	24
Autotransformador	99,45%	48
Bahías y Módulos de Compensación	99,45%	48
Circuitos de 500 kV	99,18%	72
Circuitos de 220-230 kV > 100 km	99,58%	36
Circuitos de 220-230 kV ≤ 100 km	99,73%	24

Confiabilidad del Suministro





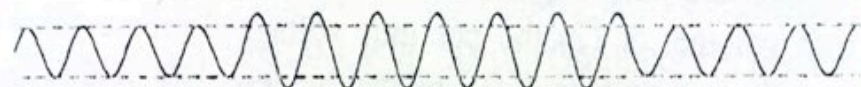
Problemas comunes de calidad



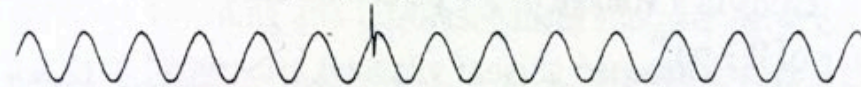
Interrupciones



Sag (Depresiones - Corta Duración)



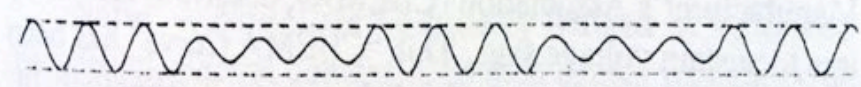
Swell (Elevaciones - Corta Duración)



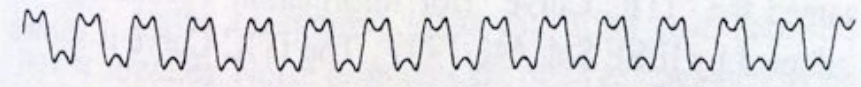
Transitorio (Impulso)



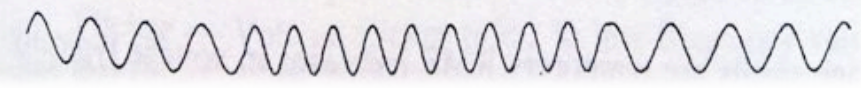
Ruido



Flicker (Fluctuaciones)



Distorsión Armónica



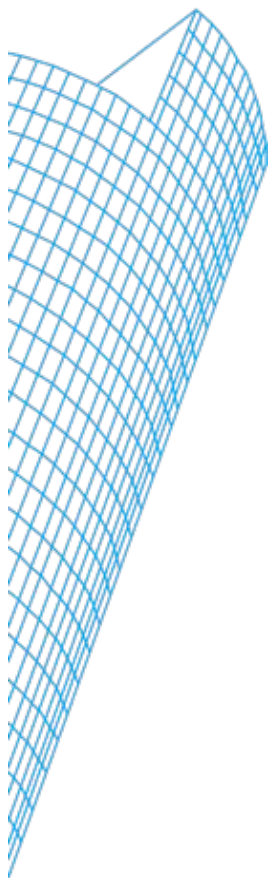
Variación de Frecuencia

Leyes Naturales



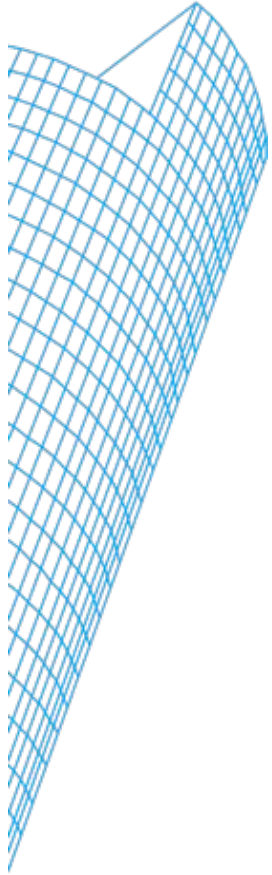
20 AÑOS

generando ideas transformadoras.



Las Seis (6) Leyes Naturales de la T&D (1/2)

1. **Se pierde menos al transportar energía en alta tensión:** a mayor tensión, menores las pérdidas por kW para transportar electricidad a cualquier distancia
2. **A mayor tensión, mayor capacidad y mayor el costo de los equipos (inversión):** las líneas de alta tensión cuestan mucho más y tienen mucha más capacidad que las de media/baja tensión, por lo que sólo son viables económicamente si se aprovechan estas economías de escala
3. **No se puede transportar electricidad a tensiones de utilización (120-240-480 V):** la utilización de estas bajas tensiones para algo mas que distribuir energía por unas pocas decenas de metros implica niveles inaceptablemente altos de pérdidas, caídas de tensión y costos astronómicos de equipos (calibre conductores)



Las Seis (6) Leyes Naturales de la T&D (2/2)

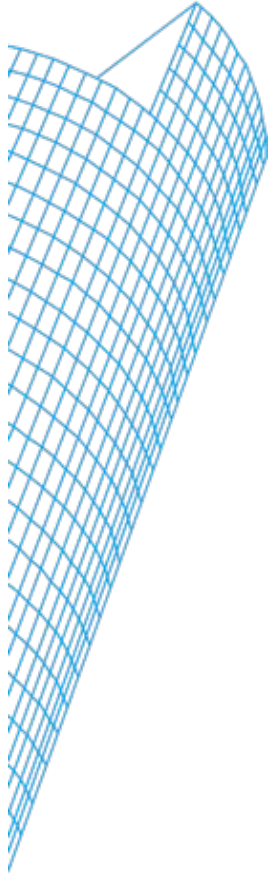
4. **Es costoso cambiar el nivel de tensión** (aunque no a un valor prohibitivo, ya es lo que hacen los transformadores a lo largo del sistema), pero la transformación de tensión es un gasto importante que no es útil para transportar energía en si mismo
5. **Existen significativas economías de escala que hacen más económico generar energía en grandes cantidades.** Las restricciones impuestas por los sistemas de T&D hacen que en algunos casos sea menor el costo total de generación distribuida a pesar de las economías de escala
6. **La energía debe entregarse en cantidades relativamente pequeñas a baja tensión (120 o 240 V).** El usuario residencial promedio tiene una demanda total equivalente a tan solo 1/10.000 o 1/100.000 de la salida de un generador grande



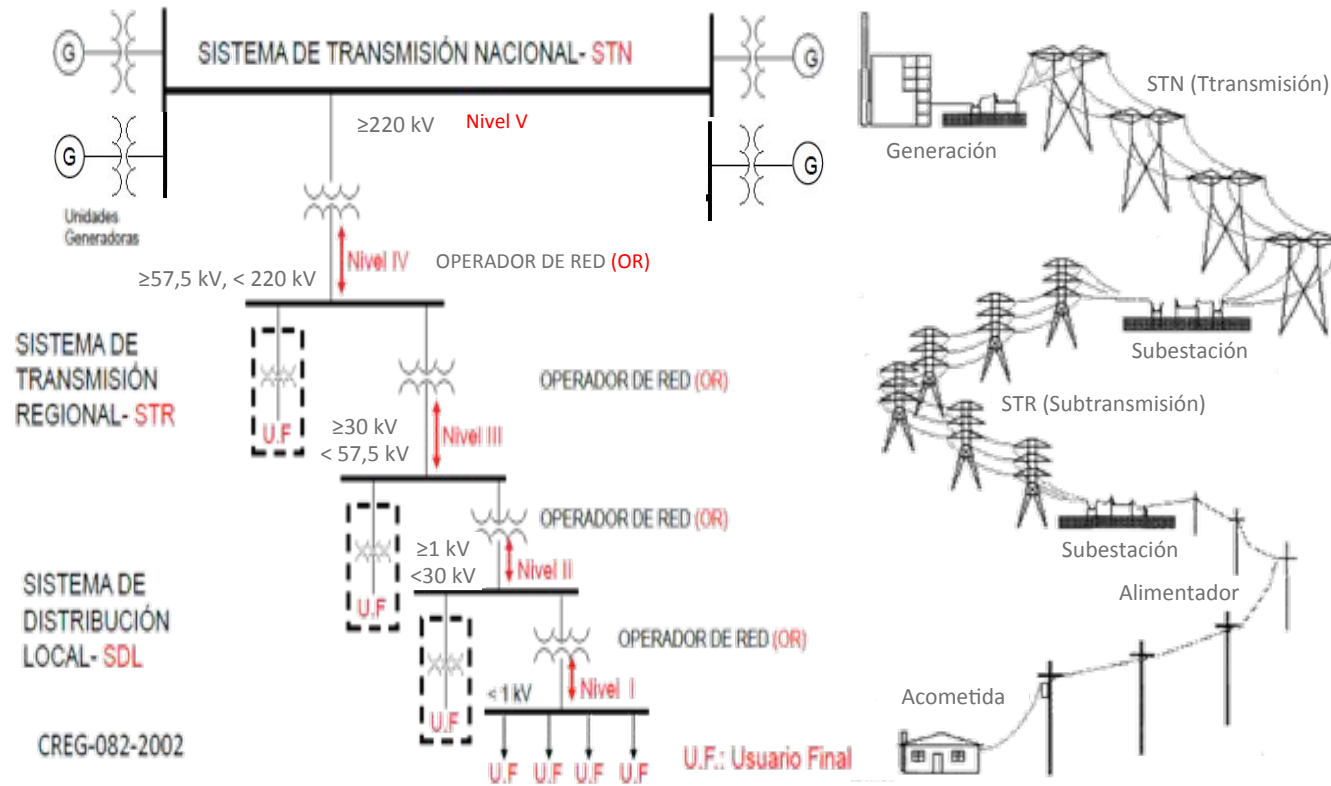
20
AÑOS

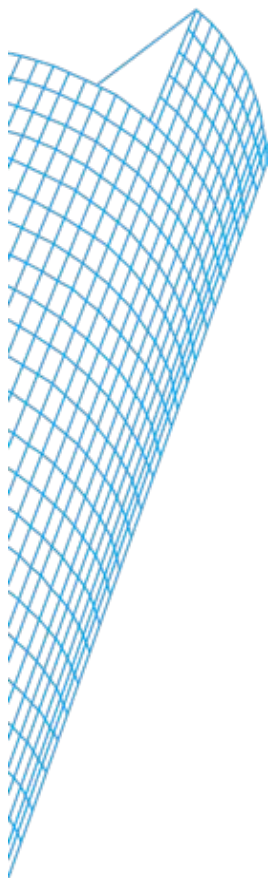
generando ideas
transformadoras.

Jerarquización del Sistema

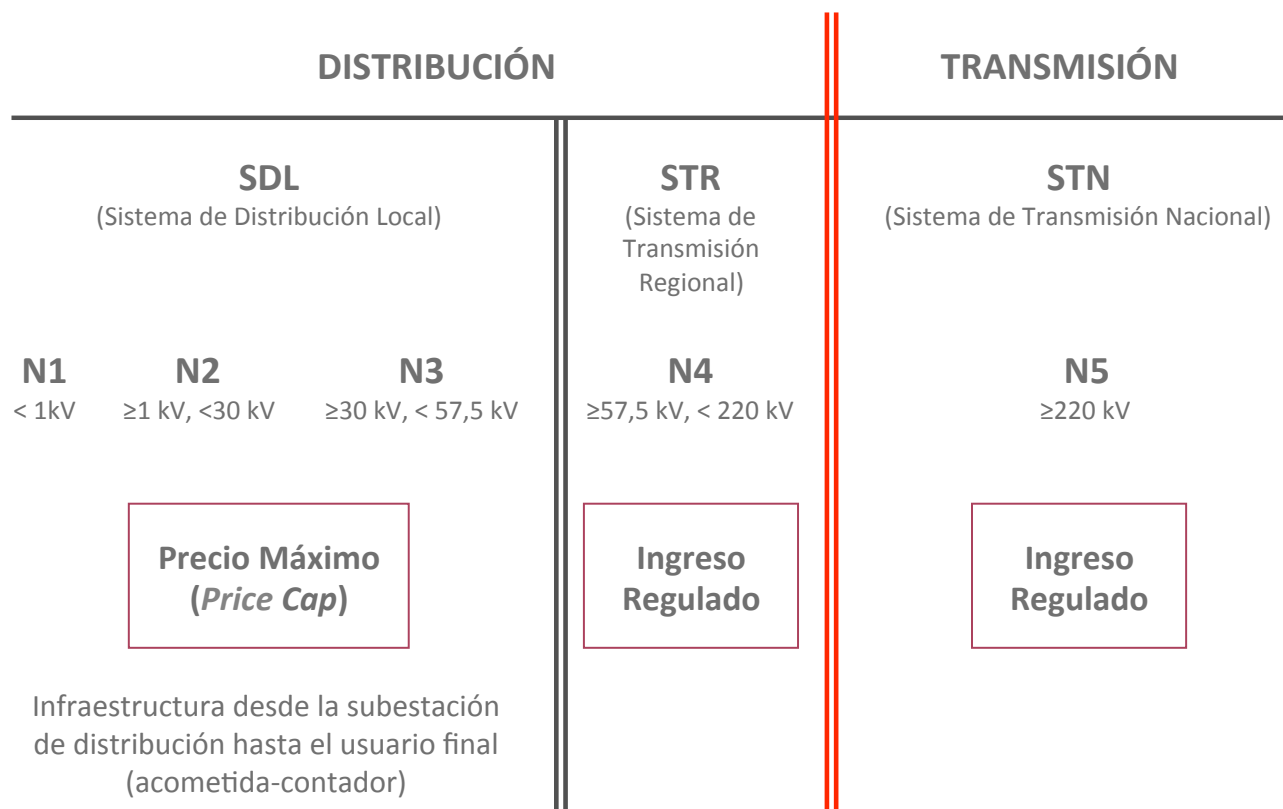


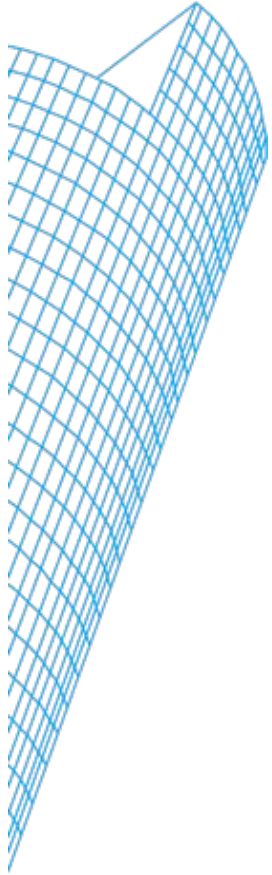
Niveles de Tensión Jerárquicos (1/4)





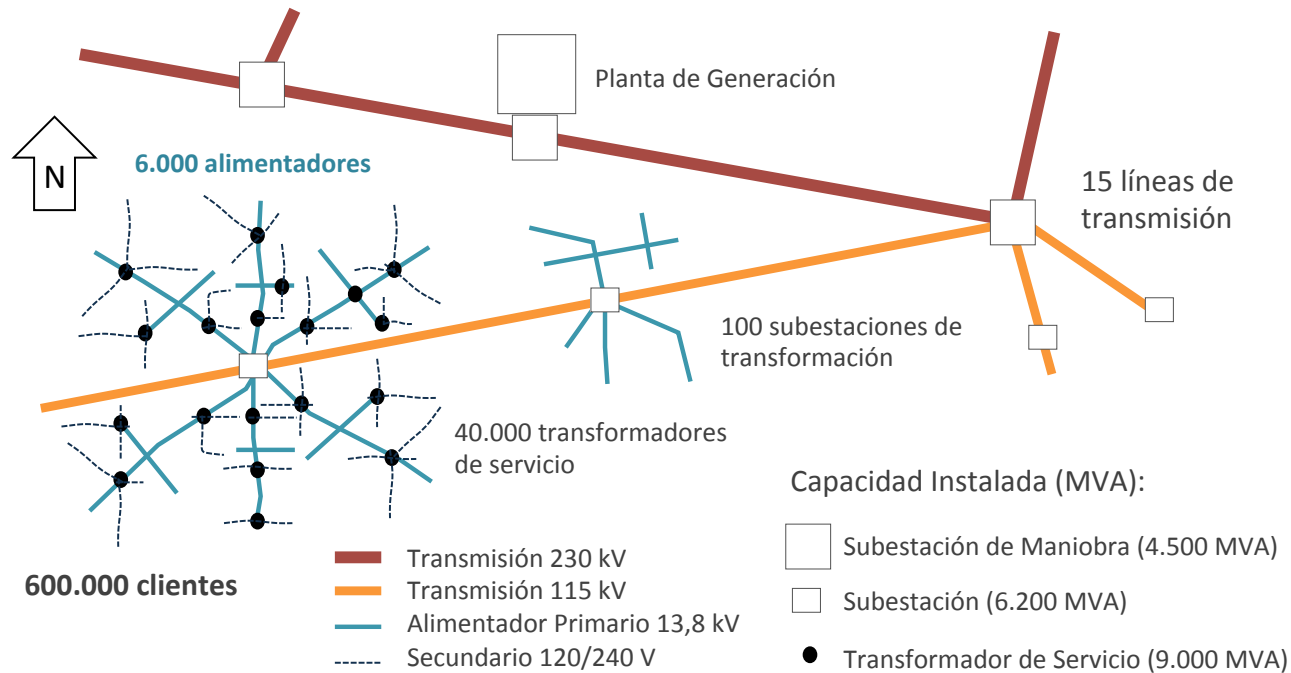
Niveles de Tensión Jerárquicos (2/4)

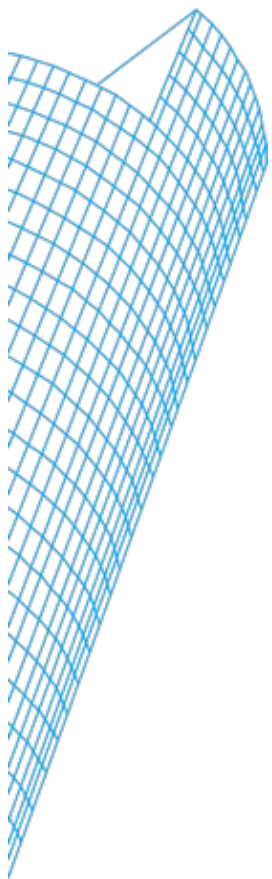




Niveles de Tensión Jerárquicos (3/4)

- Concepto clave: “baje tensión y divida”

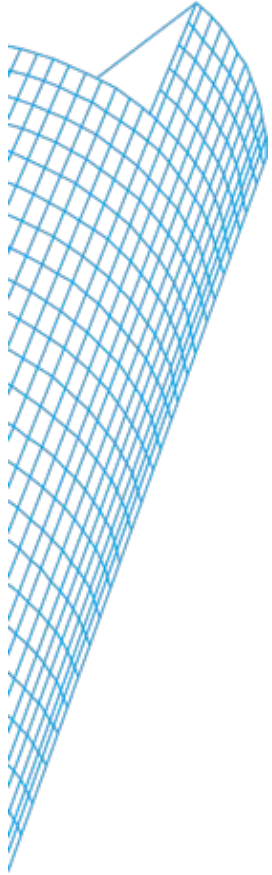




Niveles de Tensión Jerárquicos (4/4)

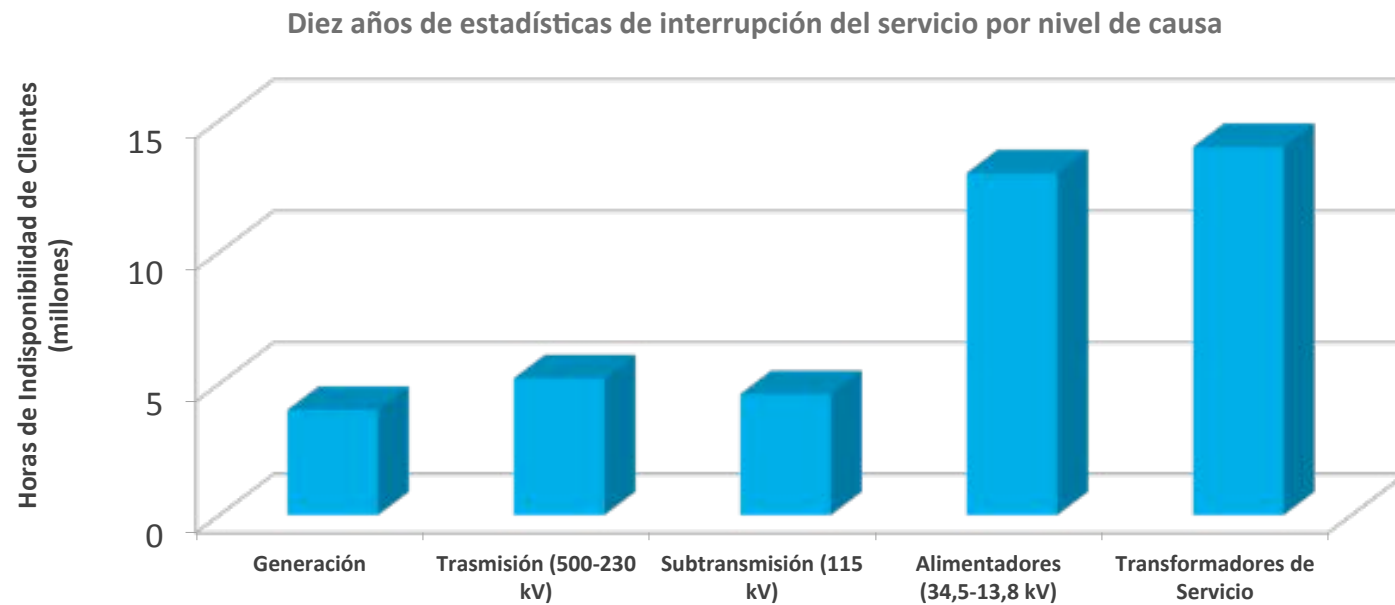
- Estadísticas de equipos por nivel para un sistema eléctrico mediano

Nivel	Tensión (KV)	Número	Capacidad Promedio (MVA)	Capacidad Total (MVA)
Transmisión	500 – 230	12	150	1.400
Transmisión Regional	115	25	65	1.525
Subestaciones	115/34,5 34,5/13,8	45	44	1.980
Alimentadores	34,5 – 13,8	227	11	2.497
Transformadores de Servicio	0,12 – 0,24	60.000	0,05 (50 kVA)	3.000
Acometidas	0,12 – 0,24	250.000	0,014 (14 kVA)	3.500
Clientes	0,12	250.000	0,005 (5 kVA)	1.250



Interrupciones por Nivel de Tensión

- La confiabilidad disminuye a medida que nos acercamos al cliente



Redes de Distribución

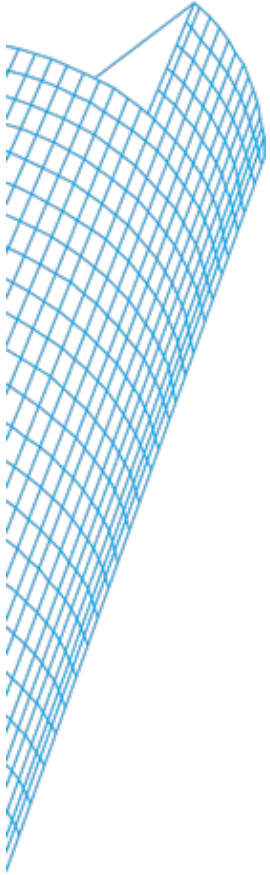


20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.

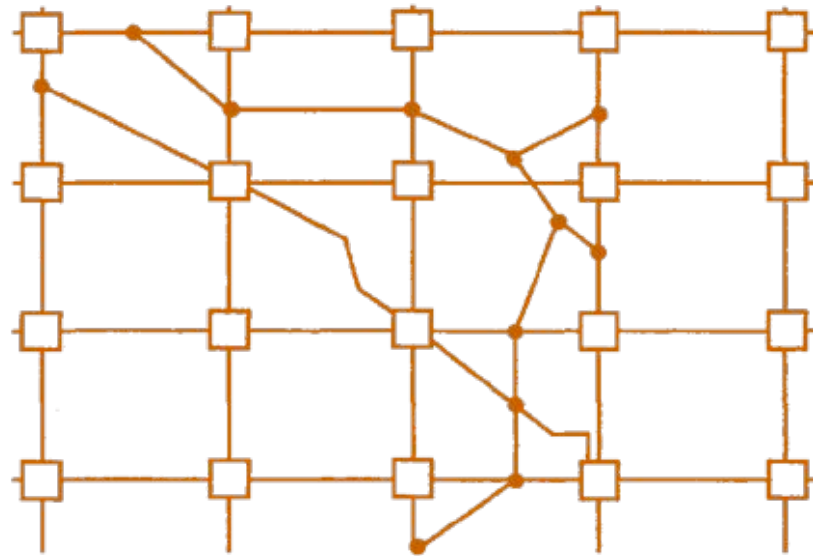
Met. de Planeación de la Expansión de la Distribución | rubendarlo.cruz@cidet.org.co

Julio 31, 2015



Red Eléctrica (1/2)

- Sistema con mas de un camino entre dos puntos cualquiera para que (si se diseña bien) pueda suministrar el servicio aún cuando falle un elemento cualquiera



Red Eléctrica (2/2)

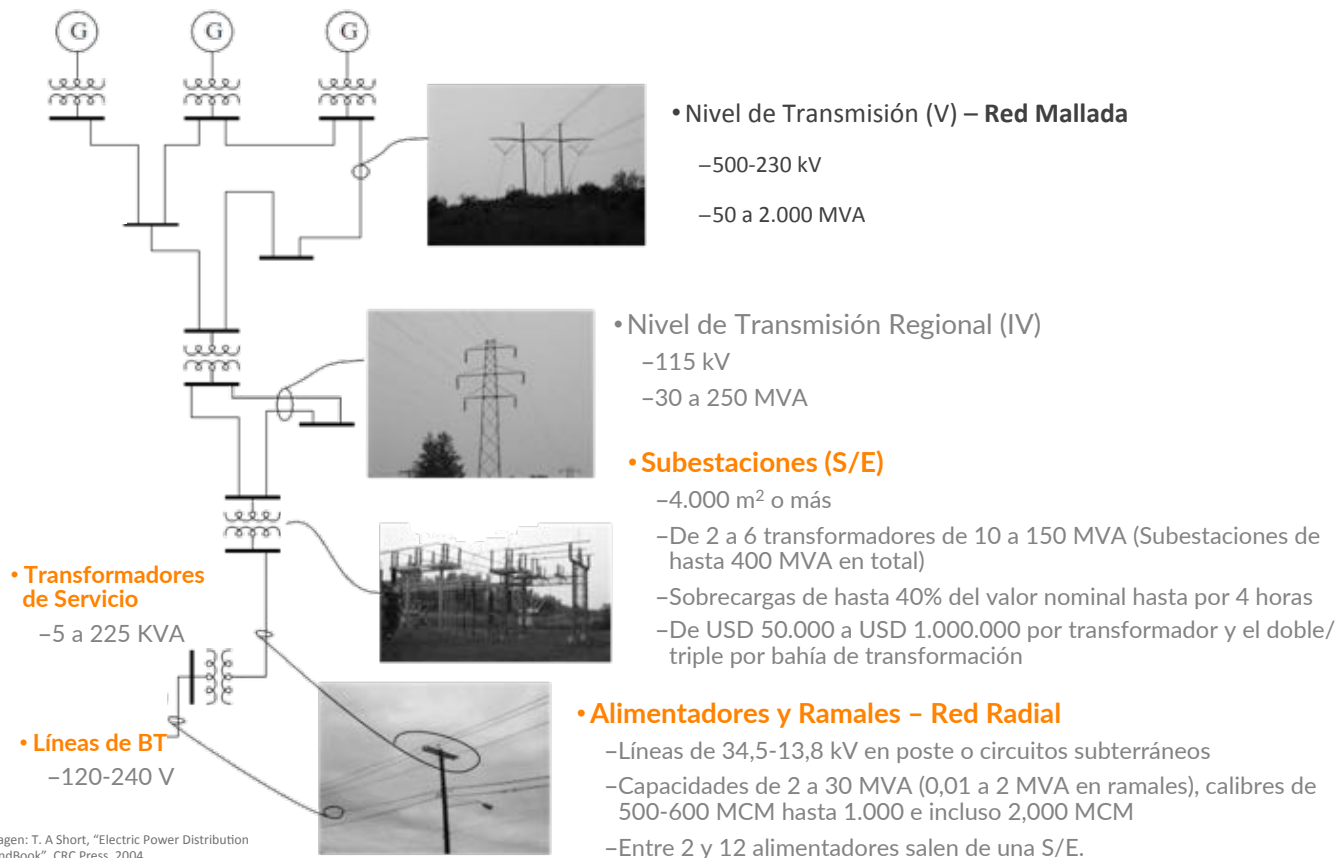
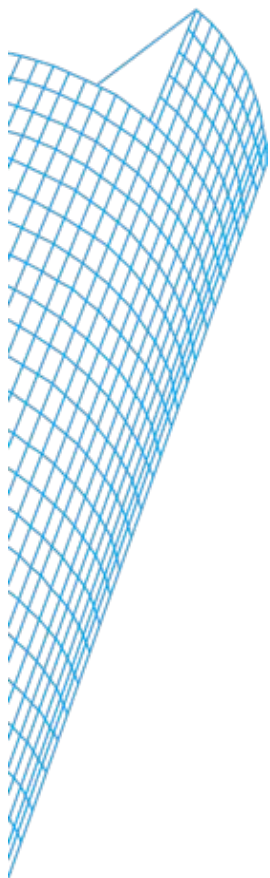
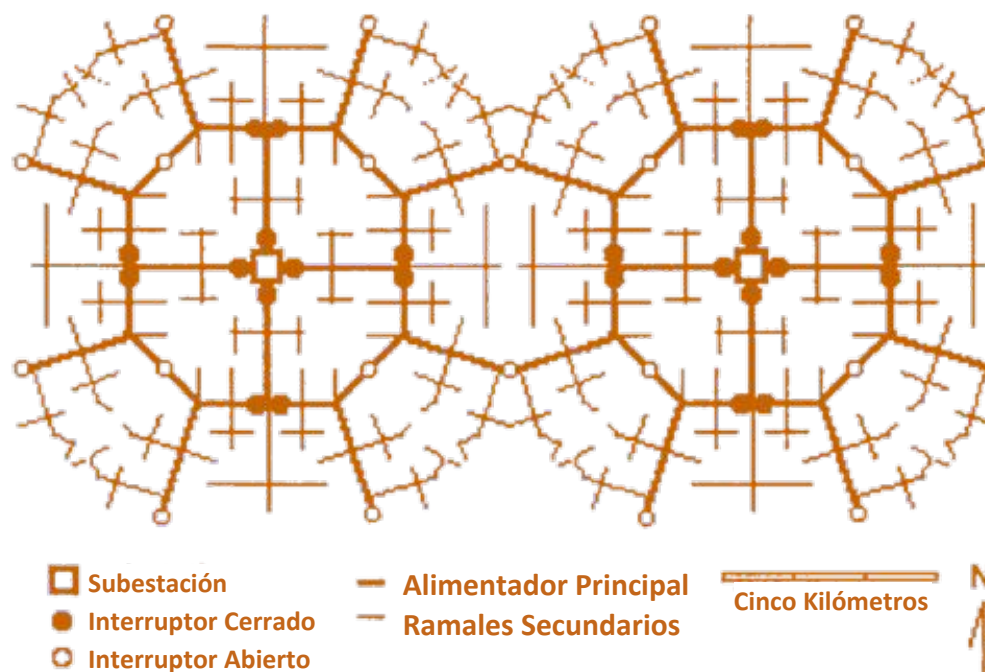


Imagen: T. A Short, "Electric Power Distribution Handbook", CRC Press, 2004



Configuración Ideal de Alimentadores de Distribución



Equipos de Distribución

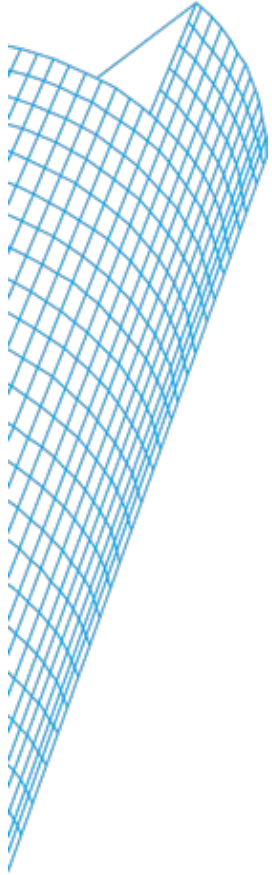


20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.

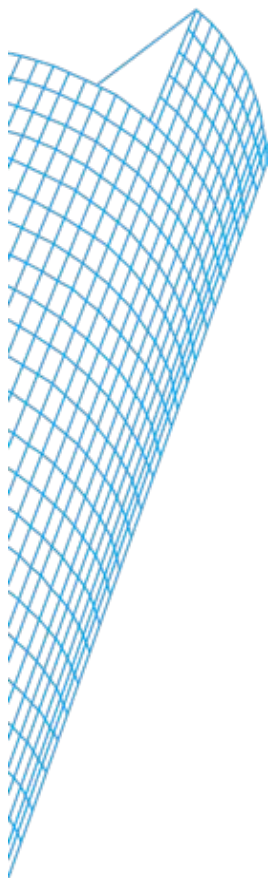
Met de Planeación de la Expansión de la Distribución | rubendaro.cruz@cidet.org.co

Julio 31, 2015



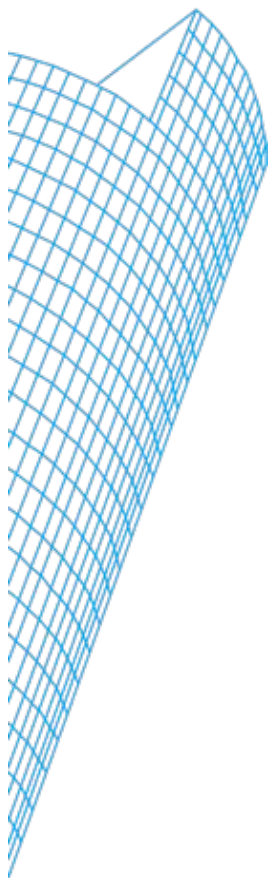
Equipos de Distribución de Electricidad





Subestación Aérea (Transformador de Servicio)

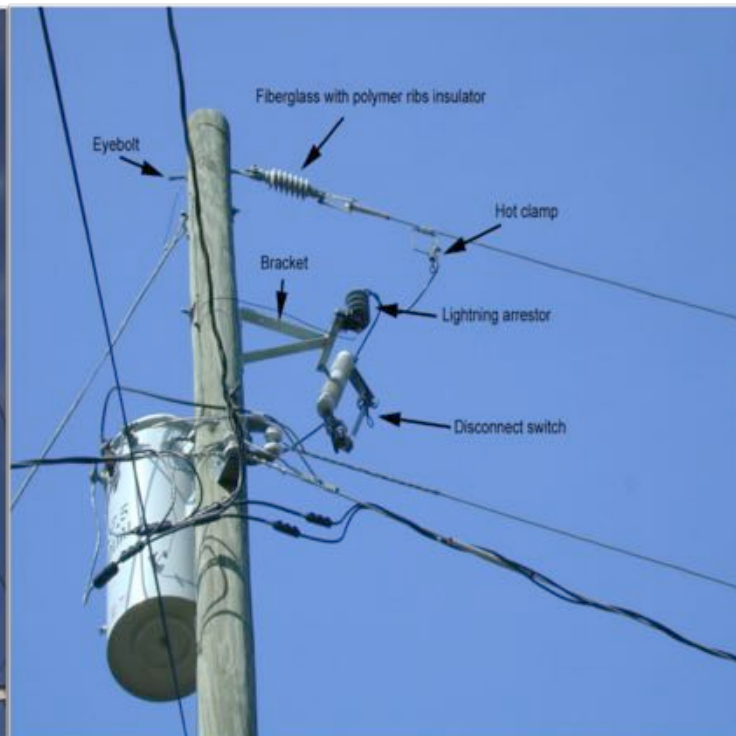




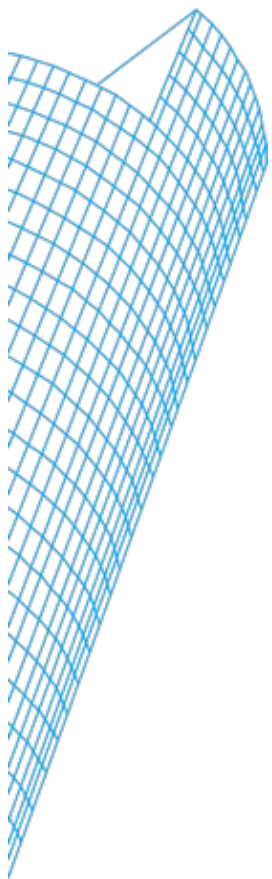
Subestación Aérea



• Subestación Trifásica



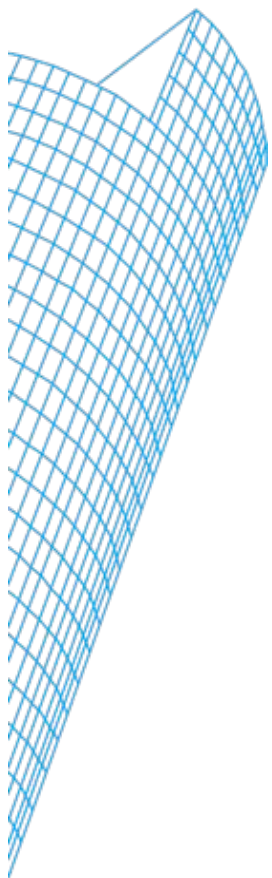
• Subestación Monofásica



Transformador (1/2)

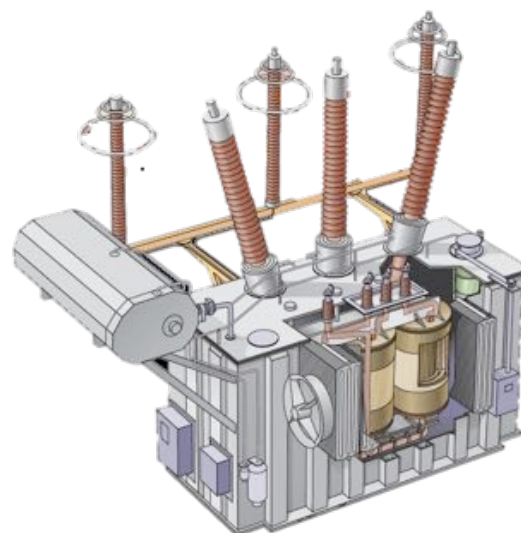
- Aunque el elemento omnipresente de un sistema de T&D son las líneas, en el corazón de este se encuentran los transformadores, **convirtiendo energía eléctrica de un nivel de tensión a otro**, por medio de la acción de un campo magnético





Transformador (2/2)

- Esta constituido por al menos dos **bobinas de alambre**, aisladas entre sí eléctricamente, y arrolladas alrededor de un mismo **núcleo de material ferromagnético**
- La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo



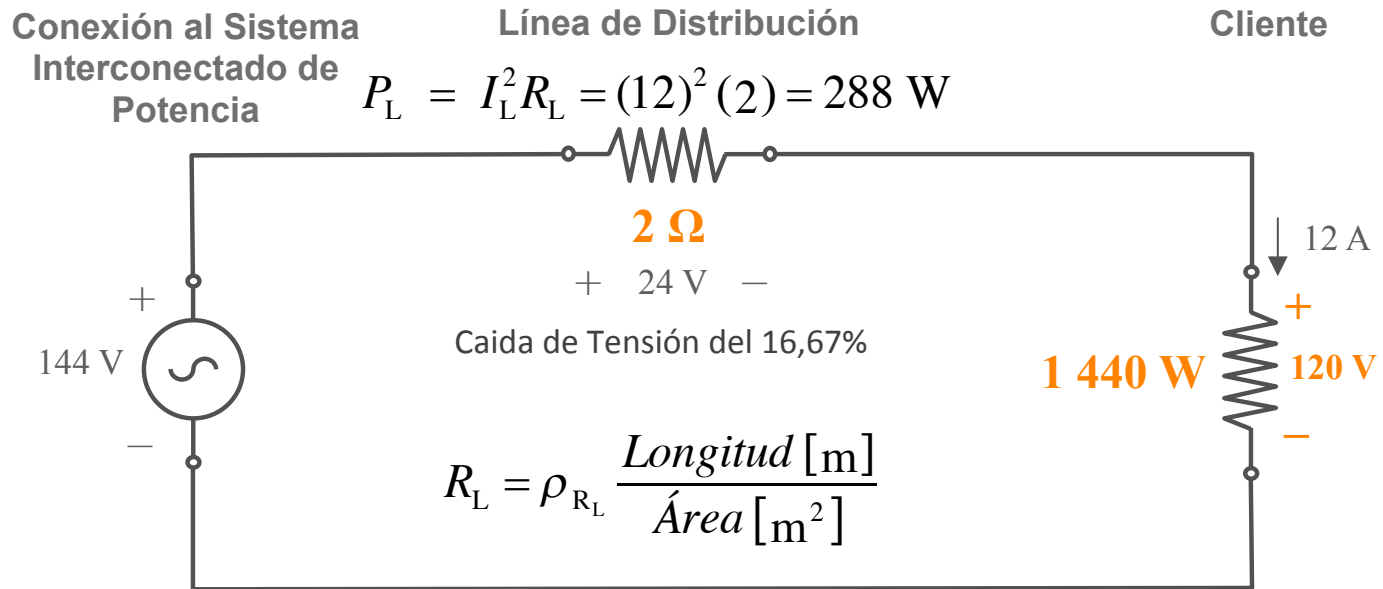
Pérdidas de Distribución



20
AÑOS

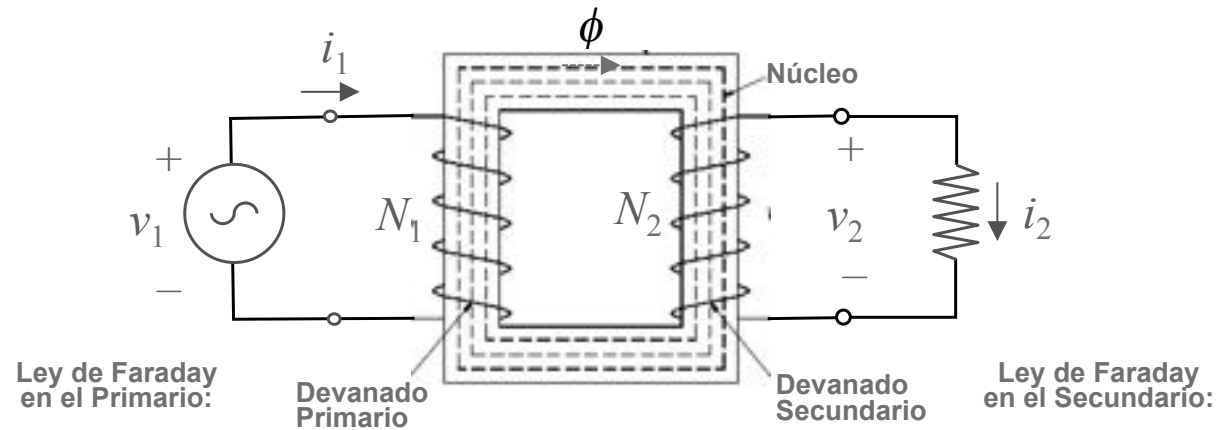
generando ideas
transformadoras.

Pérdidas de Distribución (1/11)



$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \cdot 100\% = \frac{1440}{(144)(12)} \cdot 100\% = 83,33\% \quad \%P_L = \frac{P_L}{P_i} \cdot 100\% = 16,67\%$$

El Transformador Ideal (1/2)



$$v_1 = -N_1 \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad \textcircled{1}$$

$$v_2 = -N_2 \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad \textcircled{2}$$

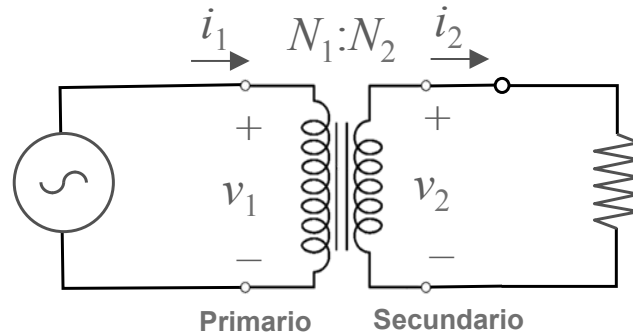
Dividiendo ① entre ②:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Por conservación de la energía:

$$\underbrace{p_1}_{v_1 i_1} = \underbrace{p_2}_{v_2 i_2} \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

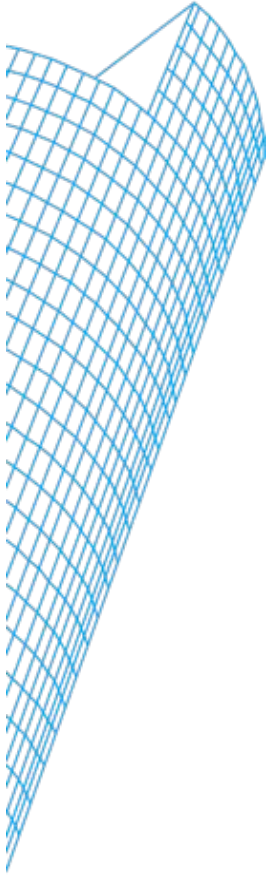
El Transformador Ideal (2/2)



Relaciones entre tensiones y corrientes del primario y secundario:

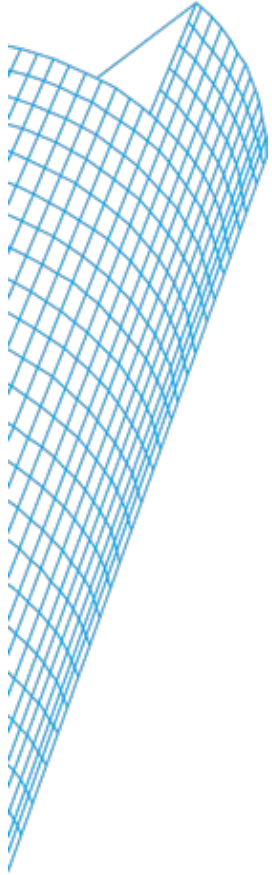
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

- El propósito principal del transformador es convertir energía de CA de un nivel a otro de tensión de manera que se **transporte la misma potencia con una corriente menor**
 - **Disminuir pérdidas** por resistencia de las líneas de T&D
 - **Disminuir costos de inversión** en las redes de T&D (disminuir grosor de los conductores, estructuras y herrajes)

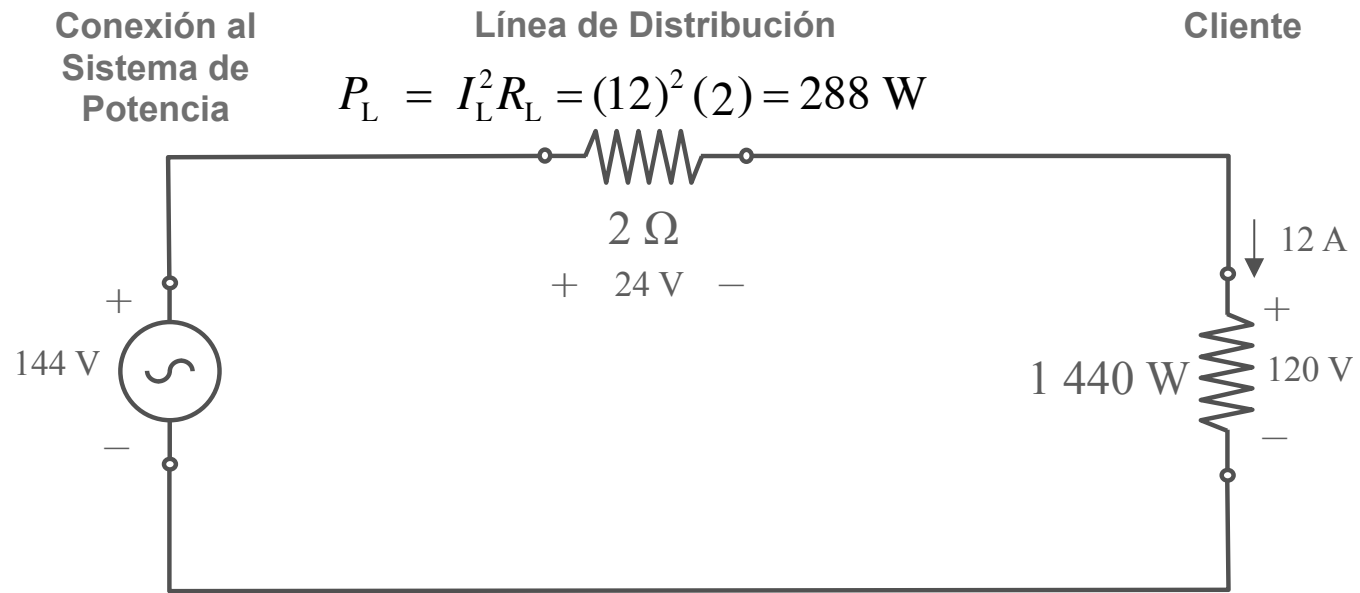


Pérdidas de Distribución (2/11)

- ¿Qué hacer si se tiene el propósito de reducir las pérdidas, por ejemplo, en un factor de 16?
 - La **tensión en la carga no puede cambiar** (es un parámetro del sistema incluido en el contrato del servicio de suministro de energía eléctrica y aumentarla para uso final es inseguro)
 - La **tensión de transmisión no puede cambiar** (implicaría cambiar la infraestructura existente)
 - **No puedo disminuir la resistencia de la línea de distribución** (es demasiado costoso)

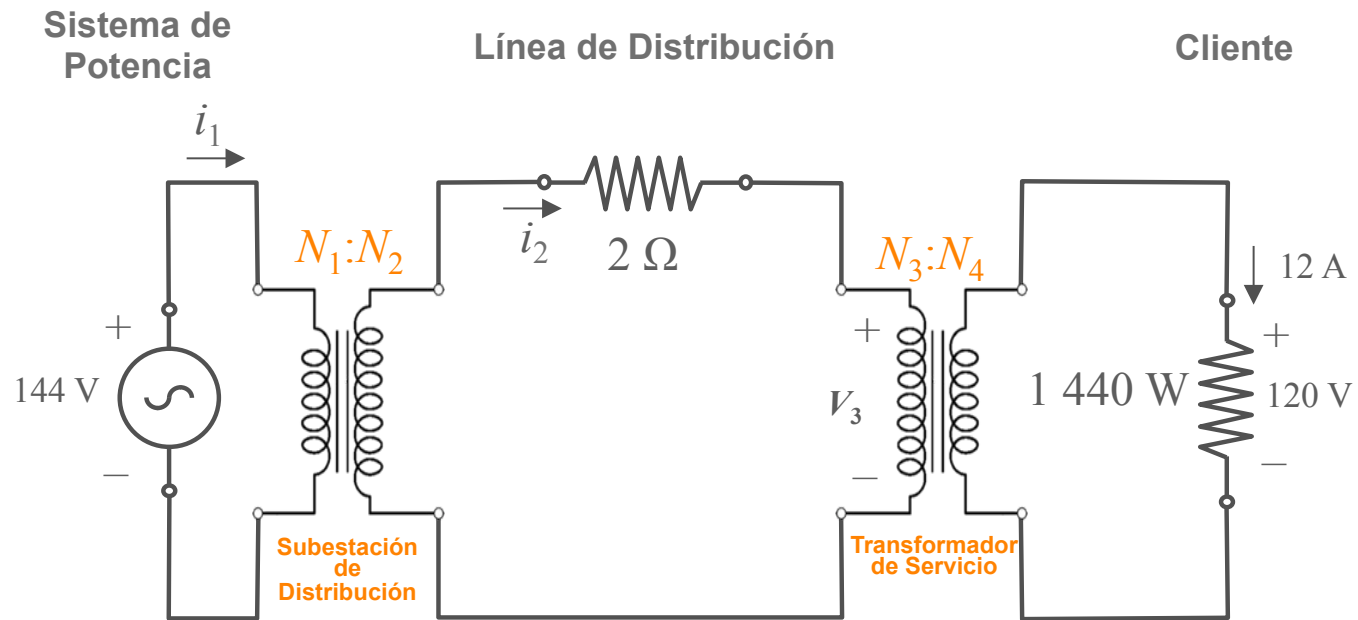


Pérdidas de Distribución (3/11)



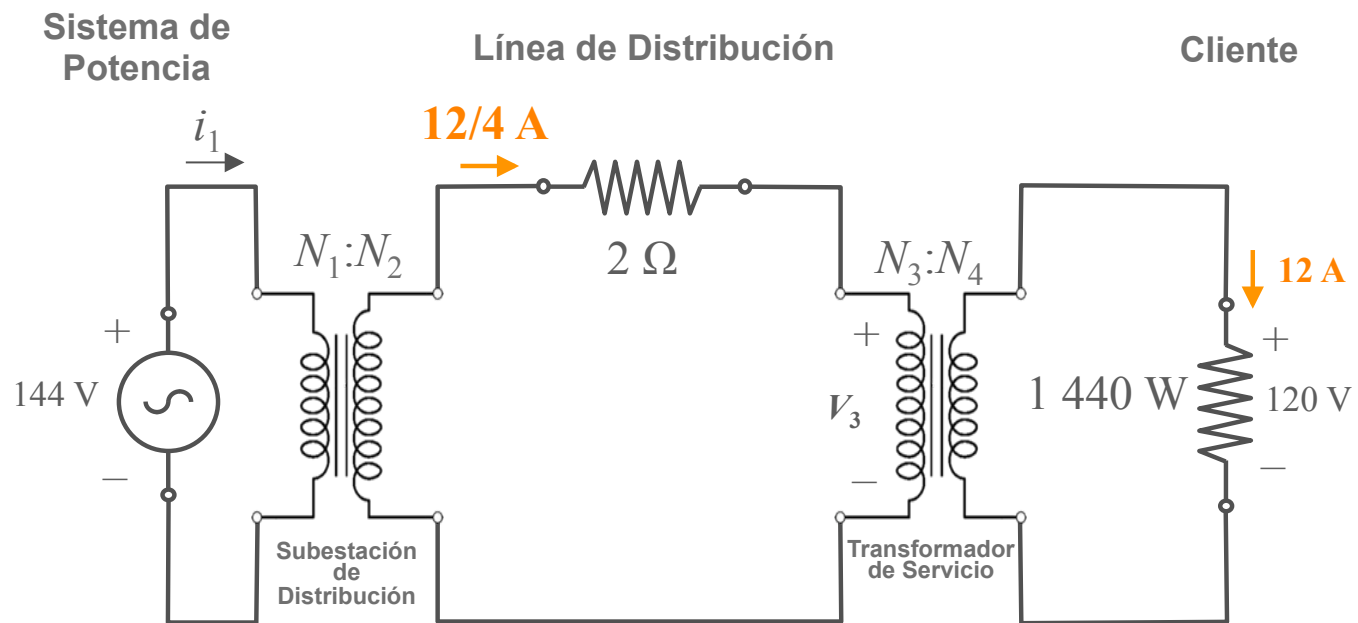
Las pérdidas de distribución son proporcionales al cuadrado de la potencia, si se quieren reducir en un factor de 16, se debe **reducir la corriente en la línea de distribución en un factor de 4**

Pérdidas de Distribución (4/11)

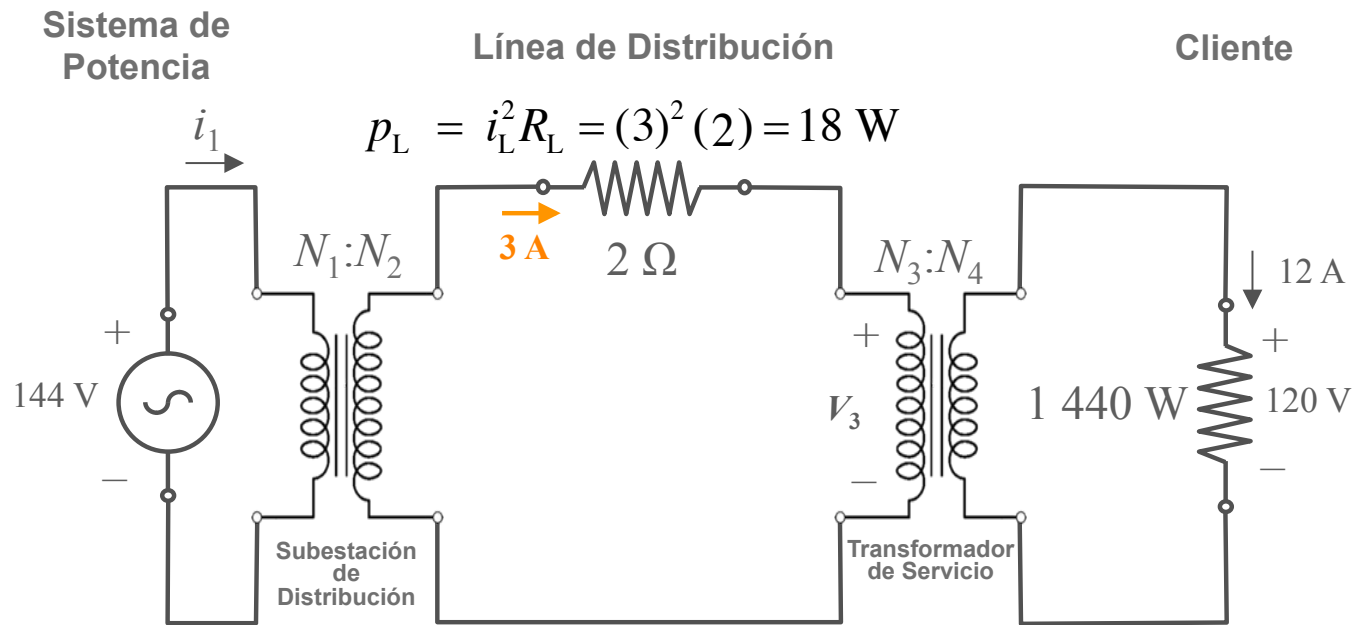


Las pérdidas de distribución son proporcionales al cuadrado de la potencia, si se quieren reducir en un factor de 16, se debe **reducir la corriente en la línea de distribución en un factor de 4**

Pérdidas de Distribución (5/11)

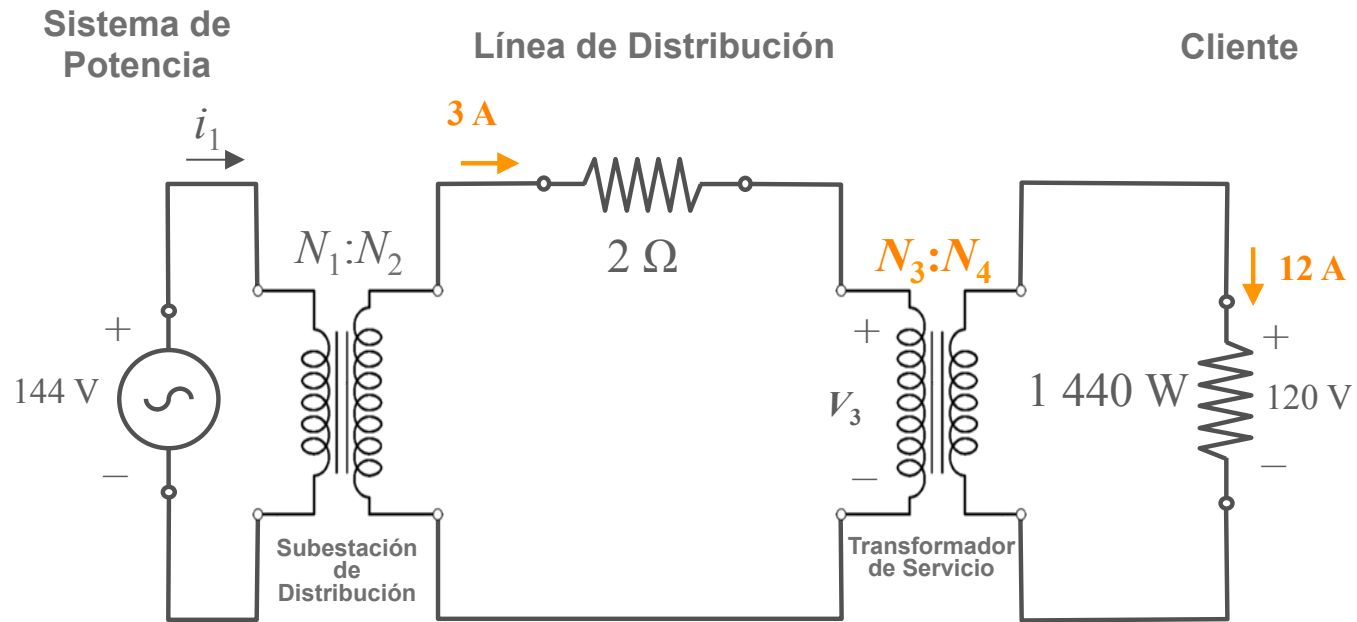


Pérdidas de Distribución (6/11)



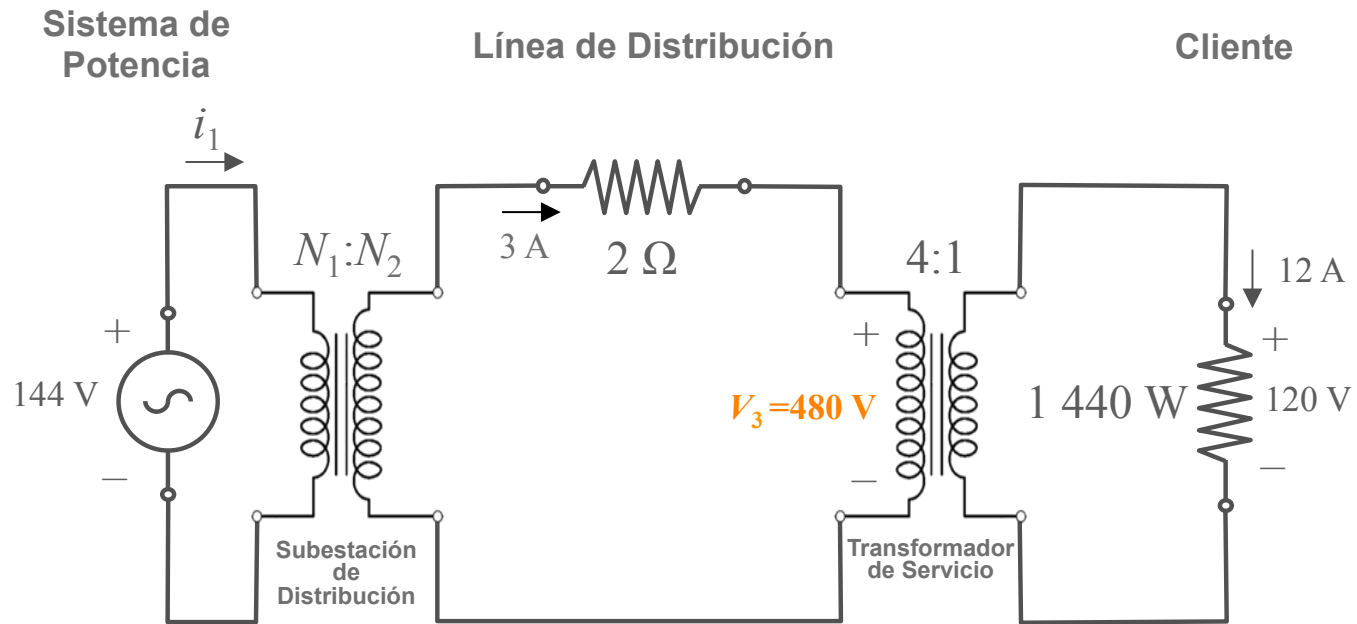
$$\frac{p_L^{\text{antes}}}{p_L} = \frac{288}{18} = 16 \quad \checkmark$$

Pérdidas de Distribución (7/11)



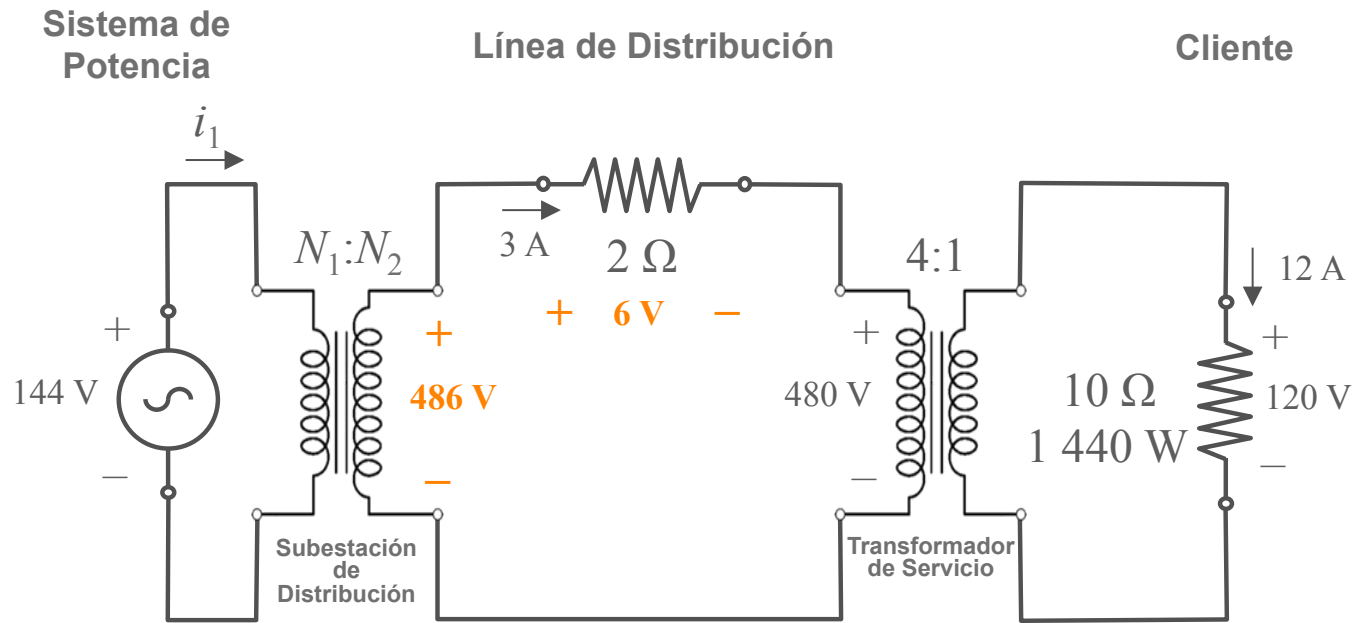
$$\frac{i_2}{i_3} = \frac{N_4}{N_3} \quad \frac{3}{12} = \frac{N_4}{N_3} = \frac{1}{4}$$

Pérdidas de Distribución (8/11)



$$\frac{v_3}{120} = \frac{4}{1} \quad v_3 = 480\text{ V}$$

Pérdidas de Distribución (9/11)



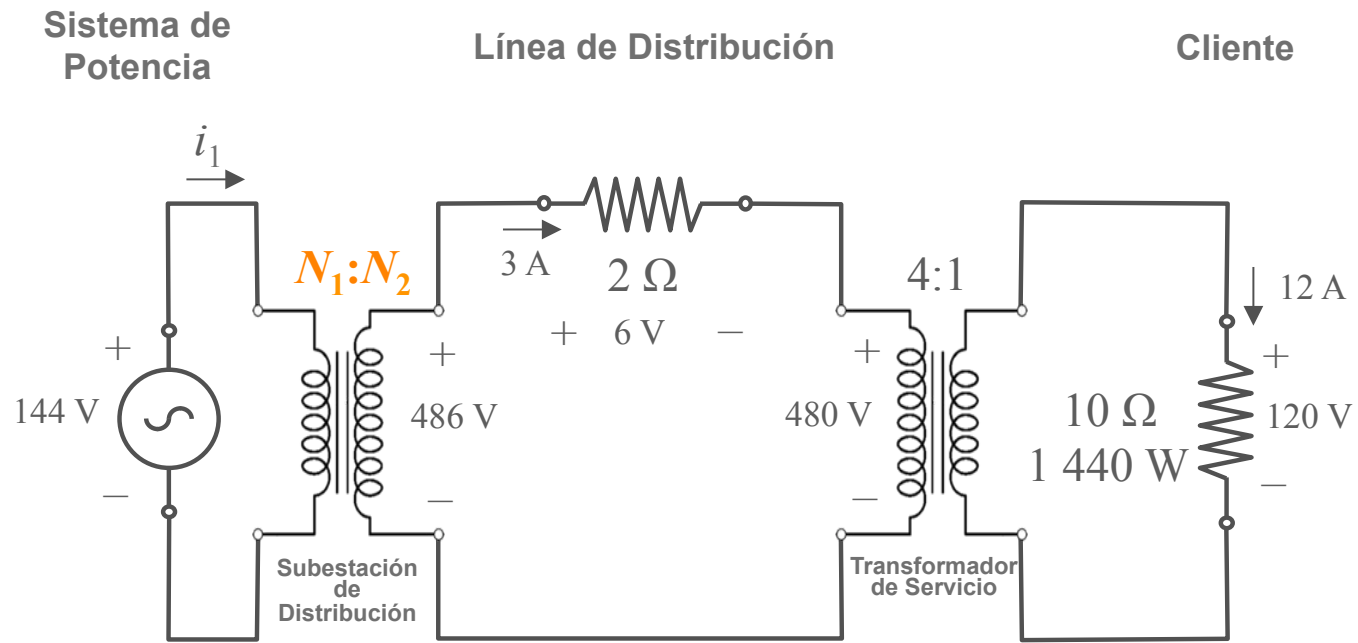
Ley de Ohm:

$$v = R \cdot i$$

Segunda Ley de Kirchhoff
(Ley de Tensiones de Kirchhoff):

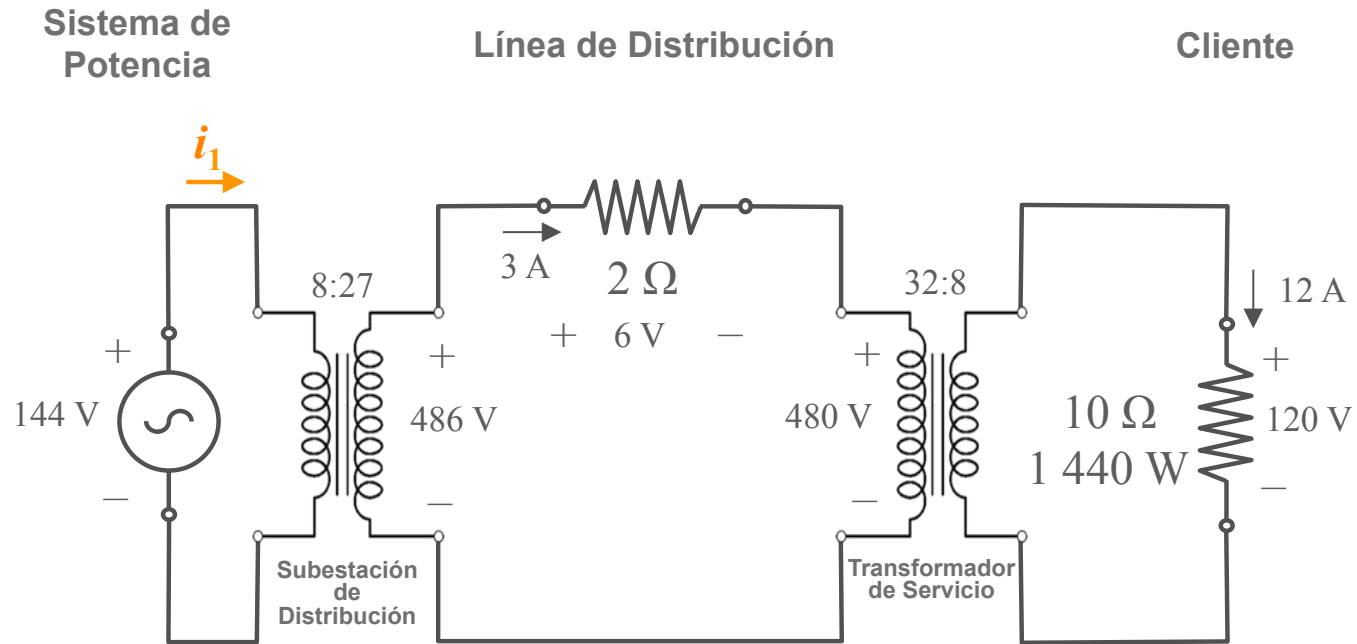
$$\sum_i v_i = 0$$

Pérdidas de Distribución (10/11)



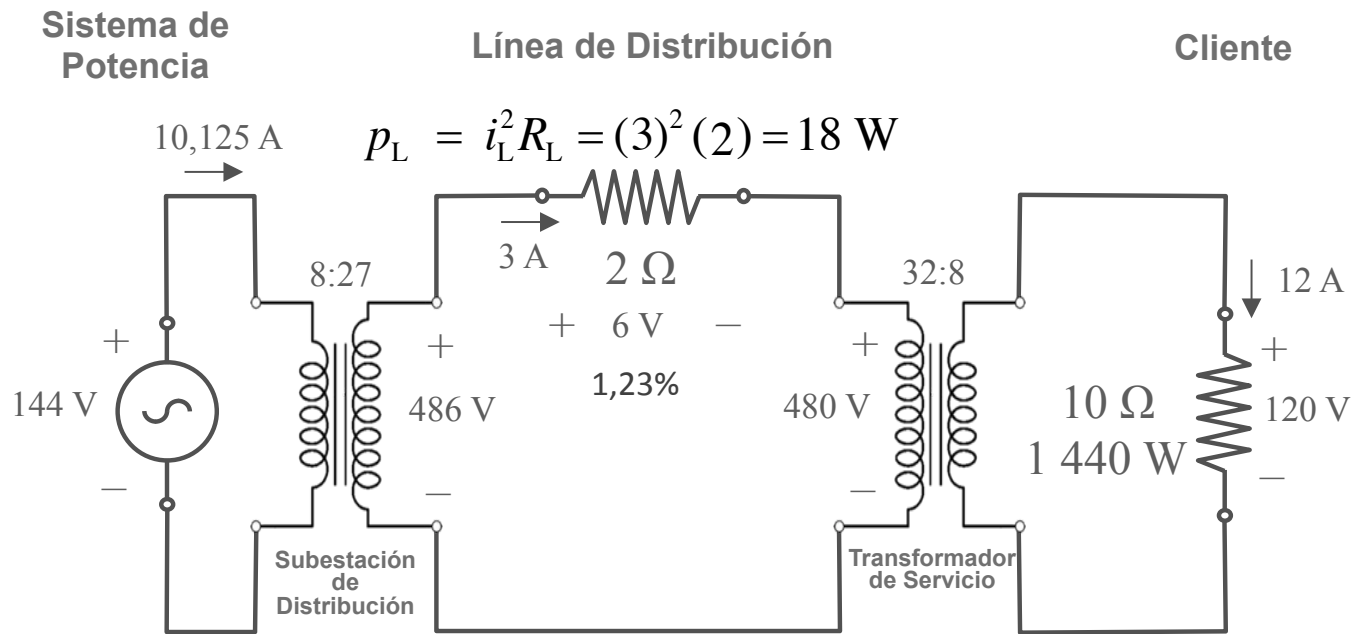
$$\frac{144}{486} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{8}{27}$$

Pérdidas de Distribución (11/11)



$$\frac{i_1}{3} = \frac{27}{8} \quad i_1 = 10,125 \text{ A}$$

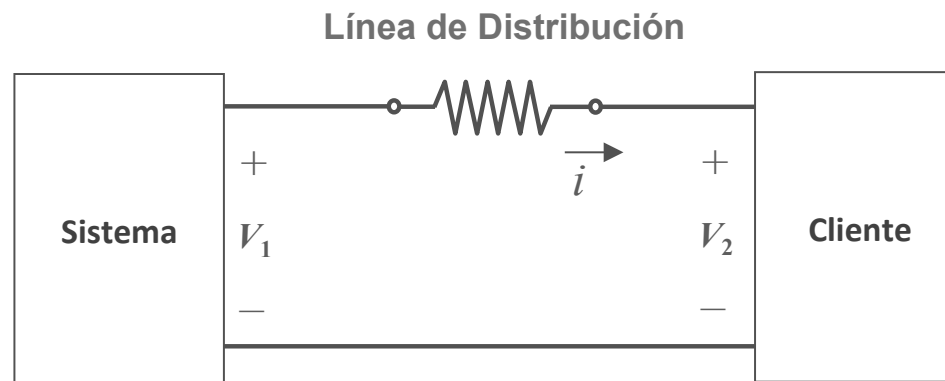
Sistema Pérdidas de Distribución*



$$\eta = \underbrace{\frac{p_o}{p_i}}_{\frac{V_1 i_1}{V_1 i_1}} \times 100\% = \frac{1440}{(144)(10,125)} \times 100\% = 98,77\% \quad \%p_L = 1,23\%$$

Actividad en Clase No. 1

- Demostrar que la caída porcentual de tensión (**regulación de tensión**) en una línea de T&D es igual al porcentaje de pérdidas en la misma línea (**pérdidas de T&D**)





20
AÑOS

*generando ideas
transformadoras.*

Potencia en Corriente Alterna

Potencia en Corriente Alterna (CA) – 1/14

- Potencia Instantánea (p) – 1/9

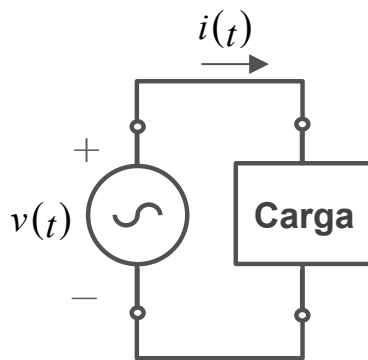
Potencia disipada por el elemento (entregada por el circuito a éste) [W]

Convención Pasiva de los Signos

$$p = \pm v \cdot i$$

Tensión instantánea [V]

Corriente Instantánea [A]



$$v(t) = V_{\max} \cos(\omega t + \theta_v)$$

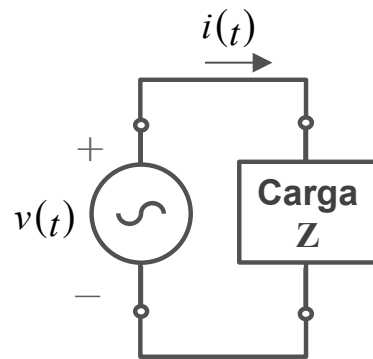
$$i(t) = I_{\max} \cos(\omega t + \theta_i)$$

$$p(t) = v(t)i(t)$$

$$p(t) = V_{\max} I_{\max} \cos(\omega t + \theta_v) \cos(\omega t + \theta_i)$$

Potencia en Corriente Alterna (CA) – 2/14

- Potencia Instantánea (p) – 2/9



$$p(t) = V_{\max} I_{\max} \cos(\omega t + \theta_v) \cos(\omega t + \theta_i)$$

Identidad Trigonométrica:

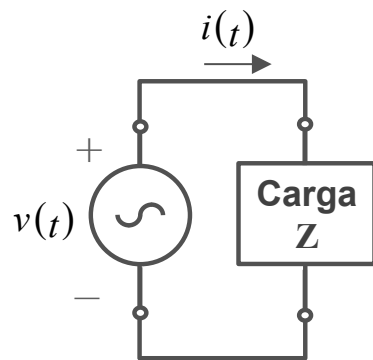
$$\cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) = \frac{1}{2} (\cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \cos(\varphi_1 + \varphi_2))$$

$$p(t) = \frac{1}{2} V_{\max} I_{\max} \cos\left(\underbrace{\theta_z}_{\theta_v - \theta_i}\right) + \frac{1}{2} V_{\max} I_{\max} \cos\left(2\omega t + \underbrace{\theta_z + 2\theta_i}_{\theta_v + \theta_i}\right)$$

En valores eficaces o rms: $p(t) = VI \cos(\theta_z) + VI \cos(2\omega t + \theta_z + 2\theta_i)$

Potencia en Corriente Alterna (CA) – 3/14

- Potencia Instantánea (p) – 3/9



$$p(t) = \underbrace{VI \cos(\theta_z)}_{\text{Constante}} + \underbrace{VI \cos(2\omega t + \theta_z + 2\theta_i)}_{\text{Variable (doble de la frecuencia)}}$$

Valor promedio = 0

Para simplificar:

$$\theta_v = 0^\circ, \quad \theta_z = \theta_v - \theta_i \rightarrow \theta_i = -\theta_z$$

$$p(t) = VI \cos(\theta_z) + VI \cos(2\omega t - \theta_z)$$

Identidad Trigonométrica: $\cos(\varphi_1 \pm \varphi_2) = \cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2) \mp \sin(\varphi_1)\sin(\varphi_2)$

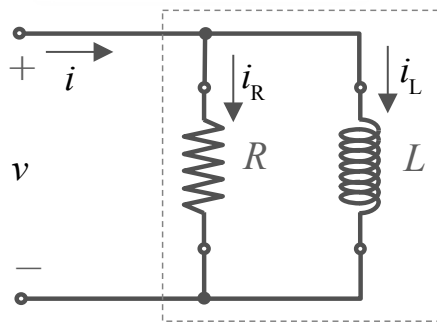
$$p(t) = VI \cos(\theta_z)(1 + \cos(2\omega t)) + VI \sin(\theta_z) \sin(2\omega t)$$

Potencia en Corriente Alterna (CA) – 4/14

- Potencia Instantánea (p) – 4/9

$$p(t) = \underbrace{\overbrace{VI \cos(\theta_z)}^{\substack{\text{Potencia Promedio,} \\ \text{Activa o Real [W]}}}}_P (1 + \cos(2\omega t)) + \underbrace{\overbrace{VI \sin(\theta_z)}^{\substack{\text{Potencia Reactiva [VAR]}}}}_Q \sin(2\omega t)$$

$\overbrace{VI}^{\substack{\text{Potencia Aparente [VA]}}} \cos(\theta_z)$



$$v = V_{\max} \cos(\omega t) \quad i = I_{\max} \cos(\omega t - \theta_z)$$

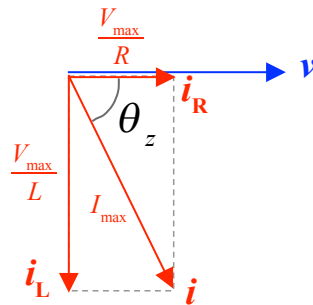
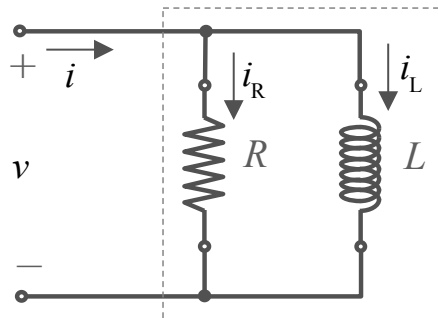
$$i_R = \frac{v}{R} = \frac{V_{\max}}{R} \cos(\omega t)$$

$$i_L = \frac{1}{L} \int v dt = \frac{V_{\max}}{L} \sin(\omega t) = \frac{V_{\max}}{L} \cos(\omega t - 90^\circ)$$

Potencia en Corriente Alterna (CA) – 5/14

- Potencia Instantánea (p) – 5/9

$$p = P(1 + \cos(2\omega t)) + Q \sin(2\omega t)$$



$$v = V_{\max} \cos(\omega t) \quad i = I_{\max} \cos(\omega t - \theta_z)$$

$$i_R = \frac{V_{\max}}{R} \cos(\omega t) \quad i_L = \frac{V_{\max}}{L} \cos(\omega t - 90^\circ)$$

Por definición: $\theta_z = \theta_v - \theta_i$

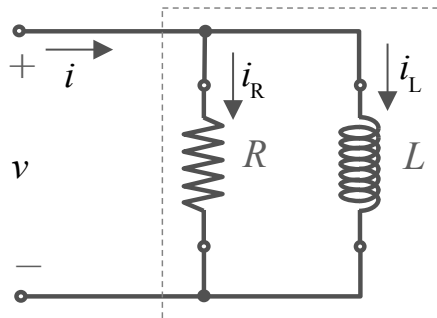
$$\cos(\theta_z) = \frac{V_{\max}/R}{I_{\max}} \quad \frac{V_{\max}}{R} = I_{\max} \cos(\theta_z)$$

$$\sin(\theta_z) = \frac{V_{\max}/L}{I_{\max}} \quad \frac{V_{\max}}{L} = I_{\max} \sin(\theta_z)$$

Potencia en Corriente Alterna (CA) – 6/14

- Potencia Instantánea (p) – 6/9

$$p = P(1 + \cos(2\omega t)) + Q \sin(2\omega t)$$



$$v = V_{\max} \cos(\omega t) \quad i = I_{\max} \cos(\omega t - \theta_z)$$

$$i_R = I_{\max} \cos(\theta_z) \cos(\omega t)$$

$$i_L = I_{\max} \sin(\theta_z) \sin(\omega t)$$

$$p_R = v i_R = V_{\max} I_{\max} \cos(\theta_z) \cos^2(\omega t)$$

$$\cos^2(x) = \frac{1}{2}(1 + \cos(2x))$$

$$p_R = \frac{1}{2} V_{\max} I_{\max} \cos(\theta_z) (1 + \cos(2\omega t))$$

$$p_R = VI \cos(\theta_z) (1 + \cos(2\omega t))$$

$$p_R = P(1 + \cos(2\omega t))$$

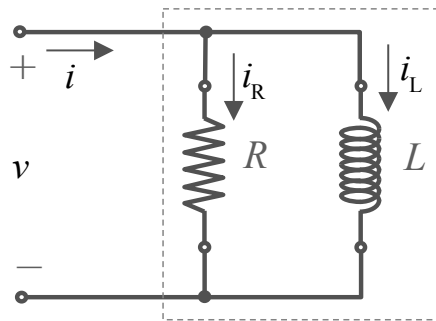
Potencia instantánea del componente resistivo de la carga

Valor promedio = P

Potencia en Corriente Alterna (CA) – 7/14

- Potencia Instantánea (p) – 7/9

$$p = p_R + Q \sin(2\omega t)$$



$$v = V_{\max} \cos(\omega t) \quad i = I_{\max} \cos(\omega t - \theta_z)$$

$$i_R = I_{\max} \cos(\theta_z) \cos(\omega t)$$

$$i_L = I_{\max} \sin(\theta_z) \sin(\omega t)$$

$$p_L = v i_L = V_{\max} I_{\max} \sin(\theta_z) \cos(\omega t) \sin(\omega t) \quad \cos(x) \sin(y) = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \sin(x+y) \\ -\sin(x-y) \end{pmatrix}$$

$$p_L = \frac{1}{2} V_{\max} I_{\max} \sin(\theta_z) \sin(2\omega t)$$

$$p_L = V I \sin(\theta_z) \sin(2\omega t)$$

Potencia instantánea del componente reactivo (inductivo o capacitivo) de la carga

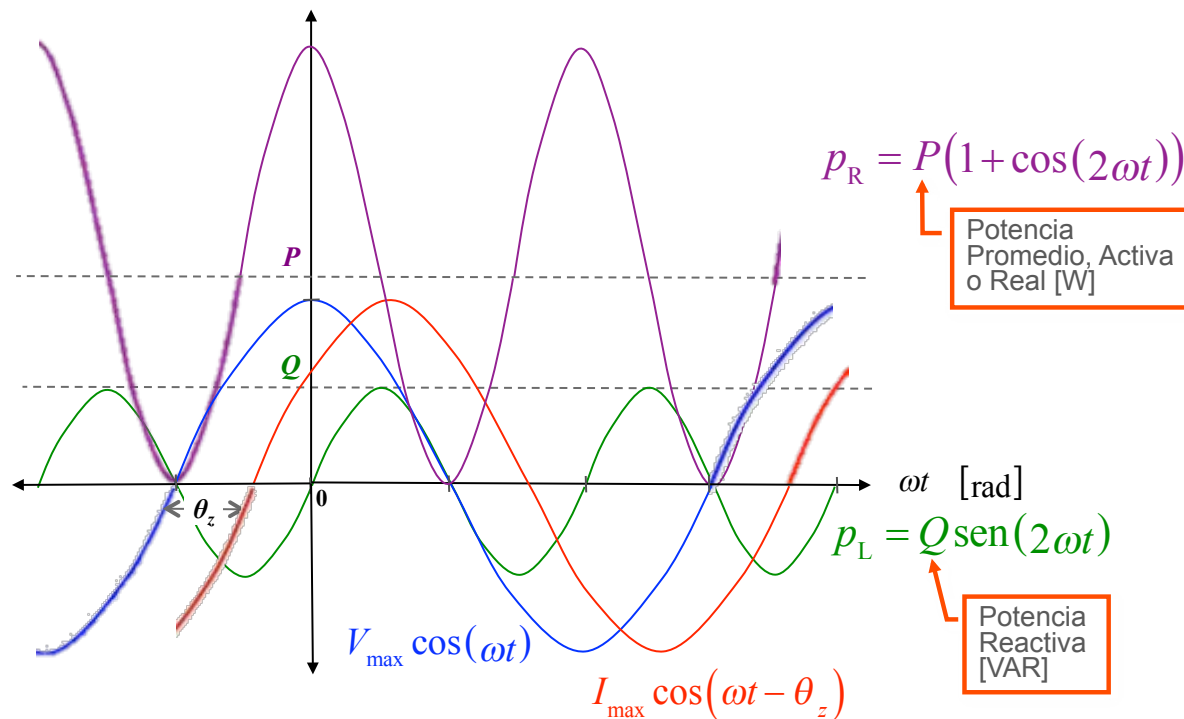
$$p_L = Q \sin(2\omega t)$$

Valor promedio = 0

Potencia en Corriente Alterna (CA) – 8/14

- Potencia Instantánea (p) – 8/9

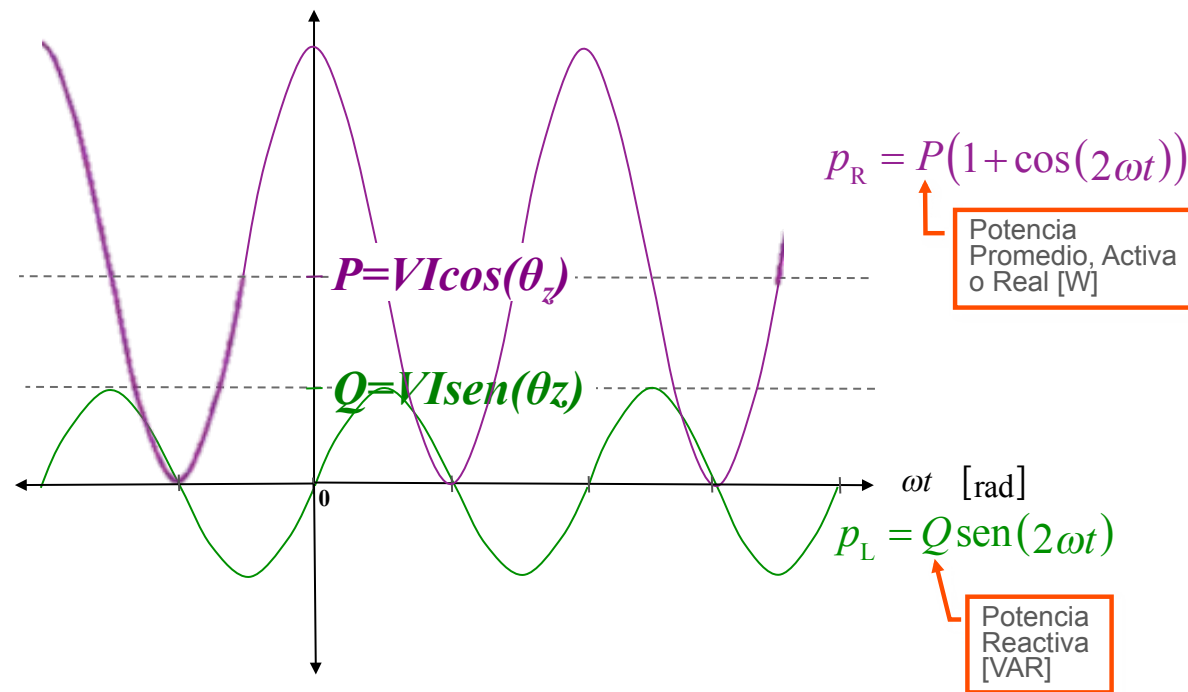
$$p = p_R + p_L$$

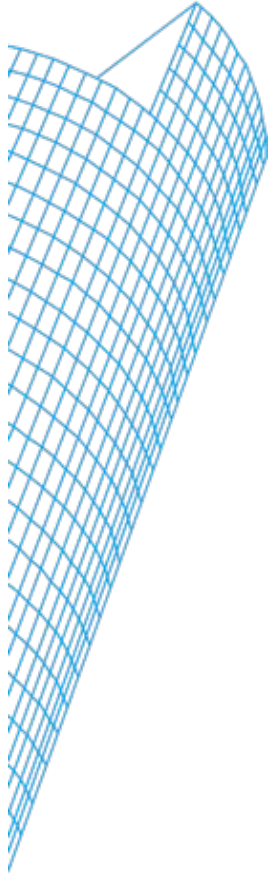


Potencia en Corriente Alterna (CA) – 9/14

- Potencia Instantánea (p) – 9/9

$$p = p_R + p_L$$





Potencia en Corriente Alterna (CA) – 10/14

- Potencia Promedio, Activa o Real (P)

$$P = VI \cos(\overbrace{\theta_v - \theta_i}^{\theta_z}) \quad [\text{W}]$$

Para un resistor (carga resistiva pura):

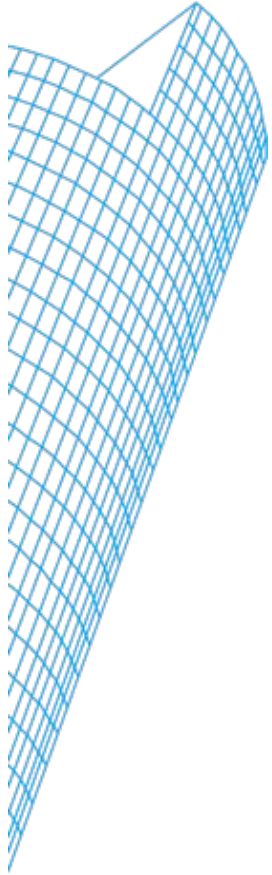
$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = 0^\circ \quad P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \quad [\text{W}]$$

Para un inductor (carga inductiva pura):

$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = 90^\circ \quad P = 0 \quad [\text{W}]$$

Para un capacitor (carga capacitiva pura):

$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = -90^\circ \quad P = 0 \quad [\text{W}]$$



Potencia en Corriente Alterna (CA) – 11/14

- Potencia Reactiva (Q)

$$Q = VI \sin(\overbrace{\theta_v - \theta_i}^{\theta_z}) \quad [\text{VAR}]$$

Para un resistor (carga resistiva pura):

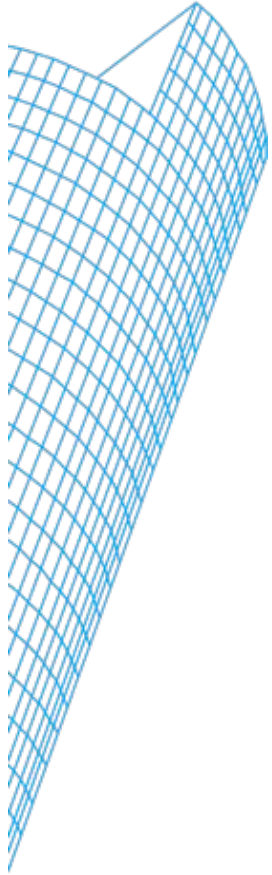
$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = 0^\circ \quad Q = 0 \quad [\text{VAR}]$$

Para un inductor (carga inductiva pura):

$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = 90^\circ \quad Q = VI \quad [\text{VAR}]$$

Para un capacitor (carga capacitiva pura):

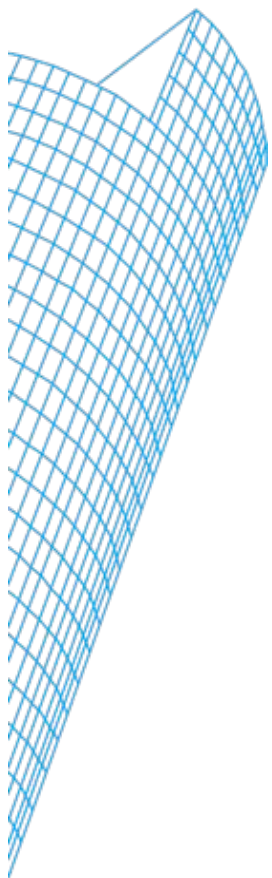
$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = -90^\circ \quad Q = -VI \quad [\text{VAR}]$$



Potencia en Corriente Alterna (CA) – 12/14

- Factor de Potencia (FP) – 1/3
 - Concepto muy importante por su **impacto económico**
 - Está relacionado con la **eficiencia de la distribución** de energía (costos)
 - **Un bajo factor de potencia ($< 0,9$)** es ineficiente porque implica una **mayor corriente para transportar una potencia dada**
 - **Un alto factor de potencia (≈ 1)** es eficiente porque implica la **menor corriente posible para transportar una potencia dada**

$$P = \underbrace{\overbrace{VI}^{|S|}}_{\text{Potencia Promedio, Activa o Real [W]}} \underbrace{\cos(\theta_v - \theta_i)}_{\text{Factor de Potencia}} \quad \begin{aligned} &\text{Potencia Aparente [VA]} \\ &\cos(\theta_z) \leq 1 \\ &|S| \geq P \end{aligned}$$



Potencia en Corriente Alterna (CA) – 13/14

- Factor de Potencia (FP) – 2/3

$$FP = \frac{P}{|S|} = \frac{P}{VI} = \cos \underbrace{\left(\theta_v - \theta_i \right)}_{\tan^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right)} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{Q}{|S| \tan(\theta_z)}$$

Para un resistor (carga resistiva pura):

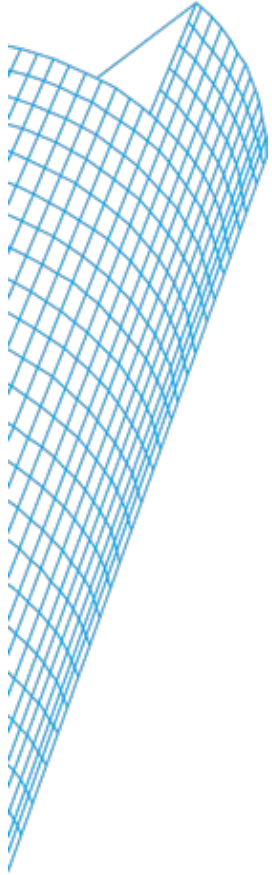
$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = 0^\circ \quad FP = 1$$

Para un inductor (carga inductiva pura):

$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = 90^\circ \quad FP = 0 \text{ en atraso (atrasado)}$$

Para un capacitor (carga capacitiva pura):

$$\theta_z = \theta_v - \theta_i = -90^\circ \quad FP = 0 \text{ en adelante (adelantado)}$$



Potencia en Corriente Alterna (CA) – 14/14

- Factor de Potencia (FP) – 3/3

$$FP = \frac{P}{|S|} = \frac{P}{VI} = \cos \left(\overbrace{\theta_v - \theta_i}^{\theta_z} \right) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{Q}{|S| \tan(\theta_z)}$$

Para cargas predominantemente inductivas (RL):

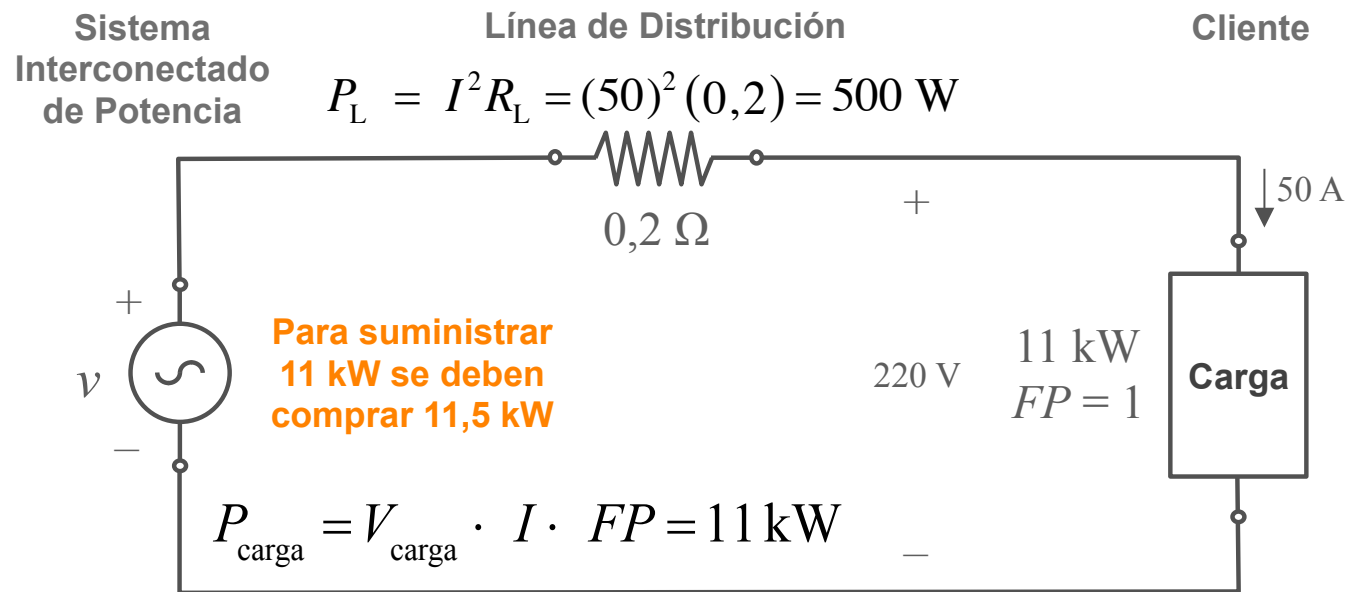
$$0^\circ < \theta_z < 90^\circ \quad FP \text{ en atraso (atrasado)}$$

Para cargas predominantemente capacitivas (RC):

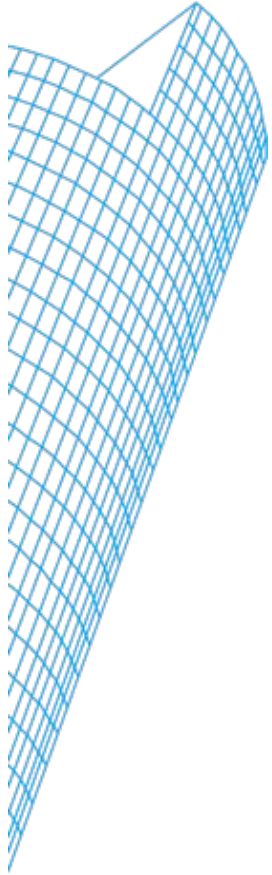
$$-90^\circ < \theta_z < 0^\circ \quad FP \text{ en adelanto (adelantado)}$$

$$FP \in [0, 1]$$

Impacto Económico del $FP (Q) - 1/4$

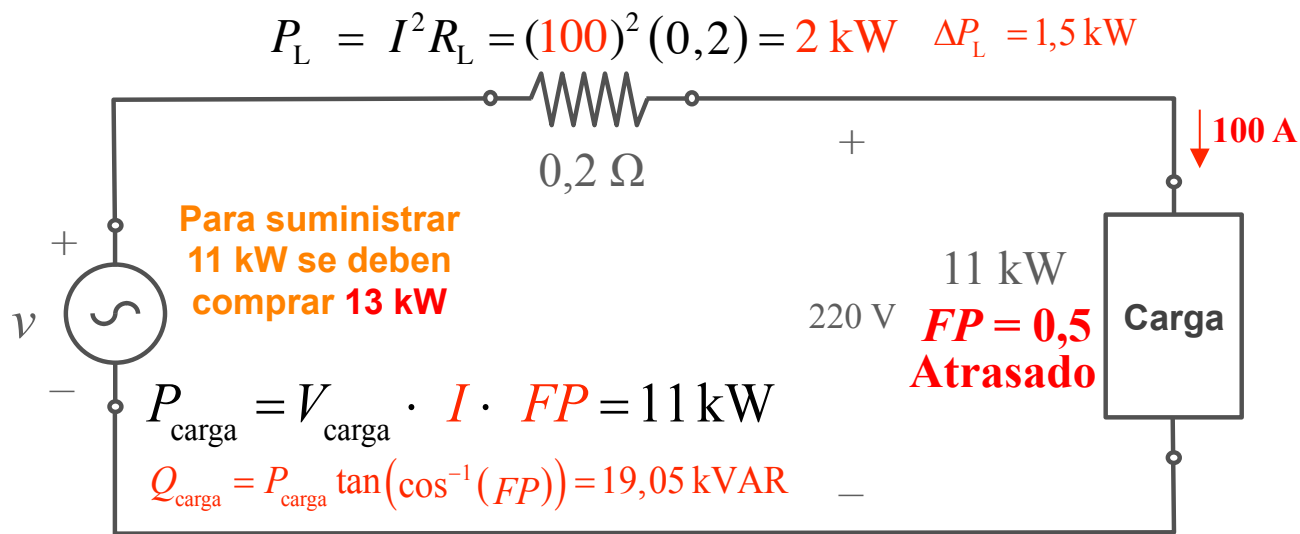


$$\eta = \frac{P_{\text{carga}}}{P_{\text{carga}} + P_L} \times 100\% = \frac{11}{11,5} \times 100\% = 95,65\% \quad \%P_L = 4,35\%$$

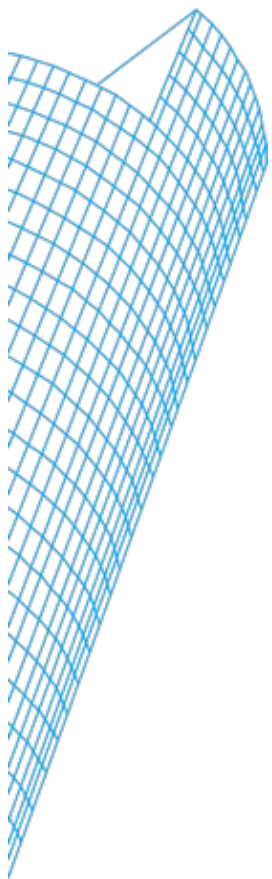


Impacto Económico del FP (Q) – 2/4

- Carga de Bajo Factor de Potencia (1/2)

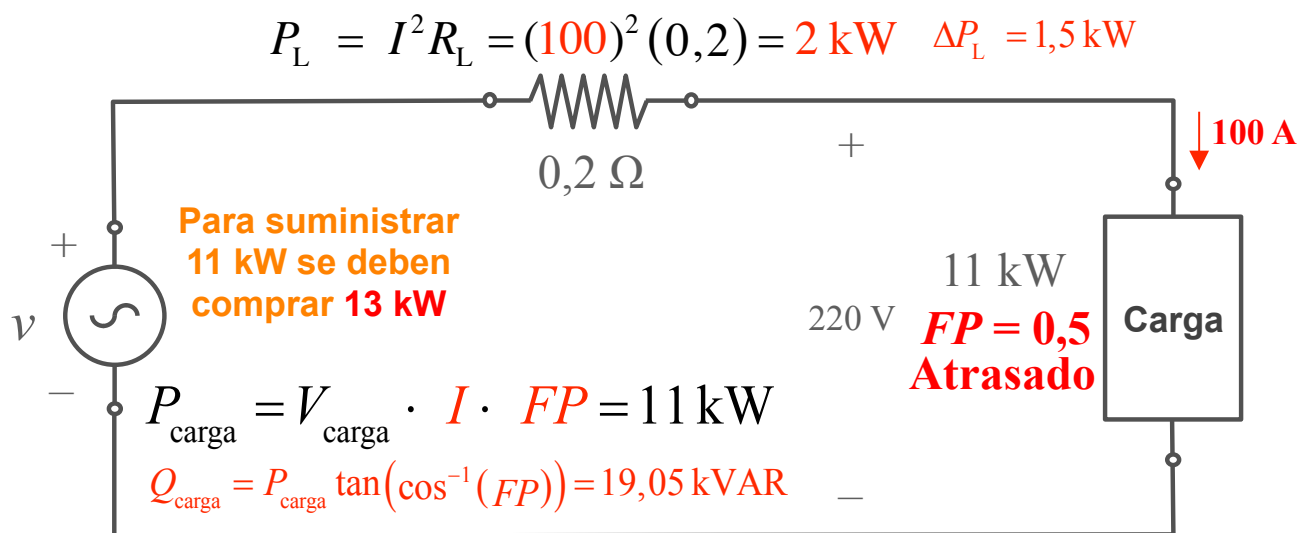


$$\eta = \frac{P_{\text{carga}}}{P_{\text{carga}} + P_L} \times 100\% = \frac{11}{13} \times 100\% = 84,62\% \quad \%P_L = 15,38\%$$



Impacto Económico del $FP (Q)$ – 3/4

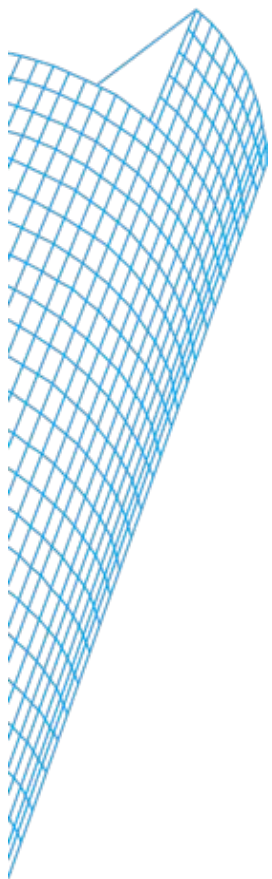
- Carga de Bajo Factor de Potencia (2/2)



Precio
Energía Activa: $\pi_P = \$400 / \text{kWh}$

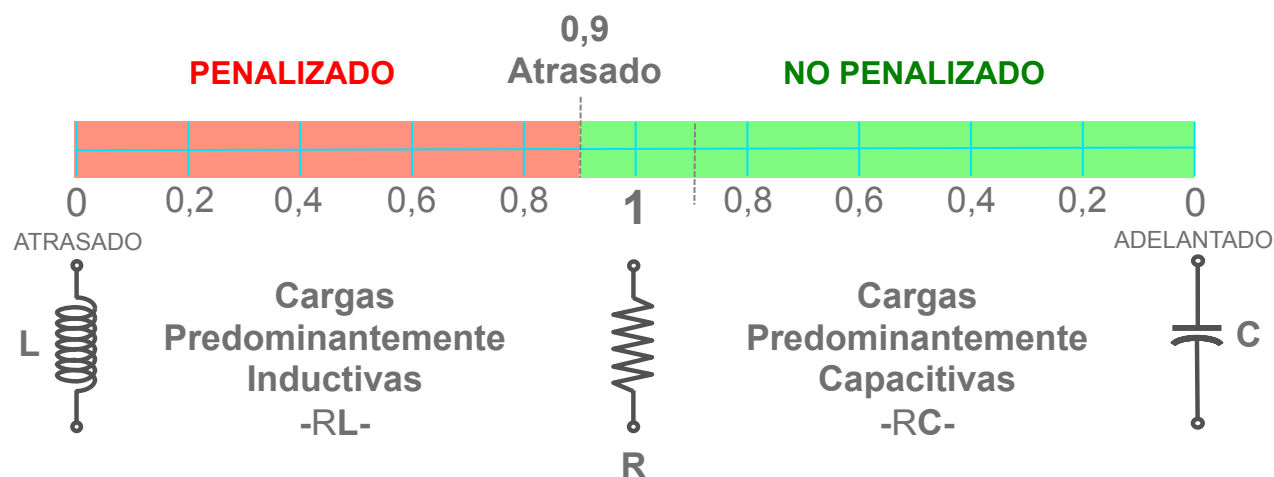
Costo Pérdidas
Adicionales: $\text{Costo}_{\Delta P_L} = \underbrace{\$600 / \text{h}}_{1,5 \times 400}$

Precio
Energía Reactiva:
 $\pi_Q = \$31,49 / \text{kVARh}$
———— 7,87% de π_P ————



Impacto Económico del $FP (Q)$ – 4/4

- Por eso se desalienta (*a través de las tarifas o con penalizaciones*) el operar a factores de potencia menores a 0,9 atrasado

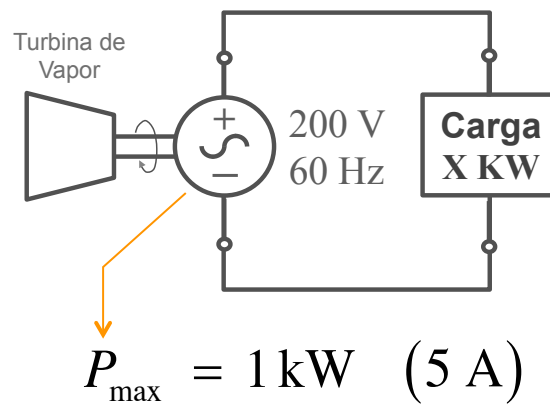


Tipo de cargas mayoritarias en un sistema interconectado de potencia

Potencia Aparente $|S|$ - 1/2

- A tensión constante, una especificación de potencia aparente es equivalente a una especificación de corriente, lo que permite dimensionar equipos

Caso 1. Generador Especificado con P (1 kW)



Carga Resistiva (1 kW):

$$I = \frac{P}{V} = 5 \text{ A} \quad \checkmark$$

Carga Reactiva (1kW, FP = 0,5):

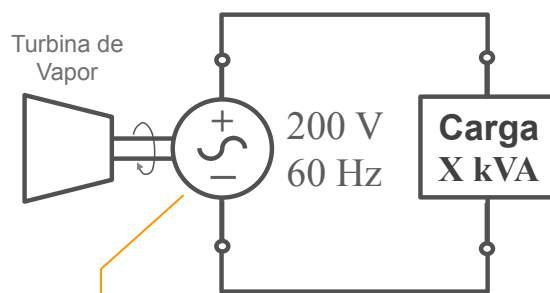
$$I = \frac{P}{V \cdot FP} = 10 \text{ A} \quad \times$$

Se quema el Generador

Potencia Aparente $|S|$ - 2/2

- A tensión constante, una especificación de potencia aparente es equivalente a una especificación de corriente, lo que permite dimensionar equipos

Caso 2. Mismo Generador Especificado con $|S|$ (1 kVA)



$$|S|_{\max} = 1 \text{ kVA} \quad (5 \text{ A})$$

Carga Resistiva (1 kW):

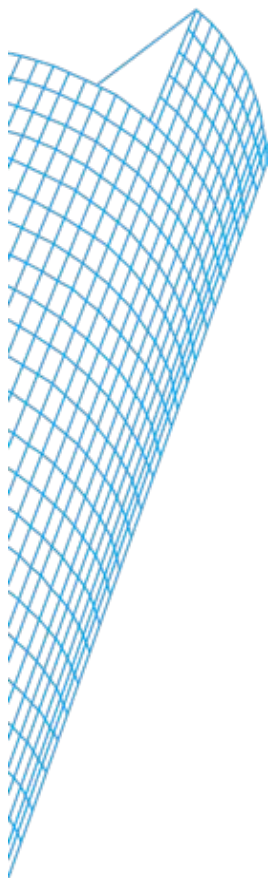
$$|S| = VI = (200)(5) = 1 \text{ kVA}$$

Se puede conectar la carga

Carga Reactiva (1kW, FP = 0,5):

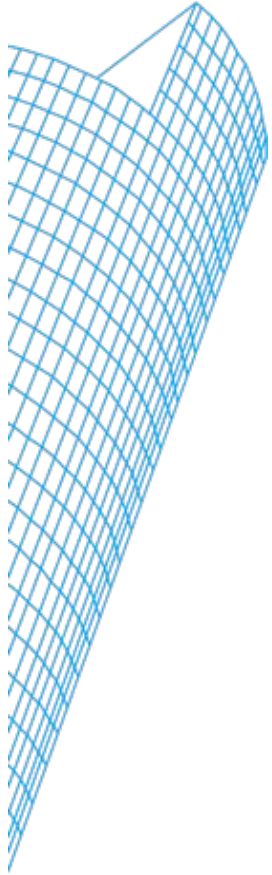
$$|S| = VI = (200)(10) = 2 \text{ kVA}$$

NO se puede conectar la carga porque se quema el generador



Corrección del Factor de Potencia – 1/6

- La mayor parte de las cargas a nivel industrial y residencial tienen un factor de potencia atrasado (predominantemente inductivas)
- ¿Vale la pena hacer algo para elevar (mejorar) el *FP*?
 - Si, si se tienen los **incentivos** para ello (**Clientes**: tarifas eléctricas mas bajas; **Operador de Red**: No reconocimiento de las pérdidas)
 - La técnica que se seleccione debe ser **viable económicamente**, esto es, su costo debe recuperarse en un tiempo razonable a través de los ahorros que se generen



Corrección del Factor de Potencia – 2/6

- Opciones para mejorar el FP

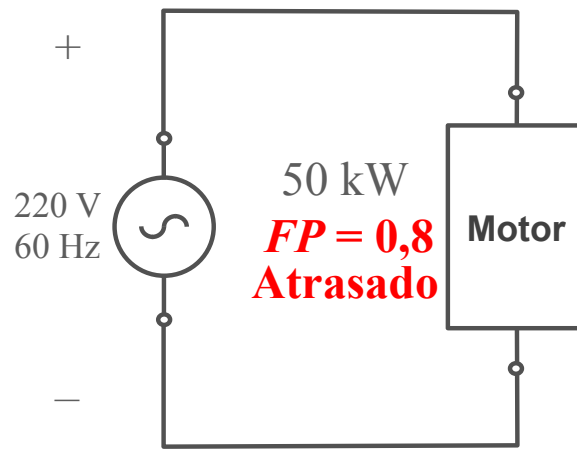
$$FP = \frac{P}{|S|} = \frac{P}{VI} = \cos \left(\overbrace{\theta_v - \theta_i}^{\theta_z} \right) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{Q}{|S| \tan(\theta_z)}$$

$\tan^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right)$

- Aumentar P manteniendo constante Q (No baja la cuenta de electricidad)
- Conectar en paralelo (para no cambiar la tensión en la carga) una reactancia capacitiva (banco de condensadores)
 - La decisión se toma considerando el costo del banco de condensadores (inversión y mantenimiento) versus el ahorro en la cuenta de electricidad

Corrección del Factor de Potencia – 3/6

- Especifique el banco de condensadores que permitiría llevar el factor de potencia del motor industrial en la figura a 0,95 atrasado



$$Q = P \tan(\cos^{-1}(FP))$$

$$Q_{\text{actual}} = P \tan(\cos^{-1}(FP_{\text{actual}}))$$

↖ 50 kW ↖ 0,8

$$Q_{\text{actual}} = 37,5 \text{ kVAR}$$

↖ 0,95

$$Q_{\text{nueva}} = P \tan(\cos^{-1}(FP_{\text{nuevo}}))$$

$$Q_{\text{nueva}} = 16,43 \text{ kVAR}$$

$$Q_{\text{cond}} = Q_{\text{nueva}} - Q_{\text{actual}} = -21,07 \text{ kVAR}$$

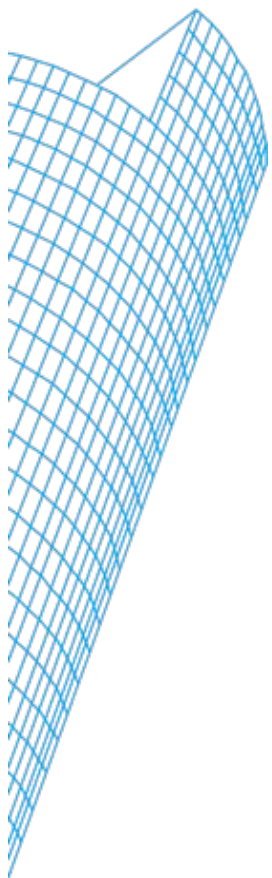
220 V
60 Hz

Corrección del Factor de Potencia – 4/6

- Banco de condensadores de 25 kVAR, 220 V (60 Hz)



**Precio del Banco de Condensadores $\approx$ \$ 60 000 / kVA
+ Instalación + Mantenimiento**



Corrección del Factor de Potencia – 5/6

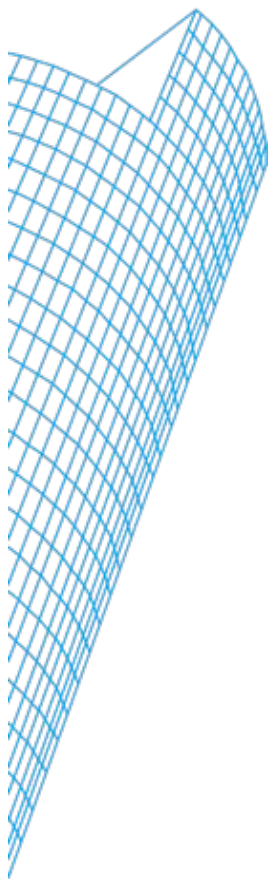
- Banco de condensadores de 25 kVAR, 220 V (60 Hz)



<http://www.ie.com.co/subcatego.php?idcategoria=59&idsubcategoria=255&subcategoria=Bancos%20de%20Condensadores>

Precio de los Condensadores≈ \$ 834.100,00

+ Tablero + Instalación + Mantenimiento



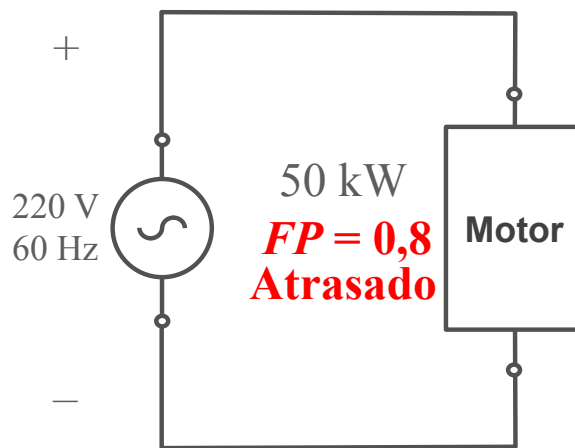
Corrección del Factor de Potencia – 6/6

- Banco de condensadores de 25 kVAR, 220 V (60 Hz)
 - Precio de los Condensadores $\approx$ \$ 834.100,00
 - (Sin Espacio, Tablero, Instalación, Mantenimiento)
 - Precio Reactiva: \$ 31,49 kVARh
 - Variación Reactiva: - 25 kVAR
 - Ahorro Año = $8.760 \text{ h/año} \times \$31,49/\text{kVARh} \times 25 \text{ kVAR}$
 - Ahorro Año = \$6.896.310/año



Actividad en Clase No. 2

- Especifique el banco de condensadores “comercial” que permitiría llevar el factor de potencia del motor industrial en la figura a **0,95 adelantado**



$$Q = P \tan(\cos^{-1}(FP))$$

$$Q_{\text{actual}} = P \tan(\cos^{-1}(FP_{\text{actual}}))$$

$$Q_{\text{actual}} = \text{_____ kVAR}$$

$$Q_{\text{nueva}} = P \tan(\cos^{-1}(FP_{\text{nuevo}}))$$

$$Q_{\text{nueva}} = \text{_____ kVAR}$$

$$Q_{\text{cond}} = Q_{\text{nueva}} - Q_{\text{actual}} = \text{_____ kVAR}$$

Potencia Reactiva Nominal
Tensión Nominal
Frecuencia Nominal



Sistemas Trifásicos

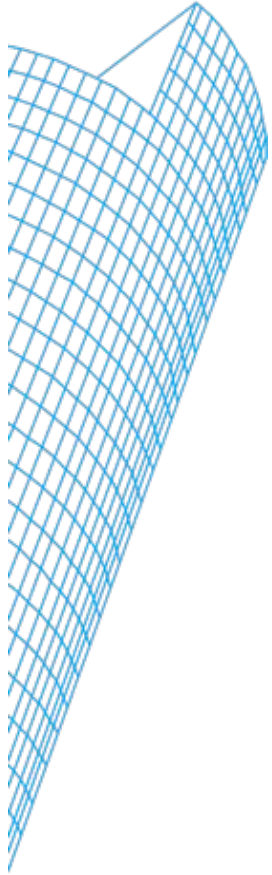


20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.

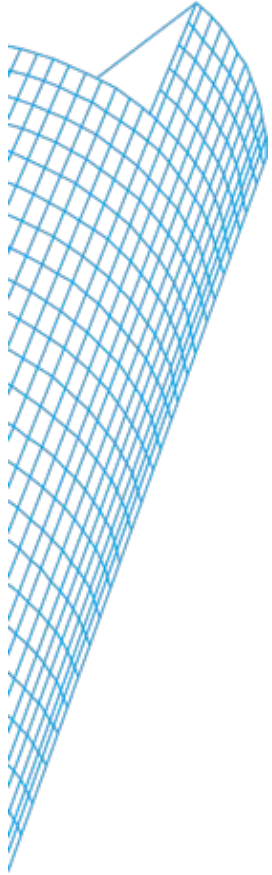
Met. de Planeación de la Expansión de la Distribución | rubenmario.cruz@cidet.org.co

Julio 31, 2015



Sistemas Trifásicos Balanceados (1/4)

- ¿Por qué se utilizan sistemas trifásicos “balanceados”?
 - La **potencia instantánea (p_T) es constante**, no pulsante como en el caso monofásico (menos desgaste por vibración en transformadores y máquinas rotativas)
 - Para distribuir la misma potencia se pueden utilizar **conductores de menor calibre** (más económicos, menos peso en la estructuras) que en el caso monofásico
 - Los **motores trifásicos son mas robustos y potentes** para el mismo costo que los monofásicos



Sistemas Trifásicos Balanceados (2/4)

- Potencia Instantánea (p_T) – 1/2

$$p_T = p_a + p_b + p_c$$

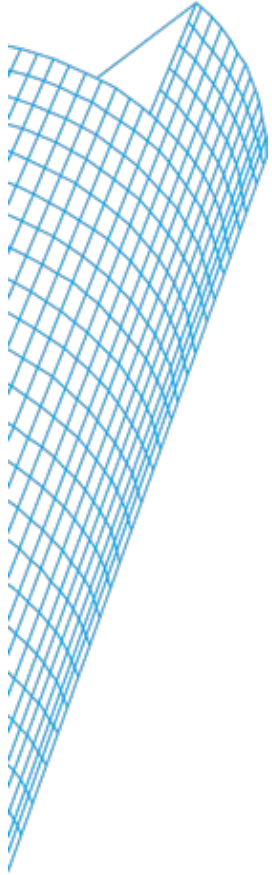
Para simplificar:

$$\theta_v = 0^\circ, \quad \theta_z = \theta_v - \theta_i \rightarrow \theta_i = -\theta_z$$

$$p_T = V_{\max f} I_{\max f} \left(\begin{array}{l} \cos(\omega t) \cos(\omega t - \theta_z) \\ + \cos(\omega t - 120^\circ) \cos(\omega t - \theta_z - 120^\circ) \\ + \cos(\omega t + 120^\circ) \cos(\omega t - \theta_z + 120^\circ) \end{array} \right)$$

Identidad Trigonométrica:

$$\cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) = \frac{1}{2} (\cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \cos(\varphi_1 + \varphi_2))$$



Sistemas Trifásicos Balanceados (3/4)

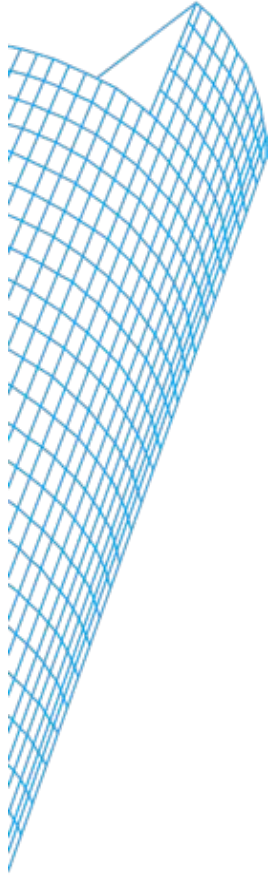
- Potencia Instantánea (p_T) – 2/2

$$p_T = V_f I_f \left(\begin{array}{l} 3\cos(\theta_z) - \cos(2\omega t - \theta_z) \\ + \cos(2\omega t - \theta_z - 120^\circ) \\ + \cos(2\omega t - \theta_z + 120^\circ) \end{array} \right)$$

Identidad Trigonométrica: $\cos(\varphi) + \cos(\varphi - 120^\circ) + \cos(\varphi + 120^\circ) = 0$

$$\boxed{p_T = P_T = 3V_f I_f \cos(\theta_z) \quad [\text{W}]}$$

La potencia instantánea es constante, no es pulsante, e igual a la potencia promedio

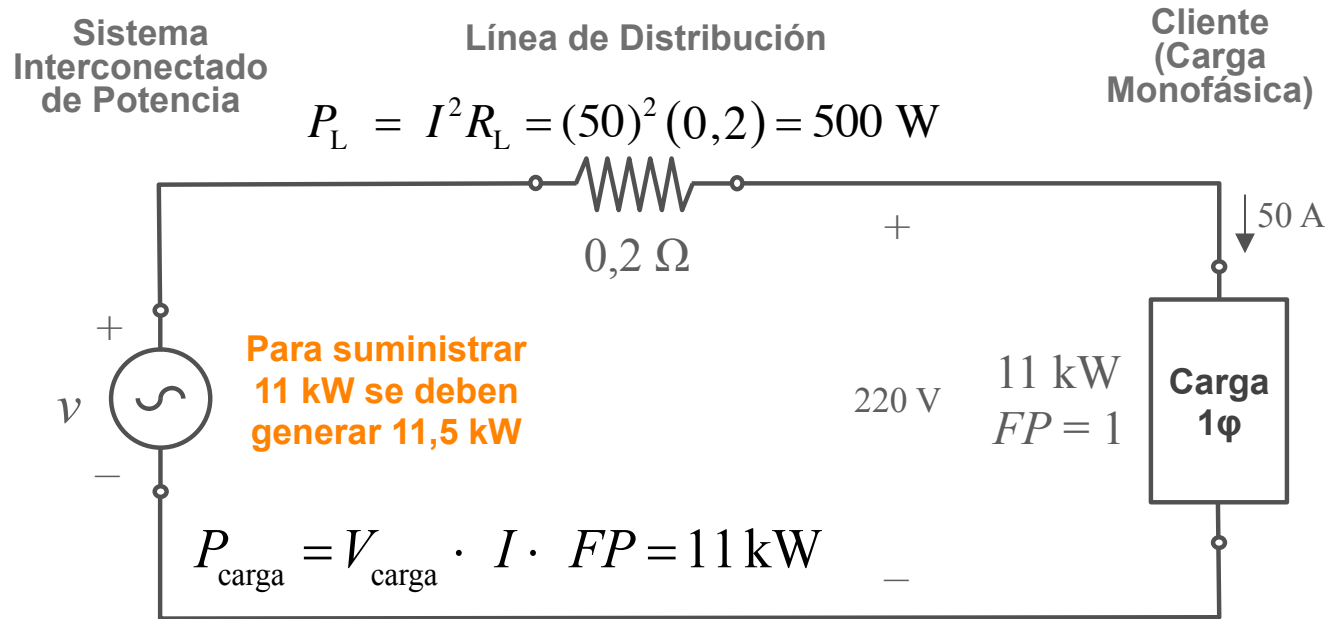


Sistemas Trifásicos Balanceados (4/4)

- Conductor Neutro

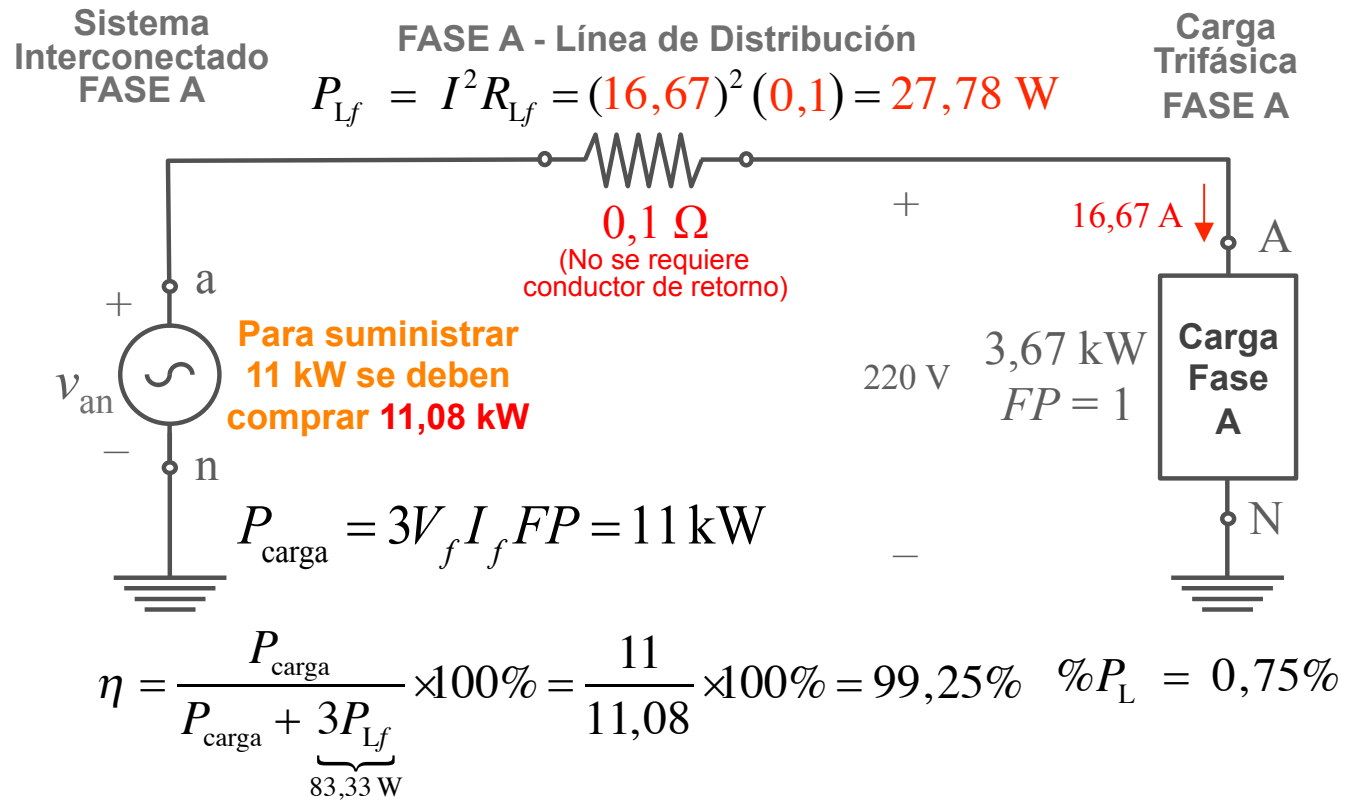
- Como la **corriente por el neutro es igual a cero** en los sistemas balanceados (fuente, línea y carga balanceadas), el neutro puede tener cualquier característica desde circuito abierto hasta corto circuito sin afectar el balance total y puede entonces analizarse una sola fase para inferir sobre todo el sistema
- **Si el sistema es desbalanceado y el neutro es un cortocircuito, puede analizarse el sistema como tres circuitos monofásicos independientes**
- Si el sistema es desbalanceado y el neutro no es un cortocircuito, debe analizarse el sistema como un todo

Distribución Trifásica Balanceada (1/4)

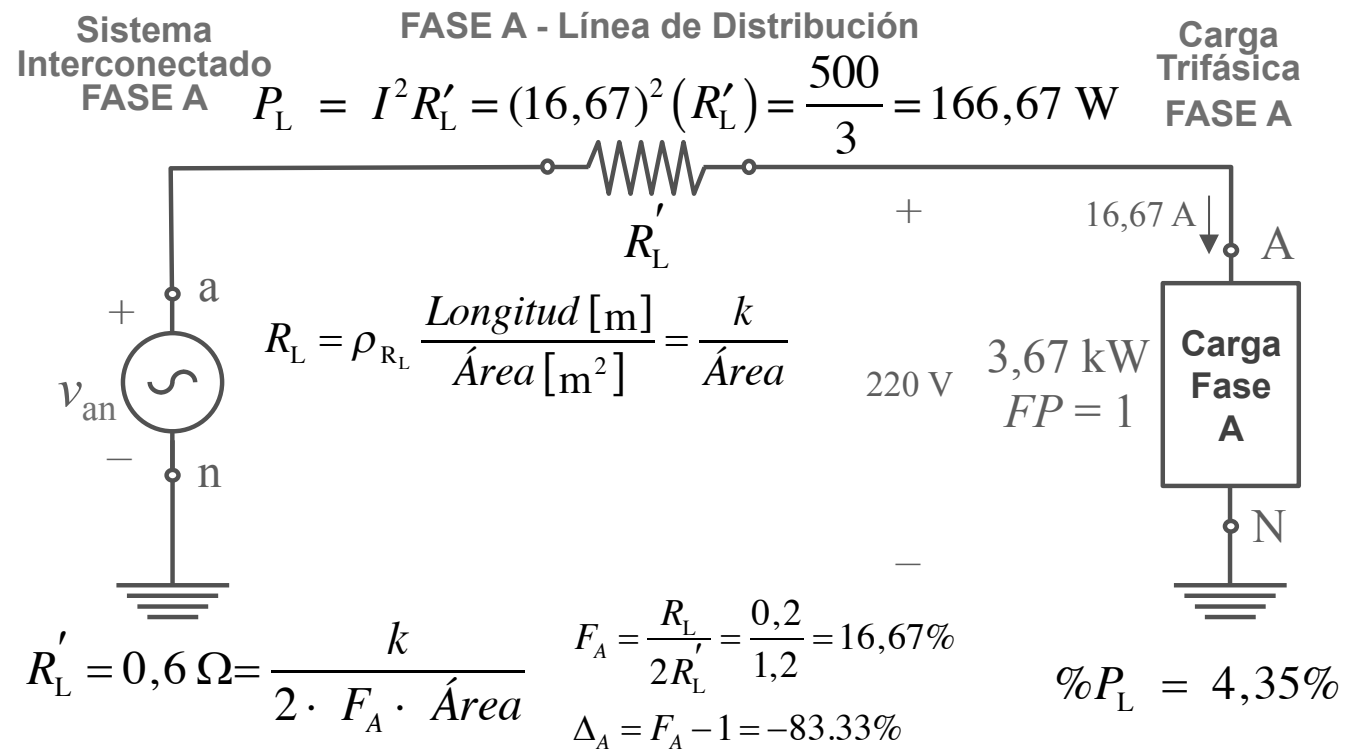


$$\eta = \frac{P_{\text{carga}}}{P_{\text{carga}} + P_L} \times 100\% = \frac{11}{11,5} \times 100\% = 95,65\% \quad \%P_L = 4,35\%$$

Distribución Trifásica Balanceada (2/4)

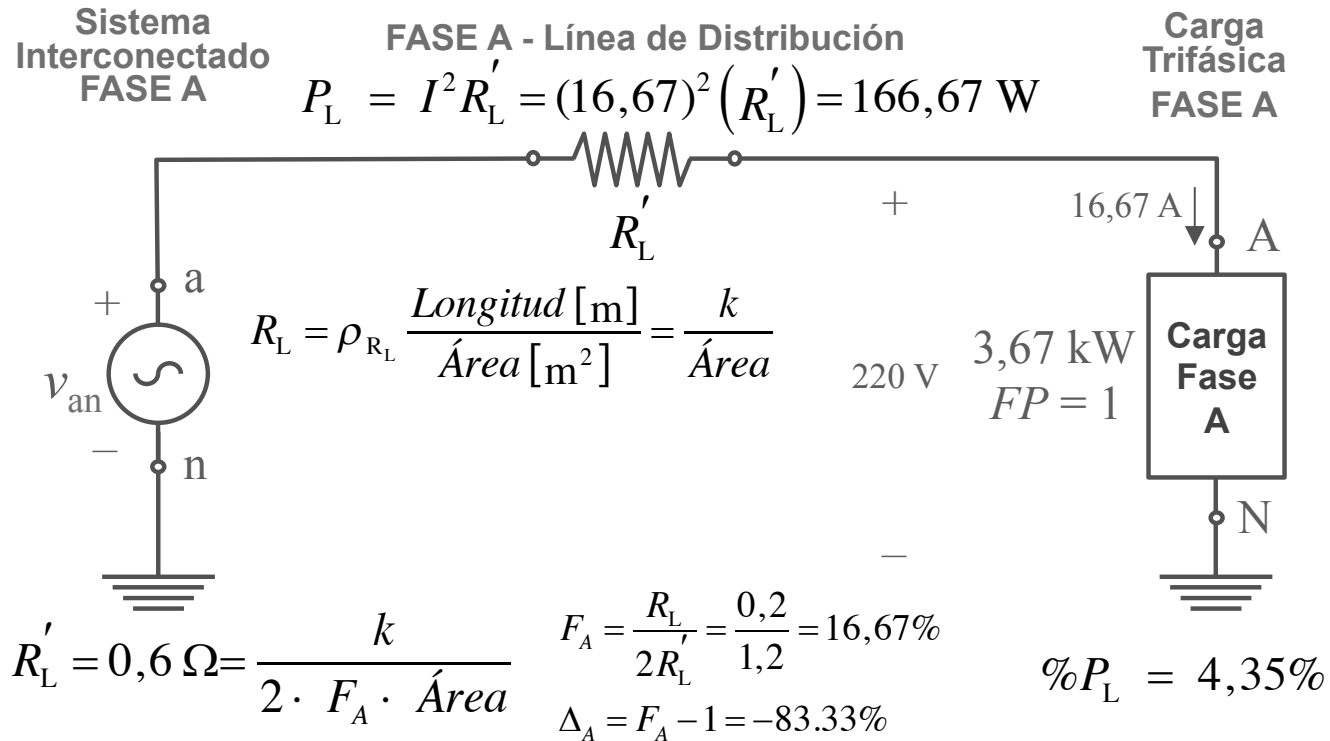


Distribución Trifásica Balanceada (3/4)



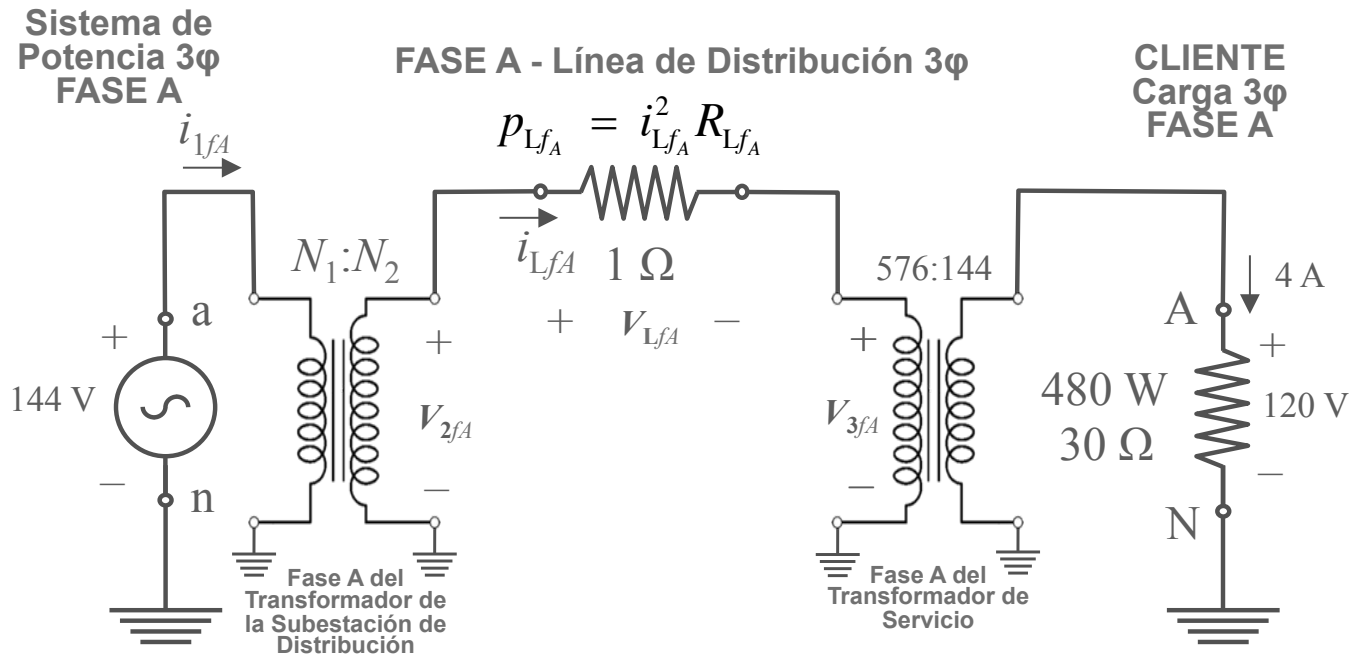
El área transversal de cada uno de los tres conductores se puede disminuir en un 83,33% con respecto a los dos del caso monofásico para tener las mismas pérdidas

Distribución Trifásica Balanceada (4/4)



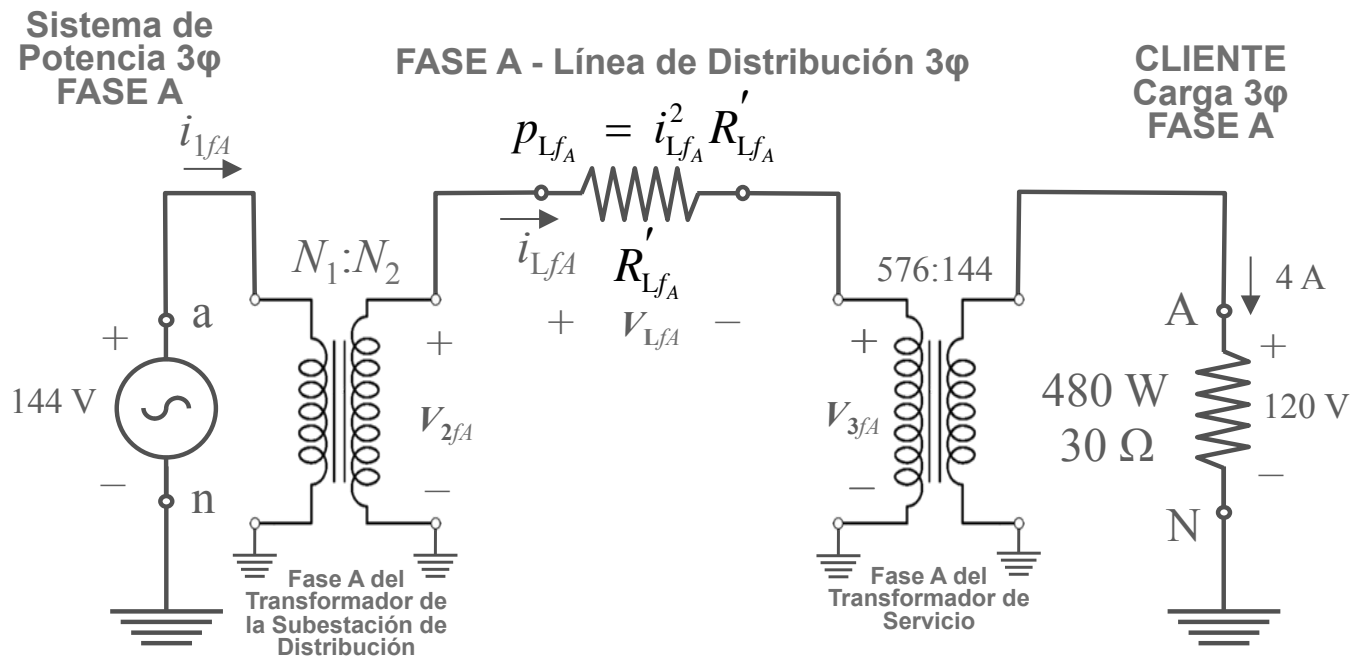
El diámetro de cada uno de los tres conductores se puede disminuir en un 59,18% con respecto a los dos del caso monofásico para tener las mismas pérdidas

Actividad en Clase No. 3 (1/3)



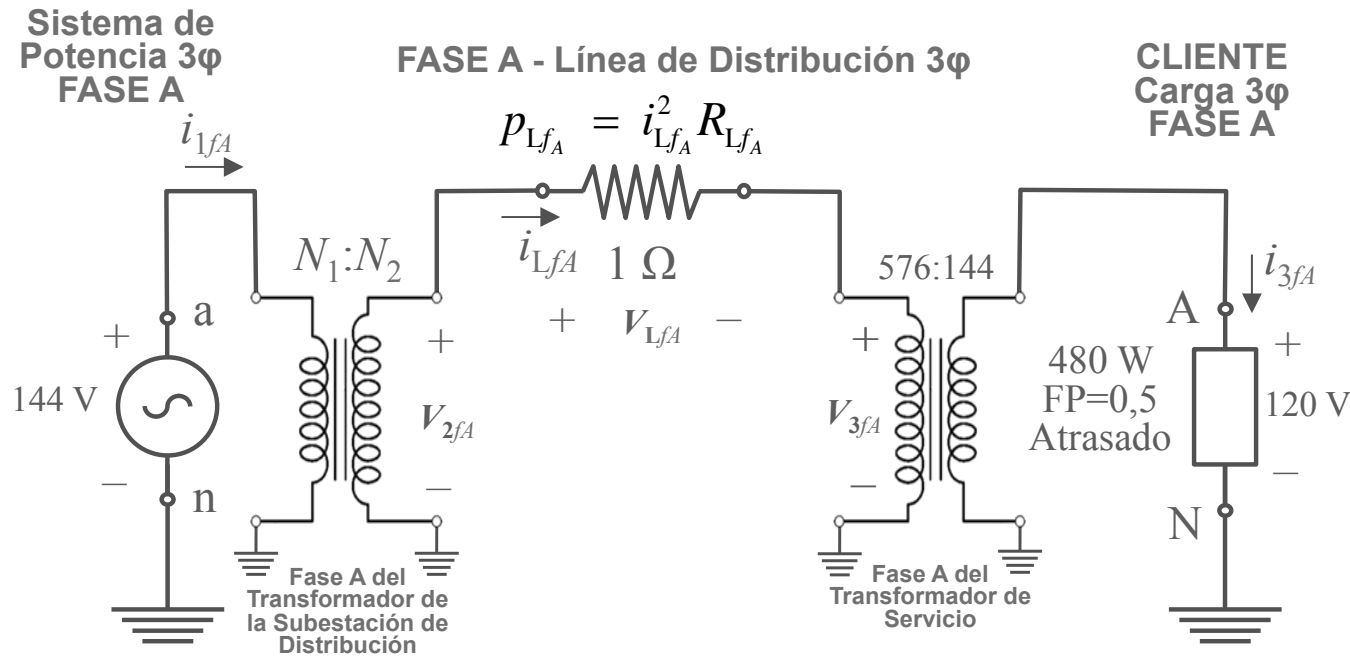
1. Determine la eficiencia de la distribución de energía y el porcentaje de pérdidas si el sistema del ejemplo de pérdidas de distribución (Lámina 137) pasa de monofásico a trifásico balanceado, tal como se muestra

Actividad en Clase No. 3 (2/3)



- Determine en cambio en el área transversal y el diámetro de los conductores requeridos para transmitir, con las mismas pérdidas en total que el caso monofásico (18 W), pero de forma trifásica

Actividad en Clase No. 3 (3/3)



3. Si el precio de la potencia activa es \$ 380/kWh, ¿Cuánto se le debería cobrar al usuario con carga en la figura por cada kVAR debido al incremento en las pérdidas de transmisión?

Costo del Servicio



Costo del Servicio de Distribución

$$\text{Costo} = \text{Costo de Capital} + \overbrace{\text{AOM} + \text{Pérdidas}}^{\text{Continuos o Periódicos}}$$

- Terrenos
- Obras
- Construcción
- Instalación
- **Activos (Infraestructura)**

- Gente
- Equipos y sistemas para operación, mantenimiento y servicio
- Impuestos y contribuciones

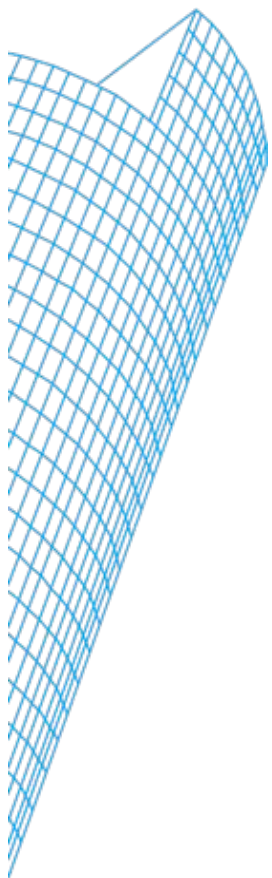
- No técnicas
- **Técnicas**

- La tendencia es incentivar un **consumo sin altos picos** y el tener un **factor de potencia superior a 0,9 atrasado**

100 kWh $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ kW en 20 horas} \\ 20 \text{ kW en 5 horas} \end{array} \right.$

— Más económica, requiere menos infraestructura

— Requiere más infraestructura (penalizada)



Costos de Capital (1/4)

- **Líneas**

- Línea de 34,5 kV, 50 MVA:

- USD 30.000/km = USD 0,6/kVA×km**

- **Subestaciones**

1. Sitio

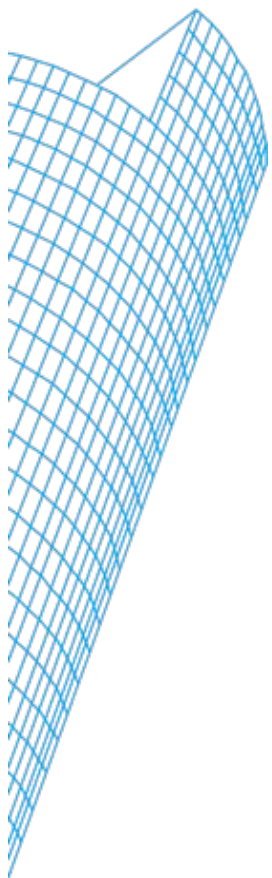
- Compra y preparación del terreno

2. Líneas de conexión al sistema

- Servidumbres

3. Costos de transformación

- Transformadores y medidores
- Control, protección y monitorización
- Sistemas contra incendio, de contención de derrames y mitigación ruido
- Barrajes, seccionadores, interruptores



Costos de Capital (2/4)

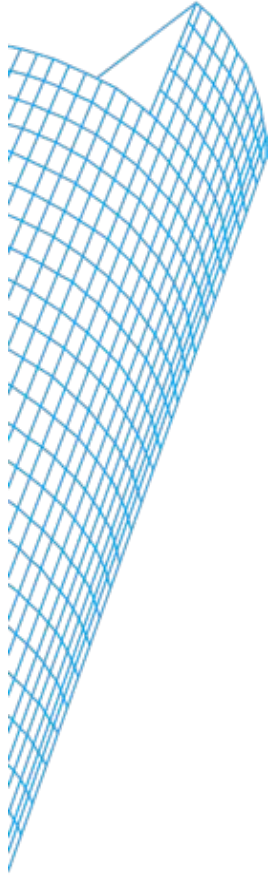
- **Subestaciones**

- **Área de Media Densidad Poblacional**

- 1 línea de 34,5 kV
 - 1 transformador de 5 MVA
 - **Costo total: USD 90.000**
 - Carga de 4 MW = USD 23/kW

- **Área de Alta Densidad Poblacional**

- 2 líneas de 115 kV
 - 2 transformadores de 40 MVA, 115/13,8 kV
 - 4 circuitos por transformador de 9 MVA
 - **Costo total: USD 2.000.000** (puede variar de MUSD 1,6 a 6)
 - Carga de 60 MW (75% de utilización) = USD 33/kW
 - Carga de 80 MW (100% de utilización) = USD 25/kW
 - 2 a 3 horas de indisponibilidad al año



Costos de Capital (3/4)

- **Alimentadores**

- **Principales**

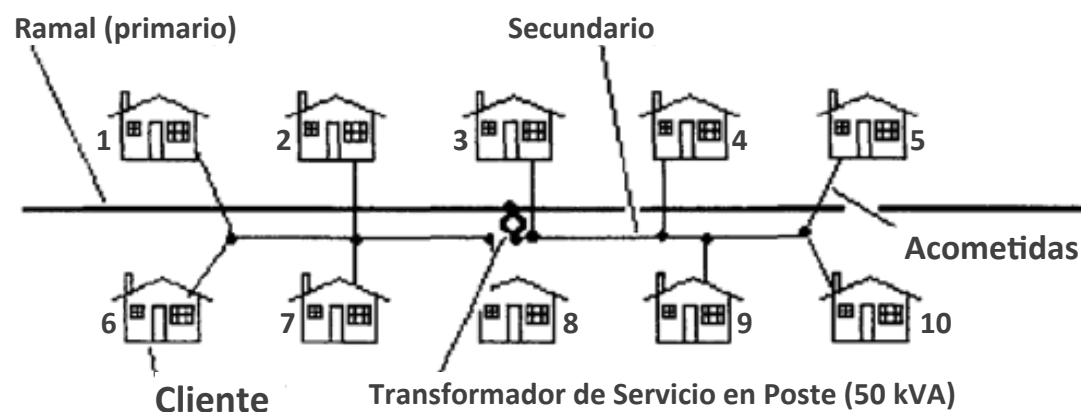
- Trifásico, Aéreo (poste), 600 MCM, 13,8 kV, 15 MVA (8,5 MVA pico): USD 100.000/km (USD 35.000 a USD 300.000), **USD 5-10/kW×km**
 - Subterráneo: **USD 20-30/kW×km**

- **Ramales (frecuentemente monofásicos, bifásicos)**

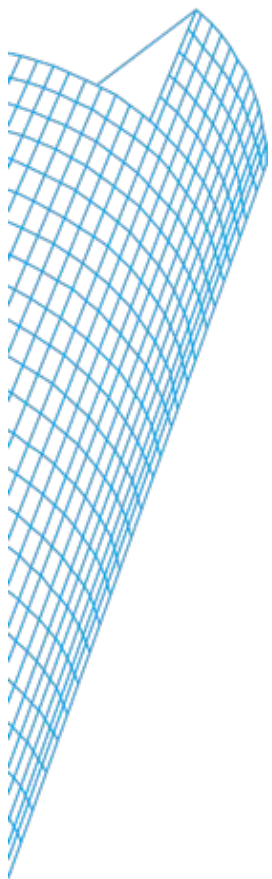
- Aéreos: **USD 3-10/kW×km**
 - Subterráneo (directamente enterrado): **USD 3-10/kW×km**
 - Subterráneo (ducto): **USD 20-60/kW×km**

Costos de Capital (4/4)

- Nivel de Servicio



Poste y herrajes del transformador	USD 250
Transformador, equipo de montaje e instalación	USD 750
170 metros de cable monofásico de BT (120/240 V)	USD 1.000
10 acometidas incluyendo instalación a USD 100	USD 1.000
USD 300 por cliente (USD 60/kW de carga coincidente)	USD 3.000

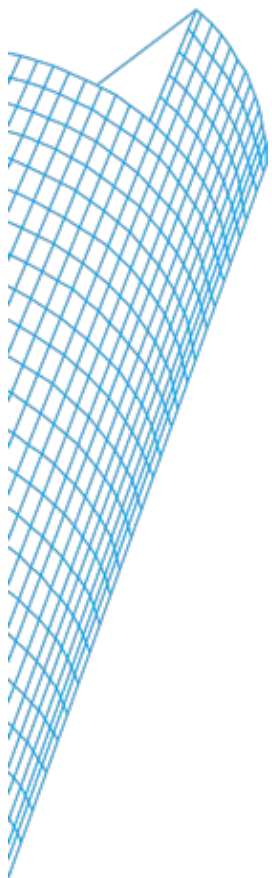


Costos de Operación y Mantenimiento

- Los costos anuales de O&M pueden variar entre un **octavo (1/8) y un treintavo (1/30)** de los costos de capital



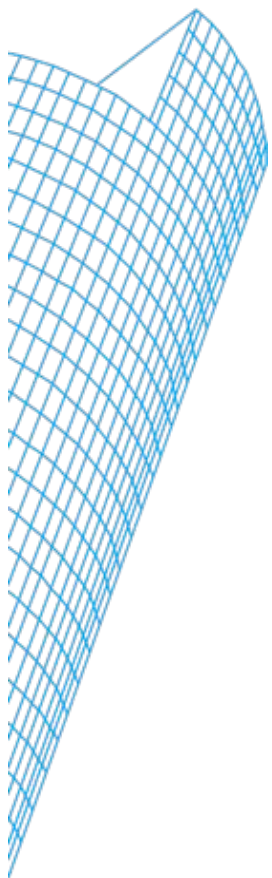
<http://informedesostenibilidadepm.com.co/2013/wp-content/uploads/Nota-2.4.2.4-Distribucion.jpg>



¡Repotenciar es más caro que construir nuevo! (1/2)

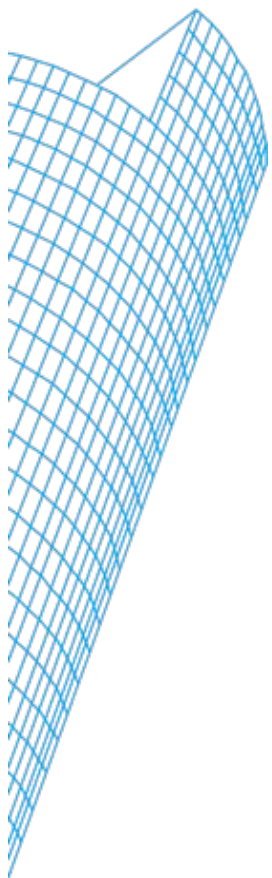
- Fuertes Economías de Escala en la Distribución de Electricidad

OPCIÓN 1 - NUEVA	OPCIÓN 2 - NUEVA
Alimentador aéreo trifásico; 9 MVA a 13,8 kV; Conductor 336 MCM: USD 75.000/km = USD 8/kW×km	Alimentador aéreo trifásico; 15 MVA a 13,8 kV; Conductor 600 MCM: USD 90.000/km = USD 6/kW×km
OPCIÓN 3 – REPOTENCIAR OPCIÓN 1 EN OPCIÓN 2	
Alimentador aéreo trifásico; Pasar de 9 MVA a 15 MVA a 13,8 kV (6 MVA adicionales); Cambiar conductor de 336 MCM por uno de 600 MCM: USD 125.000/km = USD 20/kW×km por los 6 MVA Adicionales - Remover el conductor viejo y sus herrajes - Instalar el conductor nuevo y sus herrajes - Trabajo en línea viva	



¡Repotenciar es más caro que construir nuevo! (2/2)

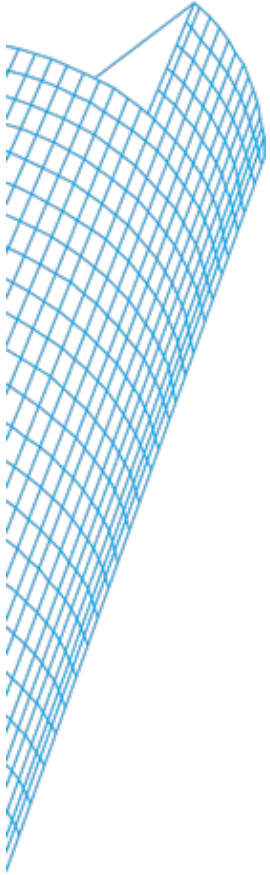
- Fuertes Economías de Escala en la Distribución de Electricidad
 - Incentivo a **sobre-dimensionar el sistema**, con al menos un 50% de margen sobre la demanda existente
 - Los prohibitivos costos de repotenciar hacen opción a la **generación distribuida** (DER – *Distributed Energy Resources*) y la **gestión de la demanda** (DSM – *Demand Side Management*) en sistemas saturados
 - A diferencia de la transmisión de energía eléctrica, los sistemas de distribución saturados pueden tener niveles de **pérdidas que justifiquen inversiones**



Costo del Servicio de Distribución (1/2)

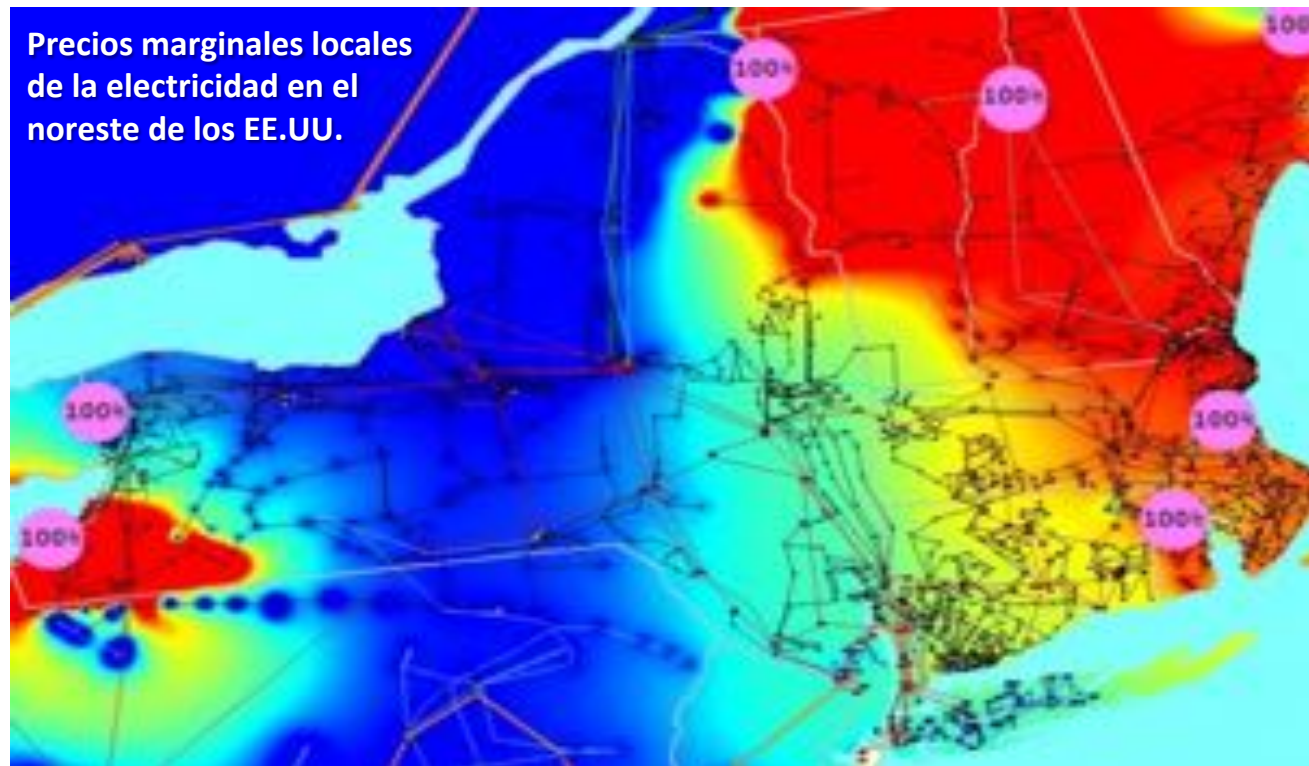
- Ejemplo para un usuario residencial

Nivel	Componentes del Costo	Costo
STR	$4 \text{ kW} \times 160 \text{ km} \times \text{USD } 0,5/\text{kW} \times \text{km}$	USD 320
Subestación	$4 \text{ kW} \times \text{USD } 60/\text{kW}$	USD 240
Alimentador	$4 \text{ kW} \times 2,5 \text{ km} \times \text{USD } 6/\text{kW} \times \text{km}$	USD 60
Servicio	Un décimo del sistema local de servicio de 50 kVA	USD 300
Total de Costos de Capital		USD 920
O&M	Operación, Mantenimiento, Impuestos y Contribuciones (Valor Presente Neto sobre 30 años)	USD 500
Pérdidas	Costo de las pérdidas eléctricas (Valor Presente Neto sobre 30 años)	USD 700
Valor Presente Neto del Costo del Suministro (30 años)		USD 2.120



Costo del Servicio de Distribución (2/2)

- Dependen de la ubicación (pérdidas, congestión)



Configuración del Sistema

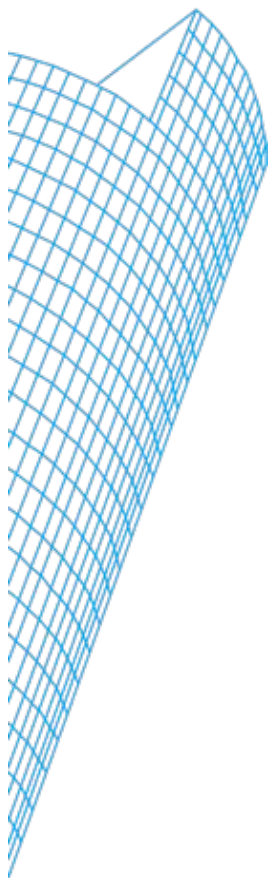


20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.

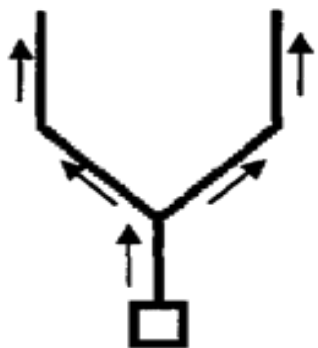
Met. de Planeación de la Expansión de la Distribución | rubendarlo.cruz@cidet.org.co

Julio 31, 2015



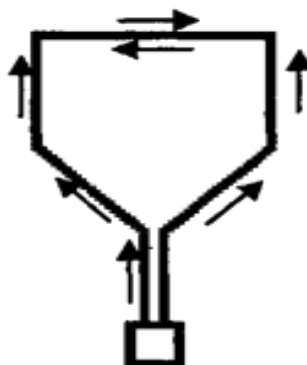
Tipos de Configuración de SD (1/2)

- Forma en que se disponen e interconectan los alimentadores desde las subestaciones



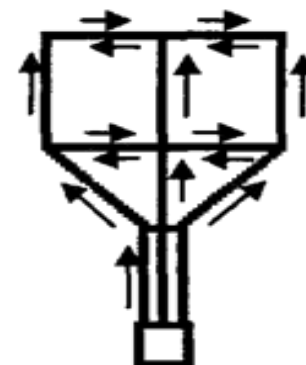
Radial (La mayoría)

- Económica
- Fácil de planear, diseñar, analizar, operar y estimar desempeño
- Un único camino al cliente (menor confiabilidad)



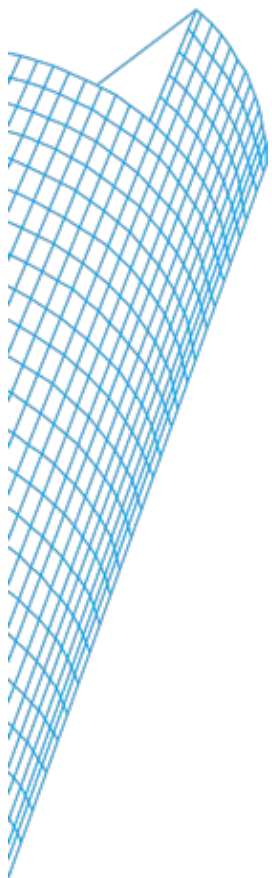
Lazo (Europa)

- Requiere mayor capacidad del conductor
- Solo ligeramente más difícil de planear, diseñar, analizar y operar
- Mayor confiabilidad



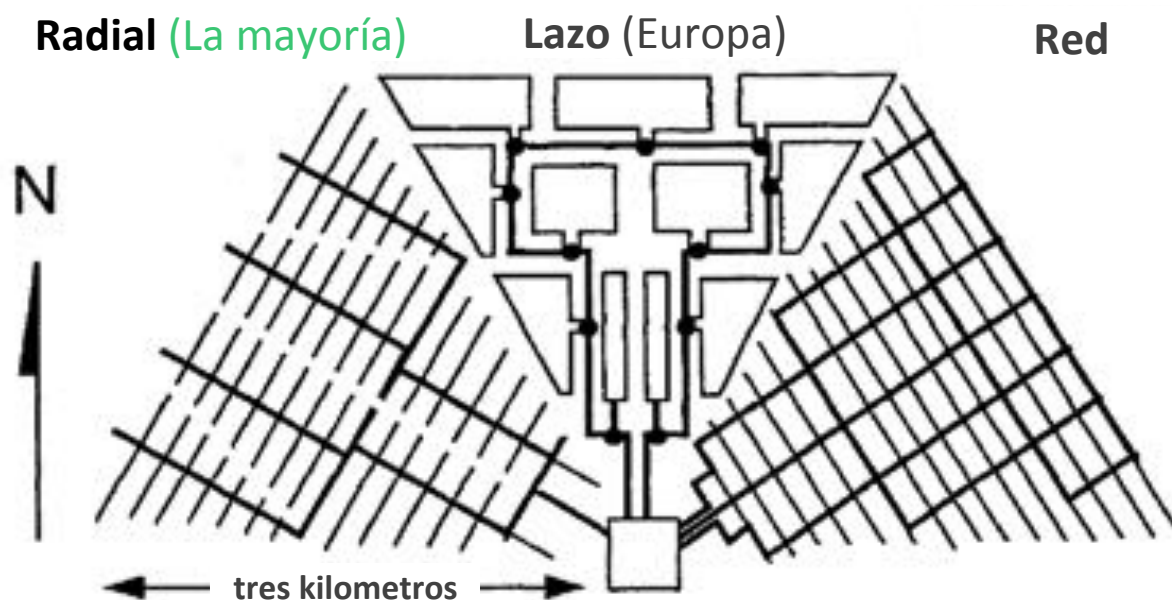
Red

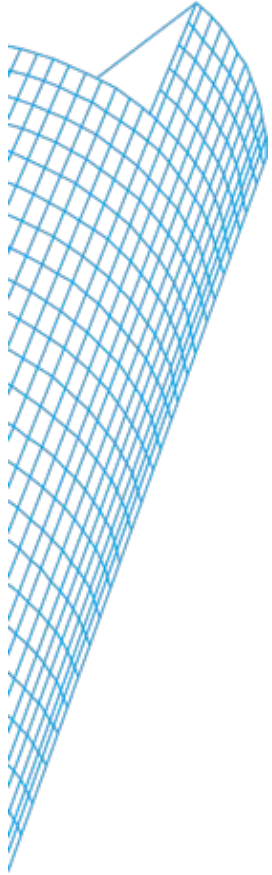
- Las más compleja, confiable y costosa (adeuada para áreas densamente pobladas y redes subterráneas)
- Usualmente conformada por una red traslapada de alimentadores radiales que se pueden entrelazar



Tipos de Configuración de SD (2/2)

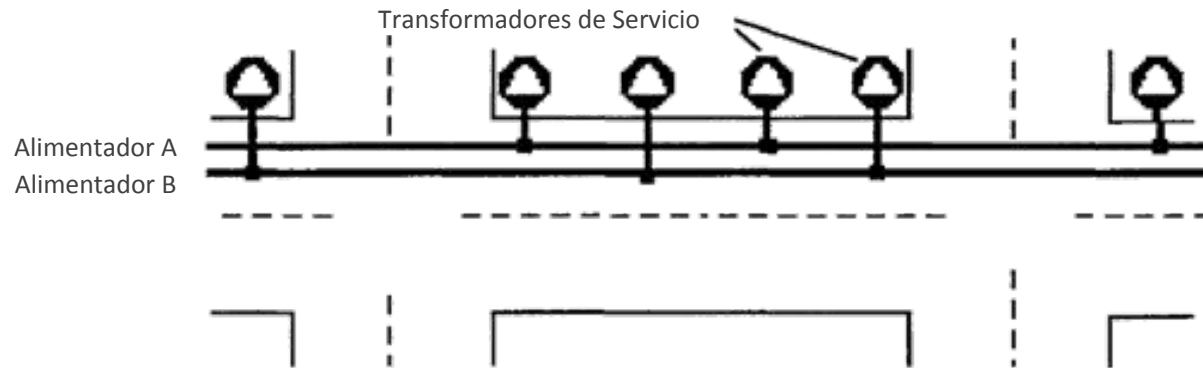
- Forma en que se disponen e interconectan los alimentadores desde las subestaciones



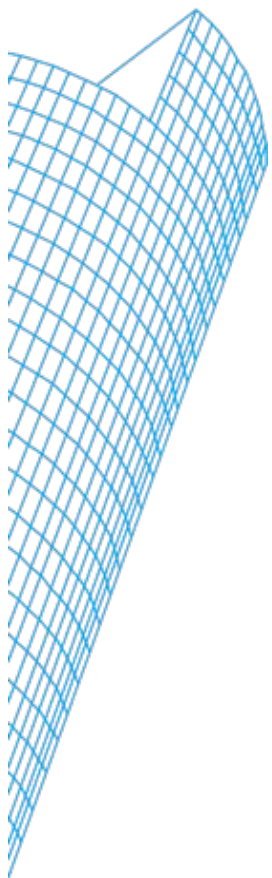


Entrelazamiento de Alimentadores Radiales (1/2)

- **No tienen áreas de servicio exclusivas**, sino que estas se traslapan alimentando de forma alternada los transformadores de servicio (aquí uno con factor de entrelazamiento de 2)

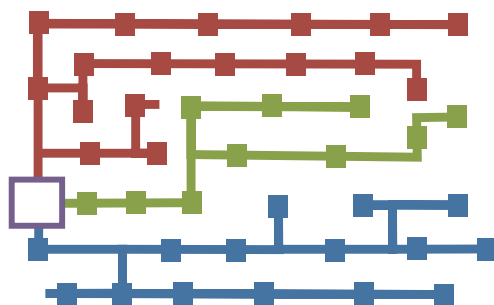


- La esencia (y la principal dificultad de diseño) es definir la configuración de los de alimentadores de manera que cada uno corra en paralelo con parte de los otros, de manera que en caso de falla, la carga se distribuya sobre parte de los otros alimentadores

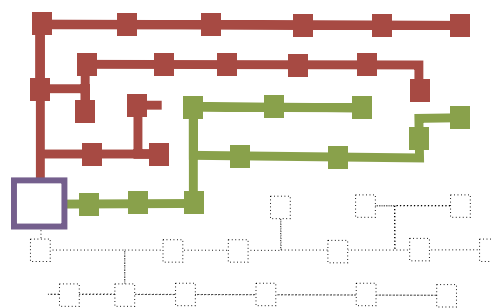


Entrelazamiento de Alimentadores Radiales (2/2)

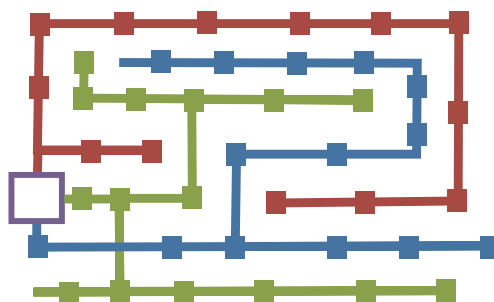
**Alimentadores NO Entrelazados
(Normal)**



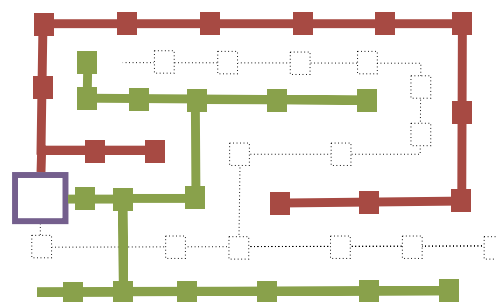
**Alimentadores NO Entrelazados
(Falla del Alimentador No. 3)**

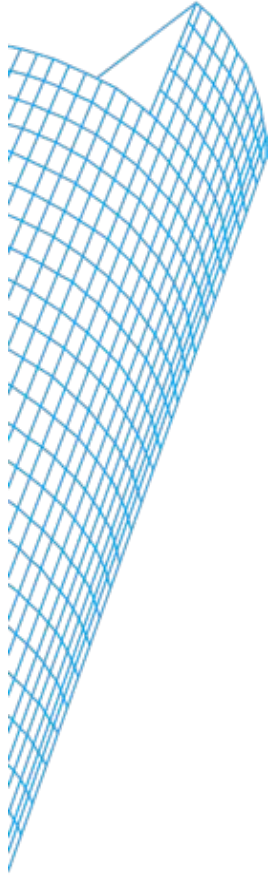


**Alimentadores Entrelazados
(Normal)**



**Alimentadores Entrelazados
(Falla del Alimentador No. 3)**

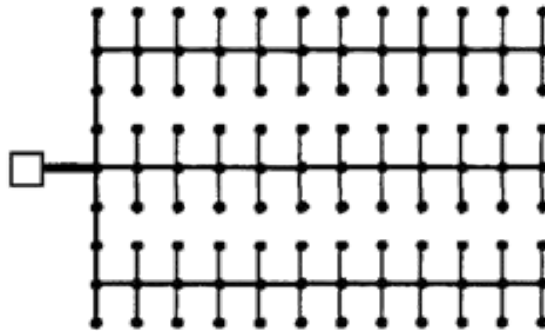




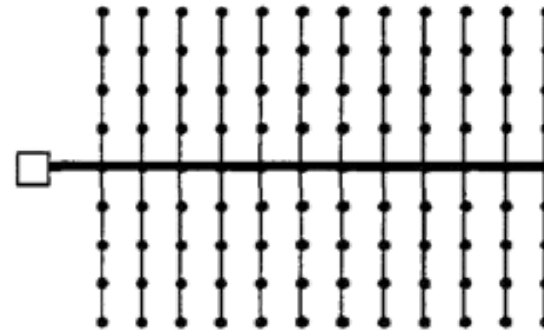
Configuración por Troncales o por Ramales

- Flexibilidad de Diseño
 - Muchos operadores de red han estandarizado un esquema u otro, tratando de minizar costos, facilitar análisis y mejorar confiabilidad

Alimentador Radial **Multiramal**
(108 Transformadores)



Alimentador Radial **Troncal**
(108 Transformadores)



Áreas de Servicio

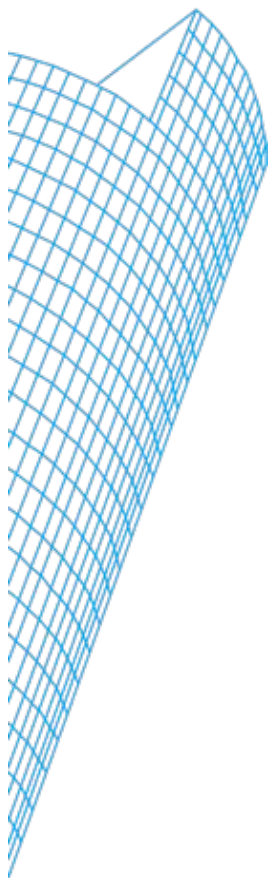


20
AÑOS

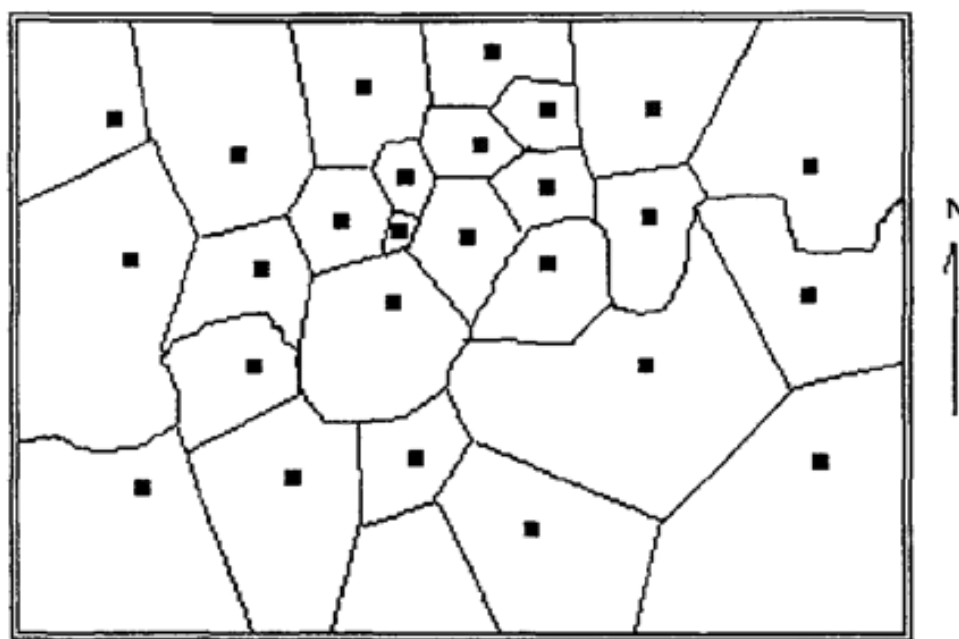
generando ideas
transformadoras.

Met. de Planeación de la Expansión de la Distribución | rubend@cidet.org.co

Julio 31, 2015

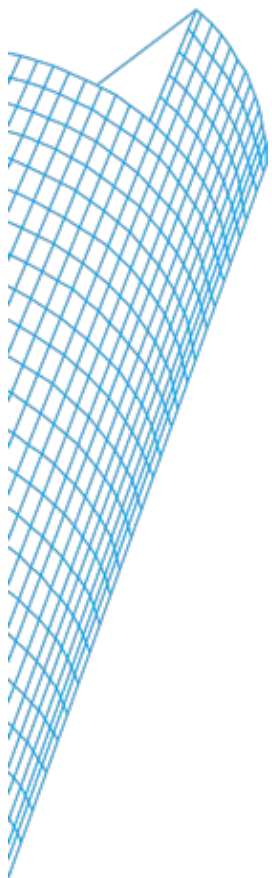


Áreas de Servicio

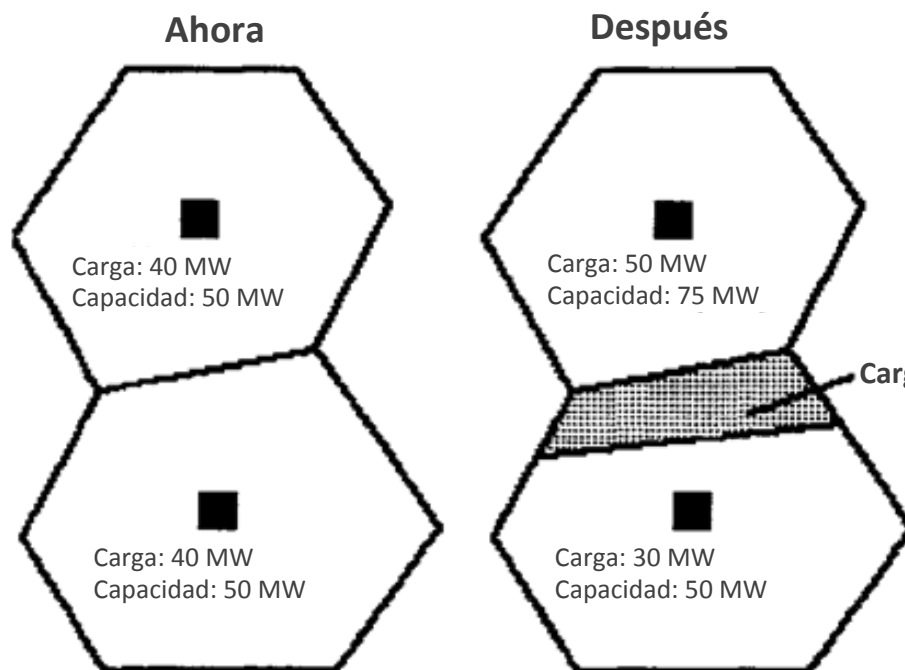


15 kilómetros

■ Subestación
(Sirve a los clientes en su área de
servicio agregando su demanda)



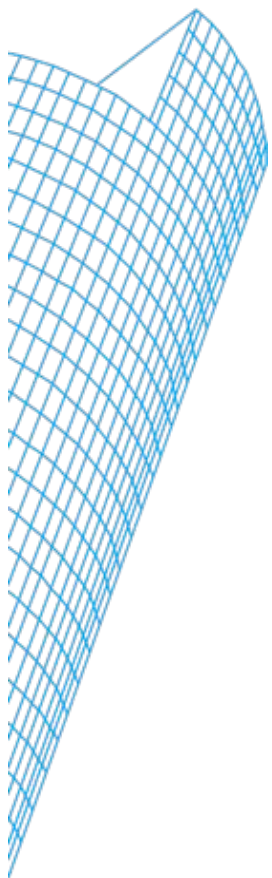
Planeación Dinámica de las Áreas de Servicio



- Por confiabilidad, cada subestación debe contar con un **margen del 25% sobre la demanda pico** (están a máxima capacidad)

- Con un crecimiento de demanda de 1 MW por año en cada subestación, atender la demanda de los próximos 10 años implica 12,5 MW adicionales de capacidad en cada una, pero los transformadores sólo se consiguen en incrementos de 25 MVA (**50 MVA en total**)

- **Transfiriendo carga (10 MW) solo se debe reforzar una subestación (25 MVA adicionales)** dejando margen suficiente en cada una para atender la demanda durante 10 años

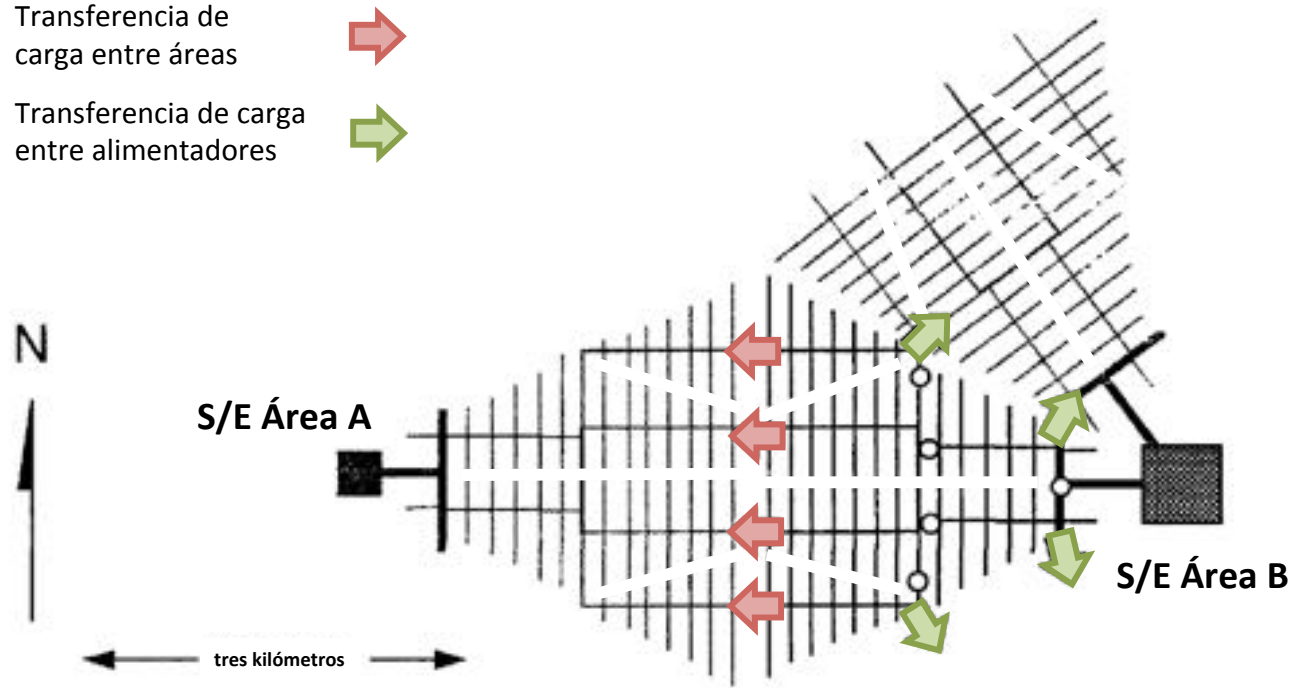


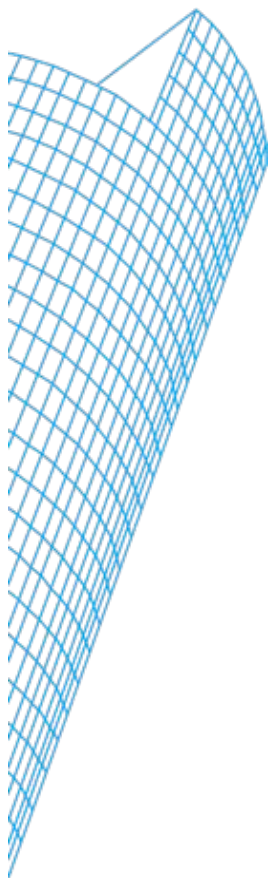
Transferencia de Carga entre Áreas (1/2)

Transferencia de
carga entre áreas

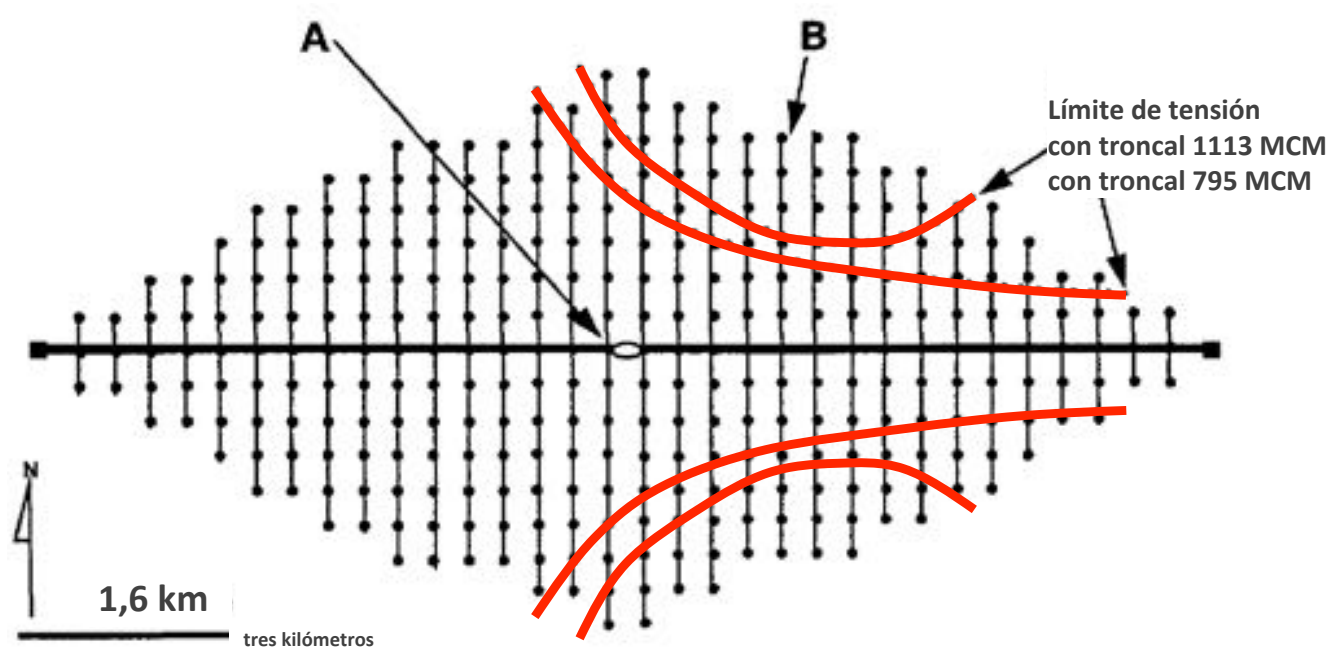


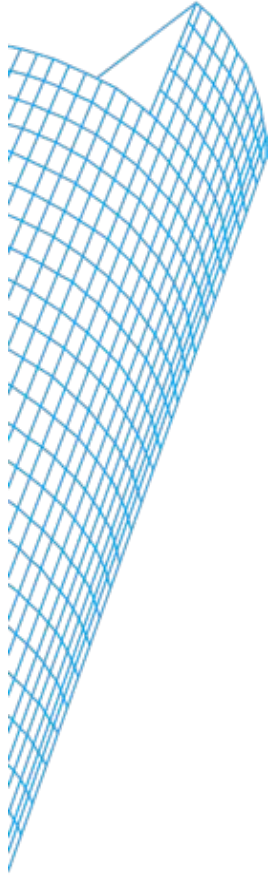
Transferencia de carga
entre alimentadores





Transferencia de Carga entre Áreas (2/2)





Actividad en Clase No. 4

Planeación Dinámica de las Áreas de Servicio

$$\overbrace{\left(\begin{array}{cc} \text{Capacidad} & \text{Capacidad} \\ \text{Actual} & + \text{Adicional} \\ \text{Área } n & \text{Área } n \end{array} \right)}^{\text{Capacidad Futura Área } n} = \overbrace{\left(\begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} 1 + \\ \text{Margen} \\ \text{Confiabilidad} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \text{Demanda} \\ \text{Actual} \\ \text{Área } n \end{array} + \left(\begin{array}{c} \text{Tasa} \\ \text{Crecimiento} \\ \text{Demanda} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Horizonte} \\ \text{en} \\ \text{Años} \end{array} \right) \pm \begin{array}{c} \text{Transferencia} \\ \text{de} \\ \text{Carga} \end{array} \end{array} \right)}^{\text{Demanda Futura Área } n}$$

- Demanda Actual Áreas 1 y 2: 40 MW
- Margen de Confiabilidad: 25%
- Capacidad Actual Áreas 1 y 2: 50 MW
- Tasa de Crecimiento Demanda Áreas 1 y 2: 1MW/Año

¿Cuál debe ser la **mínima capacidad adicional (MW)** para el **área 1** y la **transferencia de carga (MW)** del **area 2 a la 1** para atender el crecimiento de la carga durante 15 años?

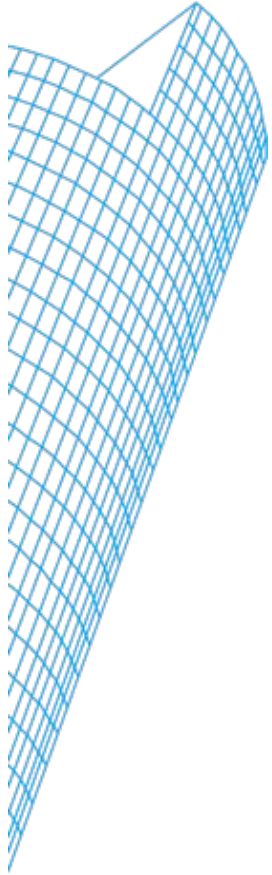


Planeación de la Expansión



20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.



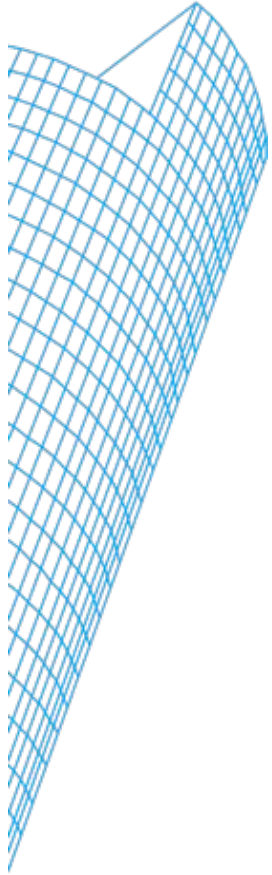
Planeación de la Expansión de SDL (1/2)

Plan de Expansión de un SDL

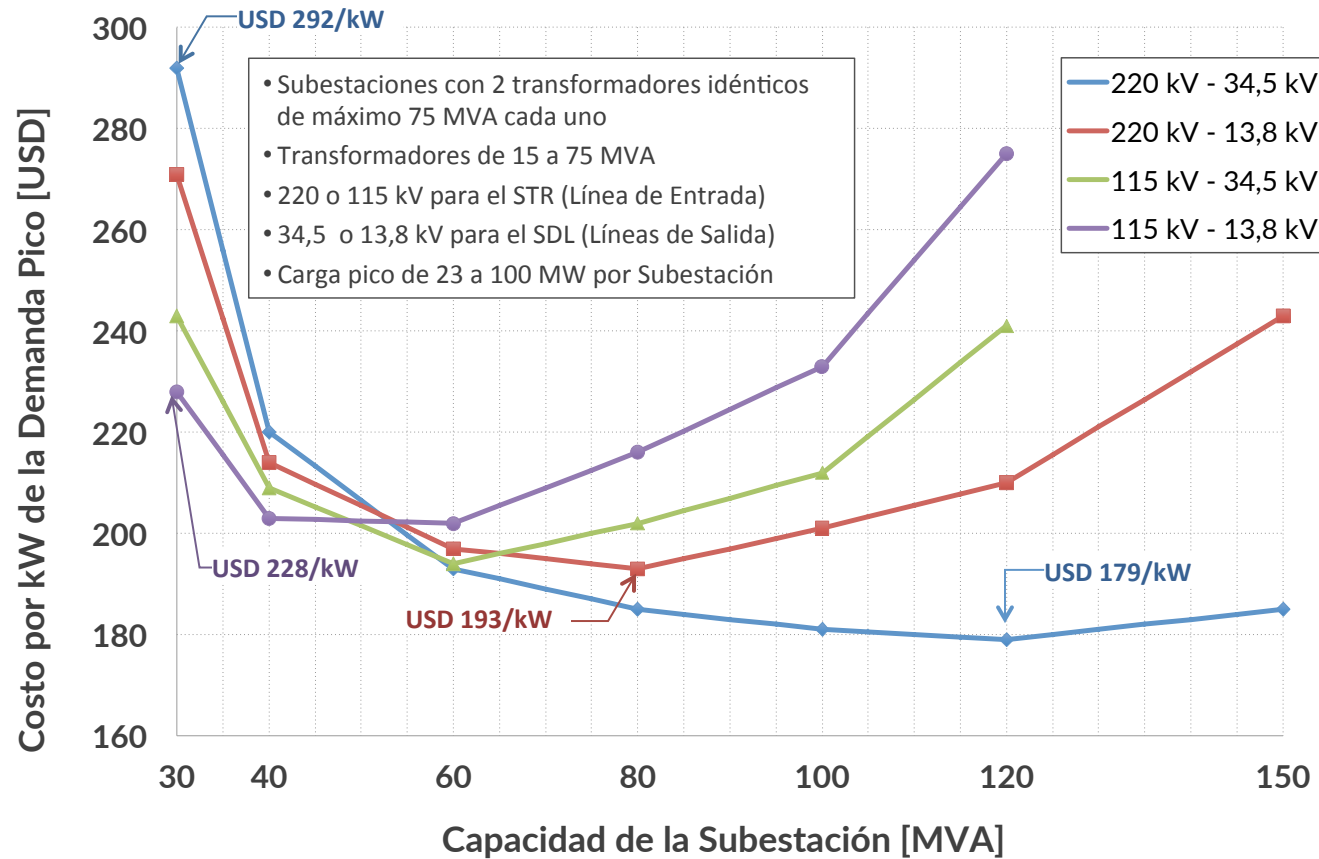
(Equipos, Tamaño,
Número, Ubicación,
Configuración, Fecha)

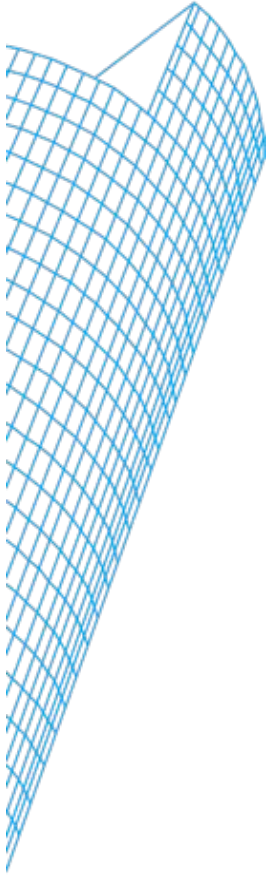
$$= f \left\{ \begin{array}{l} 1) \text{ Demanda a Servir,} \\ 2) \text{ Calidad Requerida} \\ 3) \text{ Expansión (STN, STR)} \end{array} \right\}$$

- Decisiones Interrelacionadas
 - Espaciamiento de las S/E en el sistema
 - Número de las S/E y tamaño de los transformadores
 - Tensión y diseño de las líneas de distribución y alimentadores
- Balance entre dos relaciones conflictivas
 - Equipos de **mayor tensión** nominal requieren usualmente **mayores inversiones**
 - Equipos de **mayor tensión** nominal tienen **grandes capacidades** (muchos MW)
 - **Equipos de mayor tensión nominal usualmente son más económicos** en una base por MW



Planeación de la Expansión de SDL (2/2)

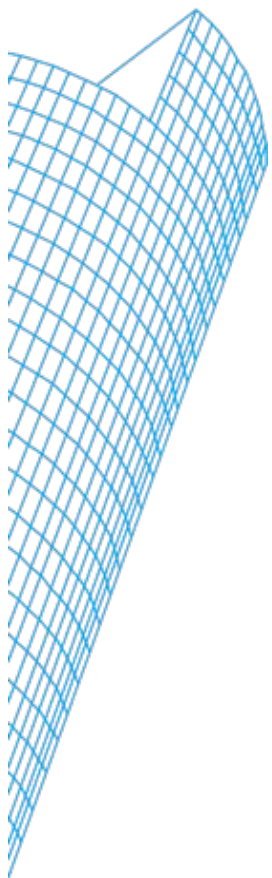




Planeación de las dos-C (1/6)

- El gráfico anterior representa el enfoque tradicional basado en la **minimización del costo de atención de la demanda** dejando que el cumplimiento de estándares y reglamentos técnicos diera cuenta por la confiabilidad (**cada curva tiene un nivel diferente de confiabilidad**)
- Los enfoques que **consideran simultáneamente** la **CANTIDAD** (demanda y capacidad) y la **CALIDAD** (continuidad, confiabilidad) se conocen como los **métodos de las dos-C**

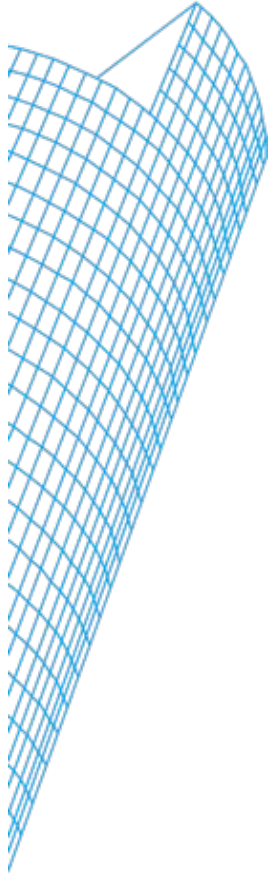




Planeación de las dos-C (2/6)

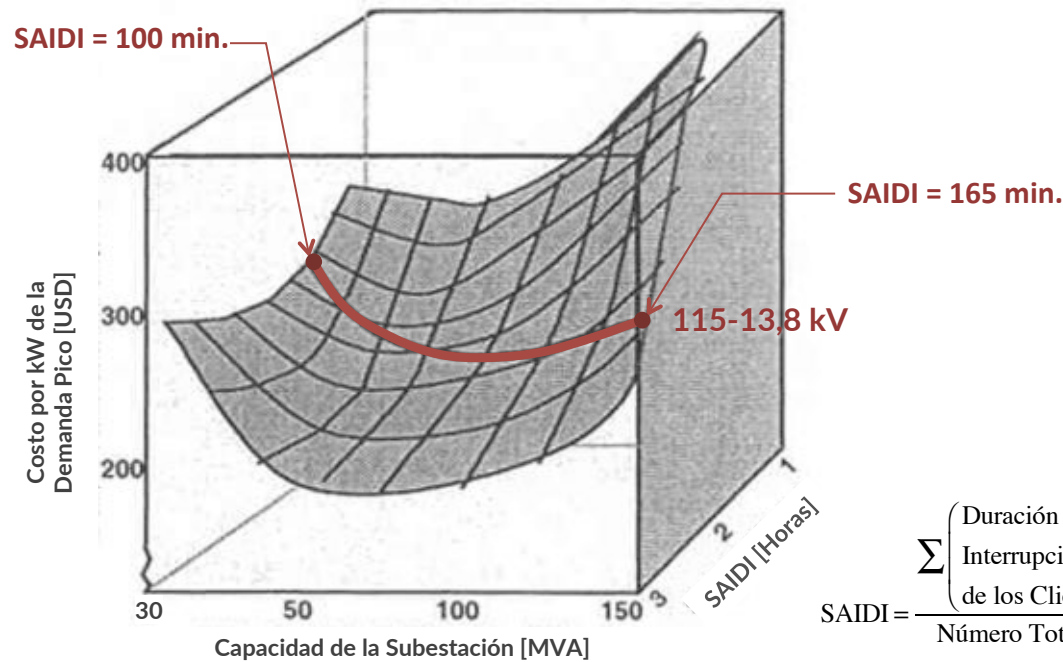
- En general un **alimentador de 13,8 kV tiene unas estadísticas de confiabilidad ligeramente mejores que las de uno de 34,5 kV** diseñado para servir la misma area, el planeador debe escoger considerando:
 - Si la **diferencia en confiabilidad es lo suficientemente significativa** para ser tomada en cuenta (diferencia perceptible en costos)
 - Si el **ahorro** debido al menor costo del alimentador de 34,5 kV (si este es el caso) **puede utilizarse para mejorar la confiabilidad** con reconectores y automatización de manera que sea igual o superior a la del alimentador de 13,8 kV



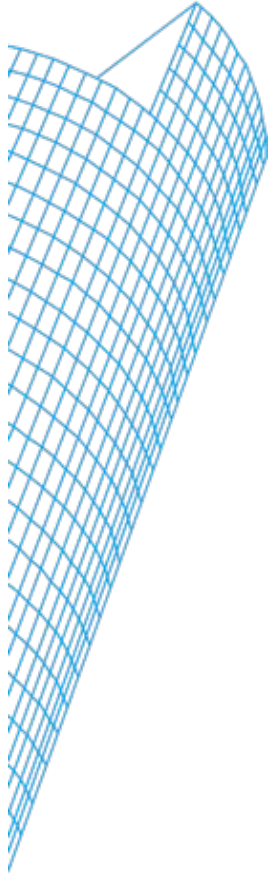


Planeación de las dos-C (3/6)

- Superficie de costo para el diseño estándar de un **sistema 115-13,8 kV** optimizado para cumplir varios niveles objetivo de SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

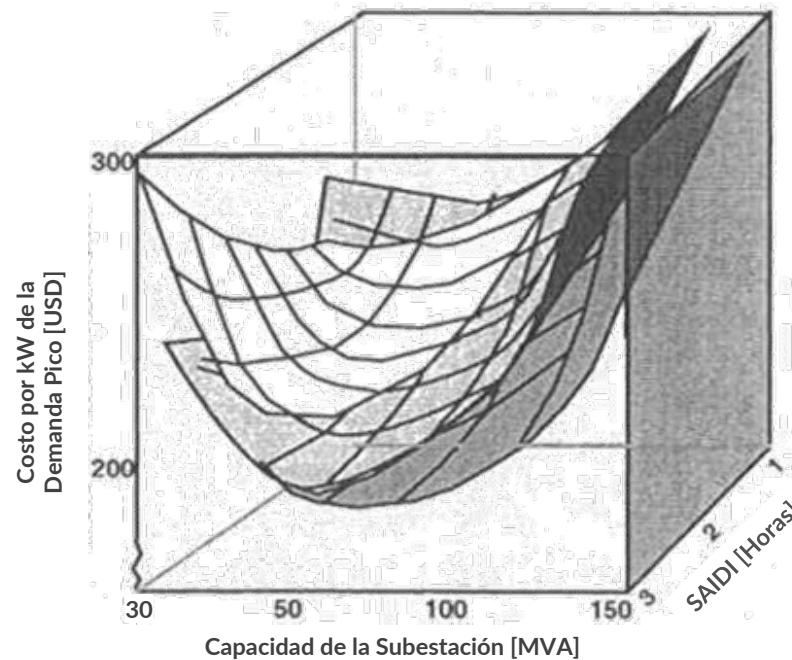


$$SAIDI = \frac{\sum \left(\begin{array}{c} \text{Duración de las} \\ \text{Interrupciones} \\ \text{de los Clientes} \end{array} \right)}{\text{Número Total de Clientes Servidos}} \quad [\text{horas/año}]$$

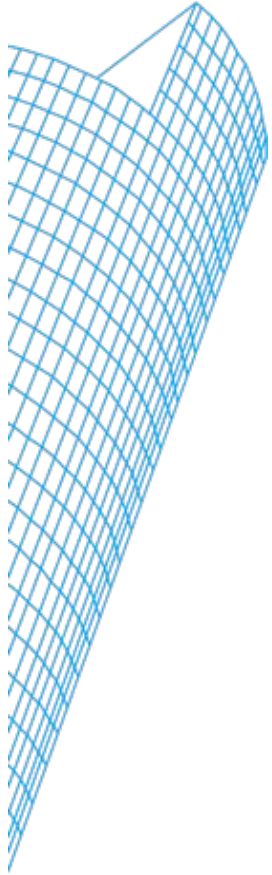


Planeación de las dos-C (4/6)

- Segunda superficie de costo para un diseño estándar de **220-34,5 kV** (la superficie con el sombreado mas claro muestra la porción de la superficie **220-34,5 kV** con mayores costos que la superficie **115-13,8 kV**)

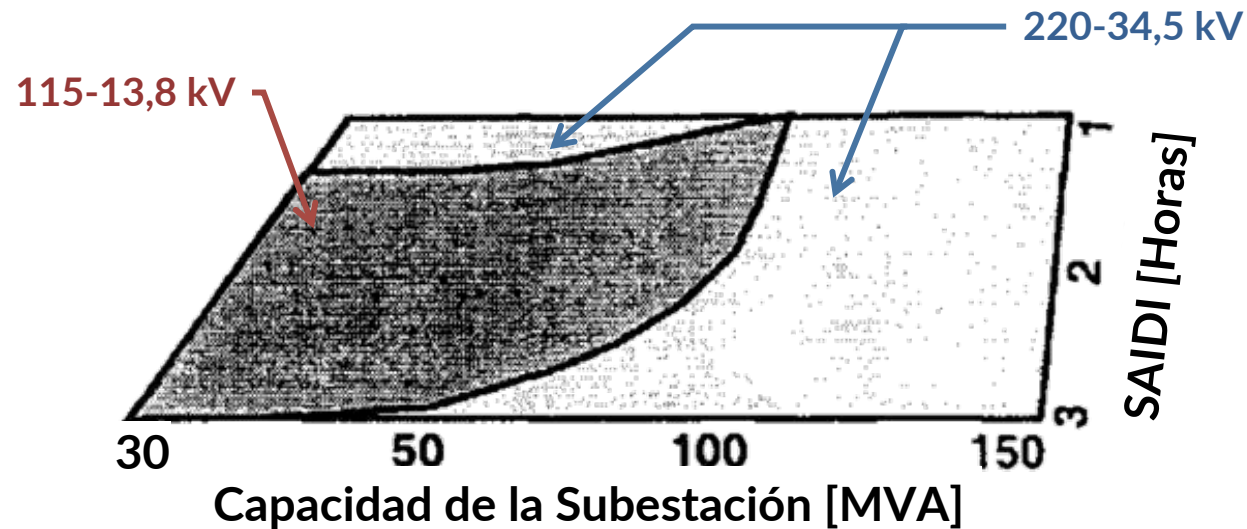


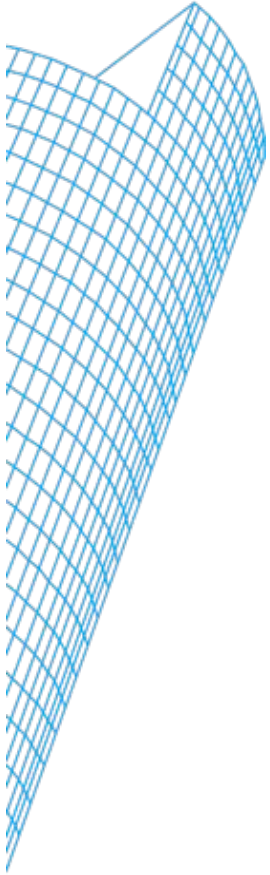
$$SAIDI = \frac{\sum \left(\begin{array}{c} \text{Duración de las} \\ \text{Interrupciones} \\ \text{de los Clientes} \end{array} \right)}{\text{Número Total de Clientes Servidos}} \quad [\text{horas/año}]$$



Planeación de las dos-C (5/6)

- La proyección del área con el sombreado claro de la gráfica anterior lleva al plano oscuro a continuación que indica las situaciones donde el paradigma de diseño **115-13,98 kV** es menos costoso que el **220-34,5 kV**





Planeación de las dos-C (6/6)

- La confiabilidad es un problema en planeación, **sistemas que cumplen estándares y reglamentos técnicos tienen diferentes niveles de desempeño con respecto a la confiabilidad**
- Alcanzar niveles objetivo de confiabilidad implica **planear considerando un objetivo constante de confiabilidad**, no estándares de diseño estándar
- **Planear considerando la confiabilidad es significativamente más complejo** que el esquema tradicional que minimiza el costo por kW
- **La planeación de las dos-C se ha venido convirtiendo en un estándar en la industria** a medida que los reguladores fijan márgenes y metas de confiabilidad y cada vez más clientes requieren mayores niveles de calidad en general



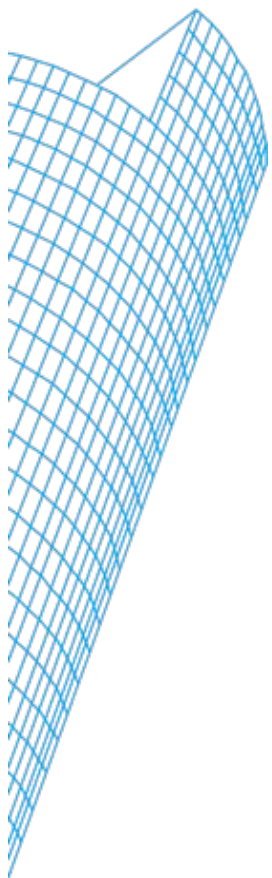
20
AÑOS

generando ideas
transformadoras.

KEY POINTS

SECONDARY

Puntos Clave



Puntos Clave

- Un SD debe cubrir su territorio con suficiente **capacidad** para atender la demanda pico con un nivel de **calidad** predeterminado
- La PD requiere un **enfoque sistémico**
- La infraestructura eléctrica tiene **capacidades en escalones discretos**
- La **reasignación dinámica de áreas de servicio** es una herramienta poderosa en la PD
- **Repotenciar infraestructura existente es usualmente más costoso que sobredimensionarla**
- **Lás pérdidas son un costo significativo** en distribución
- Tradicionalmente la **calidad se aseguraba mediante el cumplimiento de estándares, ahora se persiguen métas específicas**



Preguntas y comentarios...





Fin de la Presentación

Rubén Darío CRUZ, Ph.D.

Director de Innovación

**Centro de Investigación y Desarrollo
Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET)**

 Carrera 46, No. 56-11, Medellín (COLOMBIA)

 **+(574) 444 1211 ext. 119**

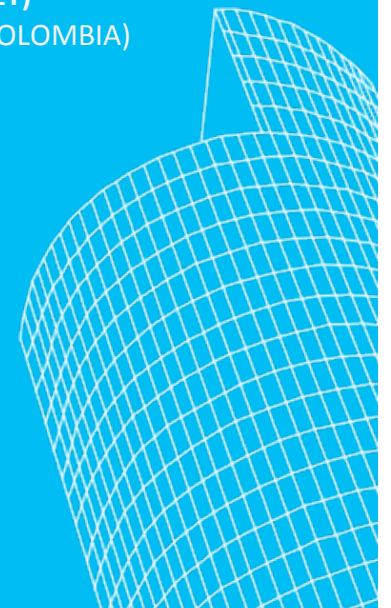
 **+(57) 321 636 7041**

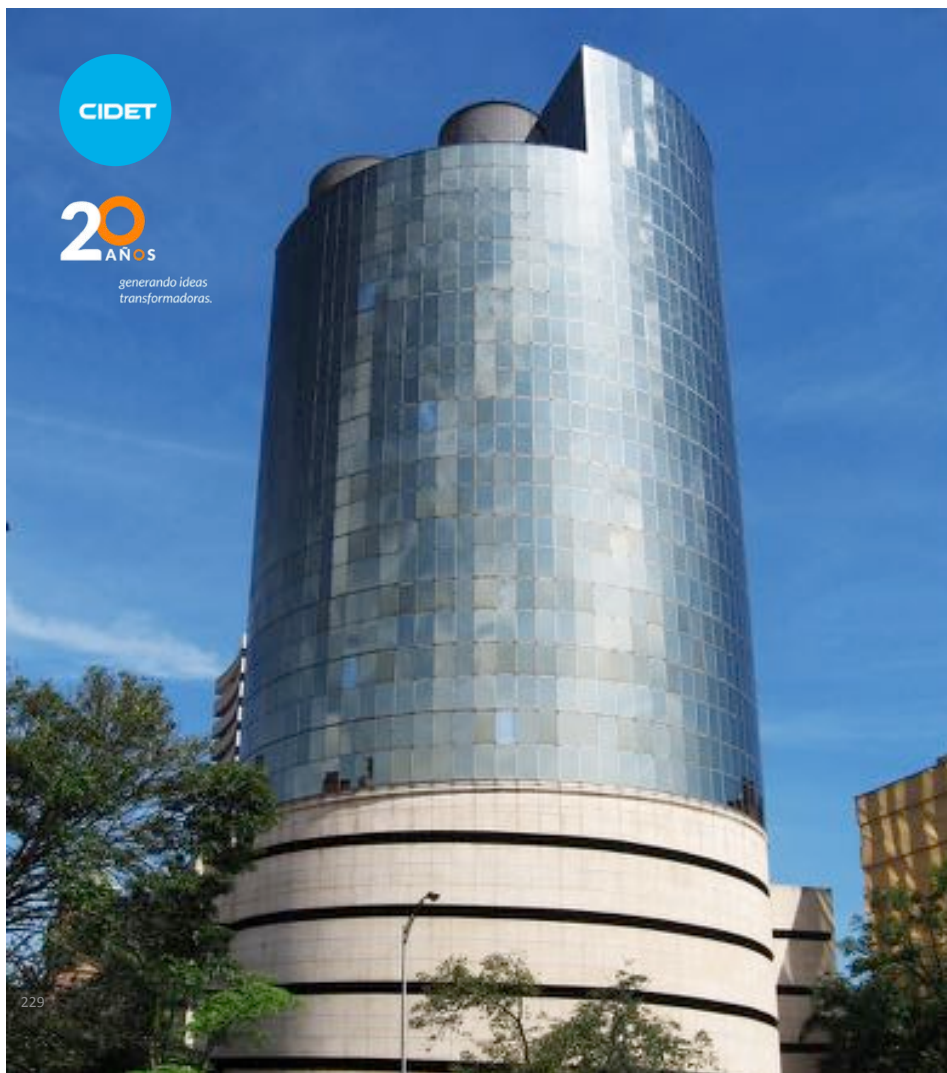
 **[Ruben Dario Cruz](#)** 

 **rd_cruz**

 **[@rdcruzr](#)**  | **[@CIDET](#)** 

 **www.cidet.org.co** 





Fin de la Presentación

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (CIDET)

INFORMACIÓN RESERVADA – Este documento pertenece exclusivamente al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDET) y ha sido preparado para la Universidad Industrial de Santander para su utilización exclusiva en **Julio de 2015** en la orientación del Curso de “*Metodologías de Planeación de la Expansión*” de la “*Especialización en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica*”. No se puede utilizar para fin diferente sin consentimiento escrito de CIDET. Las opiniones que contenga este documento son exclusivas de su autor y no necesariamente representan la opinión oficial de CIDET, sus autoridades o sus asociados.

Twitter: [@CIDET](https://twitter.com/CIDET)
www.cidet.org.co