



**“LA INGENIERÍA MEXICANA EN EL SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL;  
PASADO, PRESENTE Y FUTURO”**

**Infraestructura, Pasado y Presente**

**Rafael Cristerna Ocampo**

**28 de junio de 2007**

# La Infraestructura del Sector Eléctrico

- **Infraestructura de Recursos Humanos**
- **Infraestructura Tecnológica** (Ingenierías de Planeación, Diseño, Construcción, Operación de las Instalaciones y del Sistema)
- **Infraestructura Financiera y de Administración**
- **Infraestructura de Instalaciones** (Generación, Transmisión, Distribución, Control y Administración)

# **Infraestructura de Recursos Humanos (1)**

- **Capacidad de ingeniería de planeación y diseño de los sistemas eléctricos de CFE**
- **Capacidad de estudios, diseño y supervisión para el desarrollo de infraestructura electromecánica y civil**
- **Capacidad para estudios de optimización de instalaciones eléctricas e industriales**
- **Laboratorios de pruebas multidisciplinarias**

# **Infraestructura de Recursos Humanos (2)**

- **Capacidad de diseño avanzado y especificación de componentes eléctricos del sistema**
- **Capacidad de operación, control y protección de los sistemas eléctricos**
- **Capacidad de mantenimiento de las instalaciones**
- **Capacidad de organización, administración y financiamiento**
- **Servicios de consultoría en las disciplinas anteriores y otras ingenierías**

# Infraestructura de Recursos Humanos en Operación

- **Calidad del servicio** (1.2 días/conexión y 5 inconformidades/1000 usuarios)
- **Calidad del suministro** (Tiempo de interrupción por usuario 80 minutos/año)
- **Productividad en la operación** (371 usuarios/trabajador de operación)

# Infraestructura de Recursos Humanos en Construcción

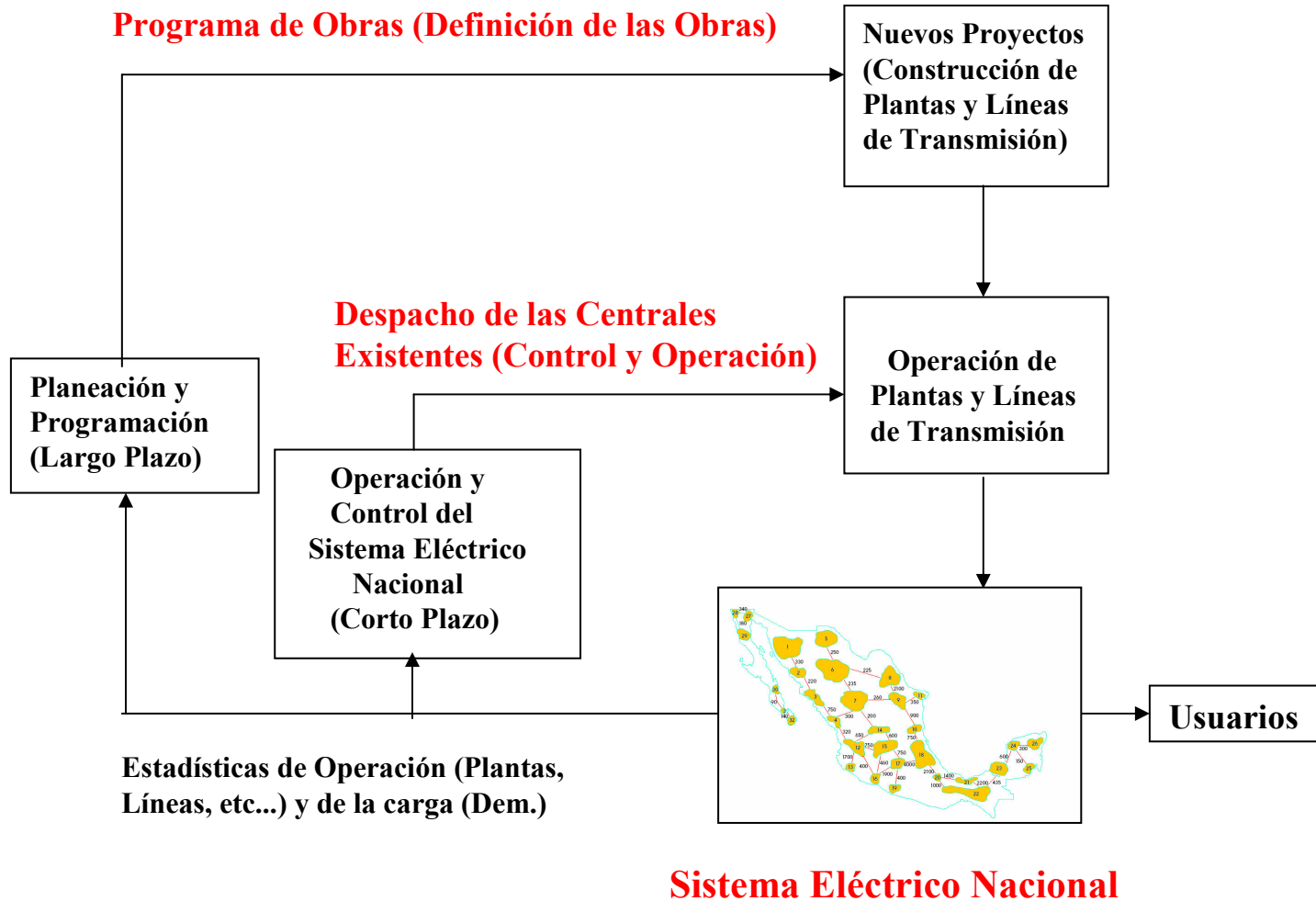
- **Ingeniería de diseño y construcción de Proyectos**
  - \*Personal capacitado en los procesos de diseño y construcción de Proyectos Termoeléctricos, Hidroeléctricos y de Transmisión y Transformación
- **Supervisión y control de Proyectos**
  - \*Normas Técnicas de Competencia laboral en la supervisión de obras del sector eléctrico, para la certificación de este tipo de especialidades y a los profesionales del sector público y privado de acuerdo con las funciones laborales a nivel internacional
  - \*Personal capacitado con certificación en la competencia laboral de especialidades de supervisores de Construcción de Proyectos de Transmisión y Transformación de Energía Eléctrica

# La Infraestructura del Sector Eléctrico

- Infraestructura de Recursos Humanos
- Infraestructura Tecnológica (Ingeniería de Planeación, Diseño, Construcción, Operación de Instalaciones y del Sistema)
- Infraestructura Financiera y de Administración
- Infraestructura de Instalaciones (Generación, Transmisión, Distribución, Control y Administración)

# Infraestructura Tecnológica

## Planeación y Operación del Sistema



# Capacidad Tecnológica de Planeación del Sistema (1)

- Estimación econométrica y regional del mercado eléctrico en potencia (MW) y energía (GWh)
- Definición de proyectos técnicamente factibles
- Definición de costos y parámetros de evaluación de largo y corto plazo

# Capacidad Tecnológica de Planeación del Sistema (2)

- Planeación de largo plazo del sistema eléctrico nacional\*
- Diseño del sistema de generación\* y transmisión
- Evaluación económica y financiera de proyectos\*
- Definición del Programa de Obras e Inversiones\* del Sector Eléctrico a 10 años

\* Considera proyectos públicos y privados

# **Capacidad Tecnológica del CENACE (1)**

- **Diseño y coordinación de la red de Áreas de Control y de los esquemas jerárquicos**
- **Coordinación de la operación, despacho económico y combustibles requeridos**
- **Control y coordinación en tiempo real de la operación de los sistemas eléctricos, en condiciones de baja frecuencia, disparo automático de generación y disparo automático de carga**

# Capacidad Tecnológica del CENACE (2)

- **Coordinación de licencias para el mantenimiento de las instalaciones**
- **Diseño funcional y especificación de los parámetros de control del SCADA**
- **Servicios de capacitación y entrenamiento para operadores de sistemas eléctricos**
- **Reconocimiento a nivel mundial entre los más grandes sistemas eléctricos, bajo un esquema de control jerárquico en tiempo real**

# Infraestructura Tecnológica

## Operación del Sistema



# La Infraestructura del Sector Eléctrico

- Infraestructura de Recursos Humanos
- Infraestructura Tecnológica (Ingeniería de Planeación, Diseño, Construcción, Operación de Instalaciones y del Sistema)
- Infraestructura Financiera y de Administración
- Infraestructura de Instalaciones (Generación, Transmisión, Distribución, Control y Administración)

# **Infraestructura Financiera y de Administración (1)**

- **Financiamiento para inversión del orden de 4000\* Millones de US\$/Año**
- **Gasto corriente del orden de 17 000 millones de US\$/Año**
- **Más de 65 000 trabajadores en operación**

\* No Incluye a los PIE

# La Infraestructura del Sector Eléctrico

- **Infraestructura de Recursos Humanos**
- **Infraestructura Tecnológica** (Ingeniería de Planeación, Diseño, Construcción, Operación de Instalaciones y del Sistema)
- **Infraestructura Financiera y de Administración**
- **Infraestructura de Instalaciones** (Generación, Transmisión, Distribución, Control y Administración)

# Infraestructura Actual

## Generación

- Actualmente, la capacidad instalada\* en el país es de 47,857 MW:
- 46.5 % Generación termoeléctrica de CFE
- 21.7 % Productores independientes de energía (PIE)
- 21.5 % Hidroelectricidad
- 5.4 % Carboeléctrica
- 2.0 % Geotérmica
- 2.9 % Nucleoeléctrica
- 0.2 % Eoloeléctrica

\* No se incluye el Autoabastecimiento ni Cogeneración (5835 MW), 31/12/06

# **Infraestructura Actual**

## **Transmisión**

**La red de transmisión se compone de:**

- 47,485 kilómetros de líneas de 400, 230 y 161 kV**
- 327 subestaciones de potencia con capacidad de 136,994 MVA**
- 46,873 kilómetros de líneas de subtransmisión de 138 kV y menores**

# **Infraestructura Actual**

## **Distribución**

- **1,551 subestaciones con 41,036 MVA de capacidad**
- **6,786 circuitos de distribución con una longitud de 369,682 kilómetros**
- **991,104 transformadores de distribución con una capacidad de 32,458 MVA**
- **236,635 kilómetros de líneas secundarias de baja tensión**
- **606,051 kilómetros de acometidas.**
- **Se atienden 128,446 localidades**
- **951 oficinas de atención al público**
- **1,896 cajeros CFEmático**

# **Etapas del desarrollo de la Infraestructura Eléctrica en México**

- **← 1937**

**Origen y Estructura de la Industria Eléctrica**

- **1937 → 1960 → 1992**

**Desarrollo Tecnológico y Consolidación de la Infraestructura Eléctrica**

- **1992 → 2006**

**Desarrollo de la Infraestructura Actual**

# ← 1937 Origen y Estructura de la Industria Eléctrica

- **Primeras Plantas Generadoras**

1879, Termoeléctrica, Fábrica Textil “La Americana”, de Hayser & Portillo en León, Gto. (Cogeneración con 8% para energía eléctrica)

← 1888, Hidroeléctrica del Río Atoyac, en terrenos de Don Sebastián B. de Mier, Puebla

# ← 1937 Origen y Estructura de la Industria Eléctrica

- **Primeras Líneas de Transmisión**

1888, Hidroeléctrica Rio Atoyac → Cd. de Puebla, 2.2 kV, 14 km, doble circuito

1903, Planta Platanal, Zamora, Mich → Cd. de Guanajuato, 60 kV, 183 km, 1 circuito 3Φ

1905, Necaxa → Cd. de México, 60kV, 154 km, doble circuito 3Φ

# 1937 → 1960

- **Cia. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S A**  
(A partir de 1902, creció y se consolidó hasta 1937, a través de la adquisición de 16 empresas)
- **Cia. Impulsora de Empresas Eléctricas, S A**  
(En 1955, se consolidó como un grupo de siete empresas, que se integraron al adquirir 32 compañías)
- **Cia. Eléctrica Chapala, S A**  
(Consolidada en 1926, en 1940 fue adquirida por Nacional Financiera con sus 4 filiales originales y se le llamó Nueva Compañía Eléctrica de Chapala)

**1960 → 1992**

- **Unificación de Frecuencia en 60 Hz, (1971 → 1976)**
- **Interconexión de los Sistemas Eléctricos (1976 → 2004\*)**

\* Excepto los sistemas de la península de Baja California

**1992 → 2006**

## **Marco Jurídico Actual**

- **Tratado de Libre Comercio de América del Norte, 1993**
- **Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), 1992 y reformas**
- **Reglamento de la LSPEE, 1993 y reformas**

## Evolución de la Capacidad Instalada 1937 – 2006 (MW)

Tipo de Tecnología	1937	1960	1992	2006
Hidroeléctrica	355	1249	7931	10536
Eoloeléctrica				85
Termo Convencional	37	823	12788	12935
Ciclo Combinado			1818	5170
Turbogás		16	1777	2465
Combustión Interna	53	205	149	182
Dual				2100
Geotérmica		3	730	960
Carboeléctrica	12	12	1200	2600
Nucleoeléctrica			675	1365
Total Pública	457*	2308	27068	38398
Capacidad Privada	172	713	2735	10387
Total	629	3021	29803	48785
Tasa Anual/Período %	9.8	7.1	7.4	3.6

## Evolución de la Capacidad Instalada 1937 – 2006 (MW)

Tipo de Tecnología	1937	1960	1992	2006
Hidroeléctrica	355	1249	7931	10536
Eoloeléctrica				85
Termo Convencional	37	823	12788	12935
Ciclo Combinado			1818	5170
Turbogás		16	1777	2465
Combustión Interna	53	205	149	182
Dual				2100
Geotérmica		3	730	960
Carboeléctrica	12	12	1200	2600
Nucleoeléctrica			675	1365
Total Pública	457*	2308	27068	38398
Capacidad Privada	172	713	2735	10387
Total	629	3021	29803	48785
Tasa Anual/1900 %	9.8	8.7	8.3	7.6

# Participación (%) de la Ingeniería Mexicana en el Sector Eléctrico

INGENIERIA	← 1937	← 1960	← 1992	← 2006
Planeación del Sistema	35	60	100	100
Diseño del Sistema	35	50	100	100
Diseño de Elementos*	35	40	50	40
Manufactura de Elementos*	15	30	50	30
Construcción**	60	80	90	60
Supervisión	40	70	90	80
Operación del Sistema***	75	90	100	100
Promedio	42	60	83	73
Promedio Normalizado	51	72	100	88

\* Equipos, estructuras, herrajes, etc

\*\* Incluye instalación de equipos

\*\*\* Control del sistema, plantas, LTs, SEs y O&M