

LOS EXPERTOS EN MERCADOS



# EXPERIENCIAS EN LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO COLOMBIANO

Alvaro Murcia – Gerente Centro Nacional de Despacho  
Seminario Internacional CIGRE 2005  
“Confiabilidad de los Sistemas Eléctricos”  
Noviembre 27, 28 y 29 de 2005. Santiago de Chile

19 de enero de 2006

# CONTENIDO

1. Quiénes somos?
2. Sistema Eléctrico Colombiano
3. Confiabilidad en el Sistema Eléctrico Colombiano
4. Como ve cada integrante de la cadena productiva las señales de la confiabilidad
5. Como ve la confiabilidad el operador del sistema y administrador del mercado?
6. Conclusión



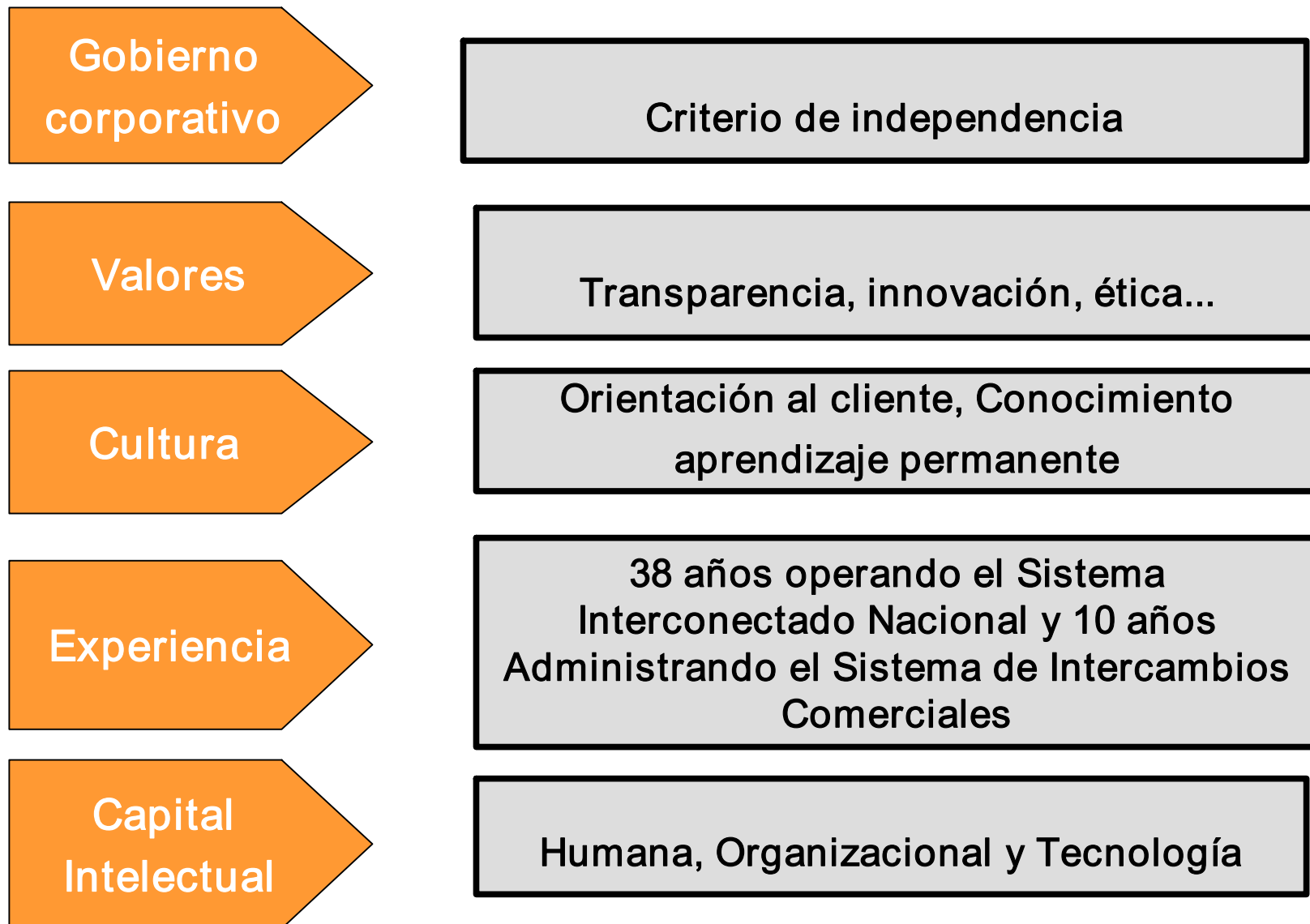
# 1. Quiénes somos?

# **XM COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS S.A. E.S.P.**

## **UNA EMPRESA COMPROMETIDA CON LA PROMOCIÓN DE LA INTEGRACIÓN REGIONAL LATINOAMERICANA**

- Con una **experiencia** de más de treinta y ocho años en ISA
- Presta los servicios de **operación y administración** del mercado eléctrico colombiano.
- Cuenta con personas con conocimiento y capacidad para **innovar**, soportados por avanzados **recursos tecnológicos** que le agregan valor a sus servicios.
- Puede aportar a la **consolidación de un Mercado de energía Latinoamericano**:
  - Utilización eficiente de los recursos
  - Prestación del servicio con estándares de calidad
  - Tarifas más económicas del servicio
  - Generar mayores oportunidades para los agentes
  - Fortalecer la competitividad de la región.

## FORTALEZAS DE XM



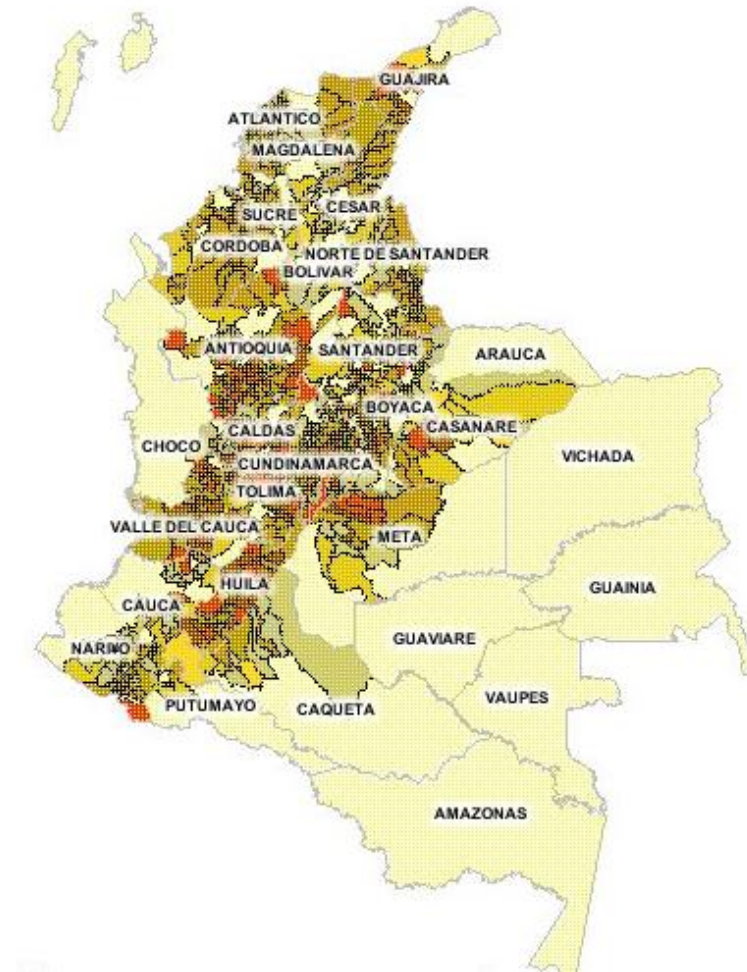




## 2. Sistema Eléctrico Colombiano

# COLOMBIA EN EL CONTEXTO LATINOAMERICANO

Población (2005 P)	44.5 millones
Area	1.1 millones de kilómetros cuadrados (Aproximadamente dos veces Francia)
Ciudades con población > 1 millón	Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla (8 ciudades sobre 500,000 habitantes)
PIB	94.5 Miles de millones de dólares
PIB, per capita	US\$ 2,123
Economía	Séptima economía en América y la quinta en Latinoamérica.
Cobertura del servicio	43 Millones aproximadamente



# CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Capacidad de Generación	
Plantas Hidráulicas	8,557.0 MW
Plantas Térmicas a Carbón	692.0 MW
Plantas Térmicas a Gas	3,661.0 MW
Cogeneradores	25.2 MW
Plantas Menores	430.5 MW
<b>Total</b>	<b>13,365.7 MW</b>

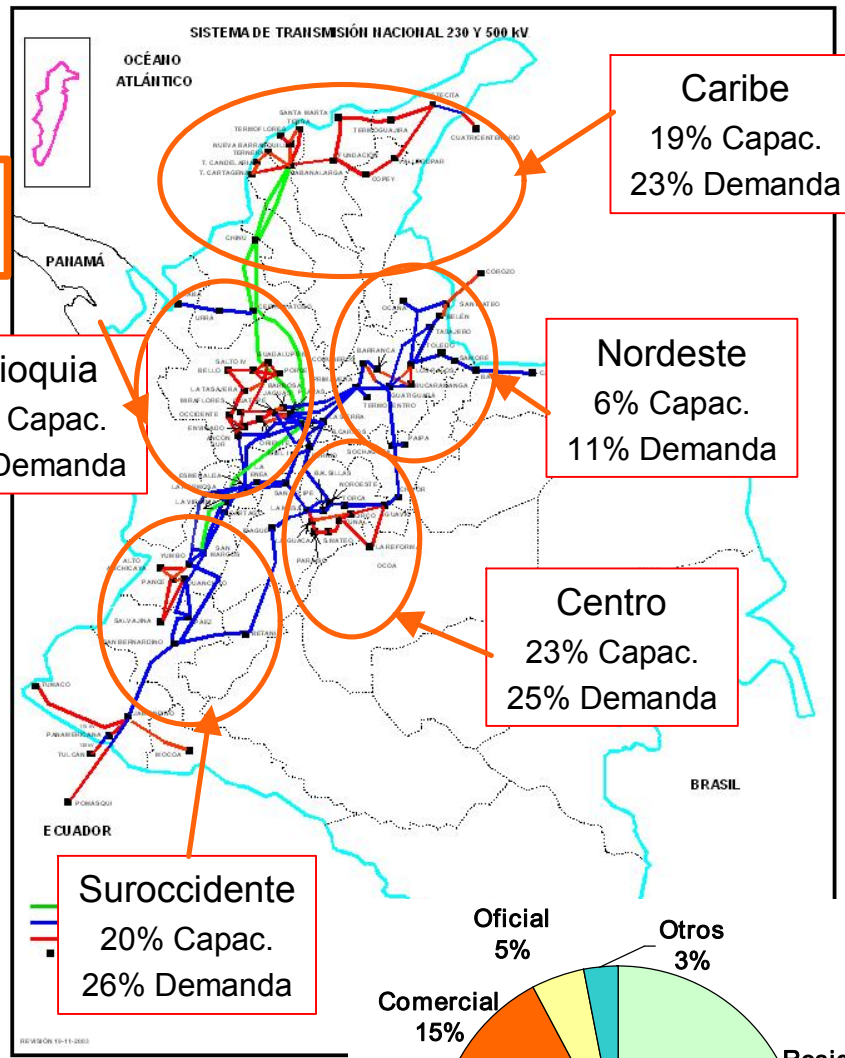
64%  
Hidráulica

Interconexiones internacionales	
<b>Ecuador</b>	
Importación	215.0 MW
Exportación	285.0 MW
<b>Venezuela</b>	
Importación	205.0 MW
Exportación	336.0 MW

Reservas	
Volumen máximo embalsable	16,238.8 GWh
Volumen Util	15,243.3 GWh

Redes de Transmisión	
500 kV	1,449.4 km
220-230 kV	10,815.5 km
110-115 kV	9,909.9 km

Demanda de Electricidad	
Energía Anual (12 meses)	48,513 GWh
Crecimiento anual (Ene05-Oct05)	4.17%
Potencia máxima	8,332 MW



Caribe  
19% Capac.  
23% Demanda

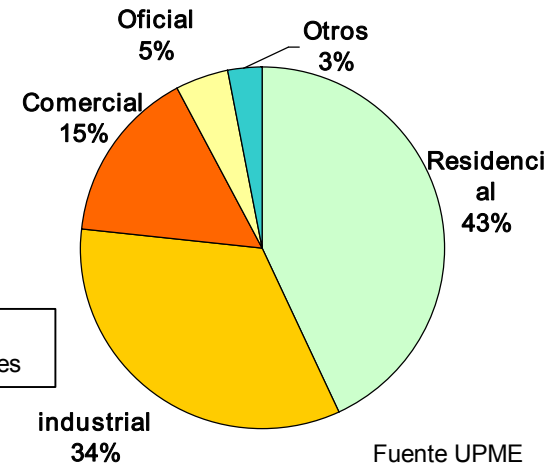
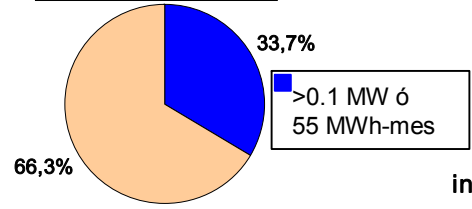
Antioquia  
32% Capac.  
15% Demanda

Nordeste  
6% Capac.  
11% Demanda

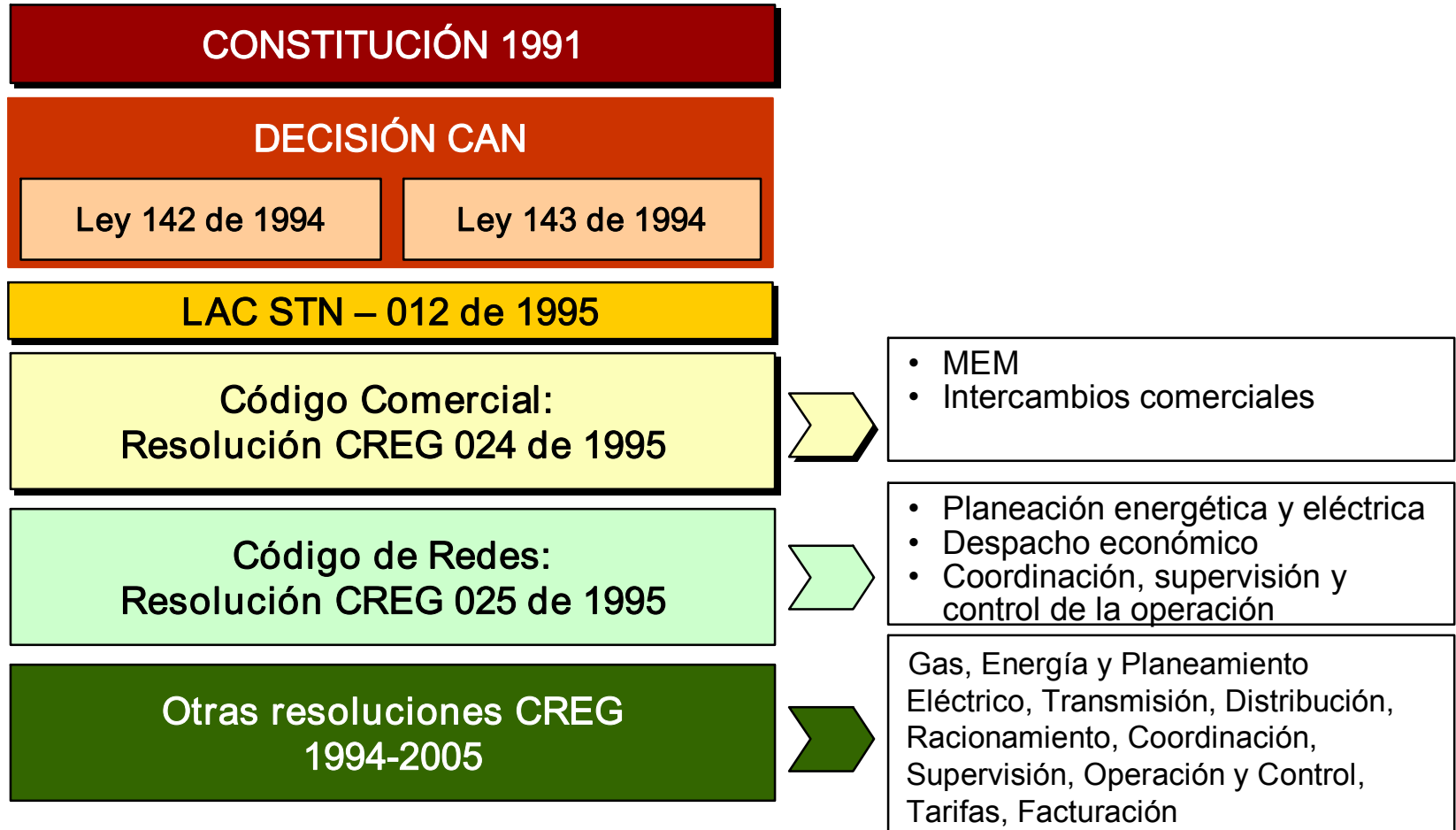
Centro  
23% Capac.  
25% Demanda

Suroccidente  
20% Capac.  
26% Demanda

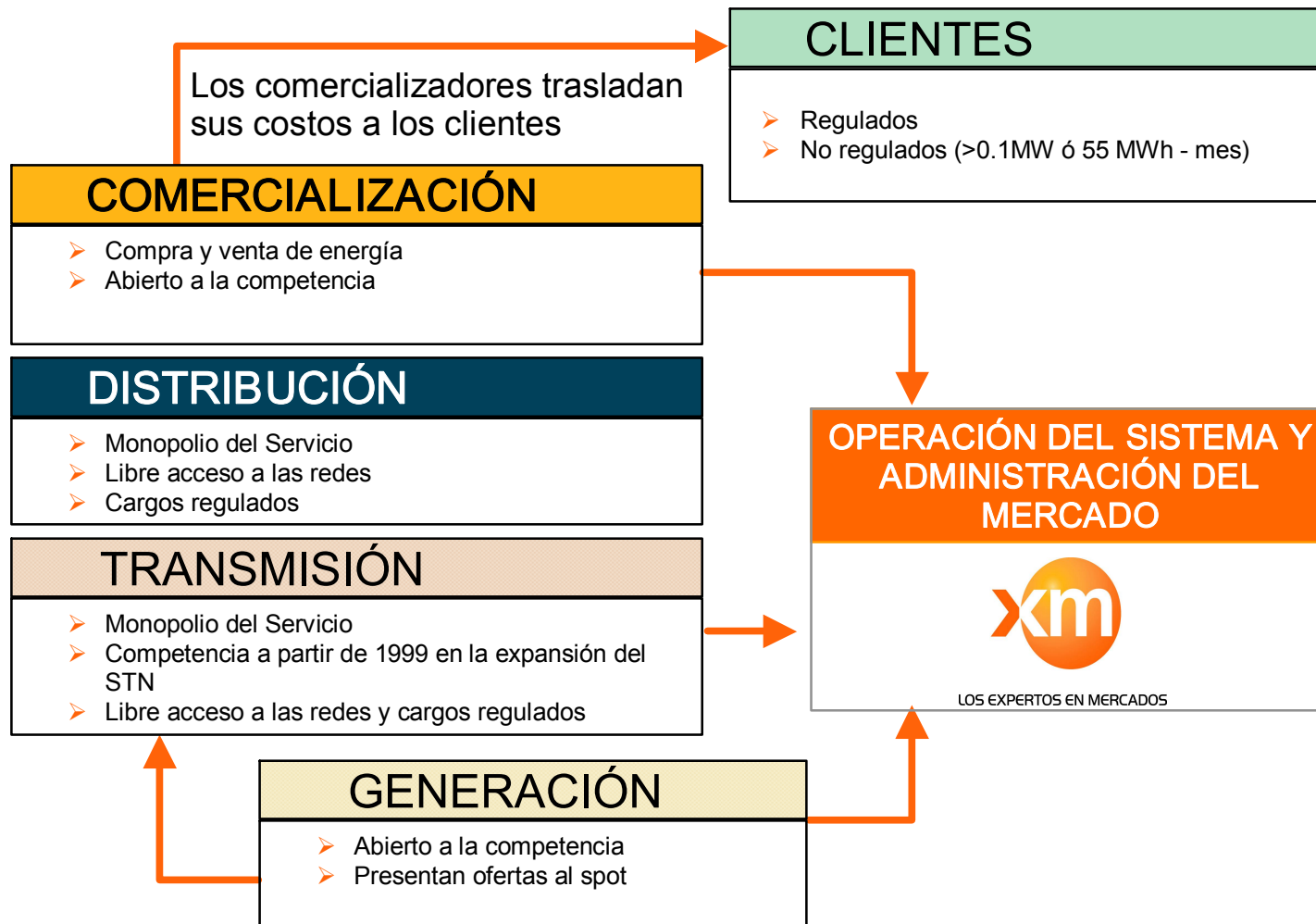
DEMANDA Sep 2005  
■ No Regulada ■ Regulada



# MARCO LEGAL DE LOS SERVICIOS PUBLICOS...



# ACTIVIDADES DE LA CADENA PRODUCTIVA



LOS EXPERTOS EN MERCADOS



### 3. Confiabilidad en el Sistema Eléctrico Colombiano

## A QUE SOMOS VULNERABLES?

Además de las condiciones propias del negocio de la electricidad, Colombia enfrenta dos grandes retos:

Vulnerabilidad  
hidrológica

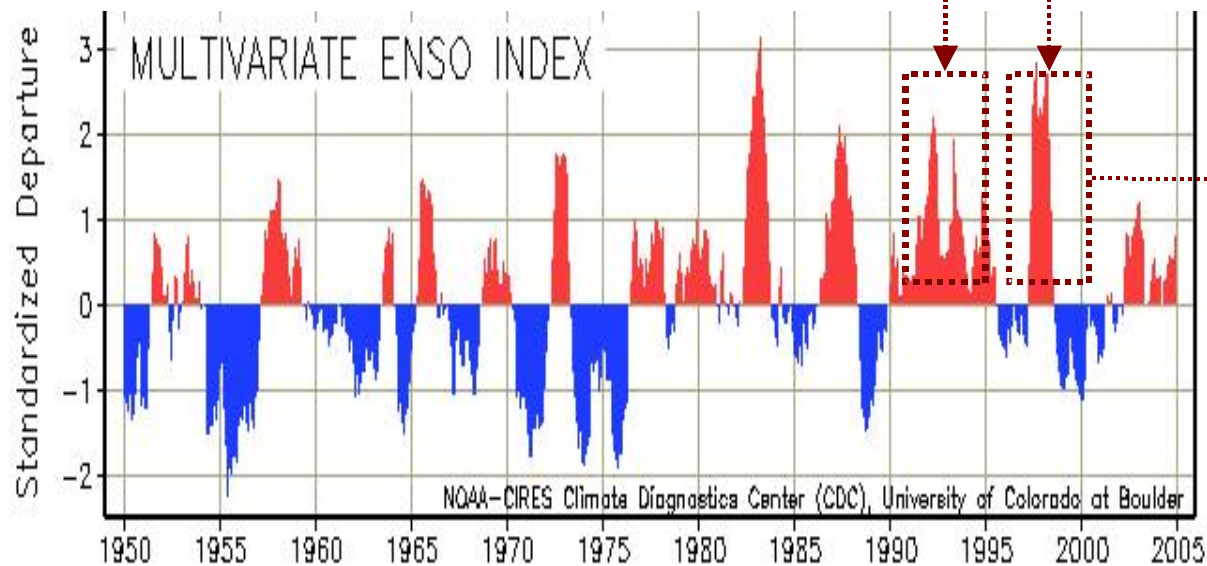
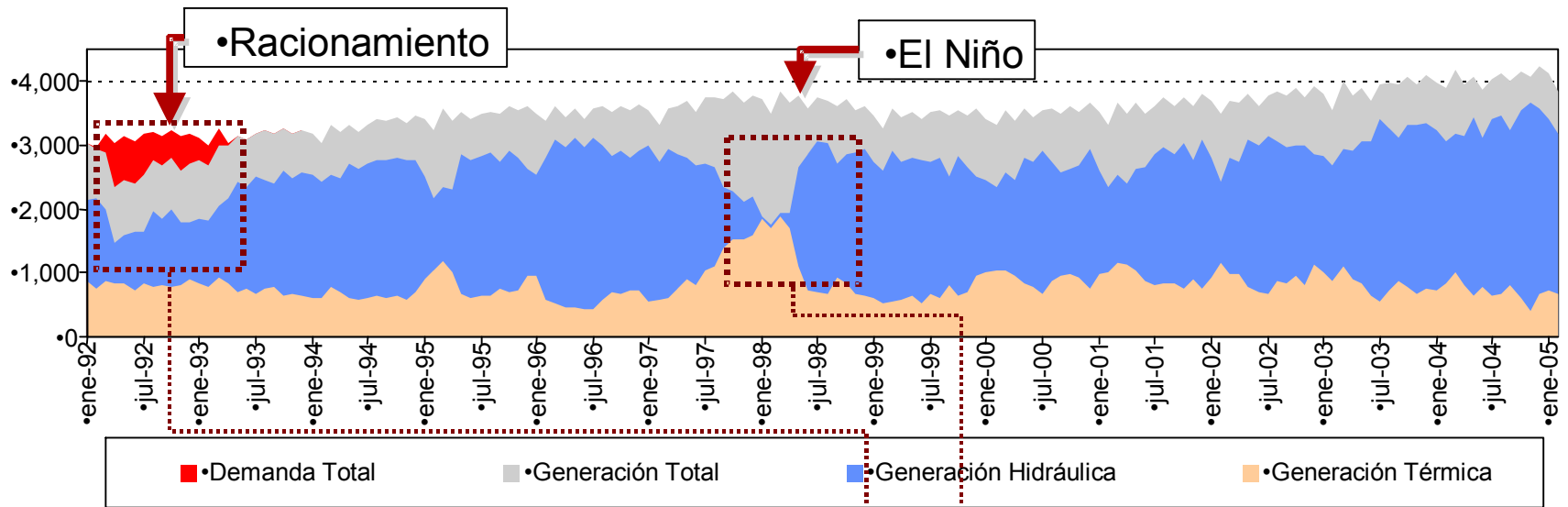
Debido la alta componente hidráulica en el sistema colombiano 64%

Y la regulación media de los embalses

Vulnerabilidad  
en la red

Ataques a la infraestructura eléctrica

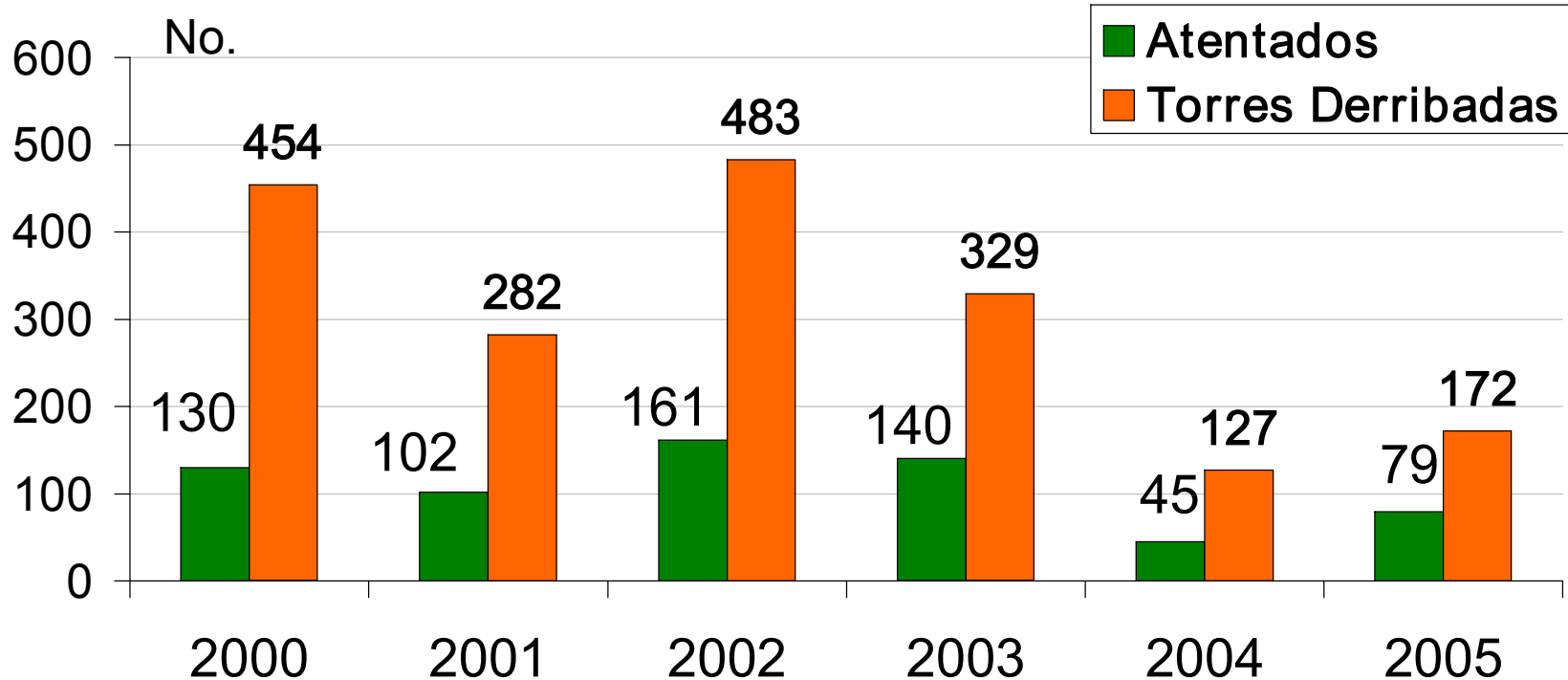
# VULNERABILIDAD A LA HIDROLOGÍA: EVENTO EL NIÑO



El Niño 1997 –  
1998: El segundo  
evento más fuerte  
en 50 años,  
después del evento  
de los años 80's.  
**NOAA**

# VULNERABILIDAD A LOS ATENTADOS A LA INFRAESTRUCTURA

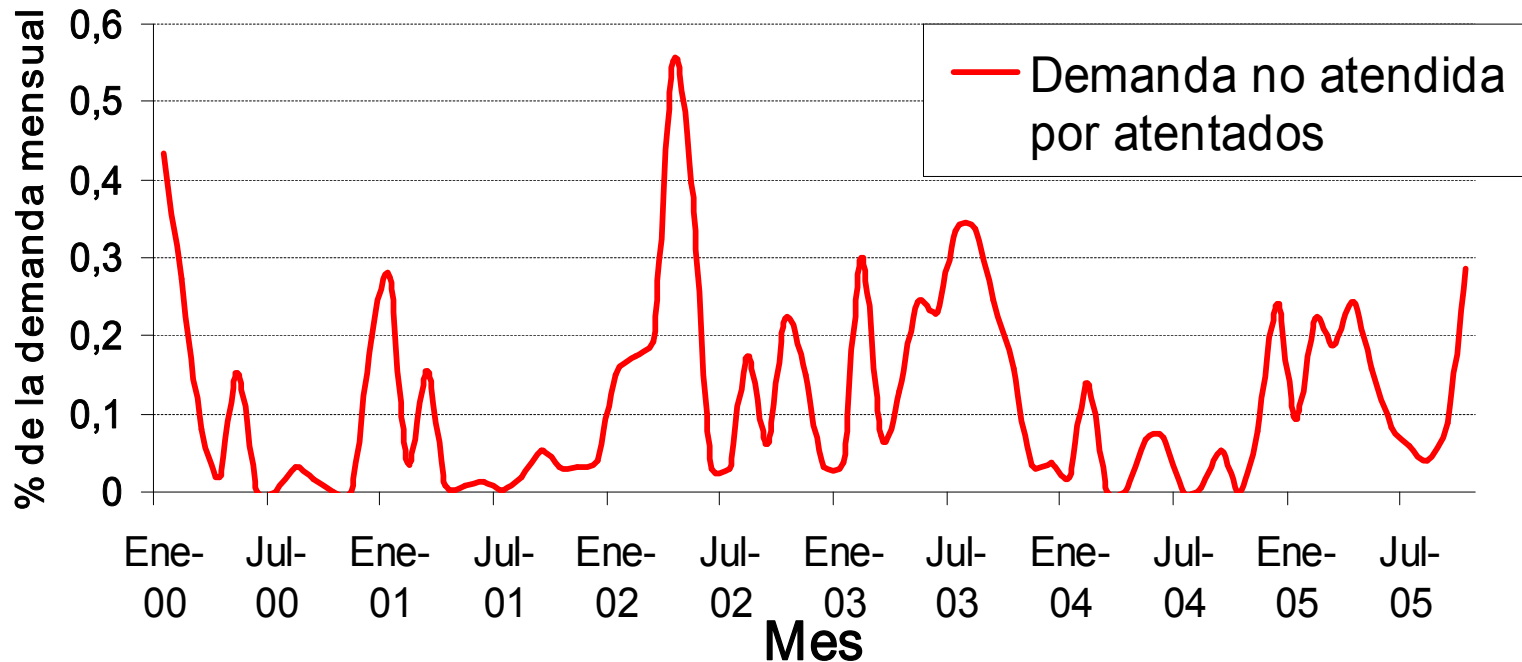
## Atentados y Torres derribadas



Se ha operado el sistema en condiciones de alta indisponibilidad de elementos del sistema de transmisión debido a atentados a la red.

## SIN EMBARGO LA ATENCION DE LA DEMANDA HA SIDO UN INDICADOR EJEMPLAR

### Demanda no atendida por atentados



A pesar de los atentados a la red, la demanda no atendida en cada mes no ha superado el 0.6% en los últimos 6 años

## QUE HEMOS HECHO PARA LOGRARLO?

### Vulnerabilidad hidrológica

Pago por capacidad

Mínimos operativos en los embalses

Indicadores de confiabilidad para la planeación

Pruebas de disponibilidad a generadores

Coordinación sectores gas -electricidad

Desarrollo de las interconexiones internacionales

Criterios probabilísticos (VERPC) y determinísticos (N-1) para la planeación y operación

Desarrollo de un programa para evaluar estabilidad transitoria del sistema en tiempo real

Red de medición de frecuencia y detección de oscilaciones

Desarrollo del AGC por áreas aisladas

Esquemas de reconfiguración de líneas

Esquemas de reestablecimiento rápidos

Condición Anormal de Orden Público

### Vulnerabilidad en la red



## 4. Cada integrante de la cadena productiva ve las señales de la confiabilidad

# LOS GENERADORES SON REMUNERADOS POR SU APOORTE A LA FIRMEZA DEL SISTEMA

GENERACIÓN



FIRMEZA

Ingresos por Pagos por  
Capacidad

Índices disponibilidad

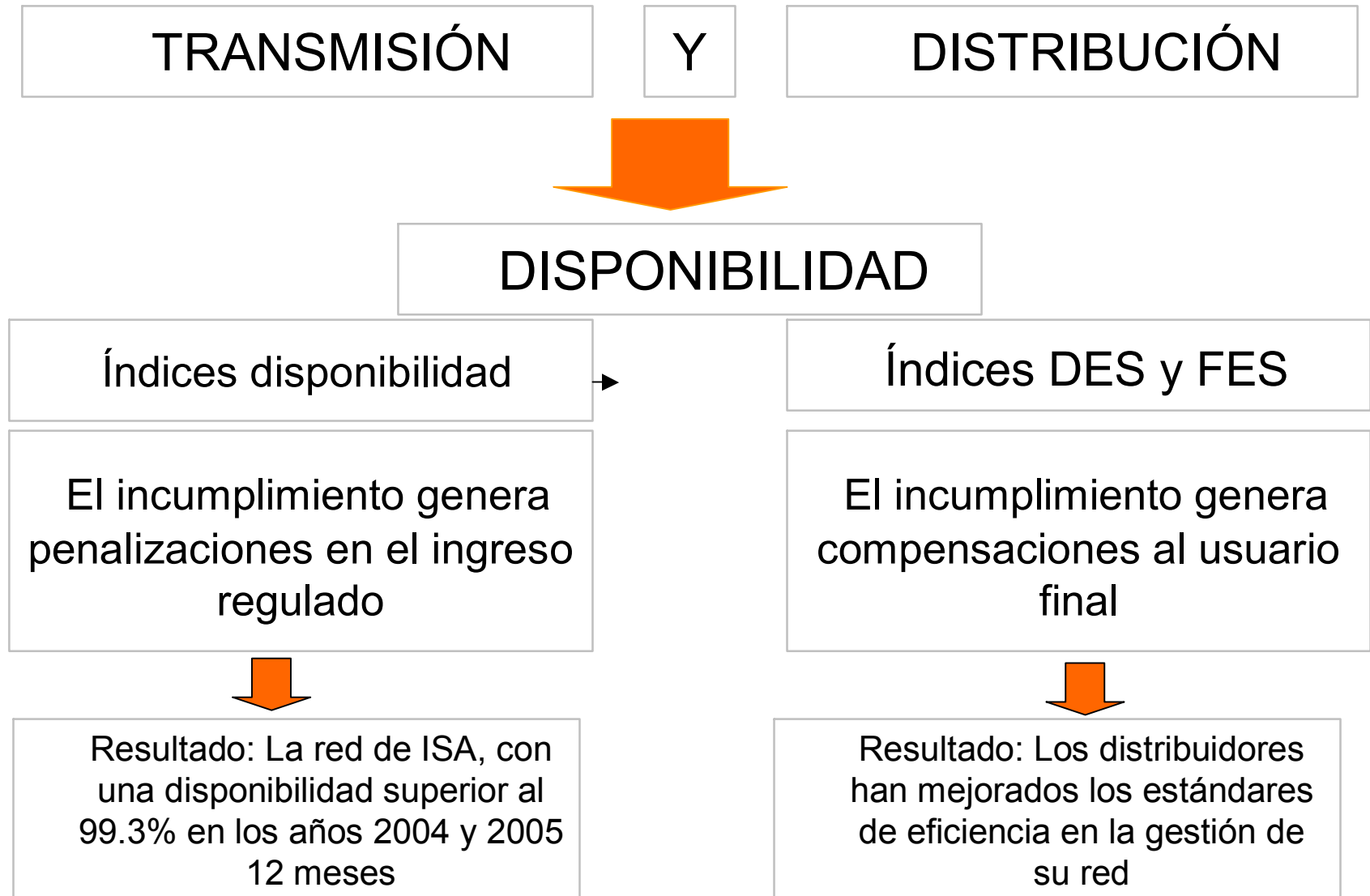
Cada año se informa a cada  
generador sus ingresos por pagos  
por capacidad 63 US\$/kW-año

Una indisponibilidad del generador  
afecta los ingresos por Pagos por  
Capacidad

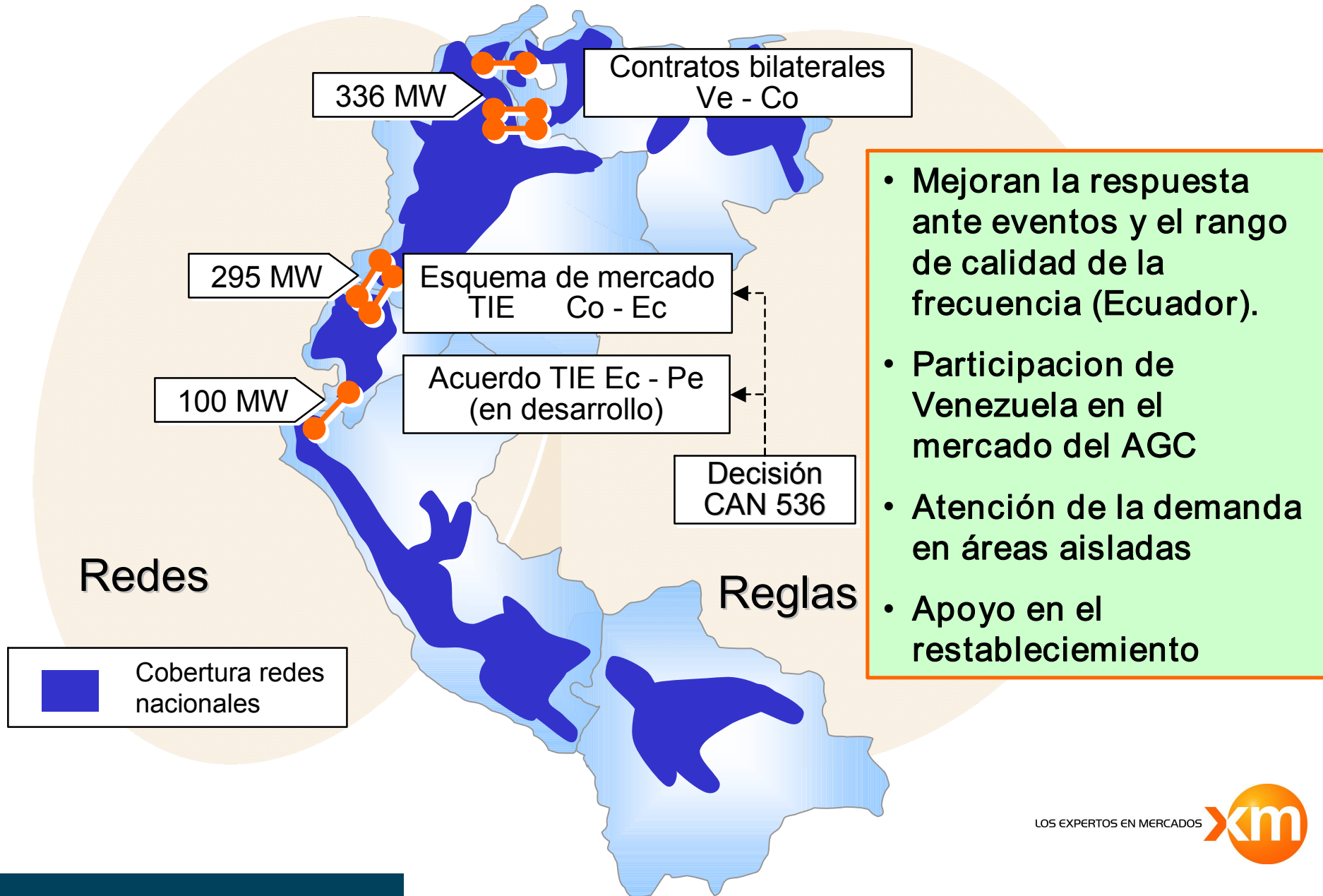


Resultado: Alta  
disponibilidad de los  
generadores: cercana  
al 90% en promedio  
últimos 12 meses

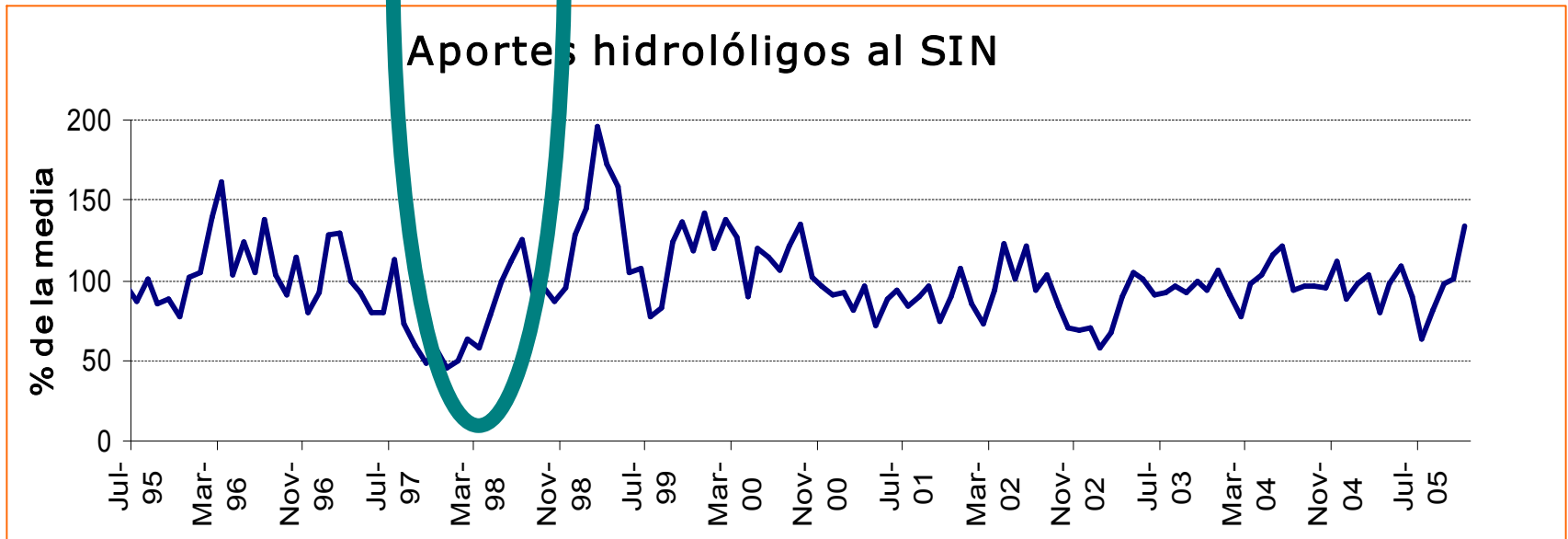
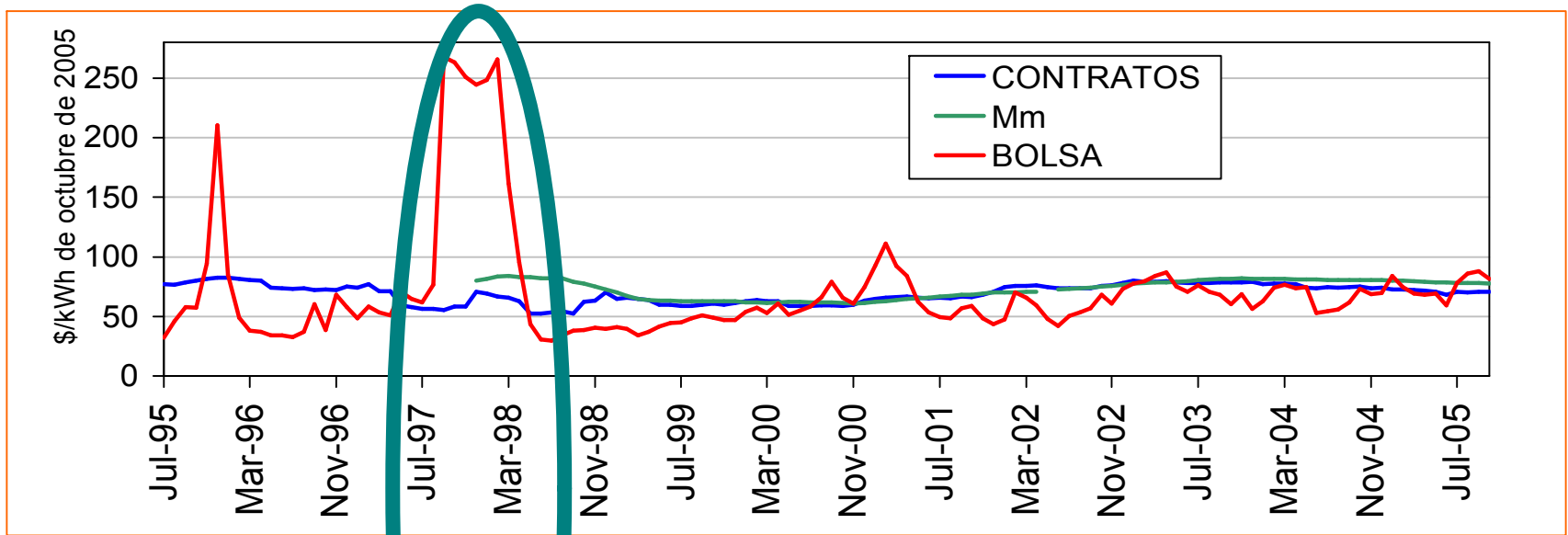
# LOS TRANSPORTADORES Y DISTRIBUIDORES DEBEN MANTENER ALTA DISPONIBILIDAD DE LA RED



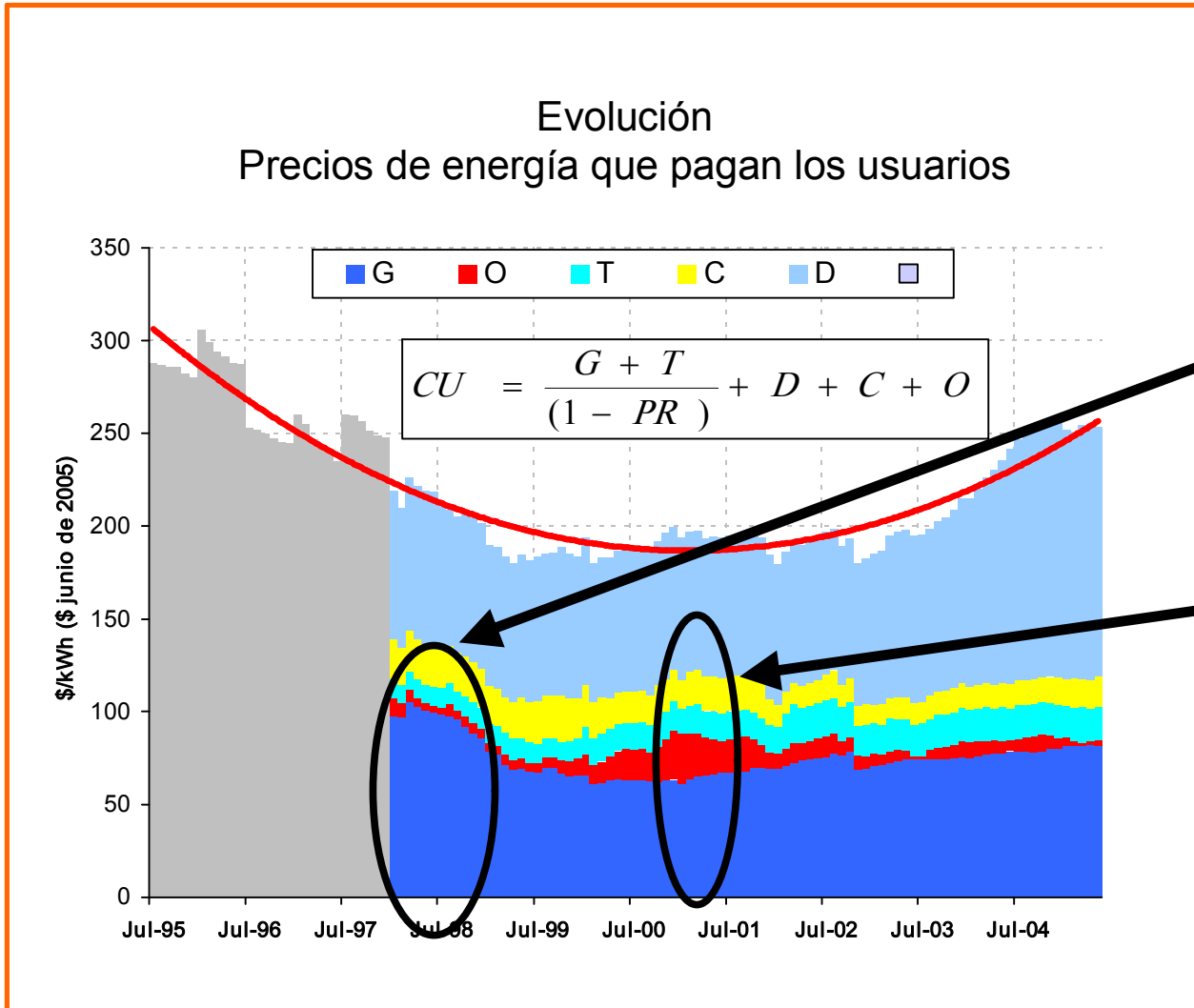
# LAS INTERCONEXIONES CON VENEZUELA Y ECUADOR MEJORAN LA CONFIABILIDAD DE LOS PAISES



# LOS COMERCIALIZADORES VEN LAS SEÑALES DEL MERCADO A LA VULNERABILIDAD HIDROLOGICA ...ALZA EN PRECIOS



# EL USUARIO FINAL VEN EN LAS TARIFAS LAS SEÑALES DEL MERCADO A LA VULNERABILIDAD EN LA RED ...



Las bajas hidrologías impactan las restricciones del sistema (componente G) aumentando la tarifa a usuario final.

Los atentados a la infraestructura aumentan las restricciones del sistema (componente O) aumentando la tarifa a usuario final.



## 5. Como ve la confiabilidad el operador del sistema y administrador del mercado?

# EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA Y ADMINISTRACION DEL MERCADO DE ELECTRICIDAD

## CRITERIO PROBABILÍSTICO VERPC

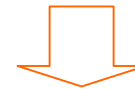
- Se calcula la probabilidad de falla de cada elemento de la red con base en la historia.
- Para cada falla de un subsistema eléctrico, se calcula su racionamiento
- Se calcula el VERPC de cada subárea como el déficit asociado a una probabilidad.
- Se verifica que el VERPC de cada subárea sea menor que el VERPC de referencia, forzando generación.

$$\rho = \frac{\sum_{s=1}^S VERPC_s^{(0)}}{S}$$

$s$  : indexa las subáreas  
 $S$  : # de subáreas  
 $\rho$  : VERPC de referencia

## CRITERIO DETERMINÍSTICO n-1

Se verifica que, ante contingencia n-1, no suceda evento en cascada que ocasione desatención de la demanda.



Resultado: límites de transporte a través de subáreas (cortes)



## 5. CONCLUSION

## CONCLUSIONES

- En Colombia, además de los aspectos generales de la confiabilidad, se tiene una alta vulnerabilidad a la hidrología y a los atentados a la infraestructura eléctrica. Sin embargo se han mantenido altos índices en la atención de la demanda.
- Se dispone de señales regulatorias y de gestión para cada uno de los agentes de la cadena productiva, las cuales van desde la planeación de largo plazo hasta la operación real del sistema.
- Para lograr una mayor continuidad en el servicio, el operador del sistema además de las señales que el mercado le brinda, ha desarrollado herramientas tales como el AGC por áreas aisladas, una red de medidores de frecuencia y modos de oscilación, estimación de la estabilidad del sistema en tiempo real etc., que le permiten dar una respuesta oportuna.
- La integración eléctrica y energética con Venezuela y Ecuador ha traído muchos beneficios para mejorar la confiabilidad, por lo que promovemos un mayor nivel de integración, que permitirá que se asegure la prestación del servicio con altos estándares de calidad, fortaleciendo la competitividad en la región.



**LOS EXPERTOS EN MERCADOS**