



¿Ha mejorado el comportamiento de los parámetros eléctricos de los grandes consumidores de energía eléctrica, bajo la regulación de la Reforma Energética?



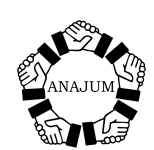
El ahorro de energía en todos los Sectores, incluido el eléctrico, para cuidar el medio ambiente y para minimizar los efectos del cambio climático aún con la dificultad técnica para suplir a los combustibles fósiles, debe ser prioridad para que los actores involucrados contribuyan.

Los avances en la tecnología permiten, poner en práctica medidas que hace años eran muy caras, o no se podían implementar.

Se puede ahorrar energía con un principio tan básico como minimizar que la potencia reactiva viaje de las plantas de generación hacia la carga, o viceversa, logrando que las cargas estén compensadas siempre, con un F.P. cercano a la unidad.

Causas raíz de la circulación de reactivos capacitivos en el SEN:

- 1. Por la generación de reactivos capacitivos en las líneas.**
- 2. Por capacitores en exceso (fijos) conectados en la red de CFE.**
- 3. Por sobrecompensación, en ciertos periodos generalmente, en los centros de carga.**



La normativa secundaria que existía antes de 2016, no propiciaba que los clientes tuvieran sus cargas compensadas.

Artículo 64 del RLSPEE:

“Para los suministros en que intervenga el factor de potencia, el usuario conservará éste en la operación de su instalación entre noventa centésimos atrasados y uno, de acuerdo con las Disposiciones complementarias a las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica”.

“Cuando el factor de potencia tenga un valor igual o superior a noventa centésimos atrasados, el suministrador tendrá obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación”.



“Cuando el factor de potencia durante cualquier período tenga un promedio menor de noventa centésimos atrasados el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar al monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine”

“El usuario no podrá regresar energía activa o reactiva a las líneas del suministrador, excepto cuando celebre con éste convenio al respecto. La contravención de esta disposición hará procedente la aplicación de sanciones en los términos de la Ley y de este Reglamento”



Manual de disposiciones relativas al suministro y venta de EE destinada al servicio público. Sección Quinta.

Del Aviso-Recibo, Informe de consumo y Comprobante de pago

Trigesimotercera.- El Suministrador consignará el importe del Suministro de energía eléctrica medida o estimada en los formatos de Aviso-Recibo, Informe de consumo o Comprobante de pago, que contendrán según la tarifa y opción de facturación aplicable, los siguientes datos:

- I. Nombre, domicilio, RFC y demás requisitos fiscales del Suministrador;*
- II. Número de servicio;*
- III. Los registros de las mediciones anteriores y actuales de energía activa y reactiva, en su caso;*
- IV. Demandas máximas medidas, demanda facturable y otros conceptos de demanda, según proceda;*
- V. Constante de medición;*
- VI. Consumo de kilowatthoras (kWh), kilovarhoras (kVARh) y Factor de Potencia;*
- ...*
- XIX. Cualquier otra información que el Suministrador considere necesaria o conveniente, aun cuando no forme parte integrante de la Facturación.*

“Instructivo para la interpretación y aplicación de las tarifas para el suministro y venta de EE”

“9. Factor de Potencia, 9.1. Definición.

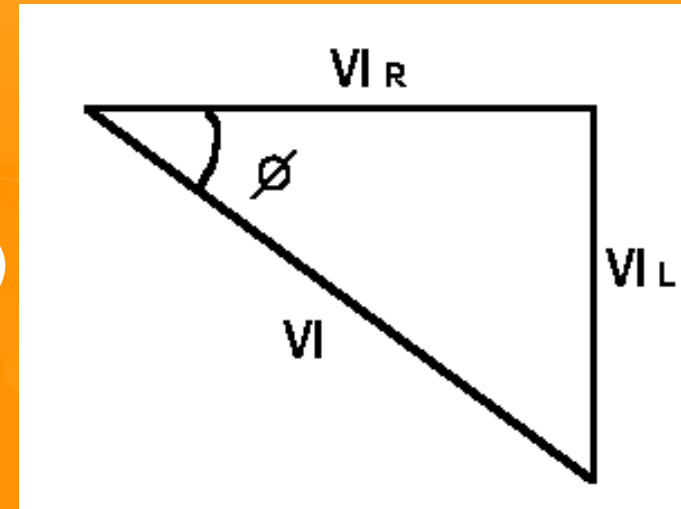
Es el coseno del ángulo que se obtiene de la relación de los kilowatts y los kilovolt-amperes, multiplicado por 100 para expresarlo en porcentaje (%) y con dos decimales.

$$S = VI = \text{kVA (Potencia Aparente)}$$

$$P = VI_R = V \cos \emptyset = \text{kW (Potencia Activa)}$$

$$Q = VI_L = V \sin \emptyset = \text{kVAr (Potencia Reactiva)}$$

$$\cos \emptyset = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}} \text{ (Factor de Potencia)"}'$$

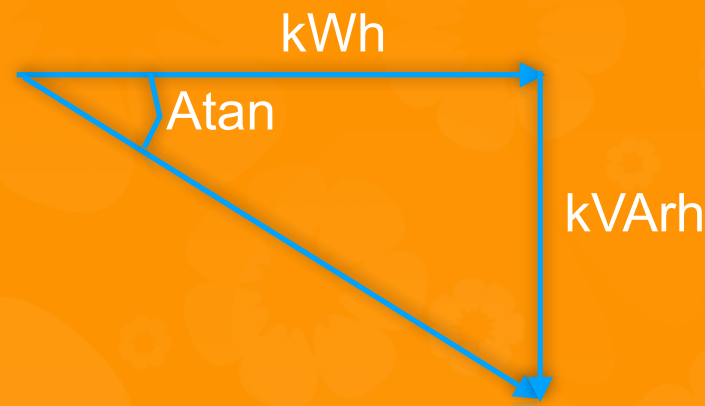




“En Lenguaje no técnico, se define como la relación que existe entre el volumen de energía eléctrica que desarrolla un trabajo útil (kWh), respecto al total de la energía que un aparato recibe (kVAh), multiplicado por 100 para expresarlo en por ciento (%).

En nuestro caso, con la medición de energía activa (kWh) y energía reactiva (kVAh), el cálculo del “factor de potencia”, se establece de la siguiente forma:”

$$F . P . = \text{Cos} \left(\text{Atan} \frac{\text{KVArh}}{\text{kWh}} \right) \times 100$$





Apéndice N°. 1

Porcentaje de bonificación por operar con factor de potencia superiores al 90%, en rangos de valores para el F.P.

Desde	Hasta	%	Desde	Hasta	%
90.00	90.18	0.0	94.74	95.13	1.3
90.19	90.54	0.1	95.14	95.54	1.4
90.55	90.90	0.2	95.55	95.94	1.5
90.91	91.27	0.3	95.95	96.35	1.6
91.28	91.64	0.4	96.36	96.77	1.7
91.65	92.02	0.5	96.78	97.19	1.8
92.03	92.40	0.6	97.20	97.61	1.9
92.41	92.78	0.7	97.62	98.03	2.0
92.79	93.16	0.8	98.04	98.46	2.1
93.17	93.55	0.9	98.47	98.90	2.2
93.56	93.94	1.0	98.91	99.33	2.3
93.95	94.33	1.1	99.34	99.77	2.4
94.34	94.73	1.2	99.78	100.00	2.5

Fórmula de aplicación: $\% \text{ de bonificación} = 1/4 (1 - 90.00/\text{F.P.}) * 100.00$



Penalización por bajo factor de potencia

Rango de F.P.		Recargo
90.00	89.93	0
89.92	89.78	0.1
89.77	89.63	0.2
89.62	89.48	0.3
89.47	89.34	0.4
89.33	89.19	0.5
...
30.07	30.06	119.6

$$\text{Porcentaje de recargo} = 3 / 5 \left(\left(90 / FP \right) - 1 \right) \times 100$$



Dada la forma de calcular el “Factor de Potencia” con la energía reactiva y activa de un periodo (un mes por lo general), bastaba cuidar que el promedio de energías no baje del 0.9, sin que se cuide que la carga esté compensada en todo momento.

Las subestaciones de los centros de carga tenían conectados sus bancos de capacitores en forma permanente y sí estaban inyectando reactivos al SEN, no se estaban abriendo y cerrando conforme a las necesidades de la carga.

Generalmente las bancos de capacitores se calculan para la demanda máxima, por lo que en demanda media o mínima sobran reactivos y se inyectan al sistema.

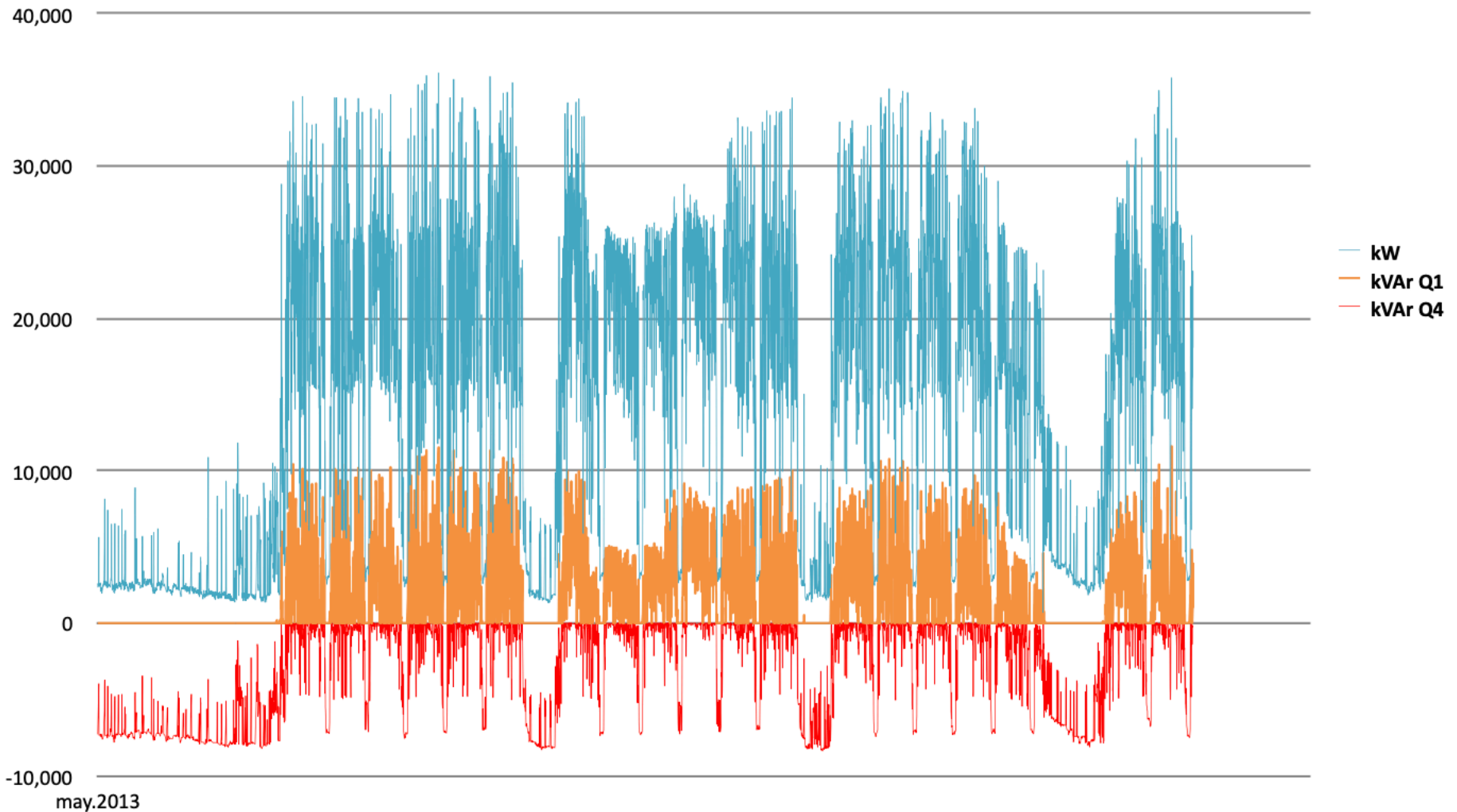
Por lo anterior, los bancos son adecuados cuando la carga está en operación pero generalmente nocivos para el sistema eléctrico cuando la carga es mínima.

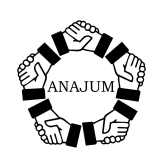


Introducción.

¿Que efectos provocaba tener esa normativa?

Servicio en 115 kV en la División Bajío, Cd. Irapuato

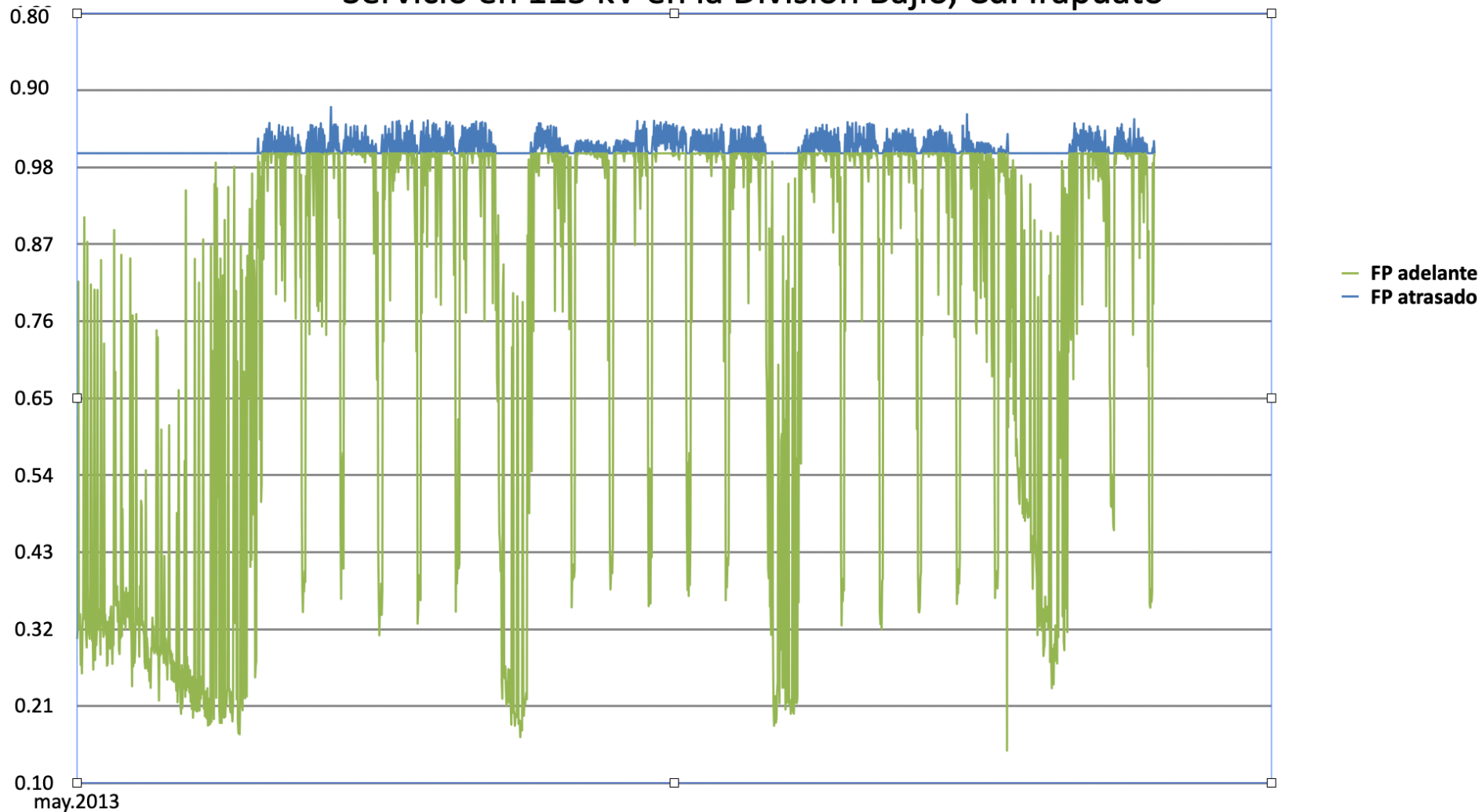




Introducción.

¿Qué efectos provocaba tener esa normativa?

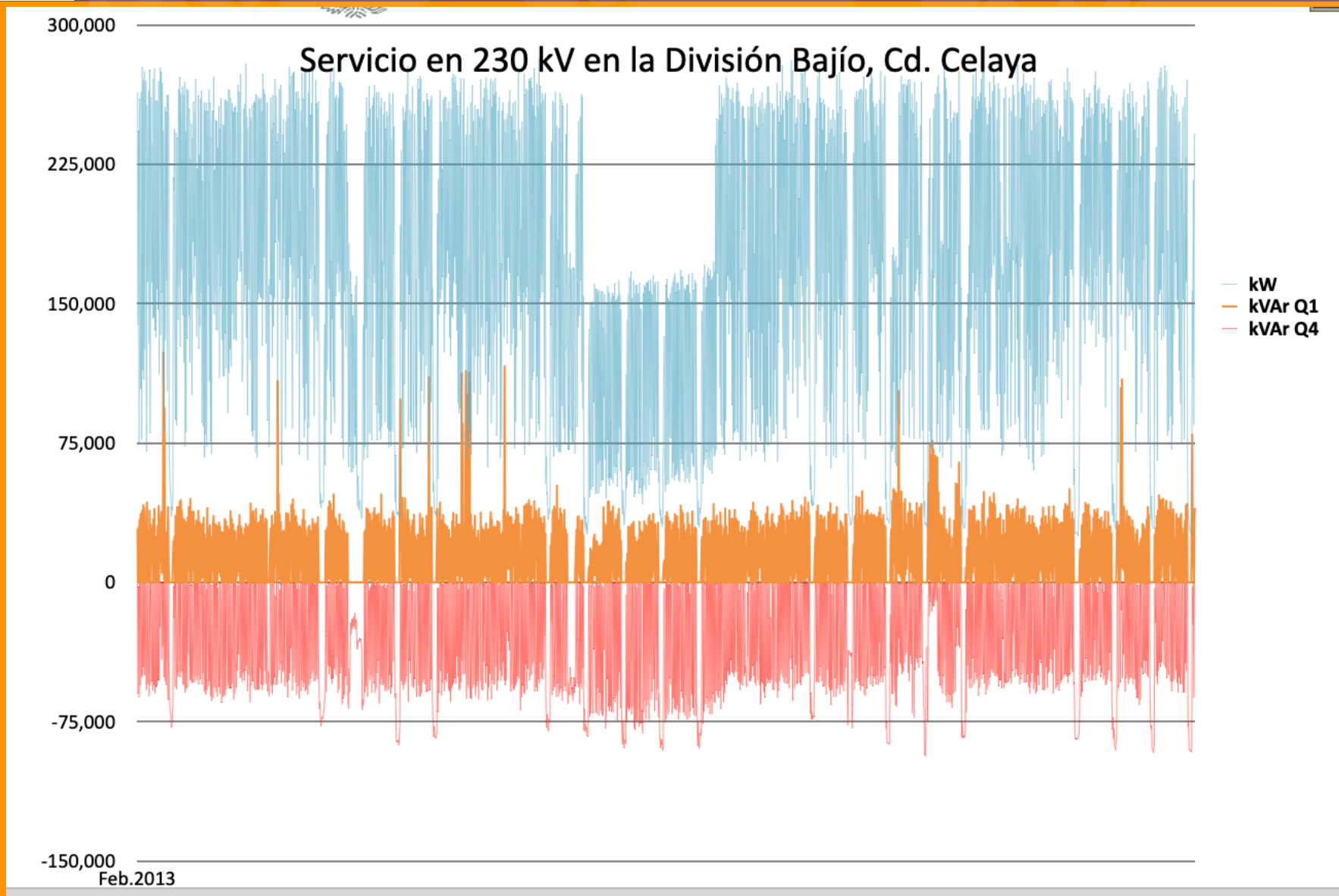
Servicio en 115 kV en la División Bajío, Cd. Irapuato

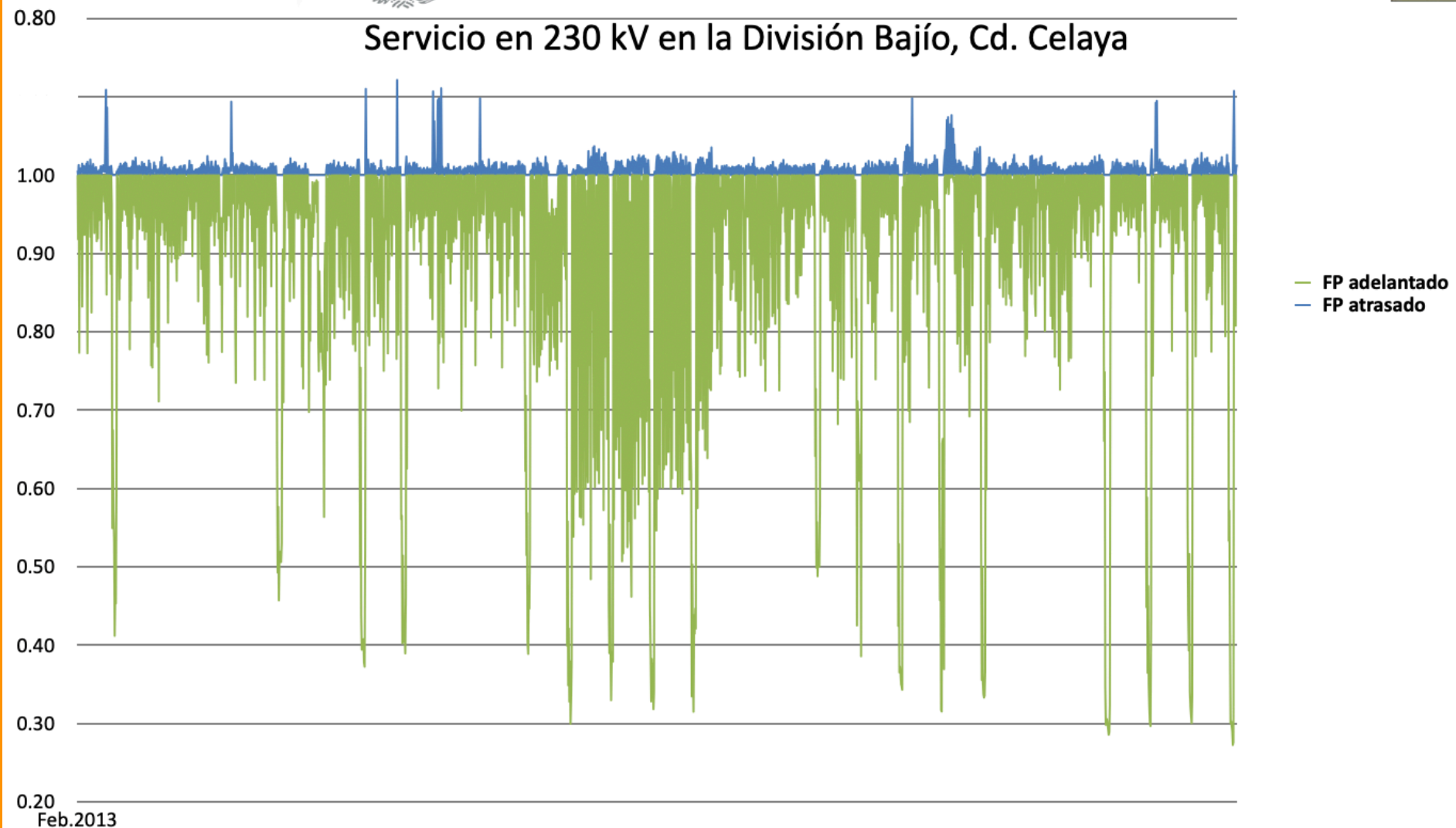




Introducción.

¿Que efectos provocaba tener esa normativa?





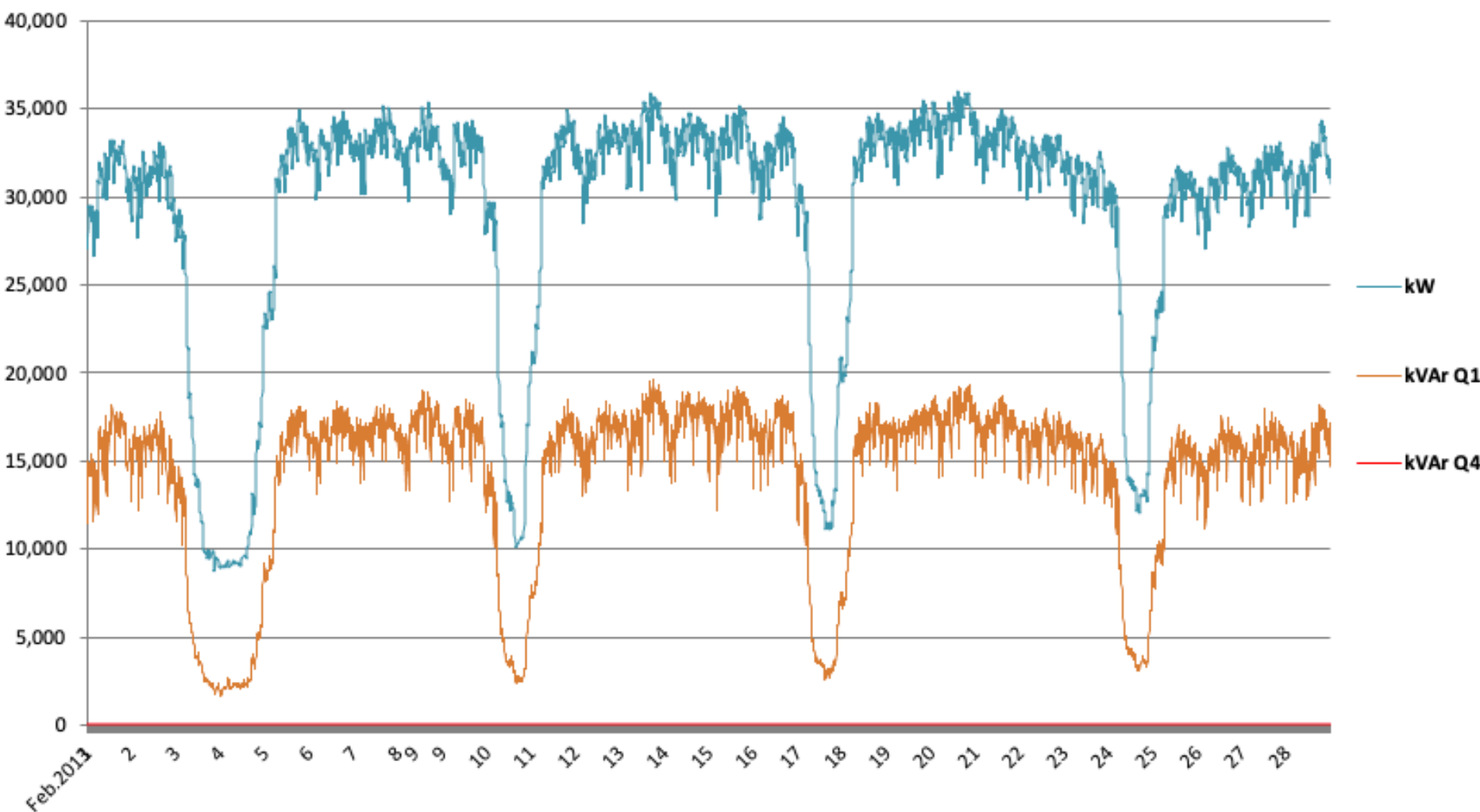


Como se observa, al introducir la energía real y reactiva en la fórmula en lugar de potencia (kVA y kW), el propósito de eficiencia del Reglamento se desvirtuaba puesto que sólo bastaba que los clientes devolvieran energía reactiva al sistema, (lo cual prohibía el Reglamento), a base de capacitores fijos, para que al final del periodo se cumpliera con un FP del 90% atrasado o un valor superior.

También se presentaban casos de servicios que no regresaban reactivos al SEN, demandando en su semana laboral un gran volumen de reactivos al SEN, presentaban FP inferiores al 90%, pero con la baja demanda de los fines de semana al final del periodo de facturación cumplían con la normatividad, como el siguiente:

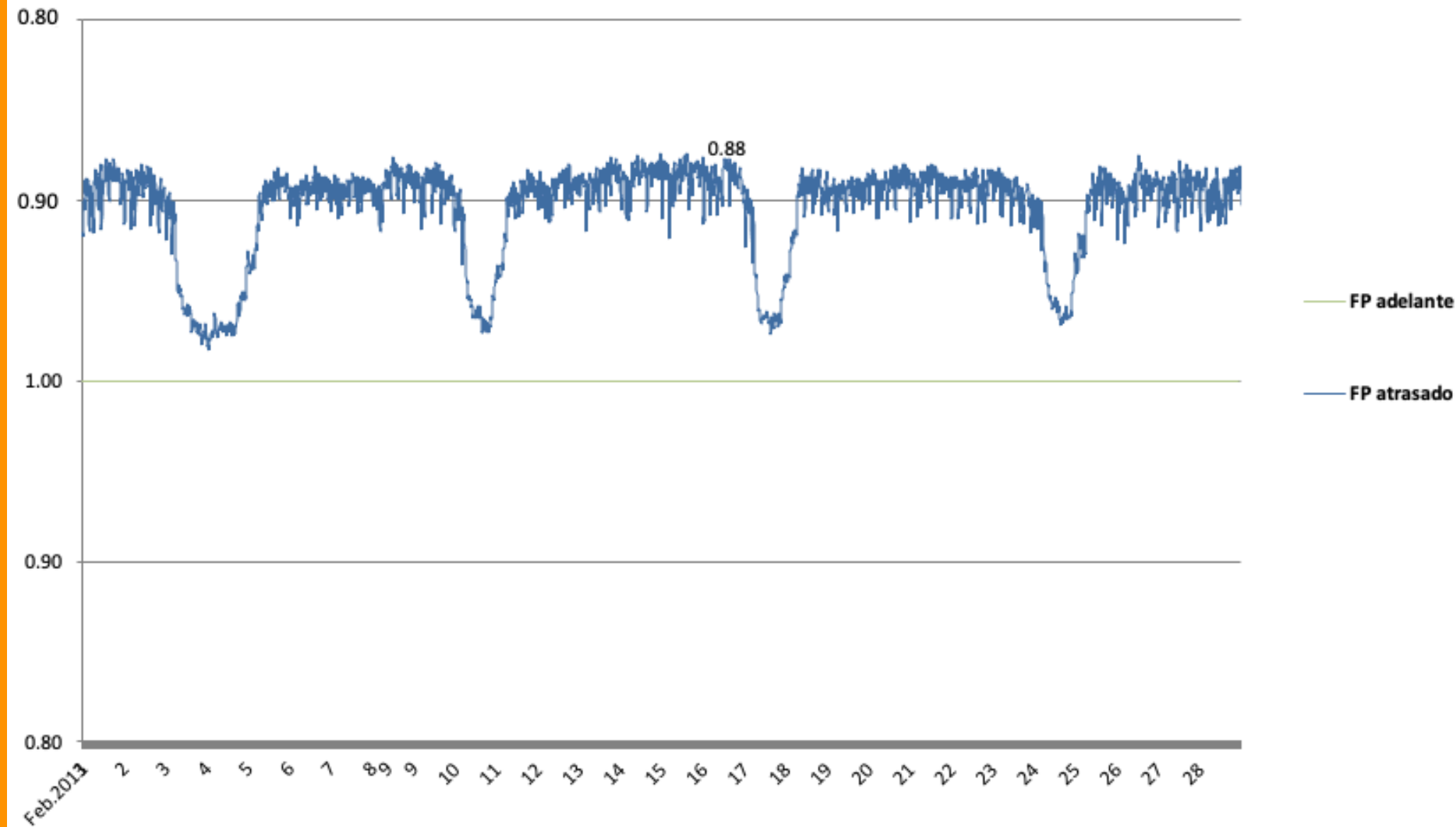


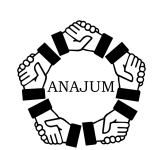
Servicio en 115 kV en la División Bajío, Cd. de Silao





Servicio en 115 kV en la División Bajío, Cd. de Silao





Este comportamiento, de no tener compensado en todo momento su carga, aunado al de la mayoría de los Clientes en alta y media tensión, causaba los efectos ya mencionados en el SEN, puesto que tenía exceso de reactivos en días de baja carga y sobretensiones (fines de semana, festivos, semana santa) y el CENACE tenía que estar abriendo capacitores, cerrando reactores, poniendo a rodar generadores en vacío para compensar o abriendo líneas del sistema de transmisión de 400 kV, para regular la tensión, lo cual implicaba costos y riesgos importantes en la operación.

Por lo tanto, en un trabajo presentado en este mismo foro en 2013, se propuso lo siguiente, para las cargas conectadas en media y alta tensión:

Modificar el “Manual de disposiciones relativas al suministro y venta de energía eléctrica destinada al servicio público” y el “Instructivo para la interpretación y aplicación de las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica”, con una redacción similar a la siguiente:



“El factor de potencia se debe medir en forma instantánea, integrándose sus valores en períodos de 5 minutos, debiendo ser superior siempre a 90%, el cliente deberá instalar sus capacitores desconectables necesarios para que la carga siempre esté compensada a ese valor, cerrando o abriendo los bancos de capacitores por bloques de potencia reactiva de acuerdo con las necesidades de la carga”

Se otorgará un periodo a partir de la publicación de esta normatividad, con el propósito de que en ese lapso se adecuen las instalaciones para operar de acuerdo a esta disposición.

Posteriormente se deberá hacer exigible el 95% de F.P. y continuar incrementando este valor paulatinamente.



El 8 de abril de 2016, la CRE publicó las *“Disposiciones Administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red”*

Capítulo 4. Disposiciones Generales de conexión de Centros de Carga (CONE)

Criterio CONE - 6. Los Centros de Carga deberán cumplir con los requerimientos de factor de potencia contenidos en el Manual Regulatorio de Conexión de Centros de Carga.



Manual Regulatorio de Requerimientos técnicos para la Conexión de Centros de Carga

Capítulo 3. Requerimientos.

3.4 Requerimiento de factor de potencia

En Estado Operativo Normal, los Centros de Carga conectados en Alta Tensión deberán mantener un factor de potencia entre 0.95 en atraso y 1.0, con medición cinco-minutal. Dichos Centros de Carga deberán cumplir con este requerimiento al menos el 95% del tiempo durante un periodo mensual.

Este requerimiento tendrá una vigencia de 10 años a partir de la publicación del Manual en el DOF. Posterior a este periodo, el requerimiento del factor de potencia será de 0.97 en atraso y 1.0, con medición cinco-minutal. Los Centros de Carga deberán cumplir con este requerimiento al menos el 97% del tiempo durante un periodo mensual.

El factor de potencia en tensiones menores o iguales a 35 kV se medirá en nodos de calidad de energía, de conformidad con las “Disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios en la red nacional de transmisión y las redes generales de distribución de energía eléctrica”.



**Ley de la Industria Eléctrica.
Capítulo II.
De las Sanciones, Artículo 165.**

I. Con multa del dos al diez por ciento de los ingresos brutos percibidos en el año anterior por:

[...]

k) Dejar de observar, de manera grave a juicio de la CRE, las disposiciones en materia de la Calidad, Confiabilidad, Continuidad y seguridad del Sistema Eléctrico Nacional;

[...]

II. Con multa de cincuenta mil a doscientos mil salarios mínimos por:

[...]

c) Incumplir las disposiciones en materia de Calidad, Confiabilidad, Continuidad y seguridad del Sistema Eléctrico Nacional;

[...]

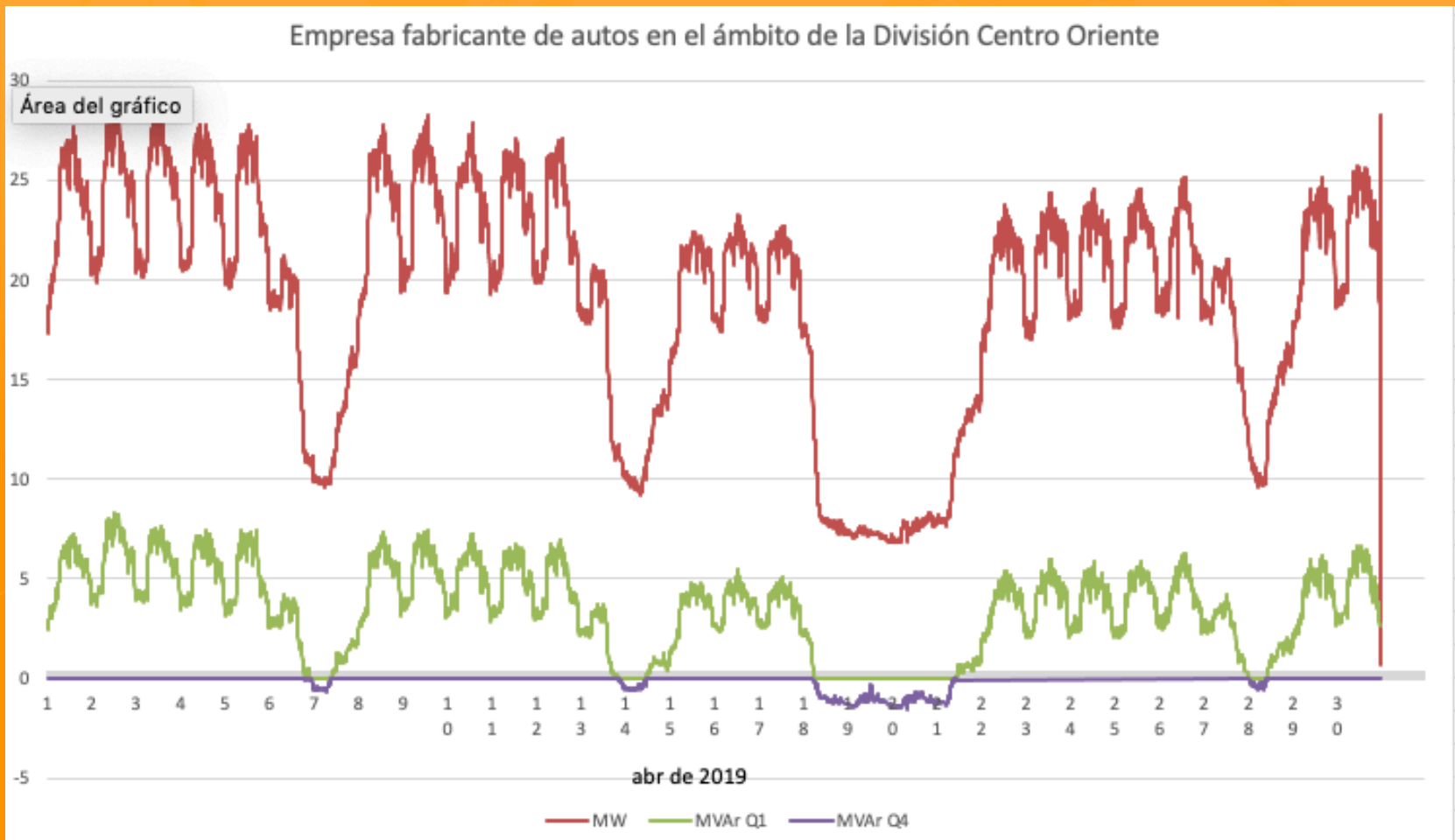


El presente estudio se realizó analizando 204 bases de datos mensuales de 2019, de 17 Centros de Carga conectados en AT (conectados en tensiones de 115, ó 230, ó 400 kV), para determinar su comportamiento en cuanto al F.P. y su posible mejora a partir del cambio de normatividad.

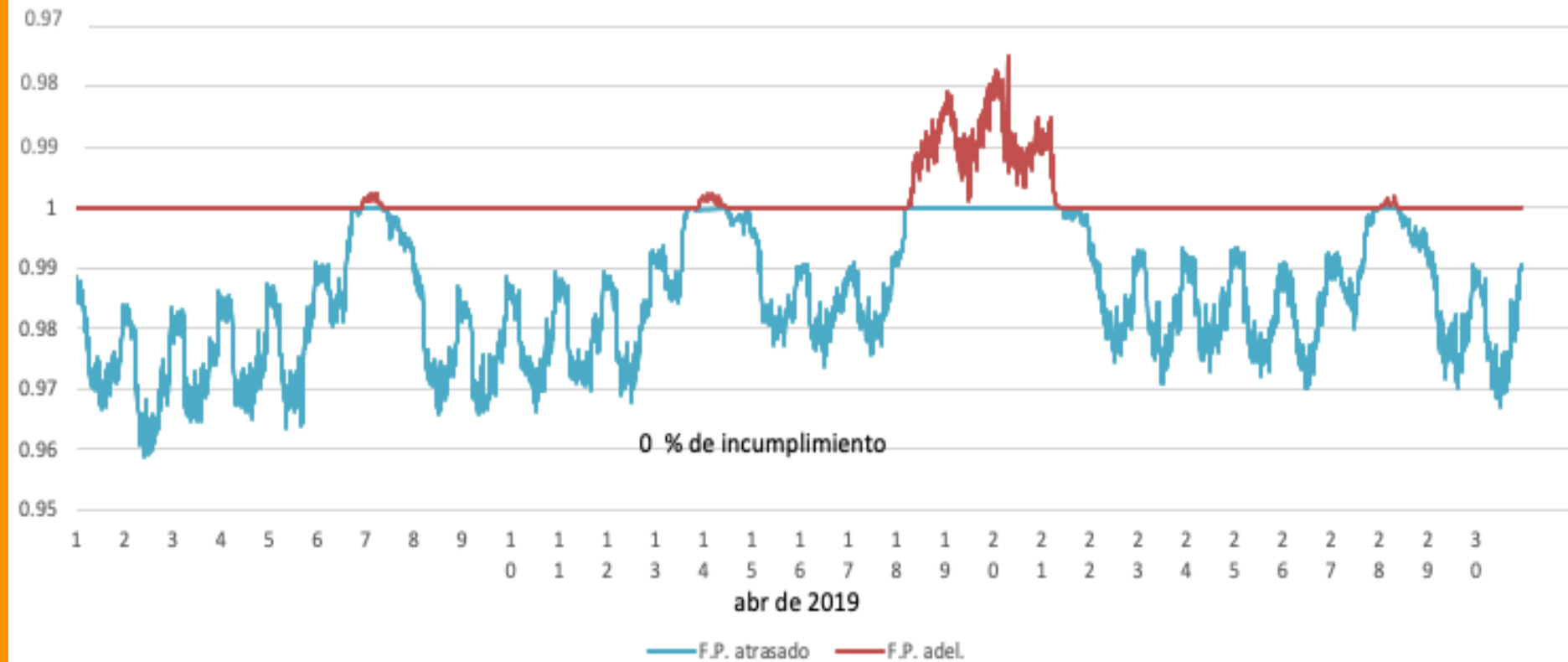
Los Centros de carga están ubicados en la División Bajío en las Zonas Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato y Querétaro, así como de la División Centro Oriente (Puebla, Tlaxcala e Hidalgo). Se trabajó con datos de 2019, porque pensamos que los datos de 2020 iban a ser atípicos debidos a la pandemia.

¿Ha mejorado el comportamiento de los parámetros eléctricos de los grandes consumidores de energía eléctrica, bajo la regulación de la Reforma Energética?

Se obtuvieron las horas mensuales que cada servicio cumplió con mantener su FP entre 0.95 y 1.0 atrasado, y se determinó el porcentaje del mes están dentro del rango permitido, a continuación, se muestran las gráficas de demandas y factor de potencia de una empresa fabricante de autos:

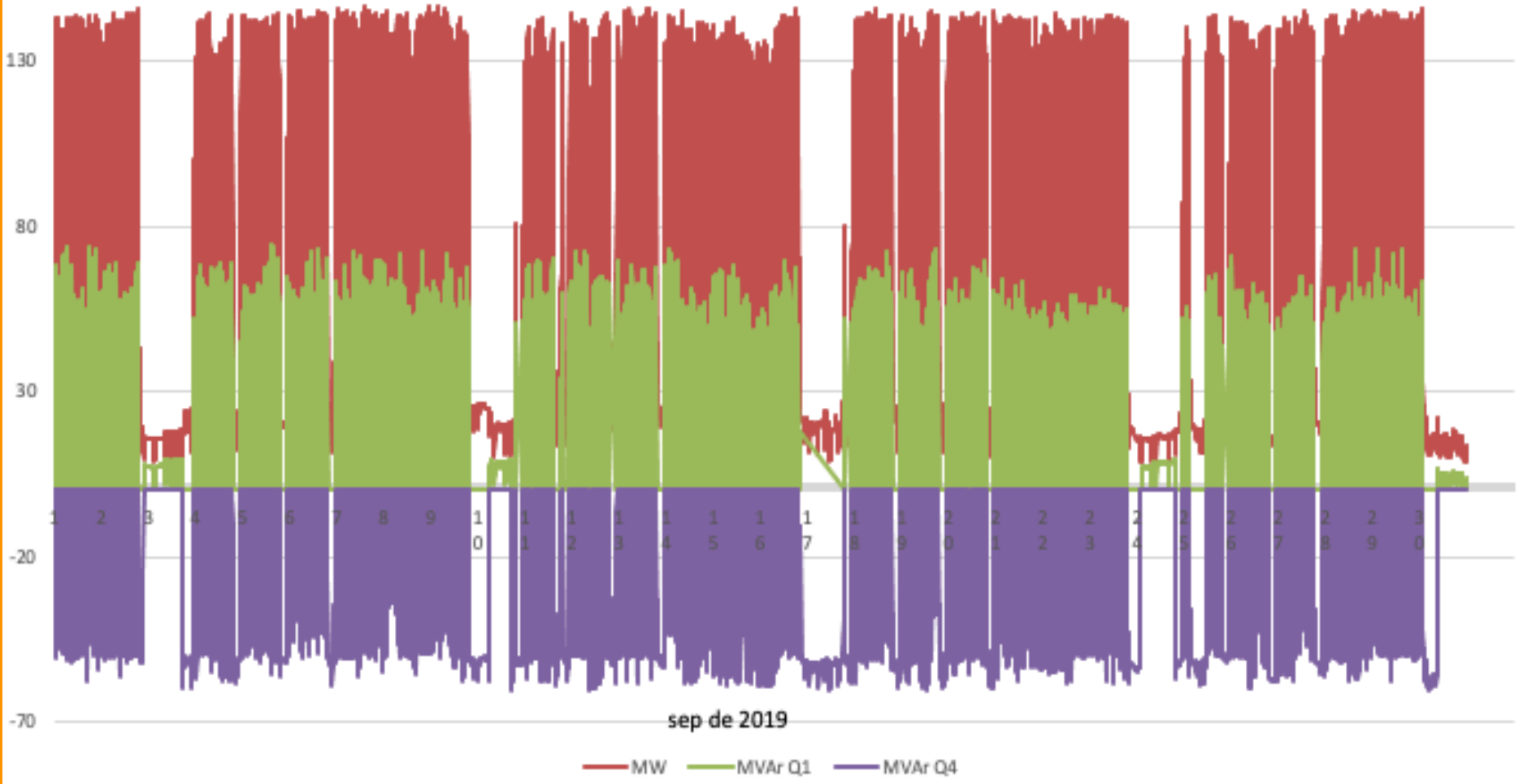


Empresa fabricante de autos en el ámbito de la División Centro Oriente



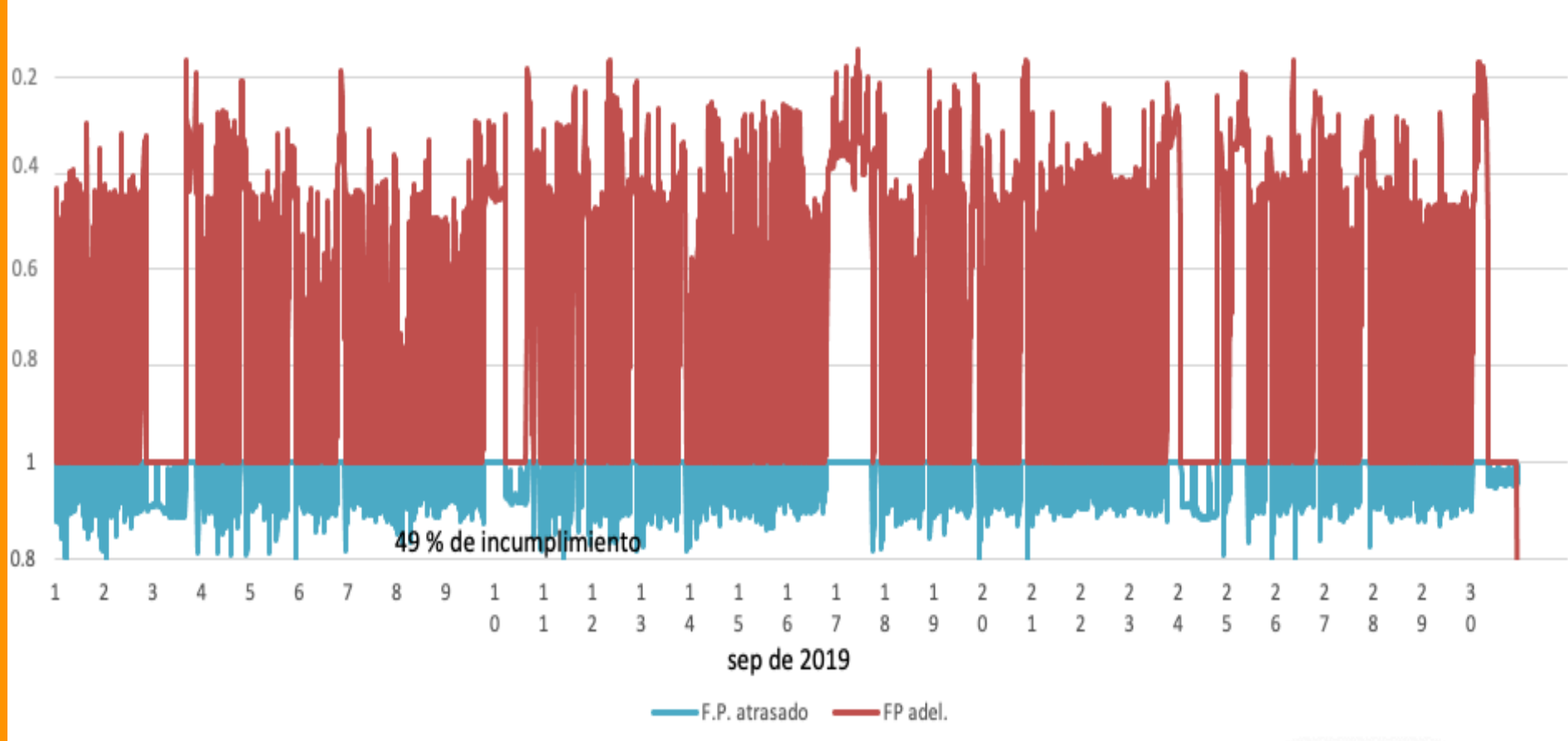


Empresa acerera en el ámbito de la División Centro Oriente





Empresa acerera en el ámbito de la División Centro Oriente





Resumen de resultados del estudio

Año 2019	Ramo / Porcentaje de incumplimiento en el mes				
	Cemento	Mueblera	Acero	Fab. Autos	Papelera
ene	71.00	14.49	1.03	14.50	73.00
feb	28.68	0.00	0.41	89.00	80.00
mar	20.00	0.39	1.14	90.50	56.00
abr	24.00	10.25	0.53	87.50	78.00
may	46.50	9.92	0.72	95.30	79.00
jun	44.00	47.65	0.94	94.00	65.00
jul	11.90	N.D.	2.37	97.00	51.50
ago	14.60	N.D.	0.01	99.90	36.00
sep	46.00	N.D.	0.21	90.40	53.00
oct	11.00	N.D.	0.03	39.70	60.00
nov	13.00	N.D.	0.14	97.00	68.00
dic	14.40	N.D.	0.09	71.00	80.70
Incumpl.	12	4	0	12	12



Resumen de resultados del estudio

Año 2019	Ramo / Porcentaje de incumplimiento en el mes					
	Vidriera	Minera	Minera	Química	Química	Cemento
ene	100.00	98.90	1.15	57.00	37.50	2.68
feb	100.00	96.43	2.86	60.51	14.00	0.00
mar	100.00	99.34	18.66	54.00	13.70	3.16
abr	100.00	99.04	43.52	64.50	28.00	18.90
may	100.00	98.29	1.71	66.00	74.00	6.21
jun	100.00	97.65	1.03	64.60	61.40	14.74
jul	100.00	98.95	0.10	65.00	63.00	5.37
ago	100.00	99.72	0.00	56.60	52.00	5.73
sep	100.00	100.00	0.54	42.50	60.00	22.69
oct	98.20	98.47	1.39	38.50	57.00	3.00
nov	100.00	99.97	0.00	54.60	24.35	6.04
dic	100.00	99.77	0.00	26.00	5.49	11.40
Incumpl.	12	12	2	12	12	8



Resumen de resultados del estudio

Año 2019	Ramo / Porcentaje de incumplimiento en el mes					
	Fab. autos	Acero	Química	Cemento	Acero	Acero
ene	0.00	35.00	N.D.	4.63	15.37	3.56
feb	0.00	35.00	N.D.	9.24	7.97	2.77
mar	0.00	38.00	N.D.	18.74	5.14	17.24
abr	0.00	37.00	N.D.	18.84	0.30	7.79
may	0.00	40.00	N.D.	12.95	0.16	1.64
jun	0.00	41.00	N.D.	34.00	0.15	2.06
jul	0.00	35.00	N.D.	19.05	0.96	2.20
ago	0.00	55.50	N.D.	34.60	0.10	1.47
sep	0.00	49.70	N.D.	12.38	0.03	0.98
oct	0.00	43.60	0.00	37.60	0.30	2.96
nov	0.00	45.00	0.00	0.41	0.06	12.50
dic	0.00	27.20	13.00	0.01	1.27	8.90
Incumpl.	0	12	1	9	3	4



Del resumen resulta que sólo el 38% de las meses, los Centros de Carga cumplen con un factor de potencia, entre el 95% atrasado y 1.0, el 95 % del tiempo con valores promedio cincominutales.

Es necesario que las Autoridades en materia eléctrica promuevan y apliquen la Ley en cuanto se decida sobre la iniciativa de la Reforma en curso. Si se aprecia muchas empresas Cuando se logre que se generalice esta practica, se tendrán los siguientes beneficios:

- a. Se reducirán las pérdidas del sistema eléctrico al disminuir la circulación de reactivos en el SEN en cualquier sentido, se calculó en 2013, que solo en el sistema de subtransmisión de la DDB, se tendría un ahorro anual de 16 343 MWh.**
- b. Se reducirán inversiones para CFE Transmisión y CFE Distribución por la instalación de capacitores desconectables, reactores y CEV's.**



- c. Se evitarán costos de operación al tener rodando generadores para regular la tensión.**
- d. Se reducirán significativamente los costos de operación de regulación de voltaje (cambio de taps, cerrar y abrir capacitores, etc.).**
- e. Se incrementará la capacidad del SEN, difiriendo la construcción de nuevos elementos.**
- f. Se incrementará la demanda de capacitores, interruptores y controles, así como la ingeniería para su instalación y por economía de escala, se reducirán precios al público.**



Gracias por su atención

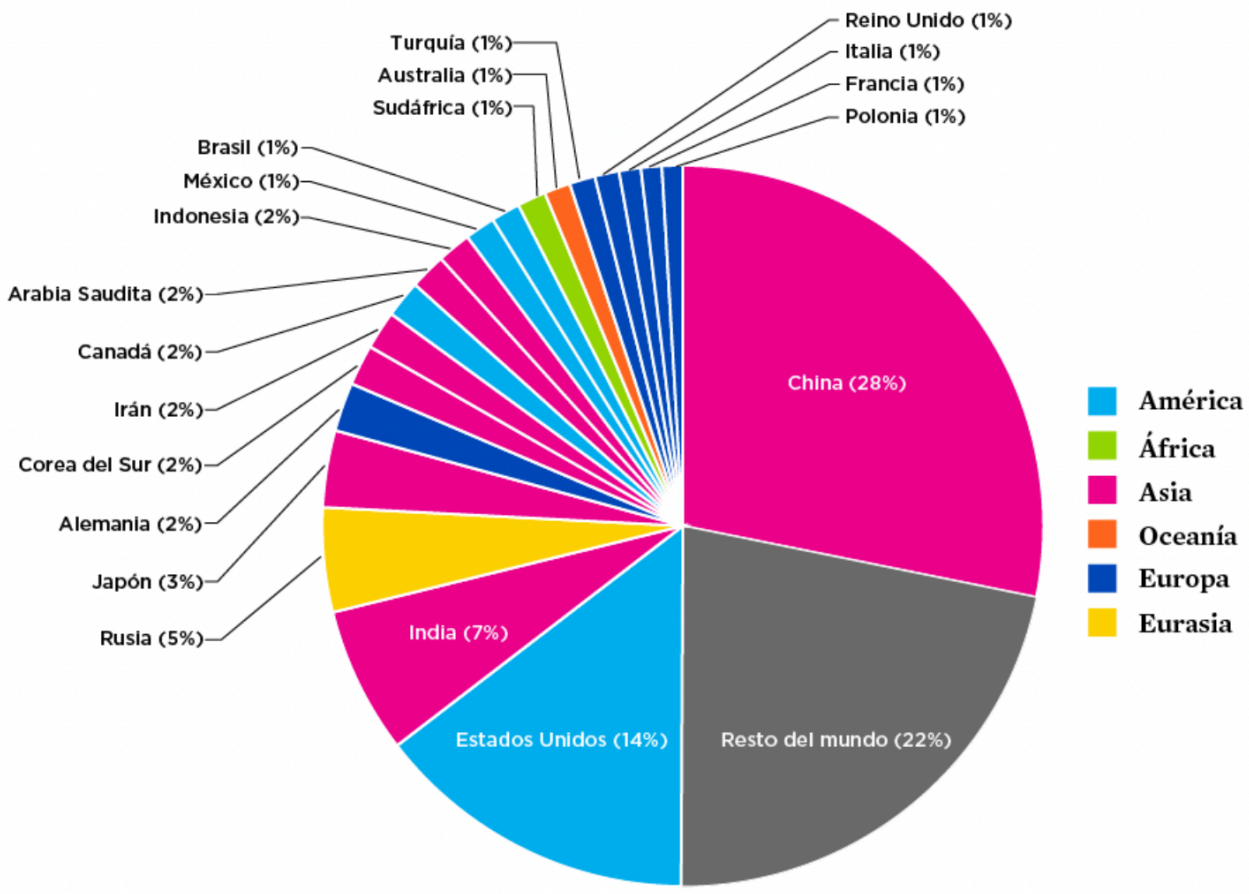
Agradecimientos:

El autor agradece el valioso apoyo de la Comisión Federal de Electricidad por proporcionar la información solicitada para realizar este análisis.

Referencias:

- [1]. Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- [2]. Instructivo para la Interpretación y Aplicación de las Tarifas para el Suministro y Venta de Energía Eléctrica.
- [3]. Manual de disposiciones relativas al suministro y venta de energía eléctrica destinada al servicio público.
- [4]. Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad, sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional, Código de Red”
- [5]. Ley de la Industria Eléctrica.

Emisiones de CO2 producidas por la quema de combustibles fósiles por país (2017)



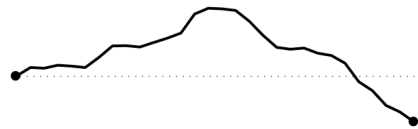
© 2020 Union of Concerned Scientists
 Datos: IEA Fuel Combustion 2019 Highlights



Key energy statistics, 2019

[All statistics](#)

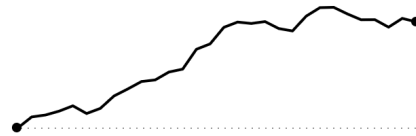
Energy production
TJ



6250.055

↓ -23.66% from 1990

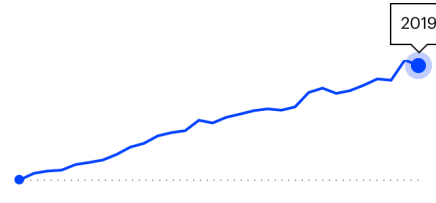
Total primary energy supply
Mtoe



183.71

↑ 48.52% from 1990

Electricity final consumption
TWh



304.98

↑ 206.57% from 1990

Total CO2 emissions
Mt of CO2



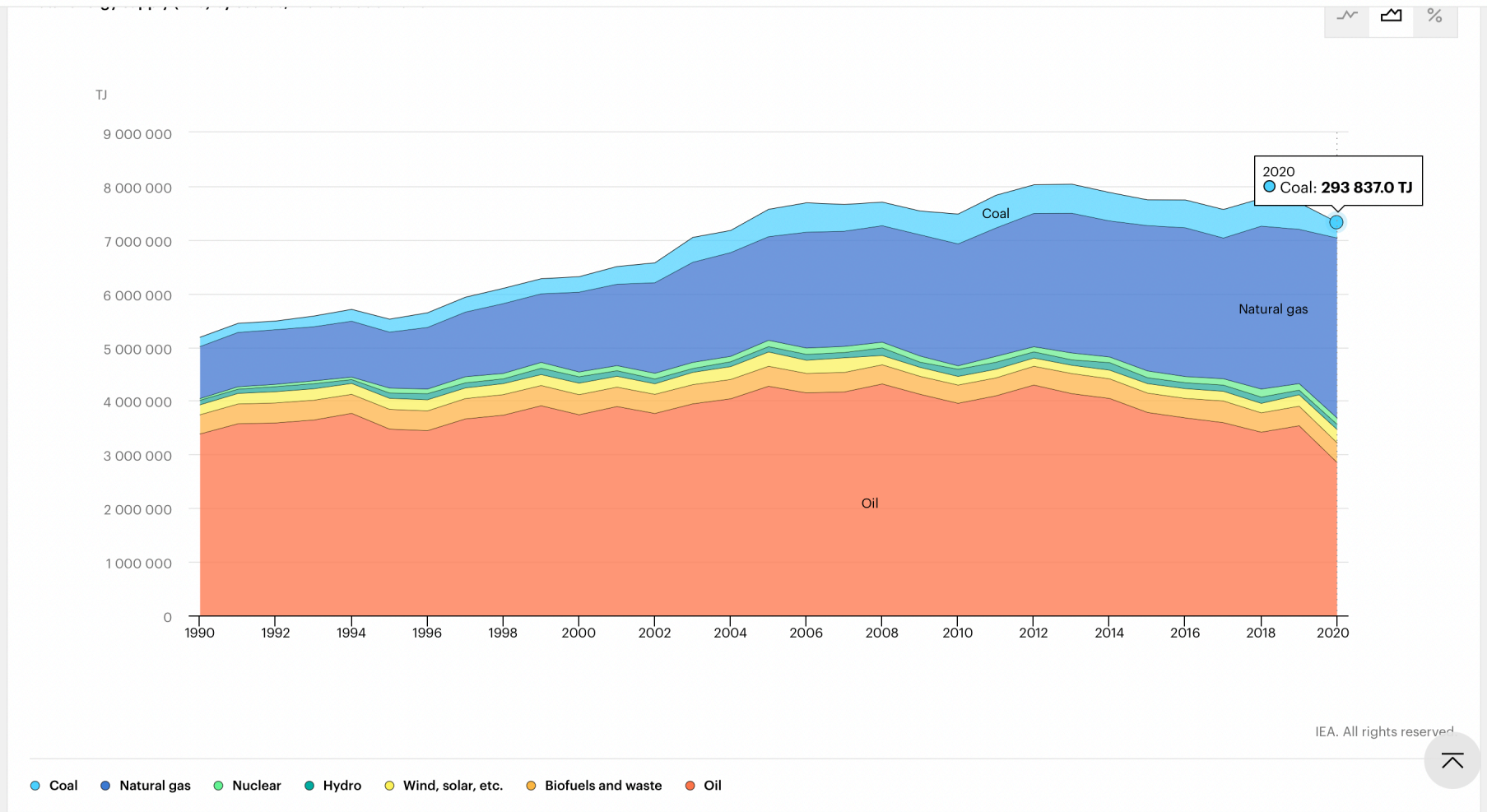
419.39

↑ 63.21% from 1990



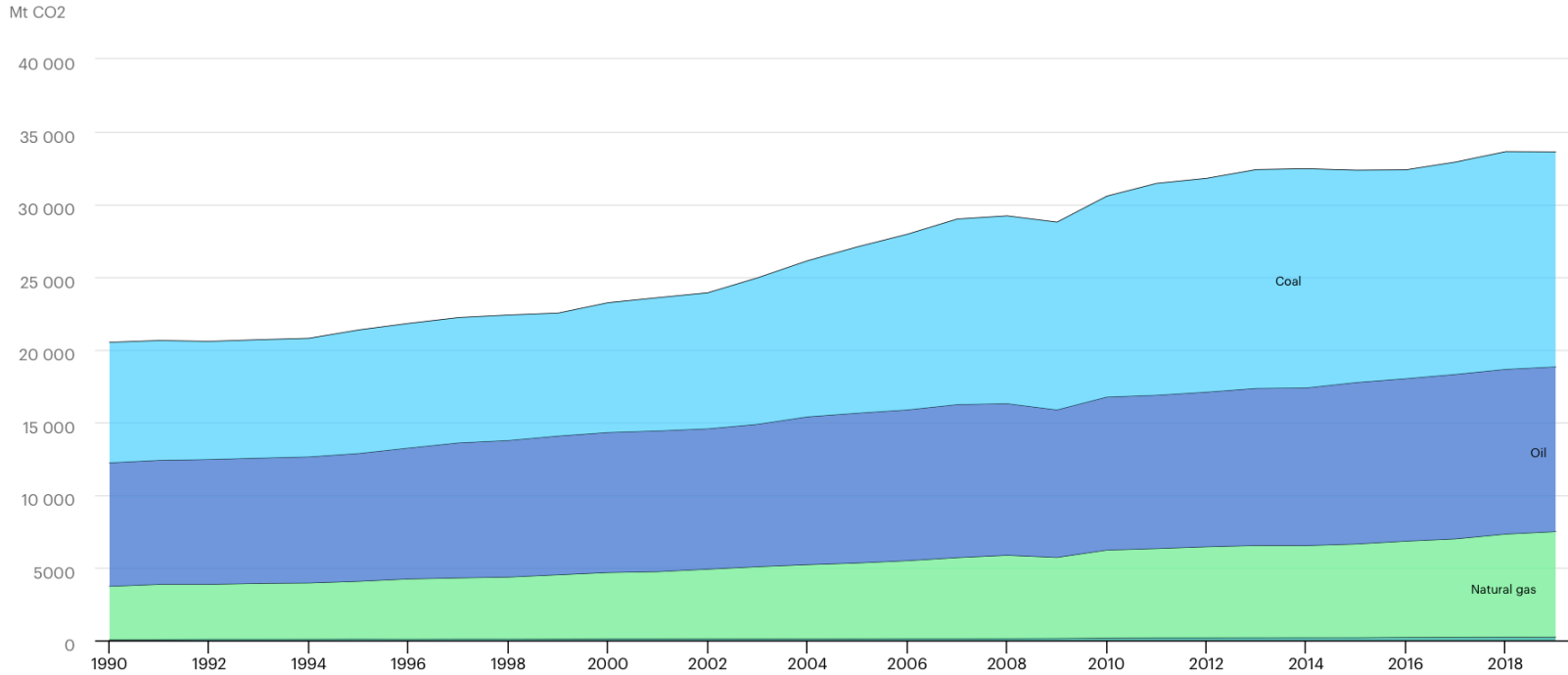


Datos de apoyo



IEA. All rights reserved

CO2 emissions by energy source, World 1990-2019

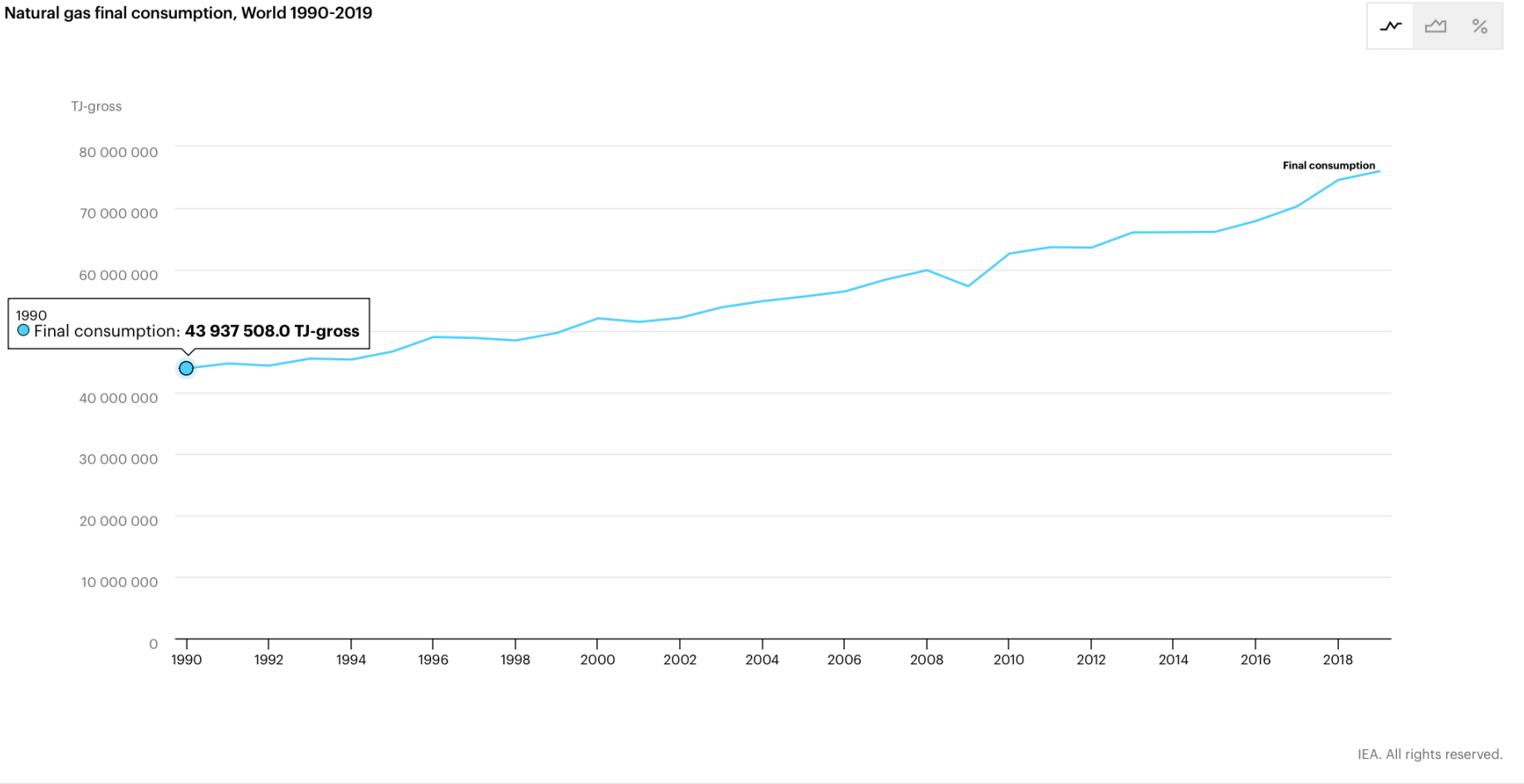


IEA. All rights reserved.

- Coal
- Oil
- Natural gas
- Other

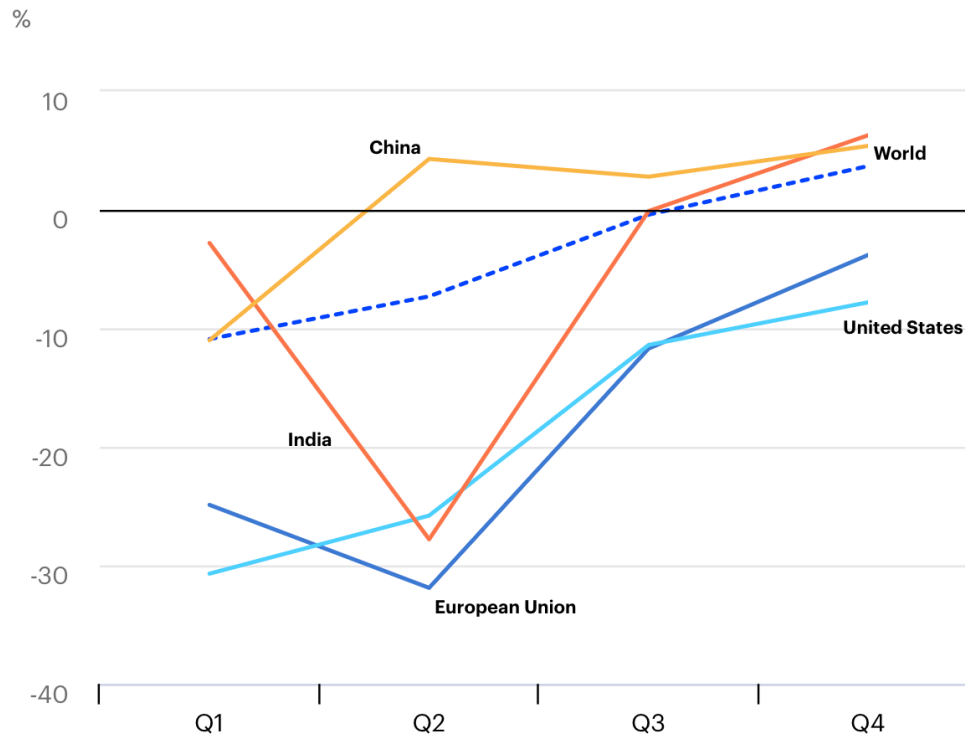


Natural gas final consumption, World 1990-2019



Year-on-year quarterly change of coal consumption by region, 2020

Open

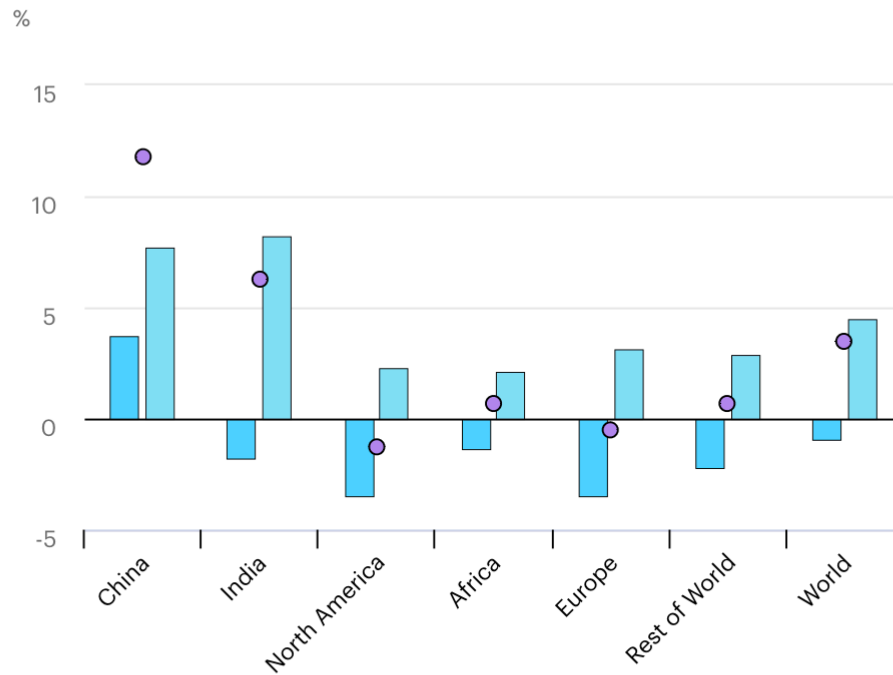


IEA. All Rights Reserved

● China ● India ● United States ● European Union ● World

Change in electricity demand in 2020 and 2021 by region

Open [↗](#)



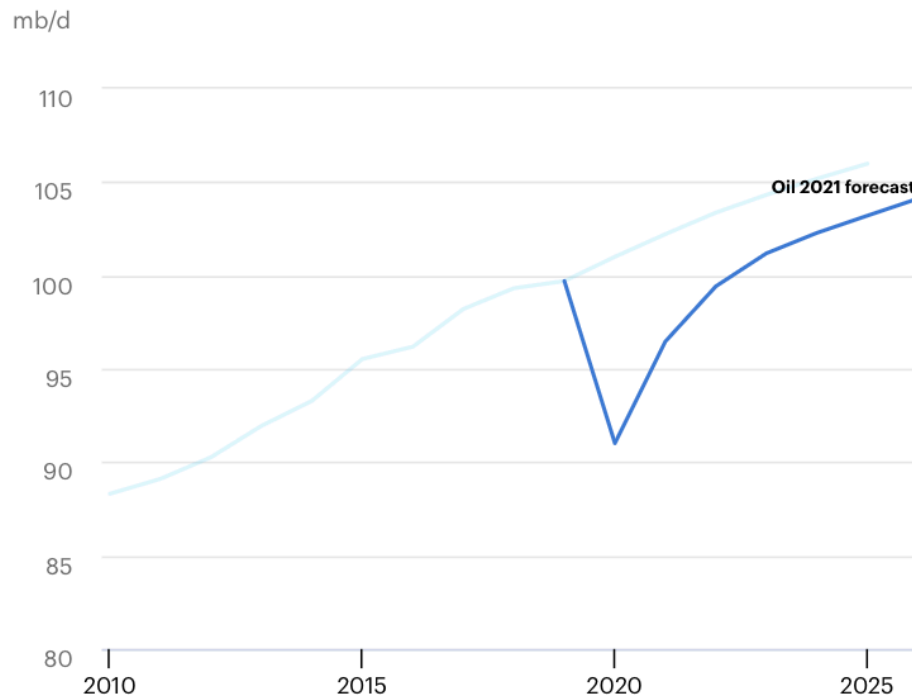
IEA. All Rights Reserved

● 2019-20
● 2020-21
● 2019-21



Oil demand forecast, 2010-2026, pre-pandemic and in Oil 2021

Open



IEA. All Rights Reserved

● Pre-pandemic forecast ● Oil 2021 forecast