

Regulación y Penalización del Transporte de Energía Reactiva y Factor de Potencia

13 de septiembre de 2021

Resumen

En este documento se abordan las resoluciones publicadas por la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas), CREG 015-2018 Cap. 12 y CREG 119-2019 Art. 7. En ellas se adoptan nuevas medidas de penalización para OR (operadores de red) y usuarios finales que incurran en faltas que sobrepasen los límites dispuestos en cuanto a la energía reactiva. Comprender la regulación es crucial para tomar medidas que evitarán multas y que podrán optimizar el consumo de la energía eléctrica.

1. Marco Teórico

Las redes de transmisión y distribución eléctrica utilizan la corriente alterna AC por sus beneficios económicos, pues reducen pérdidas y permiten la implementación de transformadores para elevar o reducir la tensión. Las señales de corriente y voltaje AC que salen de los generadores tienen una forma sinusoidal, de modo que la potencia instantánea entregada a una carga también es periódica, tal como se muestra en la figura 1.

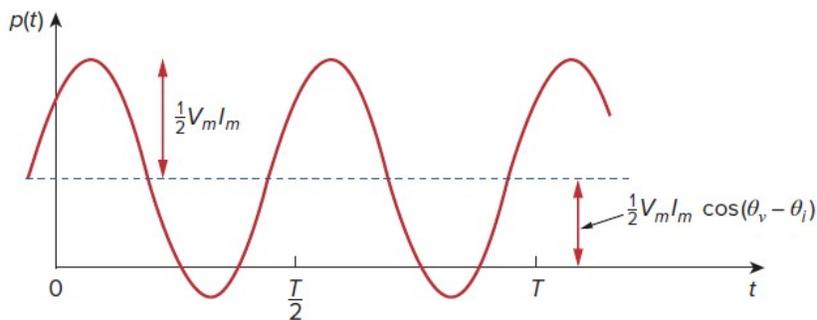


Figura 1: Potencia instantánea en un circuito AC [1]

En Colombia, el voltaje común es de 110V y la frecuencia estándar es de 60 Hz, es decir, que cada segundo se repiten 60 ciclos de la señal de voltaje. Teniendo esto en cuenta, se espera que la señal mantenga una forma muy cercana a la onda pura y que las señales de voltaje y corriente se encuentren en fase. Lo que significa que no debería existir ningún retraso de una señal con la otra en el tiempo.

Si esto llega a ocurrir, se genera **energía reactiva en el sistema**, la cual no es aprovechable por las máquinas y queda como remanente en la red. La energía que sí es aprovechable proviene de la **potencia activa** y por lo tanto se tendrán estos dos tipos de potencia en el circuito.

En la figura 5 se muestra el escenario en el que se desfasa la corriente con respecto a la señal de voltaje, lo cual disminuye la potencia activa (aprovechable).

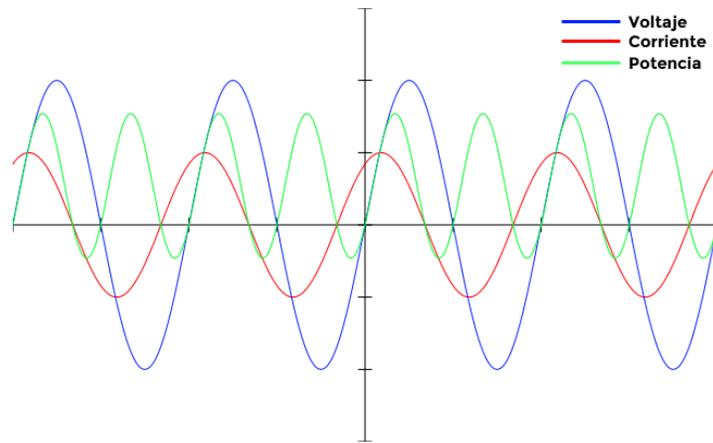


Figura 2: Corriente desfasada del voltaje

1.1. Energía Reactiva

Gracias a los elementos que se utilizan tanto en las redes como en las fábricas, se genera energía reactiva. Los motores, frigoríficos, fundidoras, entre otros, generan este tipo de energía gracias a que su funcionamiento implica el uso de campos electromagnéticos para su funcionamiento. Una buena analogía para entender este concepto es el del vaso de cerveza, como se muestra en la figura 3. La energía reactiva es la espuma que no es útil y el líquido conforman el vaso; el total de ambos se denomina **Energía Aparente**.



Figura 3: Energía activa y reactiva [2]

Tanto Operadores de Red como usuarios, deben implementar estrategias para disminuir la cantidad de energía reactiva (medida en VARh) y aumentar la energía activa (medida en Wh) y que al final será la que se cobra en la factura, pues es la energía aprovechable.

1.2. Factor de Potencia

Para cuantificar la energía activa que hay en la red, se puede obtener un factor que otorga la proporción de energía activa (P) en la energía aparente (S). A este valor se le denomina **factor de potencia** (fp) y que refleja directamente el desfase angular entre ambas señales.

$$fp = \frac{P}{S}$$

De modo que el factor de potencia puede ser un valor entre 0 y 1. Además, se debe especificar en qué dirección se da el desfase. Algunos elementos en la red puede generar reactivos capacitivos y otros inductivos. No se ahondará en la diferencia entre ambos, pero es importante saber que cada uno de los tipos de reactivos alteran el factor de potencia.

En la figura 4 se muestra el diagrama denominado triángulo de potencia. El triángulo ayuda a identificar si el factor está en atraso o en adelanto, es decir, si la señal de corriente está adelantada o atrasada de la señal de voltaje. Lo que se traduce en que si el factor de potencia está en atraso, este será **inductivo** y si está en adelanto, este será **capacitivo**.

La cantidad de potencia reactiva (Q) cambia la altura del triángulo y reduce la base o potencia activa (P). Esta es otra manera gráfica de entender cómo una energía reduce la otra y cómo el factor de potencia también puede definirse en términos de ángulos.

$$fp = \frac{P}{S} = \cos^{-1}(\theta_v - \theta_i)$$

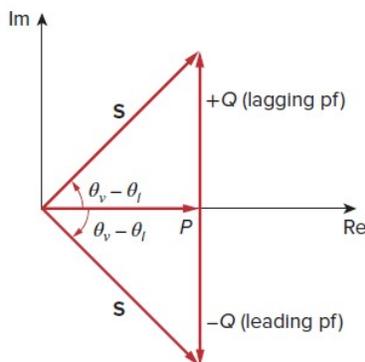


Figura 4: Triángulo de potencia [1]

2. Antecedentes

En Colombia la regulación de las cantidades de energía reactiva en la red se lleva a cabo por parte de la CREG. La comisión ha emitido resoluciones que reglamentan y establecen límites que los usuarios deben cumplir. En lo que respecta al factor de potencia, la resolución anterior a la vigente era la CREG **108-1997 Art. 25**.

En el parágrafo 1 y 3, se estableció por primera vez que

- *El factor de potencia inductiva (coseno phi inductivo) de las instalaciones deberá ser igual o superior a punto noventa (0.90)*
- *...en caso de que la energía reactiva sea mayor al cincuenta por ciento (50%) de la energía activa (kWh) consumida por un suscriptor o usuario, el exceso sobre este límite se considerará como consumo de energía activa para efectos de determinar el consumo facturable.*

Es decir, que primero se fijó un límite inferior para el factor de potencia inductivo (en atraso) y que mensualmente se haría un registro del porcentaje de energía reactiva consumida. En caso que esta superara la mitad de la energía activa, el exceso de energía en kVAr se factura como energía activa en kWh. No es deseable pagar en la factura por la energía que no se está aprovechando, pero tampoco le conviene a los usuarios tener un exceso de energía reactiva en la red. Por esto, la CREG decidió fortalecer las medidas de penalización, con el fin de optimizar y hacer más eficiente el transporte de energía eléctrica.

3. Regulación y Penalización

Para ello, en la resolución CREG 015-2018 Cap.2 se modificaron los siguientes puntos:

- La medición de la energía reactiva **inductiva** se realizara en un periodo **HORARIO** y no mensual. Y se mantendrá el cobro de la energía reactiva inductiva que sea mayor al cincuenta por ciento (50 %) de la energía activa (kWh) consumida por un suscriptor o usuario
- El factor de potencia debe mantenerse entre rangos mayores a 0.9 y menores a 1.0, lo que quiere decir que no debe generarse inyección de energía reactiva **capacitiva** hacia la red. En caso de que se sobrepase el límite de 1, cada KVARh **capacitivo** será cobrado.

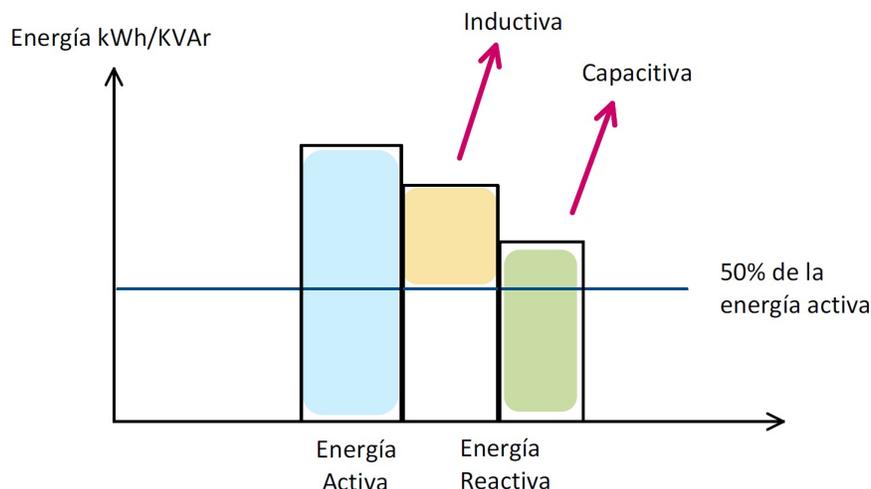


Figura 5: Cobro según tipo de energía consumida o generada

Así que se debe cuidar al máximo no inyectar demasiados reactivos con **bancos de capacitores** en la red, pues esta energía se cobrará al 100 % y puede generar sobretensión.

Asimismo se incluyó un factor de cobro M (variable asociada con el periodo mensual en el que se presente el transporte de energía reactiva sobre el límite establecido, variando entre 1 y 12). De modo que el costo de transporte de energía reactiva (CTER) se efectuará con base en

$$CTER_{u,n,h,m,j} = ER_{u,h,m,j} \cdot M \cdot D_{n,h,m}$$

Donde $ER_{u,h,m,j}$ es la cantidad de energía reactiva en exceso sobre límite asignado al usuario del STR (sistema de transmisión regional) o SDL (sistema de distribución local) en la hora h del mes m en el sistema j en [KVAR]. Y $D_{n,h,m}$ es el cargo por uso de sistemas de distribución con nivel de tensión n en la hora h en el mes m .

Nótese que ahora se especifica el consumo de energía reactiva de manera horaria, tal como se mencionó anteriormente.

Por último, el factor M se definió en la resolución CREG 199-2019 Art.7, donde se establece que:

- Cuando se sobrepase el límite de exceso de transporte de energía reactiva durante cualquier periodo horario en más de diez (10) días un mismo mes calendario $M = 1$ durante los primeros 12 meses. Si a a partir del decimotercer mes, sigue la misma condición, M aumentará mensualmente en una unidad hasta alcanzar $M = 6$
- Cuando $M = 6$ se haya mantenido por 12 meses y persiste el exceso sobre el límite de energía reactiva, a partir del mes siguiente la variable continuará incrementando mensualmente hasta alcanzar el valor máximo de $M = 12$

- Si el exceso de transporte de energía reactiva desaparece durante más de tres (3) meses consecutivos, la variable se reiniciará a $M = 1$

En otras palabras, si en un año por cada mes, se presenta un exceso por más de 10 días, en el primer mes del siguiente año, $M = 2$ y llegará a $M = 6$. Si $M = 6$ persiste durante todo ese año, aumentará a $M = 7$ en la mitad del año 3 y llegará a $M = 12$ a comienzos del cuarto año. Esto se ilustra mejor en la figura 6.

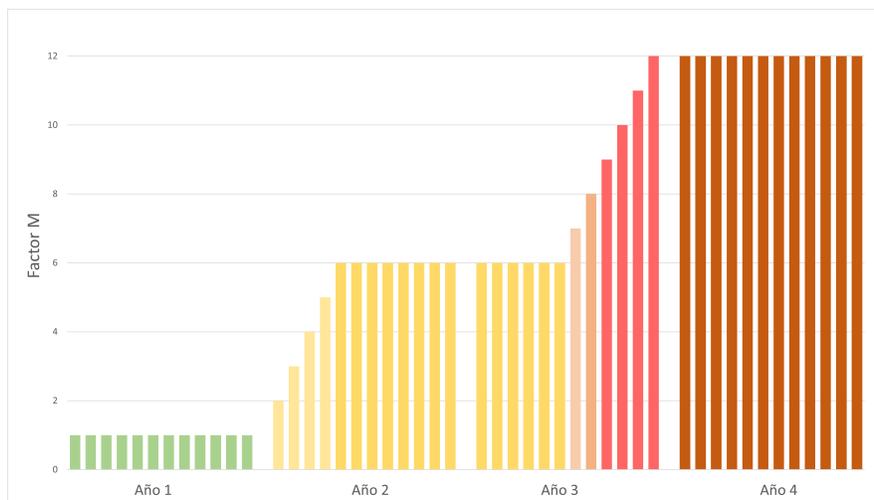


Figura 6: Aumento del factor M en un periodo de 4 años

3.1. Ejemplo

En la tabla se ejemplifica la penalidad de la figura 6 con un caso de multa base de \$250,000 mensuales y que puede llegar a tener un máximo acumulado al final de año 4 de \$76,250,000.

Esto demuestra la importancia de tener en cuenta las penalizaciones por el transporte de la energía reactiva y los plazos con los que cuentan los usuarios para tomar acciones. Los acumulados anuales de facturación únicamente por multa pueden llevar hasta niveles muy altos.

Penalidad mensual base	Penalidad año 1	Penalidad año 2	Penalidad año 3	Penalidad año 4
\$250.000	\$3.000.000	\$14.000.000	\$23.250.000	\$36.000.000
			Total	\$76.250.000

3.2. Vigencia

La resolución 015 de 2018 y la resolución 199 de 2019 debían entrar en vigencia en febrero de 2021. No obstante, en el documento CREG 155 del 10 de octubre de 2020, se hizo la modificación de algunas de las disposiciones de la resolución CREG 015 de 2018. Esta responde a que la Asociación de Industriales Comerciantes de Arroz del Caribe, la ANDI y el Comité Asesor de Comercialización, mediante comunicaciones radicadas en la CREG bajo los códigos E-2020-005633, E-2020-006318 y E-2020-009765, solicitaron la ampliación del plazo de entrada en vigencia del parágrafo 2 del Artículo 16 de la Resolución CREG 015 de 2018, modificado por la Resolución CREG 199 de 2019, debido a que las inversiones previstas para mejorar sus instalaciones respecto del tema de energía reactiva debieron ser desplazadas para afrontar la pandemia del 2020. De modo que se decidió

- El aplazamiento de la norma por un año adicional, es decir, que el posible aumento pudiese darse a partir de **enero del 2022**

Referencias

- [1] Alez Alexander, Charles. Sadiku, Matthew (2017). *Fundamentals of Electric Circuits*, sexta edición. MC Graw Hill. New York
- [2] EPM. *¿Qué es la energía reactiva?*. Disponible en: <https://www.epm.com.co/site/home/energia-reactiva>
- [3] Comisión de Regulación de Energía y Gas (26 diciembre de 2019). *Resolución No. 119 de 2019*. Disponible en [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/8e8bebd0bc9a25fd052584e1006a1f91/\\$FILE/Creg199-2019.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/8e8bebd0bc9a25fd052584e1006a1f91/$FILE/Creg199-2019.pdf)
- [4] Comisión de Regulación de Energía y Gas (19 enero de 2018). *Resolución No. 015 de 2018*. Disponible en [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/\\$FILE/Creg015-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/$FILE/Creg015-2018.pdf)
- [5] Comisión de Regulación de Energía y Gas (19 octubre de 2020). *Documento Creg-155*. Disponible en [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/aca3a1823706552605258609006ebfe5/\\$FILE/D-155%202020%20%E2%80%93%20MODIFICACI%C3%93N%20RESOLUCI%C3%93N%20CREG%20015%20DE%202018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/aca3a1823706552605258609006ebfe5/$FILE/D-155%202020%20%E2%80%93%20MODIFICACI%C3%93N%20RESOLUCI%C3%93N%20CREG%20015%20DE%202018.pdf)