

## ANÁLISIS DE LA REGULACIÓN PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA PARA LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

J. A. Bohórquez\*, I. C. Díez\*\*, C. P. López\*\*\*, A. E. Díez\*†

\*Universidad Pontificia Bolivariana, Cir. 1 #70-01, of. 11-259, Medellín, Colombia.

\*\*Ingeniería Especializada-IEB-S.A. Cl 8B #. 65-191, of. 331, Medellín, Colombia.

\*\*\*XM, Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P. Cl 12 Sur # 18 - 168 Bloque 2, Medellín, Colombia.

Recibido 15 Septiembre 2011; aceptado 19 Octubre 2011

Disponible en línea: 16 Diciembre de 2011

Resumen: Se realiza un análisis de las posibles implicaciones y efectos que, desde el punto de vista regulatorio en Colombia, tiene la comercialización de energía eléctrica con destino a vehículos, frente a un escenario de masificación de este tipo de transporte. El análisis se presenta a través de las diferentes opciones de carga y comercialización de energía con destino a los vehículos eléctricos como son la recarga del vehículo directamente desde la residencia, la comercialización a través de una estación de servicio, tanto propiedad del Operador de Red como de un tercero, y el modelo de intercambio de baterías. *Copyright © 2007 UPB.*

*Palabras clave:* Vehículo Eléctrico, Regulación, Electricidad al por menor

Abstract: An analysis of the possible implications and effects, from a regulatory point of view, of the commercialization of energy for electric vehicles in Colombia is presented. Different options for loading and retail electricity for electric vehicles are presented such as recharging the vehicle directly from the residence, sale through a service station, both owned by the Operator network as a third party, and model of battery exchange.

*Keywords:* Electric vehicle, regulation, electricity retail.

### 1. INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el medio ambiente y el calentamiento global han venido llevando a los países a implementar cambios con el fin de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, causantes en gran medida de dicho problema. La reducción de las emisiones de dióxido de carbono emitidas por el sector del transporte terrestre, el cual funciona en su mayoría a base de combustible fósiles, por vehículos eléctricos, ha sido una de los programas que han venido implementando la mayoría de los países desarrollados, los cuales están comprometidos con unas metas de reducción de emisiones.

Un escenario de masificación de vehículos eléctricos, como cualquier tecnología emergente, presenta grandes retos desde el punto de vista de la reglamentación y legislación por parte de los gobiernos, con el fin de establecer los criterios mínimos de seguridad, confiabilidad y funcionamiento idóneo de los productos, y la normalización por parte de los comités técnicos con el fin de alcanzar estándares de calidad para toda la industria y una estandarización de los productos.

Adicionalmente, la masificación de los vehículos eléctricos presenta grandes impactos y retos para las redes de distribución y las instalaciones internas, debiendo ser considerados más allá de

---

† Autor al que se le dirige la correspondencia:

Tel. (+574) 4488388.

E-mail: [andres.diez@upb.edu.co](mailto:andres.diez@upb.edu.co) (Andrés Díez).

un nuevo electrodoméstico, considerando como una gran carga agregada, identificando los requerimientos adicionales en capacidad de la red, la modificación de la curva de carga, la consideraciones para la instalación de puntos de carga rápida y los impactos en la calidad de la potencia entre otras.

De manera paralela a este aumento de consumo, es necesario considerar desde el punto de vista comercial, las implicaciones regulatorias que tendría la masificación de los vehículos eléctricos, y las posibles actividades asociadas con el suministro de energía de dichos vehículos, de acuerdo con la legislación y regulación vigente.

A nivel internacional se observa cómo se empiezan a promover, como mecanismo para incentivar la masificación de los vehículos eléctricos, la implementación de tarifas diferenciadas, siendo necesario considerar los posibles mecanismos para incentivar los vehículos eléctricos a través de una tarifa diferenciada.

## 2. CONSIDERACIONES INICIALES

Para iniciar el análisis de las implicaciones y diferentes esquemas que se pueden dar en la comercialización de energía eléctrica con destino a los vehículos eléctricos se enumerarán una serie de aspectos a tener en cuenta que tendrán un impacto directo sobre el esquema de comercialización y que sean acordes con el esquema regulatorio actual en Colombia.

Los aspectos a tener en cuenta son:

- Es fundamental analizar el Modelo de negocio que se quiere implementar tanto para la comercialización de energía eléctrica para los vehículos como todo el esquema que permitirán la masificación de éstos, presentando varias opciones en cuanto al papel del Operador de Red - OR, de los Usuarios y de terceros que podrían participar en la cadena.
- Definir el esquema comercial aplicable para la comercialización de la energía eléctrica con destino a cargar los vehículos eléctricos, identificando claramente si el suministro de energía a un Vehículo eléctrico (independiente de

que esté conectado a una residencia), es un servicio público domiciliario, es un servicio público (no domiciliario) o una actividad comercial tradicional.

- Definir el punto hasta el cual el estado va a intervenir, vía decretos, reglamentos y resoluciones, en el suministro de energía a los vehículos eléctricos, tendiendo a asegurar la prestación adecuada del servicio a los usuarios y la protección de los intereses legítimos del estado.
- Definir los incentivos que van a ser otorgados y las políticas públicas que va a dar el estado para el impulso de los vehículos eléctricos y la forma como estos se van a ver reflejados en el esquema de comercialización de energía. En este punto es importante considerar si los incentivos que se pretenden dar van en contravía, desde el punto de vista reglamentario, con el esquema de comercialización de energía en el país, en especial si se pretende dar estímulos en la tarifa de energía.
- En caso de que se considere la comercialización de energía a los vehículos eléctricos dentro del marco de servicio público es necesario definir el grado de intervención y de regulación, a partir de la definición del tipo de alimentación a los Vehículos Eléctricos, si la comercialización de energía a vehículos eléctricos es una actividad competitiva o hay que regularla.

Es importante resaltar que los esquemas regulatorios a nivel internacional en el tema de la comercialización de energía son diferentes, y por ende, se debe tener cuidado al tratar de importar un esquema basado en un esquema regulatorio del exterior sin tener en cuenta las diferencias y las limitaciones que presentan las leyes y regulaciones del país.

## 3. CASOS DE ANÁLISIS

Para realizar un análisis de las posibles implicaciones que se pueden presentar desde el punto de vista regulatorio, analizamos los siguientes casos basados en los diferentes modelos o estructuras de negocio que se pueden dar, y la forma como se realiza la

comercialización de energía en cada uno de éstos. El modelo general que se presenta es una subestación de distribución que alimenta a través de un circuito, una estación de servicio o una residencia, en las cuales se realiza la carga de los vehículos.

Inicialmente, se presentará el caso de análisis y las implicaciones regulatorias que tendría; luego el esquema comercial y los costos a asumir o las tarifas aplicables según sea el caso; y posteriormente se sugerirán posibles modificaciones, cambios u avances técnicos que se pueden dar a futuro y que pueden modificar de algún modo el esquema presentado ([Ley 142](#) y [143 de 1994](#)).

#### 4. VEHÍCULO ALIMENTADO DESDE LA RESIDENCIA

El primer caso a presentar es la alimentación del vehículo eléctrico desde una residencia donde, dependiendo del consumo y de la potencia instalada, se comportaría como una carga tradicional similar a cualquier otro electrodoméstico conectado a la vivienda, y por ende, aplicaría todo la regulación vigente para los usuarios No Regulados, ya que el consumo del vehículo eléctrico sería un consumo interno del usuarios siendo invisible para el OR a menos de que su comportamiento tenga incidencia sobre la red.

Si el consumo del VE en la carga es considerable (que es proporcional de la velocidad de carga del vehículo) presentándose incrementos significativos en el consumo y en la potencia instalada se tendría que revisar con el OR el contrato de conexión y ajustarlo a la nueva carga demandada. De manera general, los vehículos con menor velocidad de carga, son pensados para ser cargados en las viviendas mientras que las de mayor en estaciones de carga de vehículos.

El OR (Distribuidor) es el encargado de vigilar que los usuarios cumplan con los requisitos de calidad de la potencia en los puntos de conexión y de asegurar que ésta se mantenga en toda su red de manera que se le ofrezca al usuario una adecuada señal de onda y que las perturbaciones de otros usuarios o generadas por otros fenómenos y maniobras no se propaguen por la red de distribución. Para esto debe realizar un

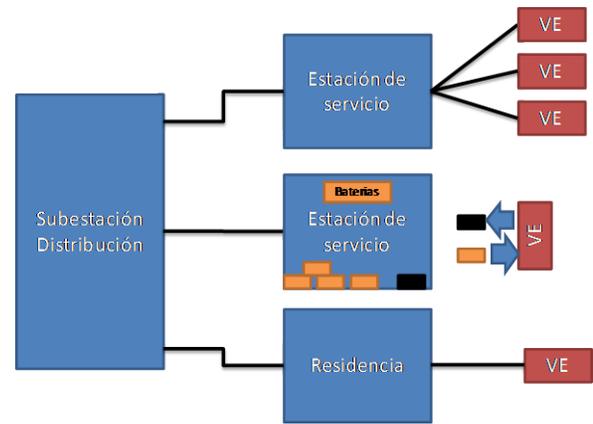


Fig. 1. Modelo general de comercialización de energía.

seguimiento al comportamiento de esta frente a las cargas conectadas por los usuarios, y de solicitarles a éstos remediar la situación en caso de que estén cometiendo algún perjuicio a la red, como puede ser la carga de vehículos eléctricos sin las medidas de mitigación necesarias. ([CREG 070 de 98](#), [97 de 2008](#), [108 de 1997](#), [024 de 95](#))

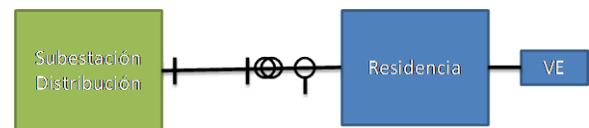


Fig. 2. Vehículo alimentado desde la residencia

La energía consumida por el vehículo eléctrico tendrá asociados todos los costos relacionados con las actividades de la cadena de energía eléctrica de acuerdo con lo establecido por la regulación, incluyendo el costo asociado con la Distribución en el Nivel de Tensión I. Adicionalmente, se debe considerar la revisión de los sobrecostos asumidos por el aumento de la carga en caso de que se necesite una nueva comedita e instalaciones internas.

La tarifa de la energía dependería del estrato en el cual se encuentre ubicado el domicilio, siendo subsidiada para los estratos bajos y teniendo que pagar contribución los estratos altos y el sector comercial e industrial. En este sentido, uno de los problemas asociados se encontraría relacionado con las contribuciones a los estratos 5 y 6, que por otro lado sería el mercado objetivo para la introducción de los vehículos.

Por otro lado, mediante este esquema sería difícil dar incentivos, o eliminar las contribuciones en otros casos a la tarifa de energía eléctrica, debido a la dificultad de discriminar el consumo de

energía eléctrica con destino a los vehículos eléctricos frente a otros usos.

La introducción de los vehículos eléctricos dentro de la concepción futura de las redes inteligentes, tienen en cuenta que la entrada de la carga de vehículos en las horas nocturnas aplanando la curva de carga y aprovechando los bajos costos de la energía. Este hecho no se vería beneficiado con el estado actual de los medidores y la tarifa de energía a usuarios no regulados donde se calcula un monomio horario promedio, donde no hay discriminación del consumo horario.

Por lo tanto, para el adecuado impulso de los vehículos eléctricos conectados a las residencias se debe impulsar cambios regulatorios en el tema de comercialización de energía para dar señales horarias en el consumo y evaluar posibles mecanismos para suministrar, medir y facturar energía destinada exclusivamente para los vehículos eléctricos.

## 5. ESTACIÓN DE SERVICIO PROPIEDAD DE UN TERCERO

Una estación de servicio sería un establecimiento dedicado a la comercialización de energía eléctrica para la carga de vehículos eléctricos y operando de una manera muy similar a una gasolinera. Esta estación de servicio sería propiedad de un tercero que no tiene ninguna relación con el operador de red.

Dependiendo del consumo y potencia instalada la estación de servicio sería un Usuario No Regulado el cual negociaría la compra de Energía con un Comercializador (Límite a partir del 1o. de enero del 2000: 0.1 MW o 55 MWh). Al negociar la energía como un Usuario No regulado-UNR, el Comercializador le puede ofrecer tarifas más favorables en la Generación y la Comercialización de energía a la Estación de servicio. Adicionalmente, la Estación de Servicio se podría conectar a un nivel de tensión superior evitando los cargos por uno del Nivel de Tensión 1. De todas maneras el UNR deberá pagar la contribución del 20% hasta su eliminación.

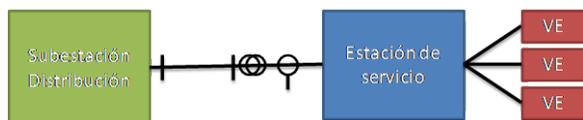


Fig. 3. Vehículo alimentado desde una estación

de servicio propiedad de un tercero

De manera general, la carga de los vehículos eléctricos en estaciones de servicio se debería demorar poco tiempo, y por lo tanto, los equipos de la estación y los vehículos serían de carga rápida, funcionando a potencias y corrientes altas ([MME, 1998](#) e [ICONTEC, 1999](#)).

La relación entre la estación de servicio con el resto de agentes de la cadena será igual a la que tiene cualquier usuario no regulado, con un contrato de compra y venta de energía con un comercializador y un contrato de conexión con el operador de red incumbete.

La relación entre la Estación de servicio y el Vehículo eléctrico será una relación comercial que no estaría, en principio regida por la regulación eléctrica actual, y donde no aplicarían directamente los cargos de la tarifa para el costo de la energía, aunque de alguna manera ésta se refleje en el precio final, debido a que la estación de servicio pagaría por la energía consumida por los cargos de la tarifa. El precio final de la energía incluirá el costo de la infraestructura que deba instalar la estación de servicio para la carga de los vehículos. Esta venta de energía estaría bajo el marco del Ministerio de Minas y Energía, el cual deberá establecer las condiciones y requisitos para que se dé, y el código de comercio.

En este esquema sería más fácil para el Operador de Red y para la estación de servicio realizar un control acerca de la calidad de la potencia debido a que sólo habría que controlar y poner equipos para mejorar la calidad de la potencia en una sola conexión (Punto de acople común). La carga rápida podría generar problemas de fluctuaciones de tensión en la red que deberán ser minimizados por la estación.

De esta manera sería más sencillo direccionar algún tipo de subsidio o incentivo a la energía destinada a los vehículos eléctricos debido a que el consumo destinado a los vehículos eléctricos es más fácilmente diferenciable. Un aspecto que se puede considerar sería el eliminar la contribución para la energía consumida por este tipo de estaciones.

En conclusión, para la adecuada relación comercial entre una estación de servicio y un vehículo eléctrico se requiere que el Ministerio, expida la reglamentación necesaria para dar

claridad y establecer los requisitos para que ésta se dé.

## 6. ESTACIÓN DE SERVICIO PROPIEDAD DE UN OPERADOR DE RED

En este escenario, un Operador de Red es el propietario de la estación de servicio realizando la venta de energía a los vehículos eléctricos. El suministro de energía a los Vehículos Eléctricos no se podría considerar, en principio, como un suministro a un usuario domiciliario, por lo tanto, las ventas de energía no estarían dentro de la Ley de SSPD, a menos de que se realicen las adiciones y aclaraciones pertinentes a la legislación y a la regulación que lo incluyan.

Si nos atenemos a la primera consideración, los activos relacionados con el suministro de energía a los Vehículos Eléctricos, en principio, no harían parte de los activos de uso del OR, en tanto que no estarían destinados a la prestación del servicio público. Por lo tanto, la infraestructura que deba instalar la estación de servicio para la carga de los vehículos deberá ser amortizada por el OR en el precio de carga del vehículo.

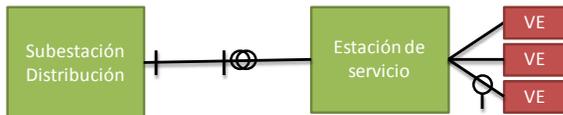


Fig. 4. Vehículo alimentado desde una estación de servicio propiedad de un Operador de Red

La relación comercial entre el Operador de Red y el Usuario de vehículo estaría bajo las mismas consideraciones expuestas en el esquema anterior.

Este sería el mejor escenario para el Operador de Red en cuanto a la facilidad para el control de la calidad de la potencia en su red, teniendo la libertad de realizar todos los ajustes y controles necesarios.

Un caso que se debe prever, es la posibilidad de que estas transacciones de energía queden enmarcadas dentro de la ley de servicios públicos domiciliarios al realizar los cambios y adiciones necesarias, y por ende, que quede sometida a la regulación vigente en términos de tarifas y costos. Un aspecto que se deberá conciliar corresponde a la estratificación asimilable para los vehículos eléctricos con miras a definir la tarifa para cada uno de ellos. Otro aspecto importante a considerar es que actualmente la relación entre la empresa y

el usuario está determinada por el contrato de condiciones uniformes, mientras que las ventas de energía para vehículos eléctricos mediante estaciones de servicios obedecen más a un esquema de oferta mercantil.

## 7. INTERCAMBIO DE BATERÍAS

En este esquema es necesario definir claramente cuál es el producto o servicio a ser transado y la competencia del ministerio de Minas y Energía en él. Este esquema puede ser el de compra-venta o reposición de baterías, un esquema de carga de baterías por encargo o un esquema de intercambio de baterías similar a como hoy funciona el esquema de distribución de GLP en cilindros, siendo en algunos casos necesario realizar una estandarización de las baterías y de los vehículos.

En cada caso habría que definir qué tipo de relación comercial se da entre la estación de Servicio y el Vehículo eléctrico conforme con el servicio o producto definido.

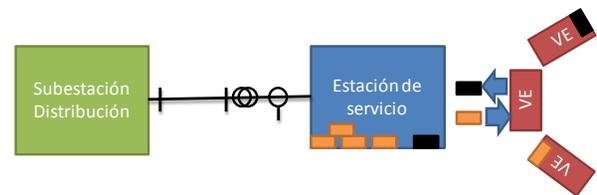


Fig. 5. Intercambio de Baterías

En este esquema la influencia de la carga de las baterías en el sistema eléctrico dependerá de la gestión de carga que realice la estación de servicio.

Es importante aclarar que es posible que se den varias formas de comercialización de energía simultáneamente, es decir, que haya carga de vehículos en las residencias al mismo tiempo que se establecen estaciones de recarga.

## 8. OPCIONES PARA IMPLEMENTAR UNA TARIFA DIFERENCIADA

Las opciones que se pueden analizar para comercializar la energía destinada a los vehículos eléctricos a una tarifa diferenciada son:

- Que el usuario instale medición horaria y que se le facture, con cargos de energía horarios, donde se refleje el menor precio

de la energía en las horas valle y el mayor en las horas pico.

- Que el usuario instale un segundo medidor dedicado exclusivamente para la carga de vehículos eléctricos, el cual tendría una tarifa diferencial bajo el supuesto de que las cargas se harían en horas nocturnas
- Acordar con el usuario una nueva curva de carga, y por ende, un nuevo monomio horario que refleje la carga del vehículo eléctrico. El usuario tendría que registrar el vehículo para poder acceder a la tarifa.
- Que el Operador de red aproveche los efectos que el desplazamiento y aumento de consumos del vehículo eléctrico para incentivarlo de manera indirecta.

## 9. CONCLUSIONES

Los primeros vacíos regulatorios se dan en cuanto, si los vehículos eléctricos se consideran incluidos como usuarios de un servicio público domiciliario, y en caso de no estar incluidos en el mismo, como se sería las figuras para que un OR pueda vender energía de esta manera.

En caso de que los carros se consideren como usuarios, entonces habría que establecer si son usuarios residenciales, comerciales, industriales u oficiales para efectos de las contribuciones. Si fueran considerados como residenciales la dificultad para asignarles un “domicilio” estratificado, impediría que se pueda aplicar el esquema de subsidios y contribuciones.

Si es un servicio público definir si los usuarios van a asumir el pago, vía cargos por uso, de la infraestructura necesaria para alimentar los vehículos.

Si es un servicio público domiciliario, cual serían las componentes de la tarifa aplicables. Adicionalmente, hace falta reglamentar el tema de la medida ya que en caso de ser así el contador sería propiedad del usuario.

El Ministerio de Minas y energía sería la entidad llamada a reglamentar todos los aspectos relacionados con la venta de energía entre las estaciones de servicio y los vehículos eléctricos en caso de que se adopte un esquema de este tipo.

Uno de los aspectos que se pueden entrar a considerar como incentivo al transporte eléctrico, su difusión y favorecimiento del medio ambiente, es que estos consumos estén exentos de esta contribución.

Es importante tener en cuenta el efecto que tendría la masificación de vehículos eléctricos en la sobretasa a la gasolina, como impuesto destinado a los Municipios.

## REFERENCIAS

- República de Colombia Ley 142 de 1994, Ley de Servicios públicos Domiciliarios  
República de Colombia Ley 143 de 1994, Ley eléctrica.  
República de Colombia Decreto 70 de 2001 Ministerio de Minas y Energía RETIE (Reglamento técnico) Resolución 181294 de agosto 6 de 2008 y Anexo General  
Comisión de Regulación de Energía y Gas, Resolución CREG 70 de 1998.  
Comisión de Regulación de Energía y Gas Resolución CREG 97 de 2008  
Comisión de Regulación de Energía y Gas Resolución CREG 024 de 2005  
Comisión de Regulación de Energía y Gas, Resolución CREG 108 de 1997  
Icontec, NTC 2050-1999: Código eléctrico colombiano

## SOBRE LOS AUTORES

### **Armando Bohórquez**

Ingeniero electricista de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica y Magister en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica de esta misma Universidad. Se desempeña como docente y Jefe de Laboratorio en la Universidad Pontificia Bolivariana

### **Iván Camilo Díez**

Ingeniero electricista de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica. Actualmente se desempeña como ingeniero en Ingeniería Especializada-IEB-S.A.

**Clara P. López**

Ingeniera electricista de la Universidad Pontificia Bolivariana. Actualmente trabaja en XM Compañía Expertos en Mercados. [cplope24@gmail.com](mailto:cplope24@gmail.com).

**Andrés Emiro Díez**

Ingeniero electricista de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica y Magister en Transmisión y Distribución de Energía eléctrica de esta misma Universidad. PhD en Energía de la Universidad Pontificia Bolivariana. Se desempeña como docente en la Universidad Pontificia Bolivariana