

APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE SMART CITY AL SECTOR ELÉCTRICO

ANDRÉS GHIA
ALBERTO DEL ROSSO

CONSTRUCCIÓN INTELIGENTE

EN PROCESO DE DISEÑO

Resumen ejecutivo

Introducción

Metodología

Objetivo

1. Definiciones

1.1 Smart City

- 1.1.1. Generación distribuida
- 1.1.2. Smart grid
- 1.1.3. Smart metering
- 1.1.4. Smart buildings
- 1.1.5. Smart sensors
- 1.1.6. E-Mobility
- 1.1.7. Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)
- 1.1.8. Smart citizen

1.2 Eficiencia energética

1.3 Optimización de las instalaciones

1.4 Aprovechamiento de los recursos energéticos

1.5 Integración de generación de energía renovables

1.6 Mejoramiento de la confiabilidad y calidad del suministro

2. Calidad del servicio eléctrico

2.1 Causas principales del flicker eléctrico

- 2.1.1 Algunos daños y consecuencias
- 2.1.2 Posibles efectos nocivos del flicker

3. Micro red

3.1 Concepto de micro-red

3.2 Tipos de micro-redes

- 3.2.1 Micro-red de un solo usuario
- 3.2.2 Micro-red para un grupo de usuarios
- 3.2.3 Micro-red que alimenta un parque comercial/industrial o campo deportivo
- 3.2.4 Micro-red formada por la carga de una subestación completa
- 3.2.5 Micro-red con múltiples recursos de generación distribuida

3.3 Fuentes de generación

3.4 Almacenadores de energía

4. Experiencia internacional

4.1 Micro redes

- 4.1.1 Estados Unidos
- 4.1.2 Europa
- 4.1.3 Canadá

4.1.4 Japón

4.2 Smart cities

4.2.1 Málaga (España)

4.2.2 Barcelona (España)

4.2.3 Búzios (Brasil)

4.2.4 Santiago de Chile

4.2.5 Zaragoza

4.2.6 Gijón

4.2.7 Donostia

4.2.8 Vitoria

4.2.9 Bilbao

4.2.10 Madrid

4.2.11 Santander

4.2.12 Montevideo (Uruguay)

4.2.13 Medellín (Colombia)

4.2.14 Curitiba (Brasil)

4.2.15 Buenos Aires

4.2.16 Bogotá (Colombia)

4.2.17 Ciudad de México

5. Recomendaciones

6. Estructura organizacional del sector energético

7. Autos eléctricos

7.1 La movilidad inteligente en las ciudades

7.1.1 Movilidad a pie

7.1.2 Movilidad en bicicleta

7.1.3 Transporte público

7.1.4 Transporte privado

7.2 El auto eléctrico

7.2.1 Historia del auto eléctrico

7.2.2 Componentes principales de un auto eléctrico

7.2.3 El vehículo híbrido eléctrico

7.2.4 Cómo se recargan los autos eléctricos

7.2.5 Ventajas y desventajas

7.2.6 Recarga en Argentina

7.3 Ejemplo de aplicación en Argentina

7.3.1 Parque automotor existente

7.3.2 Demanda de potencia y energía

7.3.3 Simulación de necesidades energéticas

8. Conclusiones

9. Referencias bibliográficas

Resumen ejecutivo

Se propone analizar los conceptos de Smart City orientado a infraestructura dedicada del sector eléctrico. Las empresas Distribuidoras de grandes ciudades tienen inmensas oportunidades de introducir este tipo de tecnología para mejorar la eficiencia del servicio, aumentar la confiabilidad de sus redes, permitir que los usuarios cogeneren energía renovable y que participen con la regulación de los máximos requerimientos del sistema en momentos de pico de demanda, entre otros beneficios de la aplicación de la evolución de la tecnología.

Se ha realizado una recopilación de información de aplicación del sector, en grandes metrópolis, donde el servicio ha evolucionado tanto en tecnología como en atención al usuario final, con el objetivo de la eficiencia y la satisfacción del cliente.

El concepto de Smart City, permite la evolución de autos híbridos y eléctricos, que se abastecen de energía del sistema de distribución. El sistema lo tiene que considerar y facilitarle las cargas en diferentes puntos de la red. Análisis y conceptos del área de transporte y la incidencia en el sector eléctrico.

Se ha realizado un ejercicio de aplicación al respecto con 2 hipótesis de aplicación. Los resultados muestran que hay que realizar inversiones en el área de generación y transporte, para que pueda llegar la energía eléctrica a los puntos de carga de los vehículos eléctricos que se incorporan al sistema de reemplazo.

El avance de la tecnología en el área de las comunicaciones, permite tener la posibilidad en tiempo real del conocimiento de las cargas y su distribución. Las empresas desarrollan inversiones para mantener el sistema modernizado en áreas de comunicaciones y control de la red eléctrica. Eso permite controlar y comandar oferta y demanda en tiempo real. Se ha realizado un análisis de los considerando de la temática.

Se analizan los conceptos de Eficiencia energética; Optimización de inversiones y uso de las instalaciones. Comunicaciones y manejo de la demanda; Aprovechamiento de los recursos energéticos locales; Integración de generación basada en fuentes de energía renovables; Mejoramiento de la confiabilidad y calidad del suministro.

Se analizan los conceptos de Generación Distribuida; Smart Grid; Smart Metering; Smart Buildings; Smart Sensors; E-Mobility; Tecnologías de la Información y la Comunicación (Tic); Smart Citizen.

Un tema importante es el análisis de la calidad del suministro eléctrico, tema que es abordado en el presente informe.

El análisis de micro redes, son parte integrante de una Smart City. Tipos de micro redes y el análisis conceptual de cada uno de ellos. Experiencia internacional de micro redes y smart cities. La tecnología de micro-redes sumado al de Smart City, se encuentra en estado de experimentación y prototipo. Países industrializados como EEUU, Japón, Canadá y otros países europeos están llevando a cabo una intensa actividad en la investigación y desarrollo de micro-redes.

Análisis de la estructura organizacional del sector eléctrico. Generación distribuida.

En el presente informe se ha analizado la historia de los autos eléctricos, distintos tipos de moviidades, partes integrantes del auto eléctrico. Como se recargan los autos eléctricos e híbridos. Finalmente se realizan 2 hipótesis de sustitución del parque automotor existente con dos distintas velocidades de recambio, de tal forma de dar el tiempo suficiente al mercado eléctrico a responder a la demanda eléctrica creciente.

EN PROCESO DE DISEÑO

Introducción

Se propone analizar los conceptos de Smart City orientado a infraestructura dedicada del sector eléctrico. Las empresas Distribuidoras de grandes ciudades tienen inmensas oportunidades de introducir este tipo de tecnología para mejorar la eficiencia del servicio, aumentar la confiabilidad de sus redes, permitir que los usuarios cogenereen energía renovable y que participen con la regulación de los máximos requerimientos del sistema en momentos de pico de demanda, entre otros beneficios de la aplicación de la evolución de la tecnología.

Se ha realizado una recopilación de información de aplicación del sector, en grandes metrópolis, donde el servicio ha evolucionado tanto en tecnología como en atención al usuario final, con el objetivo de la eficiencia y la satisfacción del cliente.

Se ha analizado las facilidades que se obtienen en otras jurisdicciones en cuanto a generación distribuida de características renovables por parte de los usuarios.

El concepto de Smart City, permite la evolución de autos híbridos y eléctricos, que se abastecen de energía del sistema de distribución. El sistema lo tiene que considerar y facilitarle las cargas en diferentes puntos de la red. Análisis y conceptos del área de transporte y la incidencia en el sector eléctrico.

El avance de la tecnología en el área de las comunicaciones, permite tener la posibilidad en tiempo real del conocimiento de las cargas y su distribución. Las empresas desarrollan inversiones para mantener el sistema modernizado en áreas de comunicaciones y control de la red eléctrica. Eso permite controlar y comandar oferta y demanda en tiempo real.

Se analiza la posibilidad de implementarlo en la Argentina. Factibilidad regulatoria de las empresas Distribuidoras y de la Secretaría de Energía.

Se analiza la posibilidad de renovación e inversiones en modernización y aplicación de los conceptos de Smart City en iluminación y control de potencia.

Metodología

Para cumplir con el objetivo descripto, se ha llevado a cabo las siguientes tareas:

- Relevamiento e investigación de la temática a nivel internacional.
- Actualización de la información existente en el mercado local.
- Pautas regulatorias.
- Análisis de los incentivos para con el Distribuidor.
- Estado de los planes destinados para tal fin.
- Conclusiones y proyecciones de avances en el tema. Plan y estado de ejecución de los mismos.
- Ejemplo de aplicación.

Objetivo

El presente trabajo tiene por objetivo desarrollar aspectos relativos al manejo y gestión de la energía de una Smart City, específicamente el diseño del sistema de suministro eléctrico.

En términos generales, se plantean como objetivos para el diseño energético eficiente bajo el concepto de Smart City los siguientes hitos:

- Eficiencia energética.
- Optimización de inversiones y uso de las instalaciones. Comunicaciones y manejo de la demanda.
- Aprovechamiento de los recursos energéticos locales.
- Integración de generación basada en fuentes de energía renovables.
- Mejoramiento de la confiabilidad y calidad del suministro.



Figura 1: Smart City

1. Definiciones

1.1 Smart City

Con el objetivo de crear una ciudad sostenible económica, social y medioambientalmente nacen las Smart Cities o ciudades inteligentes. Son aquellas en las que se aplican las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) con el objetivo de proveerlas de infraestructuras que garanticen:

- Un desarrollo sostenible.
- Un incremento de la calidad de vida de los ciudadanos.
- Una mayor eficacia de los recursos disponibles.
- Una participación ciudadana activa.

La Smart City nace de la necesidad de mantener una armonía entre todos estos aspectos.

Se prevé que en el 2050 un 85% de la población mundial viva en ciudades. Este hecho hace que en las siguientes décadas los núcleos urbanos tengan que afrontar un número creciente de problemas ligados a este hecho, como:

- El abastecimiento energético.
- Las emisiones de CO2.
- La planificación del tráfico automovilístico.
- La provisión de bienes y materias primas.
- La prestación de servicios sanitarios y de seguridad a todos quienes residan en estos enormes y masificados centros de población.

El modelo ideal de una ciudad inteligente se basa, principalmente, en los siguientes subsistemas:

1.1.1. Generación distribuida

Consiste en que las ciudades inteligentes cuenten con generación eléctrica repartida por el territorio, a través de un abastecimiento individualizado (micro-generación), no centralizado.

1.1.2. Smart grid

Se conoce como Smart Grids a las redes inteligentes interconectadas, las cuales poseen una circulación bidireccional de datos entre el centro de control y el usuario.

1.1.3. Smart metering

Se trata de la medición inteligente de los datos de gasto energético de cada usuario, a través de telecontadores donde se realizan las lecturas a distancia y a tiempo real.

1.1.4. Smart buildings

Los edificios de la Smart City se convierten en inteligentes como modelo de eficiencia. Edificios domóticos que respetan el medioambiente y que poseen sistemas de producción de energía integrados.

1.1.5. Smart sensors

Los sensores inteligentes tienen la función de recopilar todos los datos necesarios para hacer de la ciudad una Smart City. Son parte fundamental para mantener la ciudad conectada e informada, y hacer que cada subsistema cumpla su función.

1.1.6. E-Mobility

Implantación del vehículo eléctrico y los respectivos puestos de recarga públicos y privados.

1.1.7. Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

Son las tecnologías de la información que ayudan a la hora de controlar los diferentes subsistemas que componen la Smart City. Mediante ellos los ciudadanos y las entidades administrativas pueden participar activamente en el control de la ciudad.

1.1.8. Smart citizen

Los ciudadanos son sin duda, la parte fundamental de una Smart City, ya que sin su participación activa no es posible poder llevar a cabo estas iniciativas.

1.2 Eficiencia energética

Por Eficiencia Energética se entiende, mantener niveles de servicio similares reduciendo significativamente el uso de energía. El espectro de la instrumentación de medidas para lograr estándares exigentes de eficiencia energética es amplio, e involucra acciones tanto de parte de la demanda como del suministro (actividades de generación, transmisión y distribución). La implementación de medidas para mejorar la eficiencia energética, requiere de políticas específicas de incentivo y promoción que den señales válidas a los actores del sector eléctrico, tanto del lado de la demanda como del suministro.

Desde el punto de vista de la demanda, el uso de equipamiento e instalaciones de alta tecnología es un elemento clave para mejorar la eficiencia energética de los consumidores. Como ejemplos pueden mencionarse el uso de iluminación y electrodomésticos eficientes, sistemas de climatización automáticos, motores de alto rendimiento con controladores electrónicos, uso de aislamiento y sistemas constructivos que reducen las pérdidas de energía. En las demandas industriales se incluye también bajo este concepto, la mejora de la eficiencia de los equipamientos y procesos que permiten optimizar el consumo energético de electricidad y calor. Desde el suministro las acciones fundamentales incluyen la reducción de pérdidas eléctricas en los sistemas de transmisión y distribución.

Dentro del concepto de eficiencia energética, se puede incluir no solo la reducción de consumo de energía mediante equipos, edificaciones e instalaciones altamente eficientes, sino también

mediante cambios en patrones de consumo. A este último concepto se lo identifica como Conservación Energética, e implica menor uso de recursos energéticos mediante cambios en el comportamiento de los usuarios. Los conceptos de eficiencia y conservación energética están estrechamente ligados a evitar el consumo innecesario, sabiendo que es un asunto de comportamiento individual del usuario, pero a menudo, también es un asunto del uso de equipamiento adecuado, posibilidad de regulación térmica de la temperatura ambiente, apagado automático de luces en habitaciones luego de ser desocupadas, son buenos ejemplos de cómo el equipamiento tecnológico puede reducir la influencia del comportamiento individual en la conservación energética.

Otro punto importante es el cambio de horario en el uso de rutinas residenciales, programables, fuera del horario pico del sistema, con incentivos al usuario, para que pueda captar implícitamente, los beneficios de adquirir nuevas costumbres con base en la eficiencia. Como ejemplo se puede citar el uso programado de lavarropas, lavaplatos, otros, en el horario fuera de pico del sistema eléctrico.

1.3 Optimización de las instalaciones

La optimización de las instalaciones como uno de los objetivos del diseño energético eficiente de una ciudad modelo, se refiere a un conjunto de medidas a adoptar para mejorar la utilización de las instalaciones de transmisión y distribución existentes y diferir en el tiempo, la necesidad de ampliaciones de estos sistemas. Dentro de este conjunto de acciones, se incluyen la implementación de mecanismos de Respuesta de la Demanda (RD) e instalación de Generación Distribuida (DG).

La Respuesta de la Demanda (RD), se refiere a mecanismos por los cuales los clientes de un sistema eléctrico cambian su consumo de electricidad en respuesta a una señal de precio, incentivos, o directamente mediante la intervención del operador de la red. Los cambios en el consumo eléctrico se diseñan para ser aplicados en periodos críticos de máxima demanda, o cuando las reservas del sistema eléctrico son escasas. Con esta acción se busca reducir los picos de demanda, reduciendo los requerimientos de capacidad de los sistemas de generación, transmisión y distribución. El concepto de uso de eficiencia energética, no se incluye dentro de esta categoría. En realidad el uso eficiente de la energía es un mejoramiento del rendimiento de los procesos que utilizan energía eléctrica y que se traduce en una reducción del consumo pero sin afectar el nivel del servicio. En cambio, los mecanismos de manejo de la energía implican una reducción en el nivel o calidad del suministro, aceptado voluntariamente por el consumidor. Este reduce su consumo en determinado momento crítico para aliviar las exigencias sobre el sistema eléctrico.

El término de Generación Distribuida (GD), se aplica generalmente a pequeñas fuentes de generación que se encuentran diseminadas y embebidas en las redes de distribución o subtransmisión, a diferencia de las fuentes principales de generación que se hallan concentradas y localizadas en solo algunos puntos. Localizando estratégicamente estas pequeñas fuentes de generación cerca de los centros de carga, puede reducirse o desplazarse en el tiempo, la necesidad de ampliación de las redes de transmisión o distribución, para suministrar las necesidades de demanda.

De lo anterior se desprende que los mecanismos de eficiencia energética, respuesta de la demanda y generación distribuida, son elementos que claramente pueden utilizarse para lograr los objetivos planteados, en el diseño energético eficiente de una Smart City. Si bien estos mecanismos pueden diseñarse e implementarse en forma independiente unos de otros, el máximo aprovechamiento de sus prestaciones y virtudes, se logra con un diseño integral, donde los diferentes elementos se articulan en forma apropiada para extraer los máximos beneficios de los mismos.

Para lograr un aprovechamiento óptimo de la integración de estos recursos, se requiere el uso de sistemas sofisticados de comunicación con intercambio bidireccional de información, para permitir una participación activa del usuario, así como sistemas de control automáticos centralizados, que manejen en forma óptima los distintos dispositivos de generación, almacenamiento de energía, controles de la red y de mecanismos de respuesta de la demanda.

El concepto de “micro-redes”, es un nuevo concepto en el cual se busca combinar las funciones de operación y control de los sistemas de generación, distribución y manejo de la demanda, en un sofisticado esquema operativo integral, que permite máxima eficiencia del sistema y mayor aprovechamiento de los recursos disponibles. Luego estas micro-redes, se interconectan con otras para intercambiar flujos de asistencia de energía en los momentos de crisis, o emergencia o de planificación de disponibilidad de fuentes y redes. A su vez, todo el sistema se asocia a redes mayores, compartiendo una red neuronal compleja manejada por sistemas inteligentes programables y con respuesta en tiempo real, con la asistencia especializada de los expertos, como ser en nuestro país CAMMESA, pero con injerencia en las micro-redes inmersas dentro de sistemas Distro troncales, como serían cooperativas, pequeñas distribuidoras de menos de 50.000 clientes. Y también con injerencia en grandes y medianas empresas Distribuidoras, de tal manera que todo el sistema, coopera local y regionalmente a la asistencia y cooperación en todas las situaciones planteadas, bajo procedimientos y protocolos complejos, que en cierta manera, los sistemas macros ya lo tienen, pero que en el interior de las empresas Distribuidoras, carece de tecnología y equipamiento adecuado para poder llevar a cabo estas inversiones y modernización de los sistemas de comunicaciones con uso de fibra óptica y de sistemas de la red de comunicaciones de 5-G. Sin esto, es muy difícil el planteo generalizado del manejo del sistema en forma predictiva y preventiva programable. Ahora bien, los sistemas tienen varios ejemplos micro de algunos clientes industriales y comerciales, que tienen tecnología a disposición, pero que no permiten la injerencia de los operadores del sistema de Distribución, a participar en acciones conjuntas, ya que no tienen incentivo ni obligatoriedad legislativa ni tarifaria. Estos ejemplos son muy ilustrativos y permiten probar tecnología, software, programaciones, etc., para practicar y mejorar los sistemas testigos, de tal forma de que con un mercado más amplio y más competitivo, se logren bajar los costos de los sistemas, para permitir que lleguen cada día más cerca de los usuarios finales de menor poder adquisitivo y adquirir tecnología para operar sus propias casas, oficinas o pequeñas empresas.

1.4 Aprovechamiento de los recursos energéticos

El aprovechamiento de los recursos energéticos locales, es fundamental para la optimización de una Smart City, ya que la ciudad algún recurso natural debe poseer, que le permita no depender de una red de alta o extra alta tensión, para su suministro de energía eléctrica, durante las 24 horas y los 365 días del año.

El aprovechamiento de la energía fotovoltaica, proveniente del sol, es fundamental para mejorar el sistema de abastecimiento en los momentos de disponibilidad (durante el día), y si dispone de almacenadores, como ser baterías, permite extender el horario natural del sol, superponiéndose al de pico nocturno del sistema, permitiendo abastecimiento seguro, local, y de calidad.

Cuando la ciudad tiene también disponibilidad de horas al día de energía eólica útil, es muy importante el uso de generadores adecuados que permitan el aprovechamiento de este recurso natural libre y de bajo costo. La tecnología más adecuada para uso urbano con perturbaciones del flujo laminar de aire, es la de aerogeneradores de eje vertical, puesto que no importa tanto, cual sea la dirección preponderante del viento o brisa, el dispositivo gira 360° sobre su eje, permitiendo el acople de un generador eléctrico de frecuencia variable, que por medio de inversores adecuados de dos etapas, permita sincronizarse con la frecuencia de la red del proveedor. La tecnología de eje horizontal, es muy adecuada también en lugares altos y despejados de interferencias. Los beneficios de esta última sobre la primera, es que se puede disponer de equipos con más potencia unitaria, mayores de 1 kW, mientras que los primeros son muy adecuados para potencias menores. Luego, los beneficios de los verticales, es que se pueden colocar varios, en cercanía uno de otros, que no se perturban entre sí, problema muy común de los de eje horizontal.

La ciudad que pretenda ser parte del grupo de las consideradas Smart City, debe tener en su entorno la posibilidad de obtener energía de otra fuente que abunde sobre la zona, como ser el aprovechamiento de la basura con fines energéticos, desechos de algún proceso agro-industrial que disponga de carga energética residual, cercanía a ríos con pendiente que aproveche la energía potencial-cinética del salto, cercanía al mar que aproveche la energía mareomotriz y/o undimotriz del oleaje y mareas de sus costas, sumado a la eólica de gran envergadura abundante en las ciudades con costa.

Además de las fuentes alternativas de generación de energía ya citadas, puede contar con fuentes tradicionales como térmicas a gas, hidráulicas de gran envergadura, térmicas nucleares y otras dependientes de combustibles fósiles.

Lo importante en el concepto de Smart City, es el gobierno de fuentes de energía, redes de transporte y distribución, manejo de fuentes energéticas alternativas privadas, dominio sobre la demanda y sistemas de comunicaciones propios en tiempo real.

Los sistemas inteligentes programaran el equilibrio de la oferta-demanda todo el tiempo, más adecuada y óptima desde varios puntos de vista. A citar algunos: económicos, contaminantes, eficientes, disponibles, estacionales, almacenamiento, achatamiento de la curva máxima con fines de optimizar inversiones, estratégicos, tarifarios, subsidio, políticos, administrativos, otros.

1.5 Integración de generación de energía renovables

En el punto anterior 4.3, fue citada la necesidad del aprovechamiento del recurso de energías renovables como parte importante dentro de una Smart City. Pero para que sea importante para el sistema en general no significa que logre su integración al mismo, ya que los usuarios individuales, pueden aprovecharse de sus beneficios pero no compartirlos con el resto de la

red, ya que por cuestiones reglamentarias, económicas o propias, no tienen el suficiente interés u obligación de hacerlo.

Es muy importante la integración al sistema como un todo, para aportar energía al nodo del sistema de donde se conecta, el manejo del equipo, para disponer de generación de pasada firme con o sin respaldo de almacenamiento. De esta manera el operador, podrá disponer de la misma bajo las consignas ya enumeradas en el punto 4.3, pero sin que afecte a la ecuación de amortización del usuario generador, para que mantenga el incentivo y motivación de pertenecer al grupo y que su equipo siga las reglas generales y no particulares, casi como un alquiler o concesión de sus espacios expuestos al sol y viento, con una renta que le permita sentirse perteneciente al sistema del Smart City, obtener el privilegio de generar energía libre y sin contaminación, aprovechar recursos renovables, invertir en un negocio con rentabilidad y adquirir seguridad de suministro en momentos de crisis del sistema.

1.6 Mejoramiento de la confiabilidad y calidad del suministro

En cuanto a este punto, la Smart City tiene planteada la problemática y resuelto gran parte de las situaciones, con inversiones convenientes para responder ante la calidad del suministro con la confiabilidad adecuada, permitida por la legislación y aceptada por los usuarios del sistema, contra la prestación de un servicio seguro conforme a la tarifa que tienen los clientes para sostener el sistema y aceptada por ellos.

Normalmente el usuario común, termina cautivo de dichos vaivenes de la calidad y confiabilidad soportando los cortes y oscilaciones del suministro, pero clientes especiales, toman medidas agregando equipos a sus instalaciones que los proteja de la calidad tanto en tensión como en frecuencia (UPS) y grupos electrógenos a combustible fósil, que le de respaldo a la instalación ante cortes inesperados. Este tipo de medidas, se alejan de los conceptos de Smart City, puesto que el distribuidor, pierde el control de dichos equipos y además, estos tipos de equipos ensucian la red con una variedad importante de armónicos.

Una Smart City, ha realizado las inversiones en activos adecuados para prevenir desperfectos en equipos, ha desarrollado servicios auxiliares ante emergencias, ha invitado a usuarios a participar en contingencia, y tiene el dominio y control de la red ante situaciones de estrés y de emergencia.

En redes de gas, existen usuarios que no consumen en los momentos de máxima solicitud del sistema, por temas de baja temperatura, amortiguando el pico del sistema. Ellos tienen una tarifa especial, que al acogerse a ella, les permite a aquellas industrias que tienen generadores propios, apropiarse, calcular y prevenir los costos futuros del combustible sustituto.

Mejorar la confiabilidad, refiere a tener previsto anillos de abastecimiento que prevean distintas situaciones de emergencia del sistema de abastecimiento y redes de transporte y distribución al nodo del área afectada.

Mejorar la calidad, refiere al micro-corte del servicio eléctrico (flicker), oscilaciones en la tensión y variaciones en la frecuencia, que hacen que los sistemas de carga y uso de los usuarios, sufra las consecuencias de la desmejora, conforme a un rango permitido por regulación de la calidad del producto técnico del proveedor del servicio energético.

El tema de la calidad del producto técnico, es fundamental dentro de una Smart City, ya que la tensión y la frecuencia del servicio, debe ser estable y duradera, para evitar los desperfectos que suceden en los componentes de las redes, debido a la falta de ella. La ciudad inteligente necesita de mucho equipamiento de control y comunicaciones, que son muy sensibles a estos parámetros eléctricos, y es por este motivo que la calidad debe ser la adecuada para pretender que el sistema responda ante las variaciones y programaciones previstas. Señalaremos a continuación, algunas definiciones importantes que suceden y que deben ser evitadas o por lo menos apuntar las soluciones antes estas circunstancias.

El "Parpadeo o Flicker". La IEEE 1789 - 2015 definió diferentes parámetros para poder caracterizar el parpadeo de la luz:

- Porcentaje de parpadeo (Mod %): También conocido como profundidad de modulación, indica la magnitud relativa de la amplitud de la forma de onda. El valor oscila entre un 0% y el 100%.
- Con un 0% significa una forma de onda de CC pura y el 100% se refiere a una forma de onda de CA pura.
- Índice de parpadeo: Indica la relación del área sobre la curva con respecto al área total. La línea central corresponde a la intensidad de luz media.
- Un valor de 0 corresponde a una curva de CC pura y 1 a una curva de CA pura.
- Frecuencia de parpadeo: Es la frecuencia con que la señal se superpone de manera dominante.
- Es decir, no es la frecuencia de alimentación, sino la del parpadeo de la luz.

Medición Porcentaje de parpadeo en frecuencias superiores a 90 Hz de parpadeo	
Zona sin riesgo	$\text{Mod}\% < 0,0333 \times f$
Zona bajo riesgo	$\text{Mod}\% < 0,08 \times f$
Medición Índice de parpadeo en frecuencias superiores a 90 Hz de parpadeo	
Zona bajo riesgo	$\text{Mod}\% < 0,025 \times f$
Zona sin riesgo	$\text{Mod}\% < 0,01 \times f$
<i>f = frecuencia de la luz parpadeando</i>	

Figura 2: Medición del flicker.

EN PROCESO DE DISEÑO

2. Calidad del servicio eléctrico

2.1 Causas principales del flicker eléctrico

Principalmente debido a la conexión de cargas cíclicas como hornos eléctricos o máquinas para soldar.

Es clásico el flicker cuando se está en presencia de un cortocircuito en la red cercana.

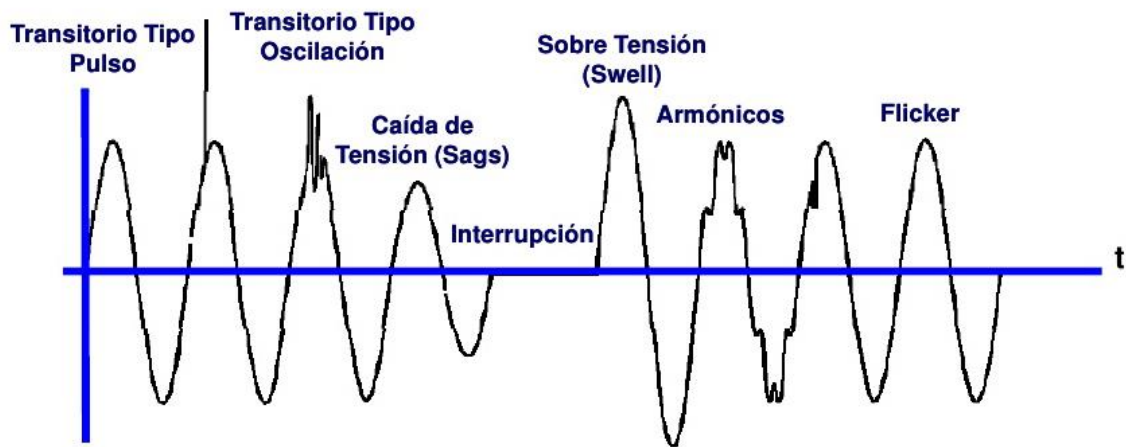


Figura 3: Tipos de micro-corte.

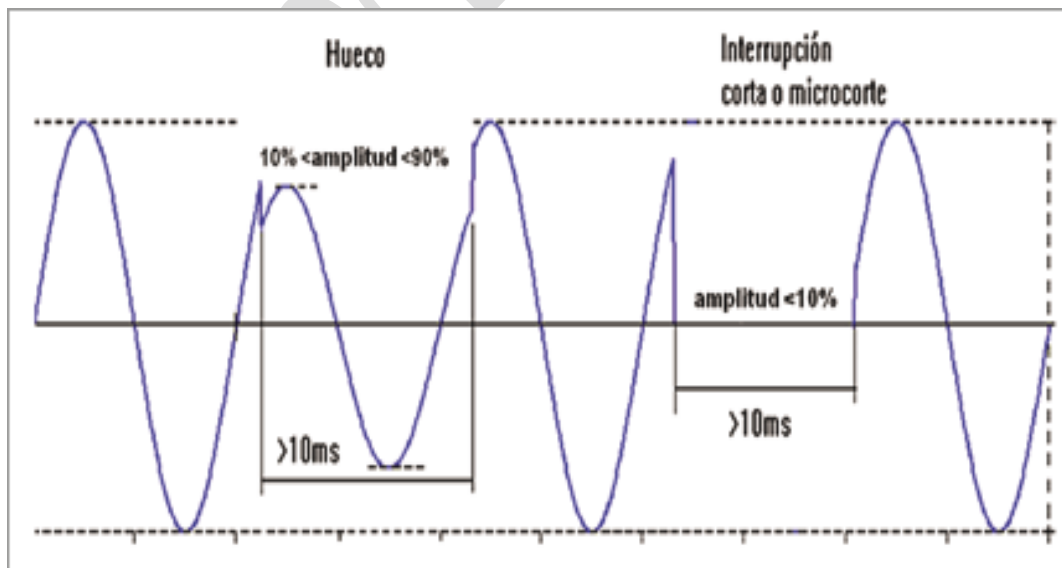


Figura 4: Definición temporal del micro-corte.

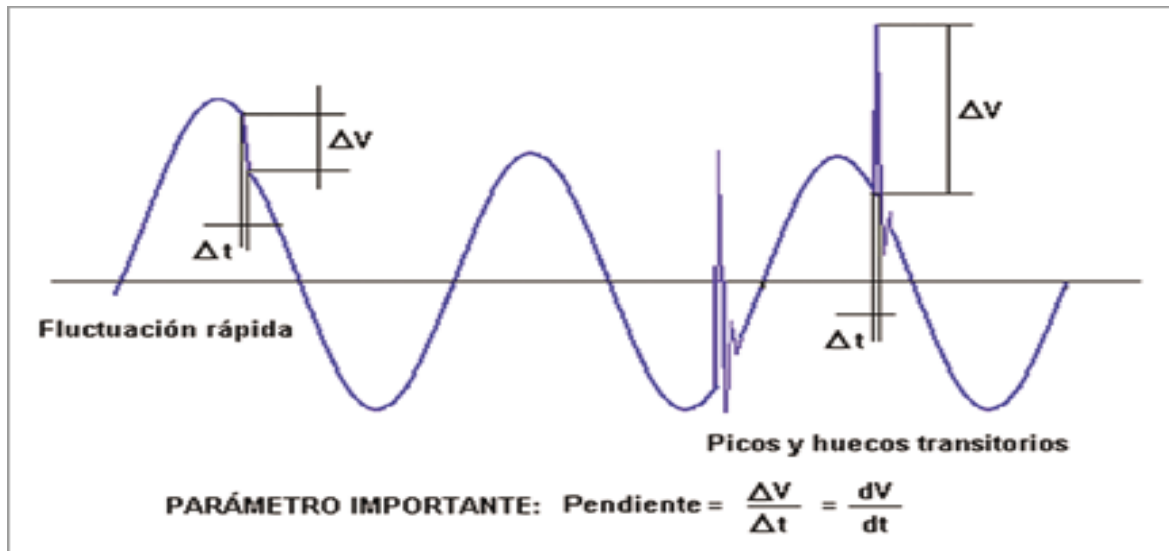


Figura 5: Fluctuaciones.

2.1.1 Algunos daños y consecuencias

Por lo general este efecto se observa fácilmente en:

- El cambio de intensidad de lámparas, como luminarias de vapor de mercurio, incandescente o fluorescente.
- "Parpadeo" en televisores o pantallas de las computadoras.
- Variación de velocidad en motores.
- Provoca desgaste prematuro en fuente de alimentación, elementos eléctricos y electrónicos.

2.1.2 Posibles efectos nocivos del flicker

- Los efectos perjudiciales para la salud que puede provocar el flicker incluye:
- Astenopía, incluida la fatiga ocular, la visión borrosa, el dolor de cabeza convencional y la disminución del rendimiento en las tareas relacionadas con la vista.
- Migraña o dolor de cabeza severo paroxístico, que a menudo se asocia con náuseas y alteraciones visuales.
- El aumento de comportamiento repetitivo entre las personas con autismo.

3. Micro red

3.1 Concepto de micro-red

Una micro red es un sistema eléctrico compuesto por un sistema de distribución de baja o media tensión, con generación distribuida, dispositivos almacenadores de energía y demanda controlable conectada al mismo sistema. Cuenta con un sofisticado sistemas de monitoreo y control que ofrece flexibilidad y versatilidad de operación. Estos sistemas pueden operar vinculados a la red de potencia o bien en forma aislada. La operación en forma aislada se utiliza en casos de fallas o colapsos de la red externa, y brinda la posibilidad de mantener el suministro a las demandas de la micro red. La Figura siguiente muestra un esquema general de la micro red. En esta figura se muestran algunas fuentes de generación distribuida tales como microturbina asociada a biomasa, paneles fotovoltaicos y generadores eólicos, y su vinculación a la red mediante convertidores electrónicos.

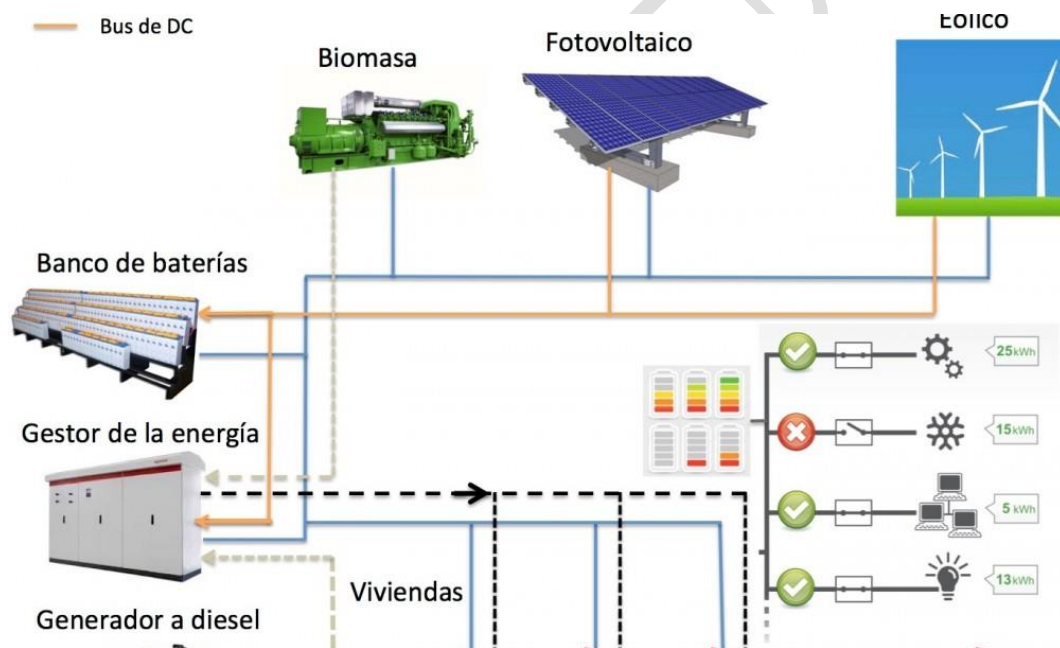


Figura 6: Esquema general de una micro-red.

El tamaño de las micro redes puede variar desde pequeñas aplicaciones residenciales que incluyen un solo consumidor hasta una ciudad pequeña con una demanda de 50 MW.

Como ejemplos de micro redes pueden incluirse micro redes residenciales, campos de universidades, grandes hospitales, parques industriales, y micro redes que incluyen las instalaciones de toda una pequeña localidad que sirven a un gran número de consumidores. Dependiendo de la aplicación, las micro-redes pueden incluir el uso de fuentes de generación no convencionales tales como celdas de energía, fuentes renovables, y el uso de sistemas de recuperadores de calor residual, cogeneración o generación combinada de calor y electricidad (CHP).

3.2 Tipos de micro-redes

En los sistemas eléctricos convencionales el incremento de la demanda de energía ha sido atendido mediante el crecimiento de la oferta de energía centralizada en grandes generadores. Esto produce una sobreexplotación de la red de transporte de energía, lo que conlleva a una necesidad de ampliación de las mismas. Si la ampliación de las redes de transmisión no sigue el crecimiento de la generación, se pueden presentar cuadros de congestión, pérdidas de confiabilidad e incremento de las pérdidas de energía.

Una solución alternativa para atender el crecimiento de la demanda es la integración de micro-redes, localizadas convenientemente dentro del sistema de potencia. Las micro-redes pueden aportar los beneficios de menores costos, mayor confiabilidad, mejor calidad de servicio y producto, reducción de las emisiones respecto a los sistemas de potencia convencionales, siempre que las mismas sean adecuadamente diseñadas e implementadas. Existen muchas posibles configuraciones de micro-redes, que varían desde pequeños sistemas que se aplican a un solo cliente hasta grandes sistemas que alimentan a miles de consumidores.

Se distinguen los siguientes tipos de micro-redes:

3.2.1 Micro-red de un solo usuario

Es la forma más básica de micro redes. En su forma más elemental se la ha utilizado por muchos años en instalaciones industriales, comerciales y residenciales con el objeto de mejorar la confiabilidad de suministro. La forma más simple y menos evolucionada consiste en un generador de emergencia con un interruptor de conexión. Con la incorporación de sistemas de control y sincronización y un sistema de detección automática de condiciones de aislamiento, se puede lograr una micro-red que opere sincronizada a la red externa y se aisle de la misma automáticamente y opere en forma autónoma en casos de fallas que representen pérdida de suministro.

3.2.2 Micro-red para un grupo de usuarios

Una estructura posible de micro-red es para servir un grupo de consumidores que se encuentran en condiciones normales vinculados a la red de potencia, y ante ciertas condiciones de falla se desvinculan de la misma, conformando una micro red que opera en forma aislada. La micro-red puede incorporar además de fuentes de generación de distribuida, almacenadores de energía y calor residual para calefacción, para incrementar la eficiencia energética de la micro-red.

3.2.3 Micro-red que alimenta un parque comercial/industrial o campo deportivo

Estas micro-redes se conforman para alimentar una demanda o conjunto de demandas de gran porte, como puede ser un parque industrial, un complejo comercial, un campo universitario, un complejo deportivo, etc. Una micro-red de este tipo generalmente contiene la generación concentrada en una sola localización. Esta generación es de capacidad suficiente para suministrar toda la demanda de la micro-red. La estructura de red es convencional y puede alimentarse desde la red externa. La generación puede estar por varias unidades para una mayor flexibilidad de operación, permitiendo acomodar la generación a los distintos estados

de carga. Un sistema de control maestro controla la generación y la separación de la micro-red de la red externa, en caso de necesidad.

3.2.4 Micro-red formada por la carga de una subestación completa

En este caso se trata de una micro-red que contiene a toda la carga que está vinculada a una subestación. La generación es localizada en la subestación. El control de aislamiento permite separar la micro-red del sistema externo en caso de fallas en este último. En ese caso la micro-red tiene por objeto principal mejorar la confiabilidad, reduciendo la pérdida de suministro debido a fallas en el sistema de potencia. Una micro-red de este tipo puede diseñarse también para operar en paralelo con el sistema externo en condiciones normales. En ese caso la generación local de la micro-red puede servir para reducir los picos de demanda de la subestación (peak-shaver), aliviando la carga del sistema de transmisión y subtransmisión. Asimismo, en ciertas condiciones la micro-red puede exportar energía hacia el sistema de potencia.

2.3.5 Micro-red con múltiples recursos de generación distribuida

Representa un concepto más sofisticado de micro-red, donde se busca distribuir la generación en diferentes puntos de la red y conformada por una variedad de tecnologías de generación, tales como, energía solar, eólica, celdas de energía, motores de combustión interna, micro turbinas a gas, mini turbinas hidráulicas. Una micro-red de este tipo se puede implementar en una porción de un sistema de distribución aguas debajo de la subestación principal. Puede incorporar almacenadores de energía para aumentar el aprovechamiento de las fuentes de generación no convencionales no controlables (eólico y solar) y mejorar la operatividad y eficiencia de la misma. Estas micro-redes requieren de sistemas de control estructurados en un esquema jerárquico con diferentes niveles. Un control maestro monitorea las cargas, la tensión y frecuencia, y ajusta la producción de cada fuente de generación, para obtener un reparto adecuado de la carga y un despacho óptimo económico.

3.3 Fuentes de generación

Las distintas tecnologías en generación, que pueden ser utilizadas para el uso en sistemas de micro-redes, son las siguientes:

- Motores de Combustión Interna (10 KW a 10 MW).
- Mini a pequeñas turbinas de combustión (0,5 a 50 MW).
- Microturbina (20 a 500 KW).
- Celdas de Combustible (1 KW a 10 MW).
- Sistemas Fotovoltaicos (5 W a 5 MW).
- Turbinas Eólicas (30 W a 10 MW).

La generación a incorporar a una micro-red puede estar basada en tecnologías convencionales, tales como motores de combustión interna, basada en tecnologías como microturbina, celdas de combustible, y fuentes de energía renovables, o una combinación de ambas. Como la

generación de micro-redes es localizada cerca de la demanda, deben cumplir con determinadas normas ambientales. Se deben ubicar donde puedan funcionar sin causar problemas con el ruido, emisiones, estética, y otras cuestiones relacionadas con el lugar. La elección de la tecnología de generación está basada en una serie de factores entre los que se incluyen: los costos de inversión, costo de operación y mantenimiento, disponibilidad de combustible, emisiones de ruido, emisiones ambientales, madurez de la tecnología, características de funcionamiento y operación. Las futuras micro-redes pueden incluir una importante cantidad de energía eólica y energía solar, siempre que la misma sea estabilizada mediante el uso de almacenadores.

A continuación se ha construido y actualizado un resumen de características de las principales fuentes de generación utilizables en micro-redes:

Tecnología de Generación	Costo de Capital Rango (USD/KW)	Costo de Potencia (cents/KW)	Tamaño de Aplicación Típica	Área Ocupada (area/KW)	Confiabilidad	Problemas de Emplazamiento Primario	Aplicaciones
Motores de Combustión Interna (MCI)	400-900	9-15	Todos los Tamaños	Bien	Muy Bien	Ruido, abastecimiento de combustible y emisiones.	Varias escalas de uso Comercial/Industrial
Turbina de Combustión Convencional (TCC)	600-1.000	6-15	> 1 MW	Excelente	Excelente	Ruido, abastecimiento de combustible y emisiones.	Grandes escalas de uso Comercial/Industrial
Micro-turbina	800-1.000	10-15	< 500 kW	Bien	Tecnología en estado de maduración. Pero es potencialmente excelente	Ruido, abastecimiento de combustible y emisiones.	Pequeñas escalas de uso Comercial/Industrial
Fotovoltaico	1.000-2.000	10-20	Todos los tamaños posibles (menos de 10 KW los más comunes)	Pobre	Recurso intermitente: no confiable sin almacenaje	Puede tener impacto visual. Disponibilidad del recurso. Sin problemas de ruido	Para apoyo de micro-redes. Solo usado con almacenamiento.
Turbina de Viento - Eólico	800-1.200	10-20	Los tamaños más económicos desde > 1 MW	Pobre	Recurso intermitente: no confiable sin almacenaje	Impacto visual alto. Disponibilidad del recurso, y problemas de ruido.	Para apoyo de micro-redes. Solo usado con almacenamiento.
Celda de Combustible	5.000-40.000	20 o más	(4 KW hasta 3 MW)	Bien	Todavía en maduración pero puede ser potencialmente excelente	Suministro de Combustible.	Residencial, Comercial e Industrial.

Figura 7: Tecnologías de Generación Distribuida para Micro-Redes.

3.4 Almacenadores de energía

El almacenamiento temporario de la energía permite un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, sobre todo de aquellos cuya producción es variable (eólica, solar). Permite además en algunos casos desplazar inversiones en capacidad de transmisión y distribución. Las tecnologías con más avance al día de hoy, son las que se detallan a continuación:

- Reservorios hidráulicos.
- Aire comprimido.
- Baterías.
- Volantes Inerciales.
- Súper Capacitores.
- Almacenamiento térmico.

Los sistemas de almacenaje por lo general, tienen dos opciones de funcionamiento, una para operación continua y la otra para operación máxima.

En la opción de potencia suministrada en forma continua, el sistema de almacenaje puede funcionar continuamente hasta que esta se queda sin energía disponible. En funcionamiento de potencia máxima, el sistema de almacenaje puede entregar la potencia durante sólo un período corto de tiempo, antes de volver a la posición de funcionamiento continuo. La opción de potencia máxima es a veces llamada, posición de potencia de pulso. Para la mayor parte de los sistemas de almacenaje, la posición de potencia máxima es varias veces la de funcionamiento continuo.

La capacidad de suministro de energía para sistemas de almacenaje, es medida en Kilovatio por horas (KWh) o Megavatio por horas (MWh).

El costo de los sistemas de almacenaje de energía genéricos, siguen dos métodos de medida:

- Costo por unidad de Potencia (USD/KW).
- Costo por unidad de Energía (USD/KWh).

EN PROCESO DE DISEÑO

4. Experiencia internacional

4.1 Micro redes

La tecnología de micro-redes sumado al de Smart City, se encuentra en estado de experimentación y prototipo. Países industrializados como EEUU, Japón, Canadá y otros países europeos están llevando a cabo una intensa actividad en la investigación y desarrollo de micro-redes. Se destacan los siguientes programas:

4.1.1 Estados Unidos

En Estados Unidos existen programas de desarrollo de micro-redes, los cuales están patrocinados por el Departamento de Energía (DOE) y la Comisión de Energía de California (California Energy Commission – CEC). El programa más importante sobre evaluación de nuevas tecnologías para el concepto de micro-redes, es el denominado “Consortium for Electric Reliability Solutions” (CERTS), implementado en 1999. En primera instancia se desarrolló el diseño conceptual de micro-red CERTS, que fue completado en 2002. Posteriormente, se implementaron instalaciones reales para pruebas y testeos de la tecnología desarrollada. Los resultados obtenidos fueron alentadores y sirvieron para el análisis y la implementación de mejoras al proyecto original que tuvo dispersiones importantes al que se implementó originalmente. Otros programas de desarrollo de micro-redes han sido llevados a cabo por el Departamento de Energía (DOE) en conjunto con la empresa General Electric (GE).

4.1.2 Europa

Los principales proyectos han sido llevados a cabo en Holanda, Alemania, Francia, Italia y España. Se trata de proyectos de investigación y demostración de la tecnología de gran envergadura, en los cuales participan empresas privadas, universidades y otros centros de investigación. Otros importantes proyectos de demostración de la tecnología de micro-redes se han llevado a cabo en Dinamarca y Portugal. Los resultados de la investigación arrojaron importantes avances y soluciones para el diseño y control de micro-redes.

De la experiencia internacional descrita, se observa que la implementación de los nuevos conceptos requiere de una fase importante de demostración y experimentación, donde se ensaya la propuesta tecnológica sobre redes reales durante un tiempo prolongado (4-8 años), y a partir de allí, se refinan los diseños y se rehacen si es necesario. Por lo tanto, la consideración de micro-redes debe considerar que se requerirá de una fase de experimentación, análisis y mejora de la misma, que influyen sustancialmente en los costos de implementación y en los tiempos de puesta en servicio definitiva.

4.1.3 Canadá

En Canadá se están llevando a cabo una serie de programas relativos al desarrollo de micro-redes. Se trata en su mayoría de programas del tipo colaborativos en los cuales participan universidades, centros de investigación, organismos y entidades gubernamentales federales y provinciales, fabricantes de equipos y empresas de la industria eléctrica. Dentro de estos programas se desarrollan pruebas en campo sobre instalaciones reales. Estas pruebas se aplican sobre diferentes tipos de micro-redes, las cuales se diferencian fundamentalmente por

los objetivos de su aplicación, los cuales son principalmente los siguientes: Aplicación de micro-redes para áreas remotas y Micro-redes vinculadas a la red de potencia con posibilidad de operación aislada.

4.1.4 Japón

La experiencia de los proyectos de micro-redes en Japón resultaron importantes, dado que se trata de micro-redes que tienen como objetivo la incorporación de importantes volúmenes de generación distribuida de fuentes renovables, y la mejora de la eficiencia global de las fuentes de generación e instalaciones del sistema eléctrico. Japón es actualmente líder mundial en proyectos de demostración de micro-redes. Además de los proyectos patrocinados por el gobierno, existe en Japón una intensa actividad por parte de empresas privadas en proyectos de demostración de micro-redes. La experiencia de los proyectos de micro-redes de Japón están demostrando la factibilidad técnica de las micro-redes con incorporación de energías renovables, y que con las mismas se pueden lograr mejoras en la calidad y confiabilidad del servicio. Las mejoras de los costos de las principales fuentes incorporadas, permitieron implementar y mejorar los almacenadores de baterías de litio, que son muy importantes al momento del análisis de respuesta de la micro-red en el sistema integrado.

4.2 Smart cities

El concepto de Smart City no solo se centra en los nuevos proyectos de crecimiento urbano, sino que se dirige también a la adecuación de las actuales ciudades en ciudades inteligentes.

Estos proyectos actuales están englobados dentro del tratado 20-20-20 de la Unión Europea donde se establecen una serie de objetivos a lograr para el año 2020:

- Que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se reduzcan en un 20%.
- Que el consumo de energía se reduzca un 20% mediante mejoras en la eficiencia energética.
- Que un 20% de la generación eléctrica sea con energías renovables.

Actualmente, los proyectos de remodelación y adecuación a las nuevas tecnologías se están llevando a cabo tanto en grandes urbes como en pequeños municipios, haciendo que las Smart Cities se conviertan en una realidad.

Siguiendo este lineamiento el grupo ENEL ha desarrollado proyectos de Smart Cities en varias ciudades de Italia, España y Suramérica.

4.2.1 Málaga (España)

El proyecto para hacer de Málaga una Smart City está centrado en la gestión de la energía. Se ha optado por la integración de fuentes renovables en la red eléctrica, con el objetivo de aumentar la eficiencia y reducir las emisiones de dióxido de carbono. La intención es que este sistema de control energético llegue también a los hogares.

Se ha desplegado en la zona malagueña de la playa de la Misericordia, tecnologías de última generación en smart metering, comunicaciones y sistemas, automatización de la red, generación distribuida e infraestructura inteligente de carga de vehículos. El objetivo es una

mejor gestión de la energía en las redes, balances eficientes de la demanda, y la involucración de todos los agentes del sistema eléctrico, desde la generación hasta el consumo.

Se ha llevado a cabo la instalación de más de 17.000 contadores inteligentes, y una muestra de 50 de estos usuarios cuentan con soluciones de eficiencia energética para el hogar.

Edificios emblemáticos de la zona tienen instalados en sus sedes soluciones de eficiencia energética, con las que pueden monitorizar su consumo y controlar algunas de sus cargas.

Se ha instalado sistemas de automatización avanzada, en más de 20 centros de transformación y un total de 72 centros están comunicados, gracias a una red de PLC (PowerLine Communication) de banda ancha, que conecta cualquier punto de la red eléctrica al centro de control de red, donde se monitorizarán estos activos.

La zona cuenta con unos 11 MW de generación renovable, que se ha combinado con dos instalaciones de almacenamiento basadas en baterías, para gestionar los consumos de un modo más eficiente.

Se ha sustituido casi 100 luminarias por otras con tecnologías de bajo consumo, como LED y halógeno, y se están gestionando gracias a un sistema de control punto a punto.

Además, el proyecto cuenta con la instalación de una pequeña infraestructura de puntos de recarga, donde se podrá probar la tecnología V2G (Vehicle to Grid).

4.2.2 Barcelona (España)

Barcelona quiere que las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) se conviertan en elementos básicos a la hora de ejecutar varios servicios ciudadanos, como la movilidad o la administración.

Endesa ya ha instalado más de un millón de nuevos telecontadores en la ciudad que permiten un mayor conocimiento y optimización del consumo por parte del cliente. Estos sistemas tienen como finalidad facilitar y aumentar la capacidad de previsión y adaptación del consumo, comportando un ahorro económico al ciudadano y a su vez, una reducción de la emisión de gases.

Uno de los planes de mejora de la ciudad es el que involucra al vehículo eléctrico. En este sentido Barcelona se ha convertido en impulsora de la movilidad eléctrica a través de acciones, como la creación de la primera "Isla de energía Endesa". Se trata del primer punto de recarga rápida del vehículo eléctrico de España, implantado en una estación de servicio del distrito 22@ de la Ciudad Condal.

La Compañía también ha puesto en marcha nuevos sistemas de alumbrado público que sean capaces de unir un cómodo tránsito por la vía urbana, una reducción importante de la contaminación lumínica y un menor uso de recursos energéticos utilizando lámparas Led.

4.2.3 Búzios (Brasil)

En el proyecto de Búzios se está realizando la conversión de la red de distribución en una red más inteligente, con medidores digitales y una automatización capaz de integrar toda la generación existente, las nuevas energías renovables y los vehículos eléctricos.

Entre los beneficios con los que cuenta la ciudad se encuentra:

- La posibilidad de aplicar tarifas diferenciadas de acuerdo con el horario de consumo.
- La utilización de lámparas de LED en el alumbrado público.
- Un mayor incentivo a la eficiencia energética de las instalaciones de edificios públicos, permitiendo controlar el consumo por equipo en tiempo real.
- Una red de distribución más eficiente con sistemas de control automáticos, reduciendo la duración de la interrupción del suministro.

4.2.4 Santiago de Chile

En Santiago de Chile se ha desplegado el proyecto en el distrito Ciudad Empresarial de Santiago. Su objetivo es integrar tecnologías como el smart metering, la automatización de la red, los vehículos eléctricos, la iluminación pública y la generación distribuida, evaluando sus aspectos económicos, técnicos y sociales.

Smartcity Santiago integra distintas iniciativas que combinan innovación, eficiencia y sostenibilidad, como son:

- Transporte público eléctrico: autobuses y taxis.
- Instalación de una “electrolinera”.
- Instalación de medidores inteligentes con comunicación bidireccional.
- Tecnología solar para el calentamiento de agua.
- Sistema de generación fotovoltaica.
- Letreros de datos con mensajería variable en carreteras.
- Alumbrado público LED.
- Iluminación ornamental para áreas verdes.
- Wifi público de libre acceso y banda ancha para teléfonos móviles.

Otros proyectos de Smart Cities en España:

4.2.5 Zaragoza

El proyecto de Zaragoza va desde la administración electrónica a la implantación de estructuras de telecomunicaciones o el uso de software libre. También se controlan de forma inteligente el alumbrado público o el abastecimiento de agua (en busca de ahorro y eficiencia).

4.2.6 Gijón

Se encuentra entre las cinco primeras ciudades españolas en lo que se refiere a servicios de administración electrónica y open data, y también está muy bien posicionada en movilidad eléctrica gracias a la flota de vehículos municipales.

4.2.7 Donostia

Con un enfoque muy proactivo, Donostia-San Sebastián está trabajando para implantar su futura estrategia de ciudad inteligente: la Estrategia 2020.

4.2.8 Vitoria

La ciudad está trabajando en varios proyectos innovadores, como:

“Anillo Verde”, donde se han desarrollado parques periurbanos con valor ecológico en la ciudad.

- El plan de reducción de la contaminación acústica.
- La concienciación ciudadana con el plan de residuos residenciales.
- El desarrollo del transporte sostenible en la ciudad.

4.2.9 Bilbao

Bilbao está en el Top 5 de las ciudades inteligentes de España. Como parte de la iniciativa financiada por la Unión Europea, la ciudad ha cambiado por completo para reducir su impacto medioambiental, incrementar la eficiencia energética y de transportes y aumentar su atractivo turístico. La campaña de concienciación del cambio climático y el consumo de agua de la ciudad ha logrado la meta de recortar el gasto del agua en un 8% para el 2020.

4.2.10 Madrid

Un ejemplo es el Centro Integrado de Seguridad y Emergencias (CISEM), que coordina y organiza cuerpos como la Policía o el Samur y ha conseguido unos tiempos de respuesta inferiores a los 8 minutos. Algo parecido ocurre con los centros de control de movilidad encargados de medir la afluencia de tráfico en tiempo real (tanto en la M-30 como dentro de la ciudad). Para ello utilizan sensores enterrados que cuentan el número de coches que pasan por las calles.

4.2.11 Santander

Santander cuenta con gran cantidad de sensores, que se ocupan de recoger información del estado de la ciudad. Esto puede ir desde el estado del tráfico hasta la meteorología o la contaminación del ambiente. Un ejemplo para ilustrar la utilidad, es el de los sensores de riego, que normalmente se rigen por una programación basada en un horario.

Otros proyectos de Smart Cities en Latinoamérica:

4.2.12 Montevideo (Uruguay)

Como una de las ciudades más pequeñas de toda la región, Montevideo destaca por ser la ciudad con mayor calidad de vida en toda América Latina. También sobresale como centro tecnológico al tener varios programas en universidades que quieren impulsar la iniciativa empresarial, con el fin de que Uruguay se convierta en el mayor exportador de software per cápita de Latinoamérica.

4.2.13 Medellín (Colombia)

La ciudad es considerada como una de las ciudades que más transformaciones ha tenido en el continente. La infraestructura del metro y el metro-cable es una de las más grandes apuestas para la integración de las comunidades más pobres con el resto de la ciudad, lo que convierte a Medellín en un ícono mundial para la inclusión y el tránsito inteligente.

4.2.14 Curitiba (Brasil)

La ciudad brasileña es considerada como pionera en cuanto a planificación urbana e introducción de nuevos modos de movilidad, especialmente en las soluciones para los sistemas de transporte público.

4.2.15 Buenos Aires

Con el objetivo de combatir el tráfico se desarrolló un sistema propio de transporte másico llamado Metrobus y una red de bicicletas. Se trata, además, de la única ciudad que cuenta con un Ministerio dedicado exclusivamente a que la ciudad se convierta en inteligente, se llama “Ministerio de la Modernización”.

4.2.16 Bogotá (Colombia)

Esta ciudad fue la pionera en la implementación de BRT (‘Bus Rapid Transit’, TransMilenio), uno de los sistemas de transporte público más extensos y utilizados en el mundo. También se destaca por ser la primera ciudad latinoamericana en implementar las ciclo-rutas y taxis eléctricos.

4.2.17 Ciudad de México

Se trata de una de las ciudades que más promueve la creación de edificios verdes e inteligentes. También destaca por ser una de las primeras ciudades en implementar el sistema de bicicletas compartidas en la ciudad para poder acelerar y descongestionar el tráfico. Actualmente el sistema cuenta con casi 4.000 bicicletas, y espera llegar a 6.000 en un futuro cercano. Otra de los campos en los que es pionera en América Latina es en la introducción de sistema de “CarShare” (coches compartidos), con más de 40 vehículos disponibles, de los cuales algunos son eléctricos.

5. Recomendaciones

Debe destacarse que para que una micro red pueda aportar los beneficios de menores costos, mayor confiabilidad, mejor calidad de servicio y producto, reducción de las emisiones que los sistemas convencionales, las mismas deben ser adecuadamente diseñadas e implementadas. Con un diseño pobre o no óptimo de una micro red se obtendrían en realidad mayores costos, menor eficiencia y confiabilidad que los sistemas convencionales, y aún mayores emisiones. En efecto, los sistemas de transmisión y distribución actuales son muy confiables y eficientes en cuanto al costo por unidad de energía transportada. Lograr las ventajas que puede aportar la GD implementada en una arquitectura de micro red sobre los sistemas de transmisión y distribución convencionales es difícil, a menos que se utilice la tecnología de generación adecuada y se diseñe cuidadosamente para poder lograr de la misma los beneficios adicionales que presentan ciertas tecnologías, como por ejemplo cogeneración. Sin estos beneficios adicionales, las micro redes no aportarían reales beneficios sobre las instalaciones convencionales a los costos actuales del equipamiento de GD.

Las aplicaciones de micro-redes, que aún se encuentran a nivel de prototipo y proyectos de demostración, muestra que la micro-red es una alternativa promisoría, sin embargo no hay consenso todavía respecto de si las micro-redes van a emerger como una parte significativa de los sistemas eléctricos, o si se trata de un nicho de aplicación, aplicable a algunos casos muy particulares. Las micro-redes pueden ofrecer muchos beneficios en términos de eficiencia y mejoras en la confiabilidad de suministro, y en la reducción de las ampliaciones de los sistemas de transmisión y distribución. Sin embargo, una migración masiva de los sistemas eléctricos hacia las micro-redes requeriría de una redefinición de los sistemas eléctricos en su conjunto. Más aun, existe todavía aspectos técnicos y de costo que deben ser superados para lograr un uso generalizado de las micro-redes.

Un tema muy importante a tener en cuenta, es la composición de la Matriz Primaria Energética Nacional, ya que si determinados recursos naturales son abundantes dentro de una Nación, puede afectar en forma negativa a la formación de micro-redes. Por ejemplo, si tienen abundancia de gas natural, los precios de los combustibles pueden ser muy competitivos en forma local y favorecer a los grandes generadores a producir energía a precios muy favorables. Luego las redes de Extra alta tensión, permiten favorecer la intercomunicación regional entre zonas que hagan que las redes de menor volumen de necesidades eléctricas, no sean competitivas a nivel costo como para favorecer la formación y desarrollo de estas micro redes, que en general, necesitan de mucha tecnología para ser eficientes y que el factor de escala no las favorece.

Otra característica puesta como ejemplo, puede ser la abundancia de recursos renovables dispersos regionalmente, que haga que con la baja de los costos de instalación en grandes volúmenes y abundancia de dicho recurso primario de calidad, permita incorporar energía de bajo costo al sistema integrado que aunque se le sume los costos de redes de transporte de larga distancia y sumada a las pérdidas del transporte, resulten aun así, más conveniente que generar localmente dentro de la micro red.

Ambos casos aplican conceptualmente a Argentina, como sistema integrado de recursos primarios de energía, ya que no activan mecanismos de incentivos a necesidades de cerrar fronteras a micro redes, sino por el contrario, el sistema ha incorporado redes de transporte de energía a lo largo del sistema, que permiten trasladar la energía de punta a punta en forma

eficiente, aprovechando recursos dispersos y con demanda concentrada. Pero lo mismo, el aprovechamiento a modo local ha evolucionado de tal forma que hoy día existen importantes incentivos a realizar micro redes locales que compiten por la eficiencia del sistema ya sea por cuestiones de seguridad, como también por beneficios económicos. Y cada vez hay más usuarios comprometidos por incentivos de características humanitarias de descontaminación en la emisión de gases de efecto invernadero. La concientización ha dado su fruto y ante eminentes acciones climáticas, cada vez son más los participantes en la aplicación de micro redes para la mitigación de dichos efectos.

EN PROCESO DE DISEÑO

6. Estructura organizacional del sector energético

La estructura organizacional e institucional del sector energético, significa: una única empresa verticalmente integrada, posibilidad de la existencia de IPPs (independent power producer), mercado de competencia, etc.

Este es un elemento clave para identificar los requerimientos y factibilidad de implementación del diseño energético eficiente para la Smart City. En efecto, si se trata de una estructura verticalmente integrada donde los distintos estamentos del sector los maneja una empresa, el planteo de los objetivos y mecanismos de implementación pueden diferir notablemente, de si se trata de una estructura de mercado de competencia, donde existen generadores independientes que ofertan sus servicios a precio de mercado.

La reglamentación en la actualidad de Argentina, permite que el sector se desarrolle en beneficio de sistemas inteligentes con la producción local de micro sistemas de generación a nivel usuario, que favorece la creación de estos tipos de técnicas. Las empresas distribuidoras han sido obligadas a través de legislación nacional e implementación local, a aceptar usuarios generadores denominados Prosumidores, que generan energía de característica renovable dentro de sus áreas de concesión. Los sistemas, tienen que tener medidores inteligentes que se comunican en forma directa y en tiempo real, la producción que generan y poseen protecciones que permiten desacoplar los sistemas en forma remota. Si bien es cierto que esto por ahora no es injerencia de los operadores del sistema, la inversión del sector privado permite dicha operación a futuro.

La implementación en edificios tanto públicos como privados de sistemas BMS, permitirán controlar la potencia de demanda en determinados momentos del sistema, que va en pos de las técnicas que necesita un Smart City, para tener control del mismo.

La cantidad de usuarios generadores de energía eléctrica para autoconsumo a partir de fuentes renovables se quintuplicó en 2020 y la potencia instalada se incrementó en un 170%, de acuerdo con el informe de la Secretaría de Energía. El régimen promocional de la denominada Generación Distribuida permite que los clientes de la red eléctrica (sean hogares, Pymes, industrias o establecimientos agrícolas), generen energía para su autoconsumo a partir de fuentes renovables y puedan inyectar el excedente a la red.

El Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública ya cuenta con 12 provincias adheridas y 141 distribuidoras y/o cooperativas eléctricas inscriptas. El programa que funciona desde abril de 2019 y opera en el ámbito de la Subsecretaría de Energía Eléctrica, incorporó más de 350 nuevos usuarios. Ver informe de febrero de 2021.

El régimen creado por la ley n° 27.424 apunta a disminuir el impacto ambiental del consumo energético, bonifica a los usuarios con un ahorro económico en la factura del servicio eléctrico y otorga la posibilidad de acceder a una serie de beneficios promocionales, entre los que se encuentra el Certificado de Crédito Fiscal. En caso de producirse, el excedente de energía generada puede ser inyectada a la red y los usuarios reciben una compensación por ello.

La norma estableció el marco regulatorio para que todos los ciudadanos conectados a la red eléctrica puedan generar energía para su autoconsumo en hogares, PyMEs, grandes industrias, comercios, producción agrícola, entes públicos y organismos oficiales, entre otras actividades.

La instalación de los equipos queda a cargo del usuario particular y debe ser realizada por un instalador calificado autorizado, siguiendo los parámetros técnicos establecidos en la normativa.

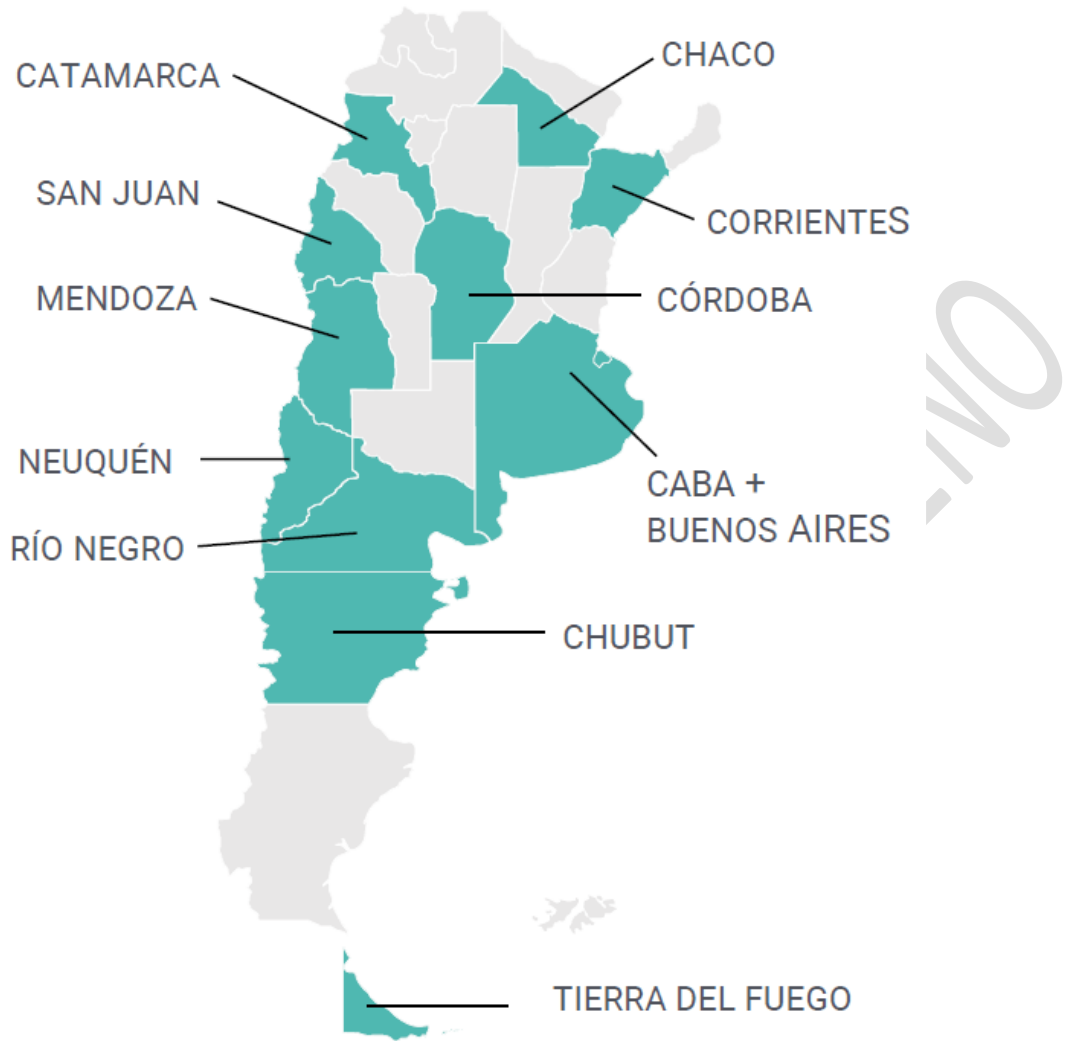


Figura 8: Mapa Nacional de adhesiones.

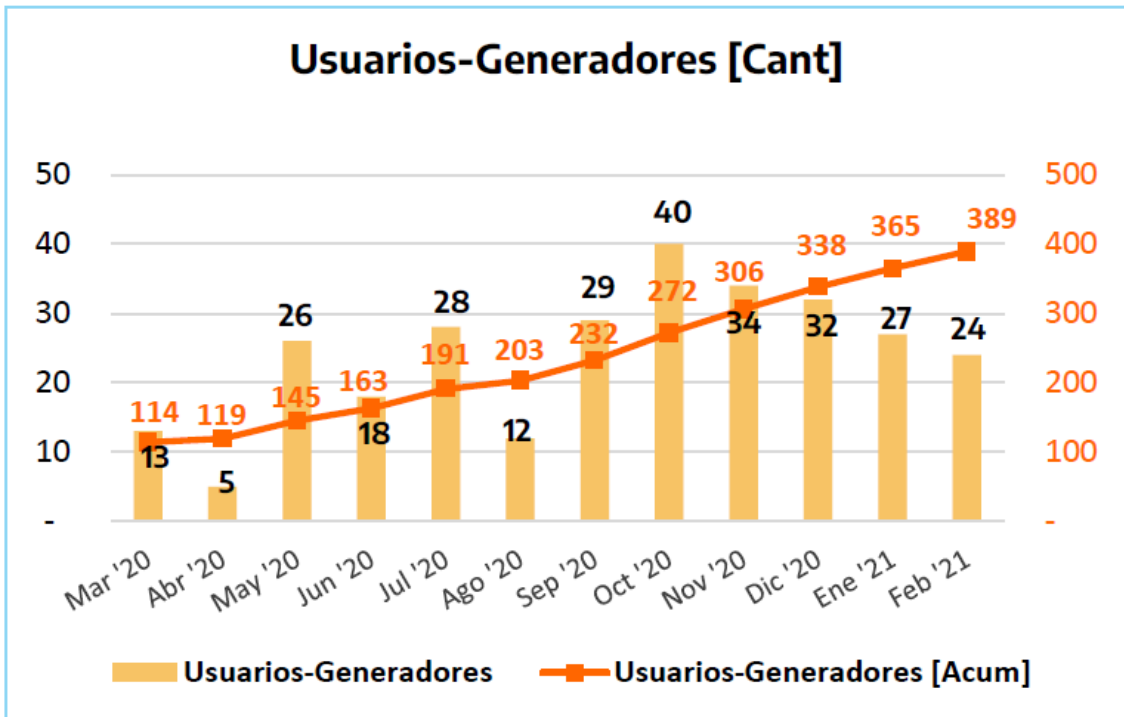


Figura 9: Cantidad de usuarios transformados en generadores. Fuente: Secretaria de Energía.

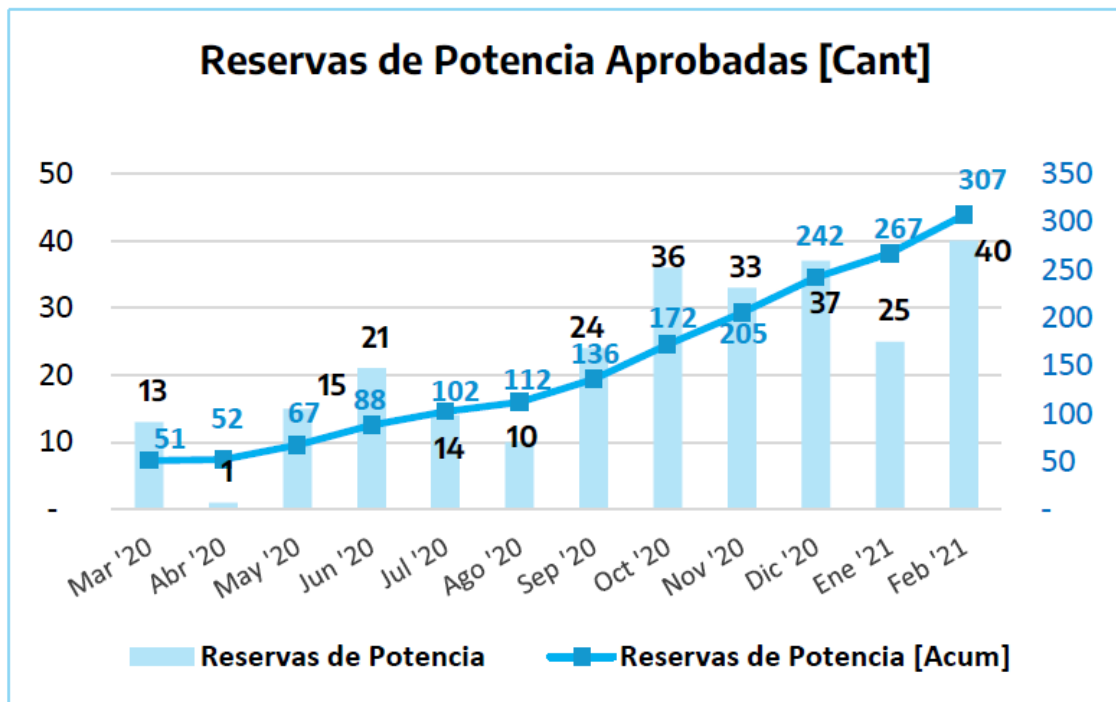


Figura 10: Reserva de Potencia aprobada. Fuente: Secretaria de Energía.

En ambos gráficos se observan al momento 389 usuarios que han realizado el trámite y de 307 que han aprobado la reserva de potencia.

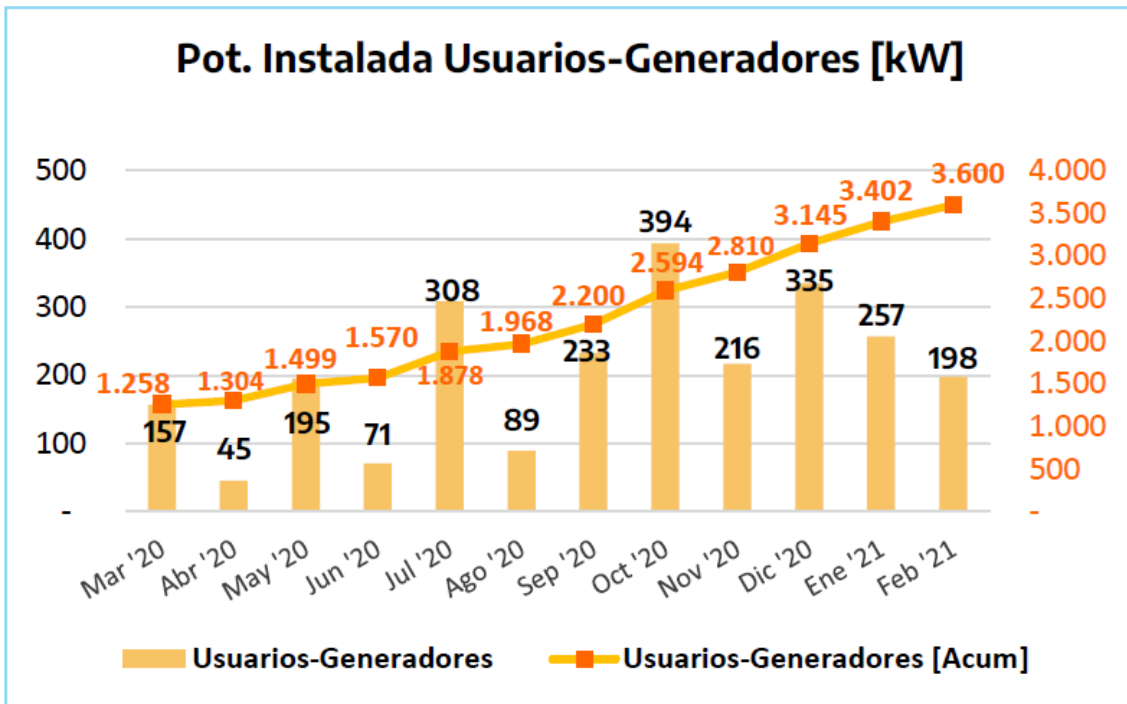


Figura 11: Usuarios instalados y conectados a la red. Fuente: Secretaría de Energía.

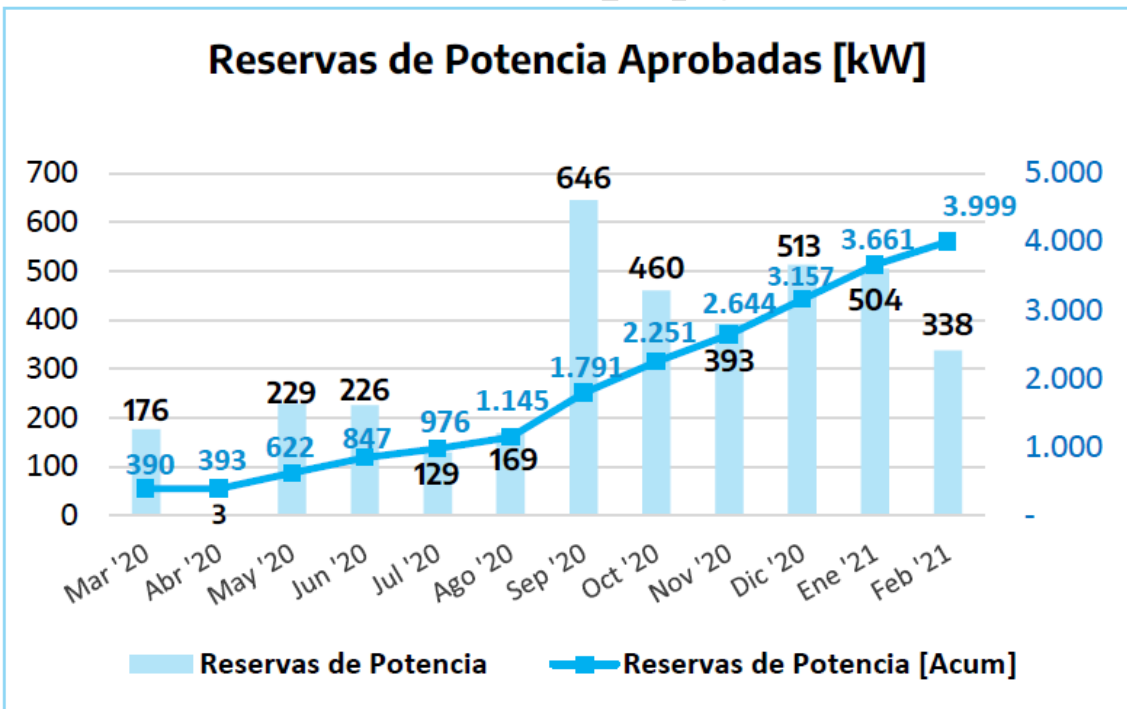


Figura 12: Potencia reservada por el Distribuidor. Fuente: Secretaría de Energía.

Existen 3.600 kW de potencia instalada, proveniente de usuarios instalados y conectados a la red mediante un medidor bidireccional. Y existen 3.999 kW de Potencia Reservada por el distribuidor, de los cuales 560 kW están a la espera de la conexión del medidor.

	Usuarios-Generadores [Cantidad]	Potencia Usuarios-Generadores [kW]	Tramites en curso [Cantidad]	Potencia Tramites en curso [kW]
CÓRDOBA	229	1.970,4	126	2.059
MENDOZA	22	578	8	212,4
BUENOS AIRES	93	552,4	124	961,5
CABA	39	444,8	24	494,9
CHUBUT	5	22,7	2	4,75
CHACO	1	31,5	5	104,5
CORRIENTES	-	-	4	83
RIO NEGRO	-	-	14	78,7
TOTAL	389	3.600	307	3.999

Figura 13: Trámites por Cantidad y Potencia [kW] distribuidos por Provincia. Fuente: Secretaria de Energía.

Distribución por Cantidad: 65% Residencial, 30% C&I Distribución por Potencia: 24% Residencial, 65% C&I

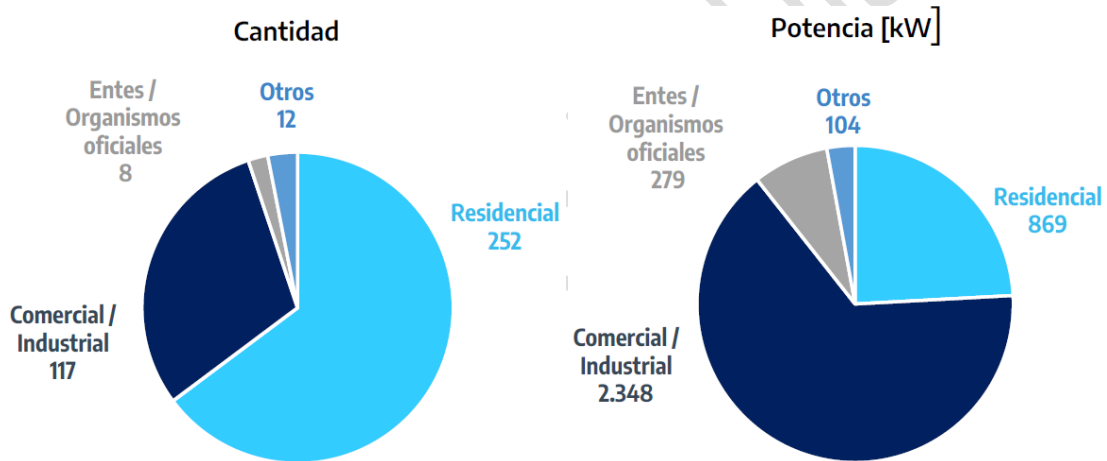


Figura 14: Distribución por tipo de usuario. Fuente: Secretaria de Energía.

Como se ha observado en las figuras precedentes, ya es eminente la participación de los usuarios en el sector de generación, participando en su totalidad (por ahora) en proyectos de generación fotovoltaica.

EN PROCESO DE DISEÑO

7. Autos eléctricos

La mitad de la población mundial se concentra en el 2% de la superficie del planeta. Es precisamente en las ciudades donde se consume el 75% de la energía que se produce y al mismo tiempo, se libera el 80% de las emisiones de CO₂.

Gran parte de estas emisiones son ocasionadas por la movilidad. Por ese motivo la filosofía Smart City tiende hacia la implantación de una movilidad más limpia e inteligente, llamada eMobility.

La eMobility no solo se centra en la movilidad eléctrica, sino que se basa en la combinación de distintos tipos de movilidad que puede haber en una ciudad: a pie, bicicleta, transporte público o privado, etc. Su objetivo es conseguir una movilidad inteligente, que facilite el transporte de viajeros ahorrando en costes económicos, ambientales y de tiempo.

7.1 La movilidad inteligente en las ciudades

Existen distintos tipos de movilidad posibles dentro de las ciudades. El objetivo de la eMobility es contribuir a la mejora de todas ellas, para que sea más fácil su utilización.

7.1.1 Movilidad a pie

La movilidad a pie es una forma saludable y fundamental de desplazarse. Además, no es costosa, no contamina y es accesible para casi todos.

La eMobility pretende promover este tipo de movilidad, favoreciendo los desplazamientos no motorizados en toda la ciudad:

- Poniendo al peatón como máxima prioridad en una ciudad sostenible.
- Mejorando los desplazamientos a pie haciéndolos más cómodos y seguros.
- Implementando pasos de peatones inteligentes, que detectan la presencia de un peatón y activa un panel luminoso de aviso para los conductores.

7.1.2 Movilidad en bicicleta

Con el objetivo de tener una movilidad urbana más rápida, saludable y no contaminante, las Smart Cities promueven el uso de bicicletas en las ciudades. Lo hacen de dos formas. Por un lado, invirtiendo en adecuar las calles y carreteras, construyendo carriles por donde puedan circular de forma fluida y segura. Por otro, fomentan los programas de alquiler o préstamo de bicicletas a los ciudadanos, a través de puntos repartidos por la ciudad.

7.1.3 Transporte público

La mejora del transporte público es un factor fundamental de la movilidad inteligente. Apostar por una flota de vehículos eléctricos es clave para contribuir a la sostenibilidad de la ciudad. Además, para poder competir con el transporte privado, el público debe ofrecer ventajas como:

- Ser más rápido o económico.
- Ofrecer servicios complementarios al ciudadano, como internet a bordo o apps informativas.
- Mejorar la accesibilidad para personas invidentes y personas con movilidad reducida.
- Sistemas de pago ágiles.

7.1.4 Transporte privado

Las iniciativas en una Smart City en relación al uso del transporte privado se centran en reducir las emisiones de CO2 de coches en la ciudad. Para ello algunas medidas son:

- Limitar la entrada de vehículos de combustión interna en las ciudades mediante peajes o restricción de acceso a algunas zonas.
- Fomentar el uso de automóviles de 0 emisiones, como el coche eléctrico, a través de incentivos. Por ejemplo: acceso libre a áreas restringidas o estacionamiento gratuito, o mediante la implantación de servicios de carsharing o préstamo de coches eléctricos a los ciudadanos. También se favorece el uso de flotas eléctricas en empresas de reparto, con beneficios como el acceso a zonas restringidas o un horario más amplio.
- Reducir el uso de automóvil privado, por ejemplo, incentivando el carpooling o uso compartido de vehículos entre personas que se dirigen al mismo lugar.
-

7.2 El auto eléctrico

Un auto eléctrico es aquel que se impulsa con la fuerza que produce un motor alimentado por electricidad.

Un motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. El elemento conductor que tienen en su interior tiende a moverse cuando está dentro de un campo magnético y recibe corriente eléctrica.

Hay motores eléctricos de todos los tamaños, que impulsan desde un auto de radiocontrol a una locomotora.

Los motores eléctricos ofrecen numerosas ventajas frente a los de combustión, empezando por un menor tamaño y peso, además de una mayor sencillez técnica. Su utilización también presenta ventajas desde el punto de vista medioambiental, ya que permite disminuir el nivel de emisiones de CO2 a la atmósfera.

7.2.1 Historia del auto eléctrico

El coche eléctrico fue uno de los primeros automóviles que se desarrollaron. De hecho, existieron vehículos eléctricos anteriores al motor de cuatro tiempos sobre el que Diésel (motor diésel) y Benz (gasolina) basaron el automóvil de combustión.

Entre 1832 y 1839, el hombre de negocios escocés Robert Anderson inventó el primer vehículo eléctrico puro. El profesor Sibrandus Stratingh de Groninga, en los Países Bajos, diseñó y construyó con la ayuda de su asistente Christopher Becker vehículos eléctricos a escala reducida en 1835 y en 1897 se utilizó el primer taxi eléctrico en Nueva York.

Justo antes de 1900, los automóviles eléctricos realizaron registros de velocidad y distancia notables, entre los que destaca la ruptura de la barrera de los 100 km/h por Camille Jenatton el 29 de abril de 1899 (105,88 km/h). En 1906 la marca suiza Triebelhorn lanzó buses con autonomía de 60 a 100 km y una velocidad de 25 km/h.

La introducción del arranque eléctrico del Cadillac en 1913 simplificó la tarea de arrancar el motor de combustión interna, que antes de esta mejora resultaba difícil y a veces peligroso. Esta innovación, junto con el sistema de producción en cadena de montaje de forma masiva y relativamente barata implantado por Ford desde 1908, contribuyó a la caída del vehículo eléctrico. Además, las mejoras se sucedieron a mayor velocidad en los vehículos de combustión interna que en los vehículos eléctricos.

A finales de 1920 la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales muy concretas, como montacargas (introducidos en 1923 por Yale), toros elevadores de batería eléctrica, o carros de golf eléctricos, con los primeros modelos de Lektra en 1954.

En 1996 el auto eléctrico volvió a surgir de nuevo, empezando así un goteo continuo de lanzamientos de nuevos coches eléctricos por las marcas de automóviles más importantes. Actualmente la oferta de coches eléctricos casi se ha triplicado en los últimos años, siendo cada vez más económicos y por lo tanto, más accesibles para todos.

7.2.2 Componentes principales de un auto eléctrico

Un auto eléctrico se compone básicamente de los siguientes elementos:

Motor Eléctrico

El motor de un auto eléctrico puede ser un motor de corriente alterna (AC) o de corriente continua (DC). La diferencia entre estos los dos tipos, principalmente, es la forma de alimentación. El de corriente continua se alimenta directamente desde la batería principal, y el de corriente alterna se alimenta a través de la energía que emite la batería previamente transformada en corriente alterna a través del inversor.

Cargador

El cargador o transformador convertidor es aquel elemento que absorbe la electricidad de forma alterna directamente desde la red y la transforma en corriente continua, para así poder cargar la batería principal.

Batería

Las baterías de litio-ion almacenan la energía que le cede el cargador en forma de corriente continua (DC). Esta batería principal es el medio por el que se alimenta todo el auto eléctrico. En los coches que tienen un motor eléctrico de corriente continua, esta batería va directamente conectada al motor. En cambio, en los coches eléctricos que tienen un motor eléctrico de corriente alterna, la batería va conectada a un inversor.

Inversor

Los inversores u onduladores son necesarios solo para coches con motor eléctrico de corriente alterna (AC). Son los encargados de transformar la corriente continua que cede la batería principal, en corriente alterna para alimentar al motor.

Conversor

El conversor transforma la alta tensión de corriente continua, que aporta la batería principal, en baja tensión de corriente continua. Este tipo de corriente es el que se utiliza para alimentar las baterías auxiliares de 12 V, que son las que alimentan los componentes auxiliares eléctricos del auto.

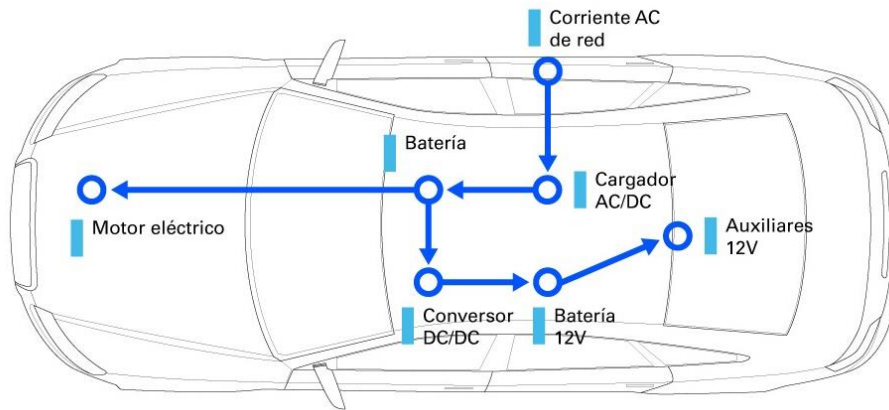


Figura 15: Esquema general sobre los componentes de un vehículo eléctrico con motor en corriente continua (DC)

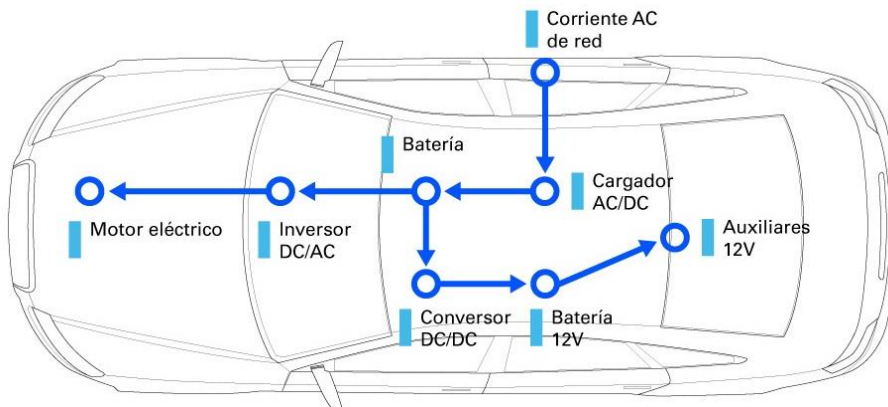


Figura 16: Esquema general sobre los componentes de un vehículo eléctrico con motor en corriente alterna (AC)

7.2.3 El vehículo híbrido eléctrico

Además del vehículo eléctrico puro existe en la actualidad otro tipo de coche eléctrico, el llamado híbrido. Son aquellos que combinan un motor eléctrico con uno de combustión para su funcionamiento.

Existen dos tipos o modelos de híbridos eléctricos:

Vehículos Híbridos Eléctricos (HEV)

Los vehículos híbridos eléctricos (HEV) están equipados con un motor de combustión interna y un motor eléctrico de imanes permanentes, que no necesita ser enchufado para su carga.

En marcha constante, el ICE (motor de combustión interna) impulsa tanto al tren motor como al motor eléctrico. Una variación electrónica de la multiplicación regula un régimen óptimo para ambos motores.

En los adelantamientos se obtiene potencia adicional del motor eléctrico, alimentado por las baterías. En la frenada, el motor eléctrico actúa como generador eléctrico, recuperando parte de la energía cinética.

A bajas velocidades sólo el motor eléctrico impulsa el vehículo, con cero emisiones. Al parar, el motor de combustión se apaga, no consumiendo combustible.

Vehículos Híbridos Enchufables (PHEV)

En este tipo de coches, el motor eléctrico y el de combustión se van alternando para ofrecer mejor rendimiento y mayor eficiencia. Tienen su depósito de combustible, pero también hay que cargarlos en una red externa. Su ventaja principal es que permiten realizar trayectos largos con un nivel bajo de emisiones.

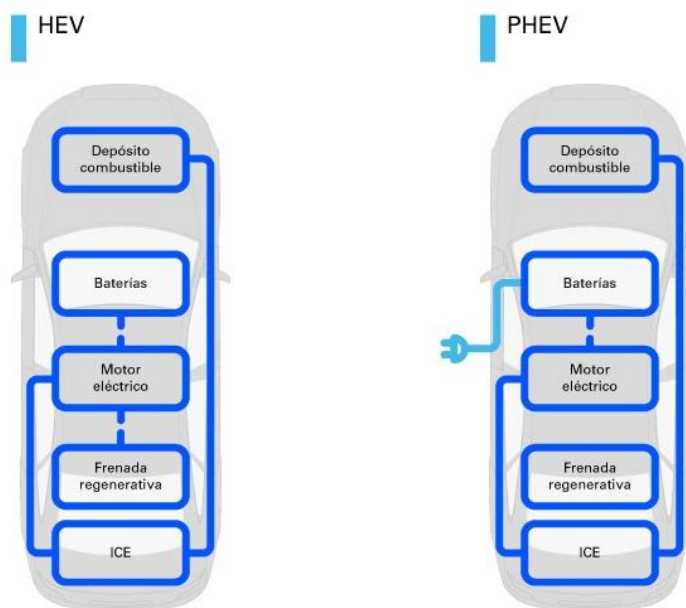


Figura 16: Los diferentes modelos de vehículo híbrido eléctrico.

7.2.4 Cómo se recargan los autos eléctricos

En lugar de reponer combustible en una estación de servicio, un auto eléctrico se enchufa a la red para recargar sus baterías. La recarga eléctrica puede hacerse en el garaje de casa con una toma convencional o con una de más potencia, reduciendo a la mitad el tiempo de carga, o bien en los puntos públicos de recarga.

Los tiempos de carga oscilan entre 3 y 10 horas, dependiendo del modelo de auto eléctrico y del tipo de recarga. Algunos vehículos disponen de aplicaciones informáticas que permiten gestionar la recarga a distancia (programarla y aprovechar tarifas eléctricas más ventajosas, por ejemplo).

Otro sistema para tener las baterías cargadas es la sustitución de las mismas en el momento que se agotan. Con este método, sustituimos en un centro especializado las baterías gastadas por unas a tope de carga, operación que tarda menos que una recarga.

Existen distintos tipos de recarga del auto eléctrico:

Recarga Convencional - Lenta

La carga convencional emplea la intensidad y voltaje eléctricos del mismo nivel que la propia vivienda (16 A y 220 V). Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 3,5 kW. Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda unas 8 horas.

Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje, lo que es más eficaz debido a la baja demanda energética en ese período.

Recarga Semi-Rápida

La carga semi-rápida emplea 32 A de intensidad y 220 V de voltaje eléctrico. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 7,0 kW. Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda unas 4 horas.

Esta solución también es óptima para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje.

Recarga Rápida

La carga rápida emplea una mayor intensidad eléctrica y además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 50 kW. De esta forma, la batería tarda 15 minutos en cargarse al 65%.

Esta solución es la que, desde el punto de vista del cliente, más se asemeja a sus hábitos actuales de reposición con un vehículo de combustión. Aun así, la recarga rápida debe ser concebida como extensión de autonomía o cargas de conveniencia y no para uso habitual. Esto es porque las exigencias a nivel eléctrico son mayores que en la recarga convencional. Por ejemplo, la potencia requerida para este tipo de instalaciones es comparable a la de un edificio de 15 viviendas. Por lo tanto, la recarga rápida puede implicar la adecuación de la red eléctrica existente.

7.2.5 Ventajas y desventajas

En el cuadro siguiente se presentan las principales ventajas y desventajas del auto eléctrico.

Ventajas del motor eléctrico en automóviles	Desventajas del motor eléctrico en automóviles
No emite gases a la atmósfera.	Autonomía limitada en función del modelo.
Producido en serie, es más compacto, más barato y mucho más simple que un motor de combustión interna.	Tiempo de reposición elevado: se requieren horas para recargar la batería.
Es más silencioso.	Las baterías eléctricas tienen fecha de caducidad: es necesario sustituirlas con el tiempo.
Funciona a pleno rendimiento sin necesidad de variar su temperatura.	Aumentan la demanda de electricidad proveniente de microgeneradores o centrales eléctricas. A más demanda, más generación y más consumo de los recursos naturales.
No necesita cambio de marchas.	
Es posible arrancar desde cero con una velocidad máxima.	
Posibilidad de descentralizar la generación de movimiento y tener una nueva distribución del espacio del coche.	

La eficiencia del motor eléctrico se sitúa alrededor del 90%.	
Puede recuperarse la energía de las frenadas o parte de ella para recargar las baterías.	
El auto puede aportar también energía a la red eléctrica (Vehicle 2 Grid).	
Ventajas del motor eléctrico en automóviles	Desventajas del motor eléctrico en automóviles
No emite gases a la atmósfera.	Autonomía limitada en función del modelo.
Producido en serie, es más compacto, más barato y mucho más simple que un motor de combustión interna.	Tiempo de reposición elevado: se requieren horas para recargar la batería.
Es más silencioso.	Las baterías eléctricas tienen fecha de caducidad: es necesario sustituirlas con el tiempo.
Funciona a pleno rendimiento sin necesidad de variar su temperatura.	Aumentan la demanda de electricidad proveniente de microgeneradores o centrales eléctricas. A más demanda, más generación y más consumo de los recursos naturales.
No necesita cambio de marchas.	
Es posible arrancar desde cero con una velocidad máxima.	
Posibilidad de descentralizar la generación de movimiento y tener una nueva distribución del espacio del coche.	
La eficiencia del motor eléctrico se sitúa alrededor del 90%.	
Puede recuperarse la energía de las frenadas o parte de ella para recargar las baterías.	
El auto puede aportar también energía a la red eléctrica (Vehicle 2 Grid).	

Figura 17: Cuadro de ventajas y desventajas del auto eléctrico. Fuente ENEL.

Dentro de las desventajas que se enumeran, es la del aumento de la demanda de energía dentro de las redes de distribución. Ahora bien, la eficiencia en el transporte y la generación por unidad calórica de energía eléctrica, es mucho más eficiente en los sistemas de gran potencia y de altas tensiones de los sistemas de generación, que en la combustión de los combustibles en los motores de los vehículos. Por lo tanto lo que el cuadro marca como desventaja, es el que en los sistemas actuales, no se tiene previsto a los usuarios de automóviles, dentro de la matriz secundaria de energía eléctrica, sino más bien esta tenido este consumo dentro de la matriz primaria de combustibles.

El sistema tiene que madurar y crecer, de tal manera que cuando la demanda eléctrica del sector transporte empiece a ser importante, los sistemas de distribución y transporte tienen que estar preparados para este nuevo actor dentro del sistema.

7.2.6 Recarga en Argentina

En cuanto al tema de recarga de baterías de autos eléctricos en Argentina, solo abordaremos un ejemplo de un puesto de carga en Buenos Aires. El mismo se encuentra ubicado sobre la autopista que une la Ciudad de Buenos Aires con la Ciudad de la Plata.

En la estación de YPF, se ha observado la instalación de un puesto de carga que permite a los usuarios de autos eléctricos, la recarga de sus baterías de litio, con calidad y rapidez, conforme a la tecnología.



Figura 18: Imágenes de una estación de carga de baterías de auto eléctrico.

En las imágenes se observan la posibilidad de cargar en corriente alterna o en corriente continua, para los distintos modelos de autos que existen en la actualidad en el mercado local en uso frecuente.

7.3 Ejemplo de aplicación en Argentina

Si se supone que Argentina inicia una política de renovar todo su parque automotor y convertirlo a eléctrico, es importante plantear determinadas hipótesis de análisis para poder establecer la viabilidad del ejercicio.

7.3.1 Parque automotor existente

El parque automotor que cuenta la Argentina al 20 de junio de 2020, información provista por la empresa SIOMAA, es de 15.608.622 vehículos, con una antigüedad promedio de 14,8 años.

La proporción del parque por tipo de automotor se compone de un 76 % de Automóviles, un 20 % de vehículos comerciales livianos, un 2 % de camiones y buses y el 2 % restante de acoplados.

El 35,8 % se concentra en la provincia de Buenos Aires, un 20,4 % en CABA, 7,9 % en Córdoba, 7,2 % en Santa Fe y el resto del parque se reparte por el resto de provincias.

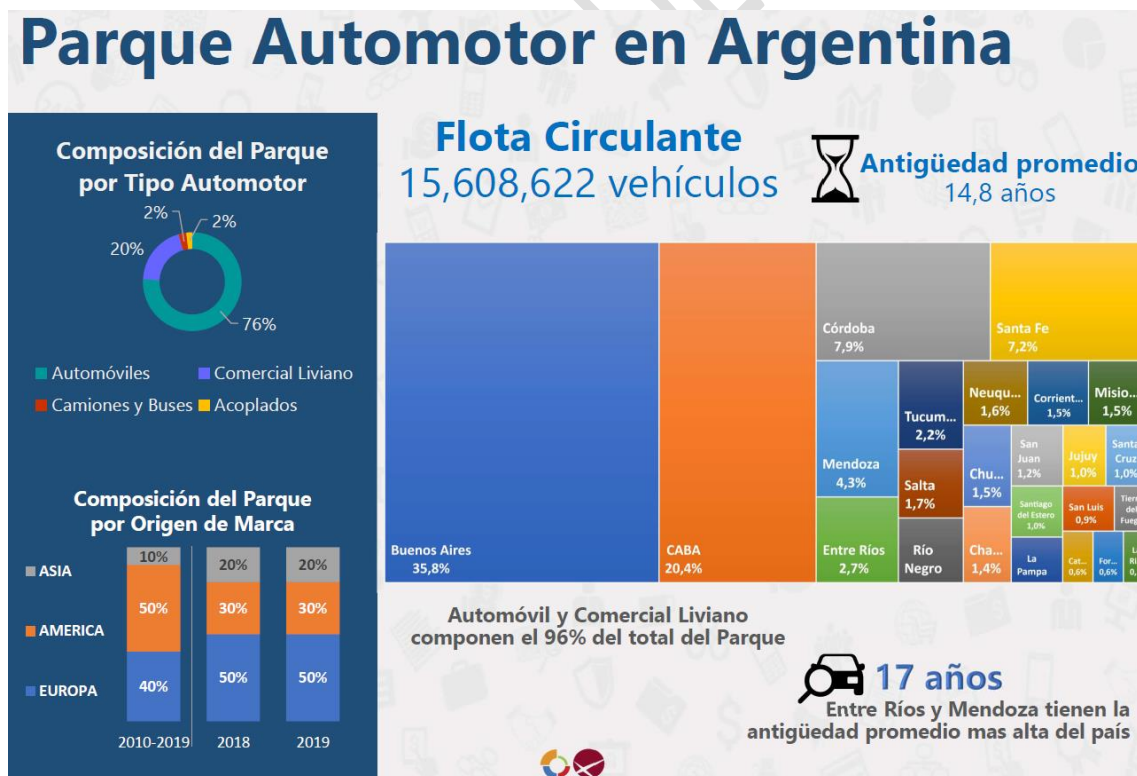


Figura 19: Composición del Parque Automotor de Argentina. Fuente: SIOMMA.

7.3.2 Demanda de potencia y energía

Del informe mensual de noviembre de 2020, se obtuvo la potencia instalada del Sistema Interconectado Nacional.



Figura 20: Potencia Instalada. Fuente: CAMMESA.

Evolución, con paso mensual, año actual contra año anterior y demanda prevista [GWh]

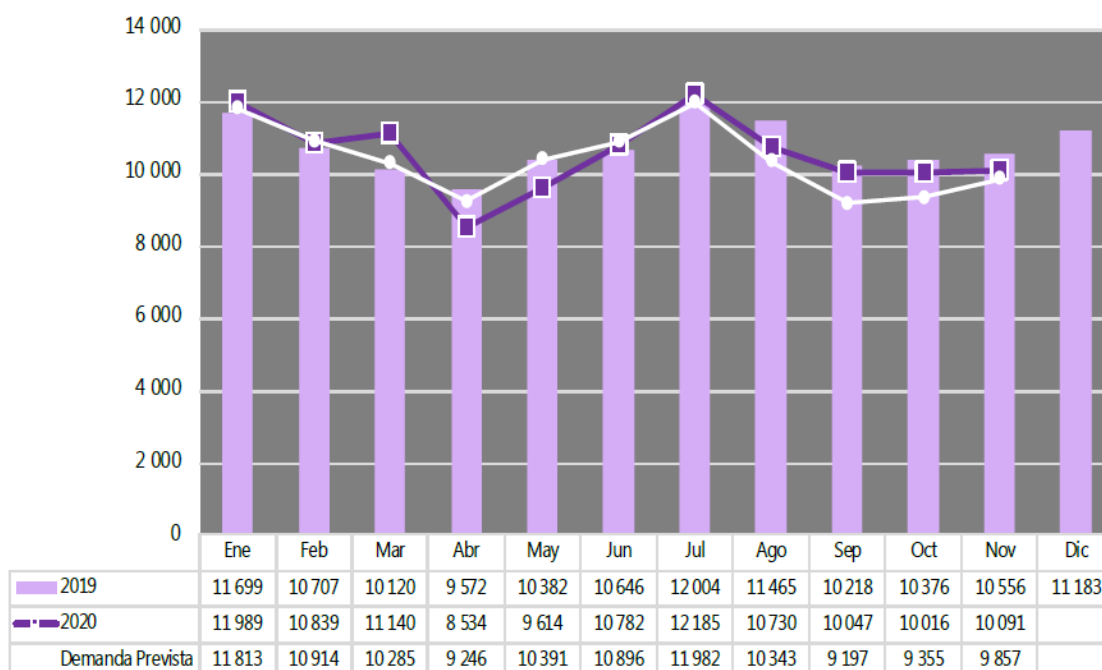


Figura 21: Energía Demandada. Fuente: CAMMESA.

Del informe de CAMMESA, se ha obtenido la demanda anual de energía, sumando y acumulando todos los meses del año 2020 y suponiendo el mismo valor de energía del mes de diciembre, como una buena estimación de la misma. El resultado final de consumo de energía anual del 2020 es de 127.150 GWh.

7.3.3 Simulación de necesidades energéticas

Hipótesis 1

Se propone realizar una simulación de las necesidades de potencia y energía en los sistemas de generación mayorista, bajo la hipótesis de una renovación anual de 1.000.000 de vehículos eléctricos.

En el punto 10.2.4, se presentó la información de tiempos y necesidades energéticas para la recarga de un vehículo eléctrico de característica clásicas.

Recarga de baterías por día de autos eléctricos						
Hipot	Carga	Potencia	kW	horas	Energía	día
10%	Rápida	50,00	kW	0,25	12,50	kWh
40%	Semi	7,00	kW	4,00	28,00	kWh
50%	Lenta	3,50	kW	8,00	28,00	kWh
100%	Ponderada	9,55	kW		26,45	kWh

Figura 22: Energía necesaria para la recarga de las baterías de un vehículo eléctrico.

Se observa que la carga rápida de baterías, solicita mucha potencia instalada disponible en el momento del requerimiento ya que 50 kW, es mucha potencia concentrada en un punto de expendio, para solo requerirlo por 15 minutos para 1 solo vehículo y cuya carga lleve a las baterías a tan solo el 65 % de su recarga. Este caso se supondrá que no será el método más utilizado, puesto que provoca un deterioro en el pronóstico de vida útil de las baterías. El resto de modalidades, se supondrá que tendrá una tendencia de uso alta y que será la más utilizada, requiriendo necesidades de potencia instalada entre 7 kW a 3,5 kW, siendo valores muchos más adecuados y menos severos al sistema existente, y puede llegar a ser beneficioso al mismo en el factor de uso de las instalaciones, si se lo utiliza en forma consciente, fuera de los horarios picos del sistema integrado nacional.

Se ha supuesto que solo el 10 % realiza recargas rápidas, que el 40 % de los usuarios realizan recargas utilizando la modalidad semi rápida, y el restante 50 % lo hacen en forma lenta de 8 hs. Esta hipótesis da un ponderado estimado de necesidades de potencia y energía, mucho menor de infraestructura necesaria para abastecer el parque automotor en renovación de fuente de combustible y tecnología.

Bajo la hipótesis inicial de recambiar 1.000.000 de autos convencionales de explosión a eléctricos en forma anual, impactará en forma directa sobre las necesidades de instalar nueva potencia para proveer energía al sistema. Dichas necesidades son bastantes importantes, de acuerdo a la modalidad de recarga que se llegue a utilizar para la recarga de las baterías y a continuación, se presenta un cuadro de cálculo estimado para las tres posibilidades de carga, y también, para la propuesta ponderada propuesta.

Recarga de baterías por día		Hipotesis-1							
		Autos Nuevos	Anual	Nuevo Parque Automotriz					
Hipot	Carga	1.000.000	Unid	Energía	día	Potencia	Inst	Energía	año
10%	Rápida	12.500.000	kWh	12,5	GWh	50.000	MW	4.563	GWh
40%	Semi	28.000.000	kWh	28,0	GWh	7.000	MW	10.220	GWh
50%	Lenta	28.000.000	kWh	28,0	GWh	3.500	MW	10.220	GWh
100%	Ponderada	26.450.000	kWh	26,5	GWh	9.550	MW	9.654	GWh

Figura 23: Necesidades de potencia y energía para un millón de vehículos anuales.

Se observa que en la modalidad rápida, extrapolada a la totalidad de vehículos, solicita al sistema en 50.000 MW, que es casi la duplicación de la potencia actual instalada. Luego para las modalidades semi y lenta, los requerimientos de potencia son muchos más adecuados y previsibles y se ha supuesto, que hay que prever un poco más, por la hipótesis de uso de algunos usuarios de la carga rápida y que por dicho motivo, hay que reforzar y proteger al sistema con más potencia nueva. El resultado del ejercicio resulta en el agregado de casi 10 GW de potencia nueva disponible por año, tan solo para abastecer el nuevo mercado de vehículos eléctricos.

En el cuadro siguiente se presenta el estado de la matriz energética nacional, en potencia instalada y energía requerida en forma anual a noviembre de 2020.

Matriz Nacional Actual			
Potencia		Demanda	
Instalada	nov-20	Anual	2020
41.991	MW	127.150	GWh

Figura 24: Matriz Energética Eléctrica actual.

Recarga de baterías por día		Porcentaje	
		%	
Hipot	Carga	Potencia	Energía
10%	Rápida	119,1%	3,6%
40%	Semi	16,7%	8,0%
50%	Lenta	8,3%	8,0%
100%	Ponderada	22,7%	7,6%

Figura 25: Impacto en forma porcentual en la Matriz Energética Eléctrica.

Se observa que el impacto en la matriz, por el agregado de un nuevo actor de consumo, es muy importante en la modalidad de carga rápida, con un impacto de un crecimiento de casi un 120 %, es decir, casi duplicar la potencia actual instalada. Esta hipótesis es casi imposible de realizar, pero es necesaria de analizar, puesto que es una posibilidad de crecimiento, debido a las características de demanda del nuevo actor.

Luego, las otras variables de recarga, hacen más posible la implementación anual de crecimiento de la potencia instalada, con valores porcentuales que varían entre un 8 % a casi un 23 %, en la modalidad ponderada.

A continuación se presenta el cuadro completo de cálculo y simulación propuesto:

Recarga de baterías por día de autos eléctricos						Hipotesis-1						Matriz Nacional Actual				Porcentaje		
Hipot	Carga	Potencia	kW	horas	Energía día	Autos Nuevos	Anual	Unid	Potencia	Inst	Energía	año	Instalada	nov-20	Anual	2020	Potencia	Energía
10%	Rápida	50,00	kW	0,25	12,50	kWh	1.000.000	kWh	50.000	MW	4.563	GWh	41.991	MW	127.150	GWh	119,1%	3,6%
40%	Semi	7,00	kW	4,00	28,00	kWh	28.000.000	kWh	7.000	MW	10.220	GWh					16,7%	8,0%
50%	Lenta	3,50	kW	8,00	28,00	kWh	28.000.000	kWh	3.500	MW	10.220	GWh					8,3%	8,0%
100%	Ponderada	9,55	kW		26,45	kWh	26.450.000	kWh	9.550	MW	9.654	GWh					22,7%	7,6%

Parque Nacional Existente		
Total	15.608.622	Unid
Reposición/anual	6,4%	%
Periodo de recambio	16	años

Matriz Nacional Completa = Demanda + Autos						Crecimiento	
año 2020	51.541	MW	136.804	GWh	Potencia	Energía	
frontera-Demanda	91.661	MW	277.553	GWh	178%	203%	
Frontera-Autos	149.062	MW	150.690	GWh	1561%	1561%	
Demanda total	292.264	MW	565.046	GWh	567%	413%	

Figura 26: Cuadro completo de simulación. Hipótesis 1.

Parque Nacional Existente		
Total	15.608.622	Unid
Reposición/anual	6,4%	%
Periodo de recambio	16	años

Matriz Nacional Completa = Demanda + Autos						Crecimiento	
año 2020	51.541	MW	136.804	GWh	Potencia	Energía	
frontera-Demanda	91.661	MW	277.553	GWh	178%	203%	
Frontera-Autos	149.062	MW	150.690	GWh	1561%	1561%	
Demanda total	292.264	MW	565.046	GWh	567%	413%	

Figura 27: Resultados de la simulación. Hipótesis 1.

Si el reemplazo de los 15,6 millones de vehículos en rotación, se hacen a un ritmo de un millón por año, para dejar crecer la matriz energética en forma acelerada pero segura, en 16 años se lograría el objetivo planteado.

Se ha supuesto que la matriz energética existente también crece en forma natural a una tasa del 5 %, para el abastecimiento del resto de usuarios del sistema eléctrico. A esa tasa en el año frontera se necesitaría cubrir una demanda de 91 GW, pero el crecimiento sostenido del parque automotor llegaría a casi 150 GW, dando como resultado integrado de casi 300 GW de potencia instalada para abastecer el mercado completo incluyendo la nueva formalidad.

Potencia Instalada	años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
MW	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Potencia base	41.991																
crecimiento %	5%																
Potencia anual	41.991	44.091	46.295	48.610	51.040	53.592	56.272	59.086	62.040	65.142	68.399	71.819	75.410	79.180	83.139	87.296	91.661

Energía Demanda	años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
GWh	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Energía base	127.150																
crecimiento %	5%																
Energía anual	127.150	133.508	140.183	147.192	154.552	162.279	170.393	178.913	187.858	197.251	207.114	217.470	228.343	239.760	251.748	264.336	277.553

Figura 28: Proyección de Potencia y Energía.

Como conclusión de la hipótesis 1 planteada es que la demanda en potencia para los próximos 16 años debería crecer en un 567 % en potencia instalada para abastecer a un crecimiento de la energía demandada del 413 %. El crecimiento anual se debe desarrollar a una velocidad de 22,7 % de nuevas instalaciones para proveer una demanda creciente del 7,6 % en energía.

Hipótesis 2

De la figura 19, se ha extraído del cuadro la composición del parque automotor por tipo, y se observa que el 76 % corresponde a vehículos del tipo automóvil, y el otro porcentaje de peso, son los vehículos comerciales livianos, con un 20 %.

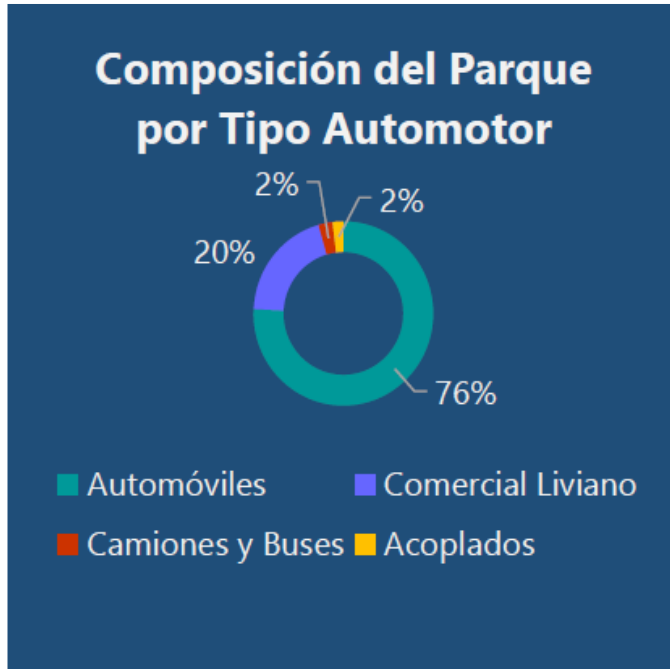


Figura 29: Composición del Parque Automotor por tipo.

Si se supone como hipótesis que solo se realizará el cambio de los automóviles particulares, el 76 % del total resulta que existen 11.862.553 autos en circulación en la Argentina.

Hacer el ejercicio bajo las mismas condiciones que el anterior, la demanda resultará semejante por año y la frontera de recambio será de 12 años y el mercado crecerá al 5 %, según lo estimado y no tiene mucho sentido realizar dicho análisis, porque está bajo hipótesis de crecimiento lineal para cualquiera de las hipótesis planteadas.

Si suponemos en este ejercicio realizar una hipótesis de sustitución con mayor velocidad, y de tan solo el parque de autos, podremos analizar si los crecimientos de necesidad de potencia pueden cumplirse o no?

Recarga de baterías por día de autos eléctricos				Hipotesis-2						Matriz Nacional Actual				Porcentaje				
Hipot	Carga	Potencia	Unid	Autos Nuevos	Anual	Nuevo Parque Automotriz	Potencia	Demanda	Instalada	nov-20	Annual	2020	Potencia	Energía	%			
10%	Rápida	50,00	kW	0,25	12,50	kWh	25.000.000	kWh	100.000	MW	9.125	GWh	41.991	MW	127.150	GWh	238,1%	7,2%
40%	Semi	7,00	kW	4,00	28,00	kWh	56.000.000	kWh	14.000	MW	20.440	GWh	41.991	MW	127.150	GWh	33,3%	16,1%
50%	Lenta	3,50	kW	8,00	28,00	kWh	56.000.000	kWh	7.000	MW	20.440	GWh	41.991	MW	127.150	GWh	16,7%	16,1%
100%	Ponderada	9,55	kW		26,45	kWh	52.900.000	kWh	19.100	MW	19.309	GWh	41.991	MW	127.150	GWh	45,5%	15,2%

Parque Nacional Existente		
Total	15.608.622	Unid
Participacion %	76%	%
Cantidad de Autos	11.862.553	Unid
Reposición/anual	16,9%	%
Periodo de recambio	6	años

Matriz Nacional Completa = Demanda + Autos				Crecimiento		
año 2020	61.091	MW	146.459	GWh	Potencia	Energía
frontera-Demanda	56.272	MW	170.393	GWh	92%	116%
Frontera-Autos	113.287	MW	114.524	GWh	593%	593%
Demanda total	230.650	MW	431.376	GWh	378%	295%

Figura 30: Cuadro completo de simulación. Hipótesis 2.

Parque Nacional Existente		
Total	15.608.622	Unid
Participación %	76%	%
Cantidad de Autos	11.862.553	Unid
Reposición/anual	16,9%	%
Periodo de recambio	6	años

Matriz Nacional Completa = Demanda + Autos					Crecimiento	
año 2020	61.091	MW	146.459	GWh	Potencia	Energía
frontera-Demanda	56.272	MW	170.393	GWh	92%	116%
Frontera-Autos	113.287	MW	114.524	GWh	593%	593%
Demanda total	230.650	MW	431.376	GWh	378%	295%

Figura 31: Resultados de la simulación. Hipótesis 2.

En este ejercicio, se propuso duplicar la velocidad de recambio de 1 millón al doble 2 millones.

Se observa que en 6 años se puede cumplir el objetivo de reemplazar los 11,862 millones de autos.

La matriz energética tiene que crecer a una velocidad de 45,5 % por año en potencia y tan solo un 15,2 % en energía. Este crecimiento solo es posible con instalaciones rápidas de turbogeneradores a gas de alto rendimiento y con un desarrollo del transporte de gas o eléctrico, para poder abastecer la demanda.

Como conclusión de la hipótesis 2 planteada es que la demanda en potencia para los próximos 6 años debería crecer en un 378 % en potencia instalada para abastecer a un crecimiento de la energía demandada del 295 %. El crecimiento anual se debe desarrollar a una velocidad de 45,5 % de nuevas instalaciones para proveer una demanda creciente del 15,2 % en energía.

EN PROCESO DE DISEÑO

8. Conclusiones

En este trabajo se analizaron las características principales de una Smart City.

El avance de la tecnología en el área de las comunicaciones, permite tener la posibilidad en tiempo real del conocimiento de las cargas y su distribución. Las empresas desarrollan inversiones para mantener el sistema modernizado en áreas de comunicaciones y control de la red eléctrica. Eso permite controlar y comandar oferta y demanda en tiempo real. Se ha realizado un análisis de los considerando de la temática.

Como parte integrante de la Smart City, se tuvo en cuenta la importancia de las micro redes con la participación de uno o varios usuarios, observándose la importancia que tienen cada uno de los actores dentro de la misma. Se analizaron las distintas fuentes de energía y las necesidades de almacenadores o métodos de almacenamiento de la energía generada, para mantener la curva de generación estable y aprovechar los momentos de abundancia de alguna de las fuentes, como ser la fotovoltaica, y aprovecharla en los momentos de mayores necesidades del sistema, con el objeto de no sobredimensionar los sistemas de transporte y distribución, aplanar la curva de costos, disminuir el uso de fuentes contaminantes y asegurar la provisión de energía al sistema en todo momento y lugar.

El concepto de Smart City, permite la evaluación y seguimiento de la evolución de autos híbridos y eléctricos, que deben poder abastecerse de energía del sistema de distribución existente. El sistema lo tiene que considerar y facilitarle las cargas en diferentes puntos de la red.

Se ha realizado un ejercicio de aplicación al respecto con 2 hipótesis de aplicación. Los resultados muestran que hay que realizar inversiones en el área de generación y transporte, para que pueda llegar la energía eléctrica a los puntos de carga de los vehículos eléctricos que se incorporan al sistema de reemplazo.

Como conclusión de la hipótesis 1 planteada de sustituir el 100% del parque automotor existente en Argentina (15.608.622), es que la demanda en potencia para los próximos 16 años debería crecer en un 567 % en potencia instalada para abastecer a un crecimiento de la energía demandada del 413 %. El crecimiento anual se debe desarrollar a una velocidad de 22,7 % de nuevas instalaciones para proveer una demanda creciente del 7,6 % en energía.

Si se supone como hipótesis 2, que solo se realizará el cambio de los automóviles particulares, el 76 % del total resulta que existen 11.862.553 autos en circulación en la Argentina.

Como conclusión de la hipótesis 2 planteada es que la demanda en potencia para los próximos 6 años debería crecer en un 378 % en potencia instalada para abastecer a un crecimiento de la energía demandada del 295 %. El crecimiento anual se debe desarrollar a una velocidad de 45,5 % de nuevas instalaciones para proveer una demanda creciente del 15,2 % en energía.

Se observa que la sustitución de combustibles primarios procesados como naftas y gasoil, puede llegar a ser sustituido por energía eléctrica de origen secundario, pero de alto rendimiento de producción. A pesar de las pérdidas en el transporte y distribución, sigue conviniendo la inversión en toda la cadena de valor del sector eléctrico.

Ahora bien, la velocidad de recambio depende de varios factores, ya que una variable es el tiempo de puesta en marcha de fuentes de generación eléctrica y su transporte hasta los puntos de expendio adecuados a las necesidades de los clientes.

Otra variable es el costo de la sustitución de cada vehículo, puesto que la tecnología al no estar totalmente madura, los precios de los vehículos todavía son altos.

El gobierno, a través de políticas de incentivo y estímulo, debe participar activamente en forma transversal a todos los sectores, para poder aplicar en tiempo y forma la sustitución de vehículos accesibles a los usuarios como también facilitar y acelerar los mecanismos de instalación de nuevas plantas de generación de alta potencia y transporte en altas tensiones.

Dentro de esta última política, la generación distribuida y su almacenamiento a nivel usuario final, puede recibir nuevos incentivos económicos para sentirse motivados a invertir en paneles fotovoltaicos y pequeñas fuentes de generación eólica, para no tan solo mejorar la tasa de autoabastecimiento con el uso de almacenadores, sino que otro incentivo es el costo de sustitución de los combustibles líquidos equivalente a los kilowatt hora de energía que se necesitan para reponer las cargas diarias de las baterías, que proveyeron de energía a los autos eléctricos. De esa manera lograr un mejor aprovechamiento de los excedentes de la producción de energía renovable en forma individual, y si existieran todavía excedentes, volcarlos a la red de distribución local, pero con nuevos precios de oportunidad, puesto que los actuales de competencia con precios mayoristas de alto rendimiento y subsidiados, no son suficientes para aumentar la tasa de solicitud de nuevos usuarios generadores domiciliarios, comerciales y pequeñas industrias, a invertir y convertirse en un actor activo y de importancia, dentro del sector.

9. Referencias bibliográficas

- [1]. Andrés Ghia & Alberto Del Rosso. "MATRIZ DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA CIUDAD MODELO", Cámara Argentina de la Construcción. Área de Pensamiento Estratégico. Año 2008.
- [2]. Andrés Ghia & Alberto Del Rosso. "ANÁLISIS DE RESPUESTA DE LA DEMANDA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS – APLICACIÓN AL SISTEMA ELÉCTRICO ARGENTINO". Cámara Argentina de la Construcción. Área de Pensamiento Estratégico. Año 2009.
- [3]. Andrés Ghia & Alberto Del Rosso. "HACIA UN DISEÑO ENERGÉTICO EFICIENTE DE UNA CIUDAD MODELO". Cámara Argentina de la Construcción. Área de Pensamiento Estratégico. Año 2008.
- [4]. Alberto Del Rosso y Andrés Ghia. "Reducción de Pérdidas en Sistemas de Transmisión Y Distribución - Beneficios Económicos y Ambientales". Cámara Argentina de la Construcción. Área de Pensamiento Estratégico. Diciembre 2013.
- [5]. Andrés Ghia & Alberto Del Rosso. "Energía Renovable Distribuida: Oportunidades y Desafíos a la Luz del Nuevo Marco Regulatorio". Cámara Argentina de la Construcción. Área de Pensamiento Estratégico. Septiembre 2018.
- [6]. Secretaria de Energía: "Generación Distribuida en Argentina. Evolución de Trámites Conexión de Usuario-Generador". Febrero 2021.
- [7]. Smart Cities – ENDESA. <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-smart-city>.
- [8]. Parque Automotor SIOMAA. Junio 2020.