



Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos Híbridos y Eléctricos

Ing. Diego Oroño Spera



Octubre 2014

Agenda

- Descripción general del proyecto
- Breve historia
- Caracterización y evolución del parque automotor
- Algunos estudios de impacto
 - Demanda de energía eléctrica
 - Demanda de petróleo
 - Calidad de servicio eléctrico
- Reflexiones finales

Descripción general del proyecto

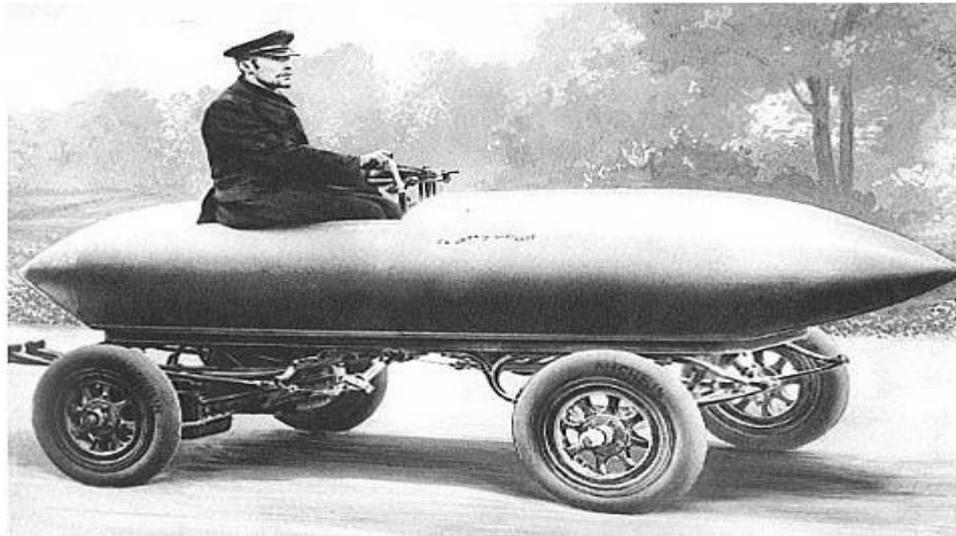
- Proyecto ANII – FSE (Convocatoria 2009)
- Motivación del proyecto
- Duración: 1 año y 9 meses
- Grupo de trabajo: 23 investigadores de los institutos de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica y Producción Industrial de la Facultad de Ingeniería, Facultad de Química de la Universidad de la República, por UTE, y por la Dirección Nacional de Energía.

Temas tratados en el proyecto

- Historia de los vehículos eléctricos
- Tipologías de vehículos eléctricos e híbridos
- Eficiencia y tecnologías de motores de combustión interna para autos híbridos
- Baterías secundarias, celdas de combustibles, y almacenamiento de hidrógeno
- Motores eléctricos, convertidores
- Frenado regenerativo
- Caracterización, evolución y desarrollo a futuro del parque automotor
- Impacto en la demanda de energía eléctrica
- Impacto en el consumo de petróleo
- Impacto en la expansión y eficiencia de las redes
- Impacto en la calidad de servicio eléctrico
- Experiencias en la conversión de un vehículo de la flota de UTE a Eléctrico

Breve historia (1)

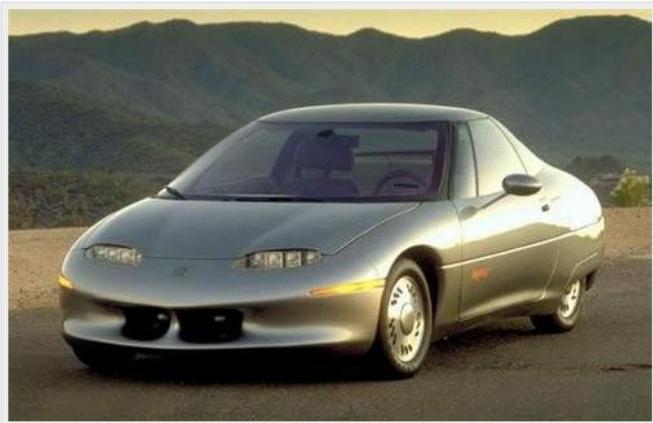
- Entre 1832 y 1839 (año incierto) Robert Anderson inventa el primer vehículo eléctrico.
- Mejora de la pila eléctrica en años 1865 (Planté) y 1881 (Faure).
- Francia y Gran Bretaña primeras naciones en apoyar desarrollo industrial.



- Principio S. XX relativo éxito comercial en EE.UU. Limitaciones tecnológicas: $v_{max} = 32 \text{ km/h}$ (coches clase alta, conducción limpia y fácil manejo).
- 1913, arranque electrónico del Cadillac simplifica el arranque del motor de combustión interna. Junto con el sistema de producción en cadena implementado por Ford desde 1908 producen la caída del auto eléctrico.
- A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales concretas



- Años 60-70: crisis energética y razones ecológicas aparecen modelos en el sector industrial.
- Años 90: General Motors presenta el **Impact** en el Salón de Los Ángeles precursor del **General Motors Experimental Vehicle 1**. En **California se lanza el Zero Emission Mandate** cuyos efectos comenzaban en 1998. Ley que no prosperó.
- Siglo XXI desarrollo tecnológico de las baterías, planes mundiales de reducción de emisiones de CO₂ y dependencia de petróleo → **El auto eléctrico vuelve para quedarse.**

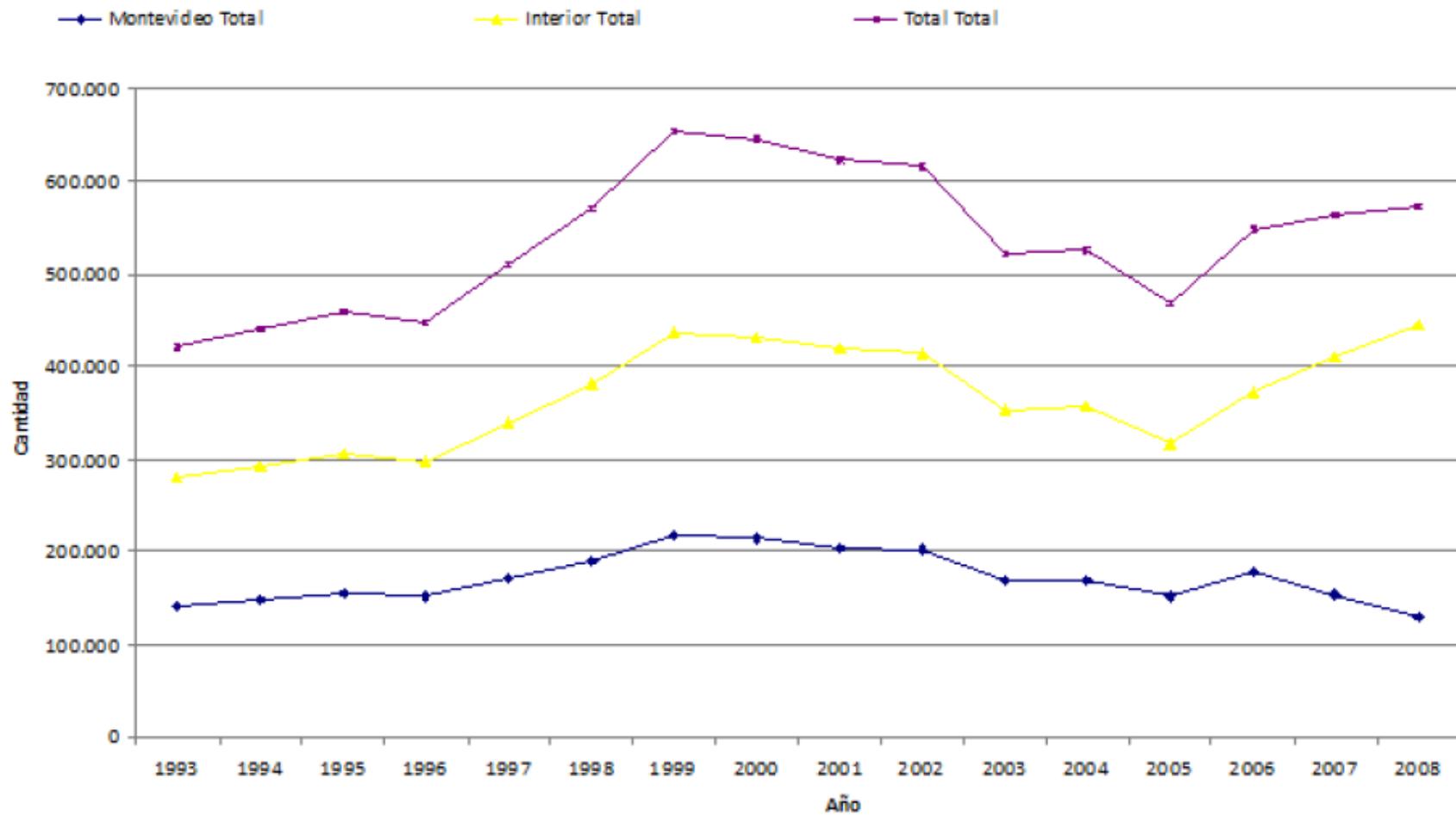


Caracterización y evolución del parque automotor

- Parque objeto del estudio:
 - Automóviles de uso particular y transporte liviano:
 - Hasta 4 personas
 - Hasta 2 Ton
 - Máximo 5 puertas
 - Categorías:
 - Combustible:
 - Nafta
 - Gasoil
 - Lugar de uso (empadronamiento)
 - Montevideo
 - Interior
- A partir de datos provenientes de:
 - MTOP – Anuario estadístico de transporte 2007
 - MIEM – DNE – Registro de las intendencias
 - INE – Estadística de evolución del parque automotor

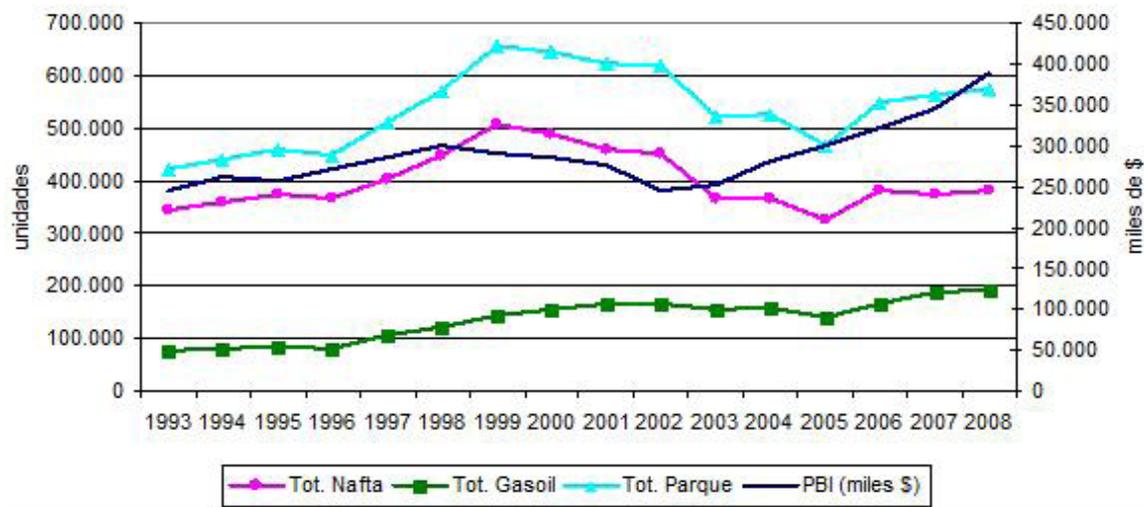
Se confeccionó una base de datos de automotores desde 1993 hasta 2008

Evolucion del parque automotor - Categoria automoviles



Desarrollo del parque automotor a futuro

- Variable explicativa: PBI



- 3 escenarios para crecimiento del PBI 2008 – 2030 - según estudio OPP “ Estrategia Uruguay III Siglo: Aspectos productivos” :
 - Mínima: 1,6%
 - Dinámico Intermedio: 3,5%
 - Escenario Normativo Estratégico (ENE): 5,0%
- Constituyen los escenarios base para el crecimiento del parque automotor objeto del estudio

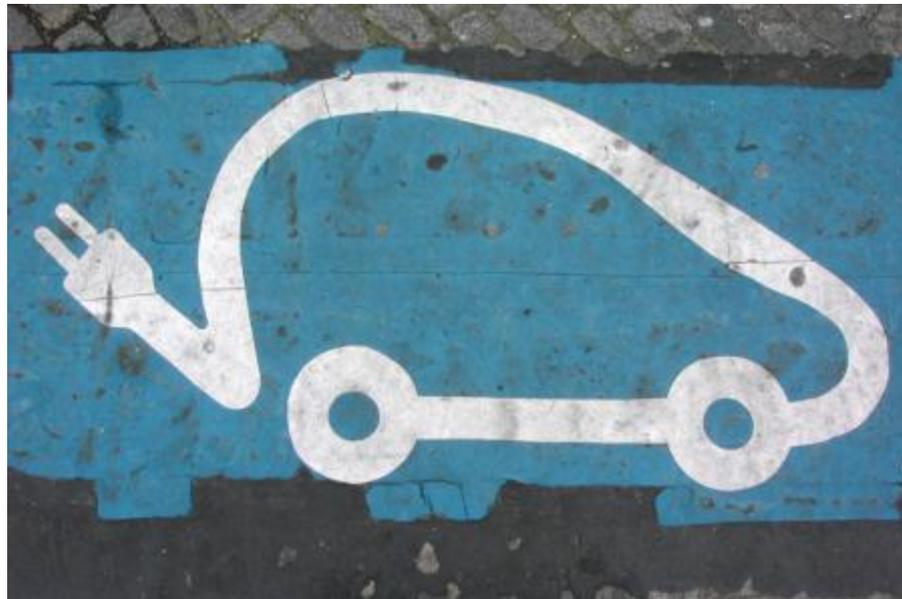
Escenarios para la introducción de vehículos eléctricos

- Según el estudio “Impact of Electric Vehicles – Directorate General for Climate Action (DG CLIMA) se plantean tres escenarios para la incorporación de vehículos eléctricos:

<i>Escenario Realista</i>	2010	2015	2020	2025	2030
VMCI	100%	100%	99%	94%	82%
VHE	0%	0%	1%	4%	11%
VERE	0%	0%	0%	1%	4%
VCE	0%	0%	0%	1%	3%
<i>Escenario Pesimista</i>	2010	2015	2020	2025	2030
VMCI	100%	100%	99%	97%	93%
VHE	0%	0%	0%	2%	5%
VERE	0%	0%	0%	0%	1%
VCE	0%	0%	0%	0%	1%
<i>Escenario Optimista</i>	2010	2015	2020	2025	2030
VMCI	100%	100%	98%	88%	67%
VHE	0%	0%	1%	7%	18%
VERE	0%	0%	0%	3%	8%
VCE	0%	0%	0%	2%	7%

- VMCI: Vehículos a combustión interna – VHE: Vehículos híbridos enchufables – VERE: Vehículos eléctricos de rango extendido – VCE: vehículos completamente eléctricos

Resultados de estudios de Impacto



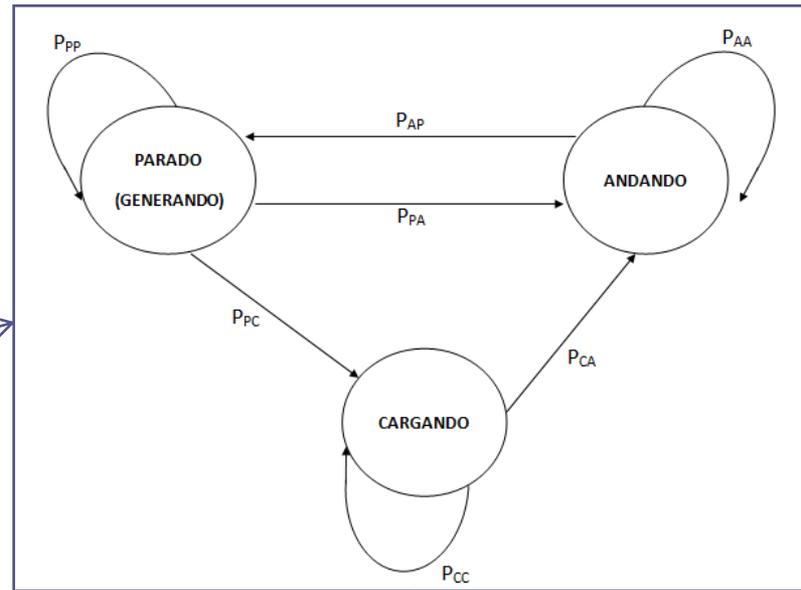
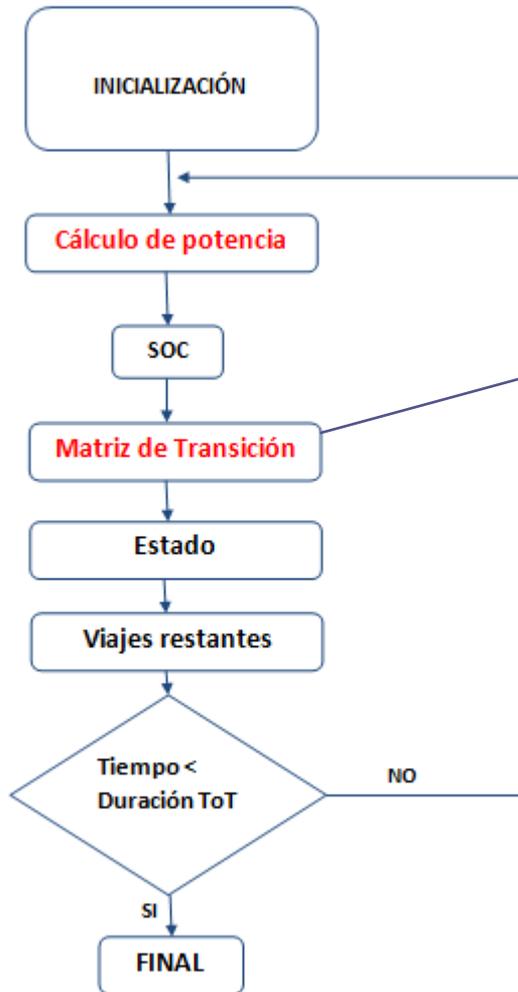
Modelado de la demanda de energía asociada al parque automotor híbrido/eléctrico.

- Se modela un día laboral típico, se tienen en cuenta los viajes realizados y las horas de salida y de llegada promedio de los vehículos.
- Cinco períodos del día diferentes: Madrugada, Mañana, Día, Tarde y Noche.
- El paso de simulación es de 10 minutos.
- Ubicaciones: Casa, Afuera. La carga sólo se encuentra disponible en la casa.
- El tipo de carga disponible es lenta.
- En los casos donde se impone un tipo de política de carga, se asume que se cuenta con cargadores inteligentes los cuales se podrán programar para optimizar su carga/descarga de la red en diferentes horarios.
- Tanto la carga como la descarga de la batería (en particular cuando entrega energía a la red), fueron tomadas como constantes.

Modelado de la flota de autos

- Dos grandes partes
 - Generación de escenario a trabajar
 - Simulación
- Generación de escenario
 - Sorteo de vehículos,
 - Distancias de viajes (cortos y largos)
 - Cantidad de viajes por período del día
 - Asignación de viajes y horas de salida.
 - Tamaño de la flota
 - Velocidad media de los vehículos

- Simulación



$$T = \begin{pmatrix} P_{AA} & P_{*A} & 0 \\ 0 & P_{AA} & P_{AP} \\ P_{PC} & P_{*A} & P_{PP} \end{pmatrix}$$

Finalmente se definen curvas de demanda tipo:

- **Sin regulación:** No hay incentivo o penalización para cargar a ciertas horas.
- **Con regulación:** No se les permite a los usuarios cargar a ciertas horas.
- **Carga y descarga a la red (V2G):** El usuario puede volcar el excedente de carga a la red

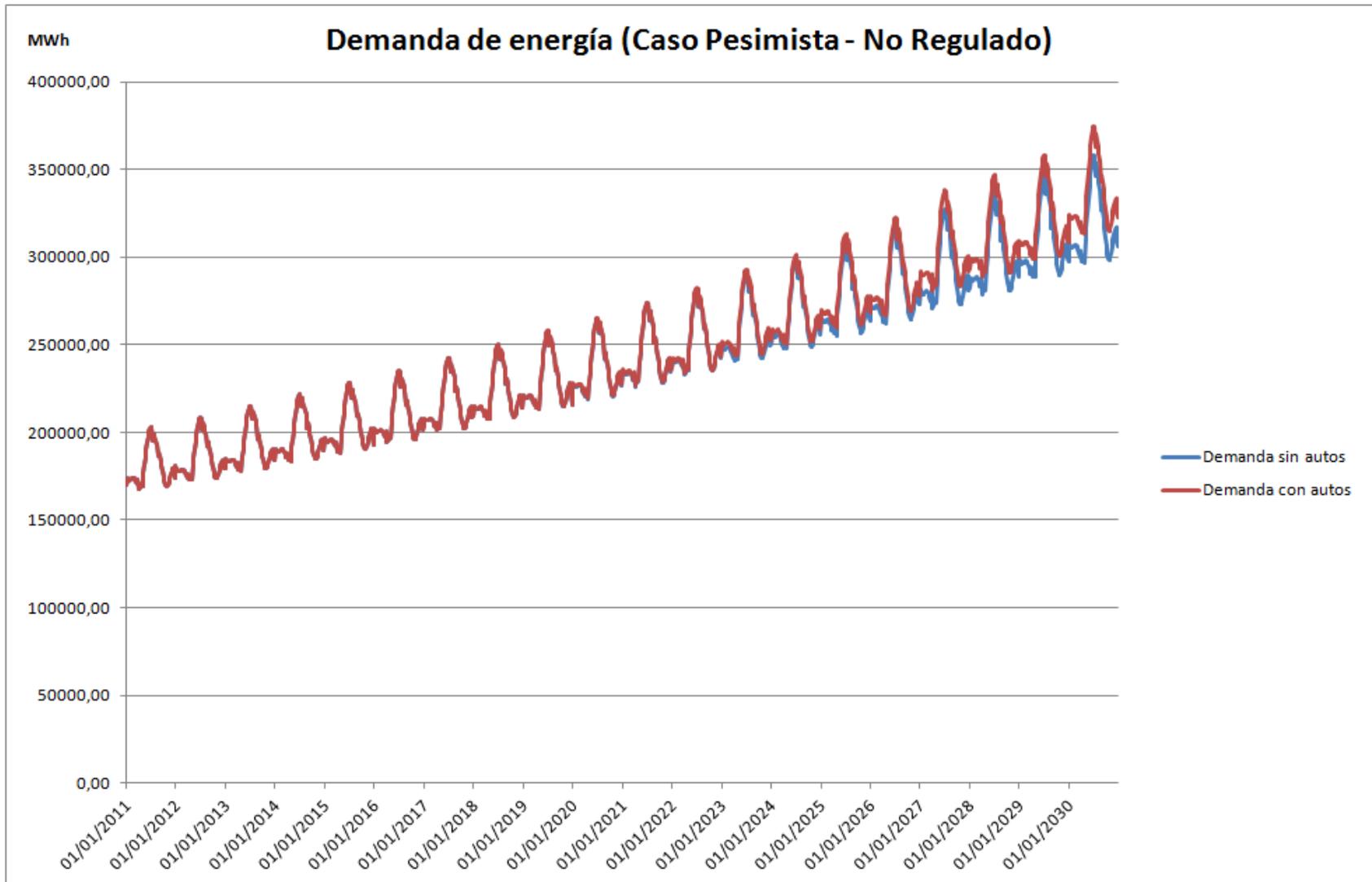
Impacto en la demanda neta de energía

- Se modeló la expansión del sistema uruguayo de cara a 2030 utilizando el plan de expansión de la DNE.
- Se generaron escenarios de incorporación de vehículos eléctricos diferentes.

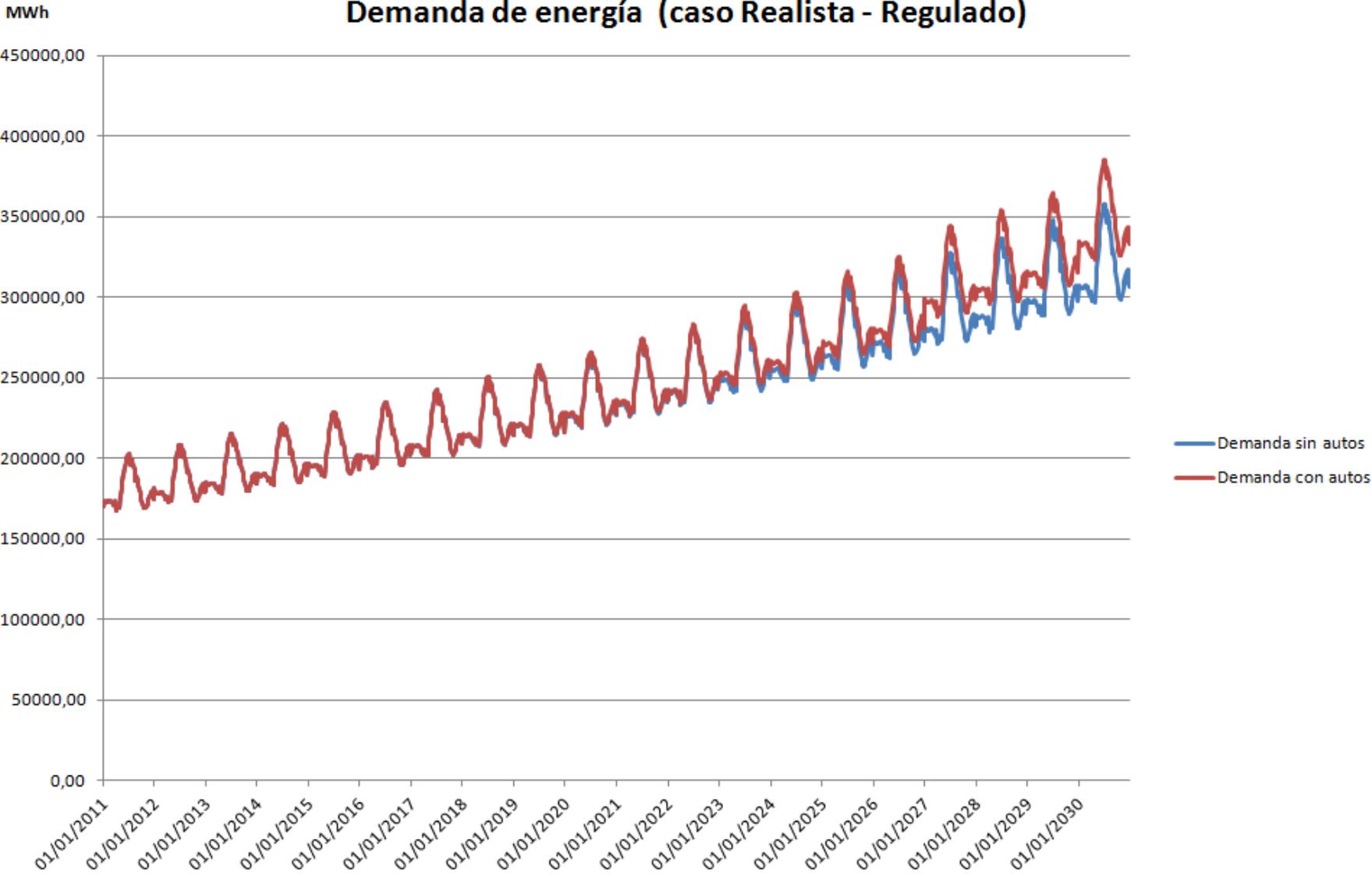
	2010	2015	2020	2025	2030
Pesimista	0	0	6000	45000	150000
Realista	0	0	8000	60000	220000
Optimista	0	0	10000	78000	300000

- Se corrió cada uno de los escenarios usando los tres tipos de demanda modelados.
- Se simuló utilizando la herramienta SimSEE.

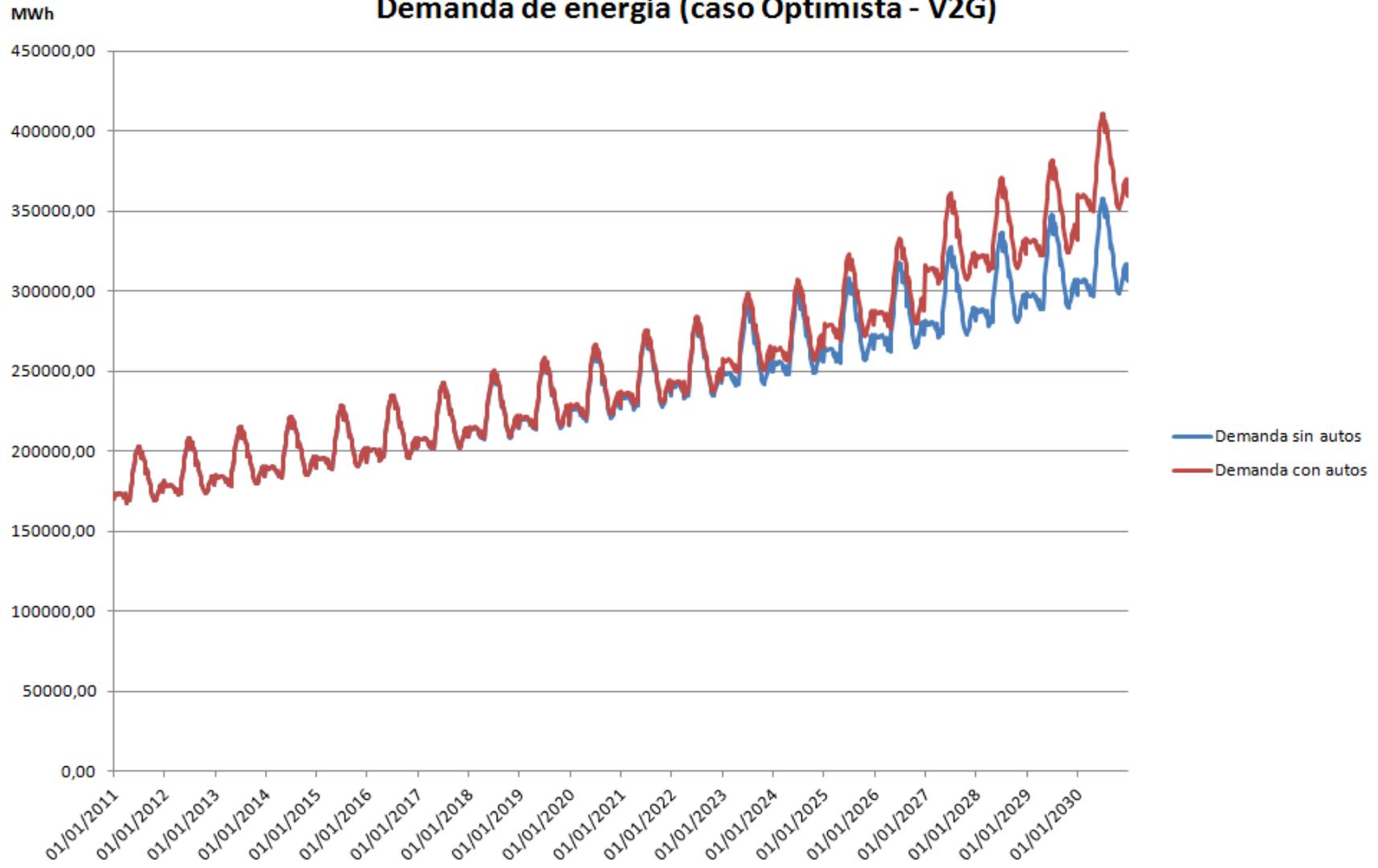
- Algunos resultados



Demanda de energía (caso Realista - Regulado)



Demanda de energía (caso Optimista - V2G)



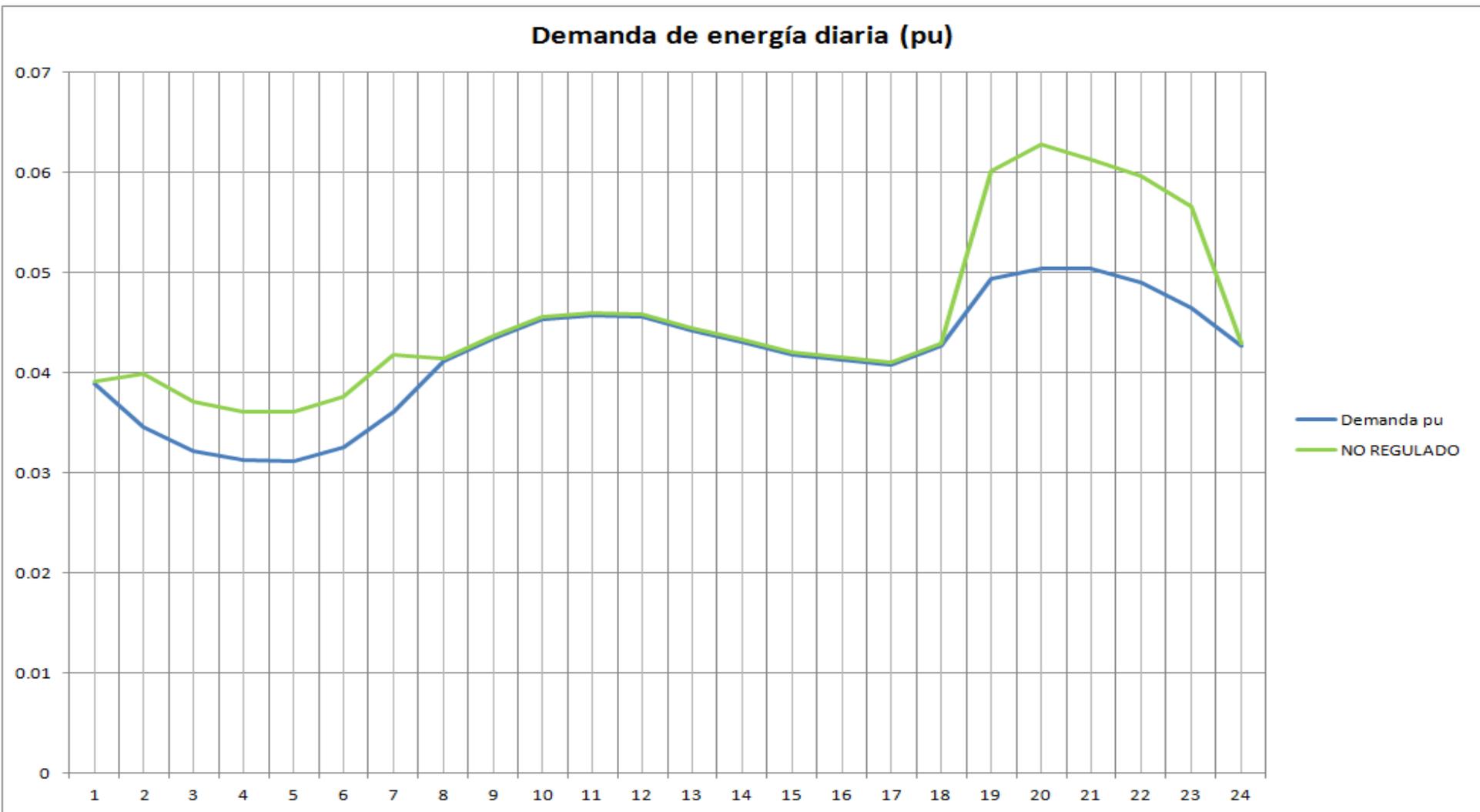
- Resumen de resultados

	No regulado	Regulado	V2G
Pesimista	5.25%	5.79%	8.34%
Realista	7.70%	8.49%	12.24%
Optimista	10.50%	11.57%	16.69%

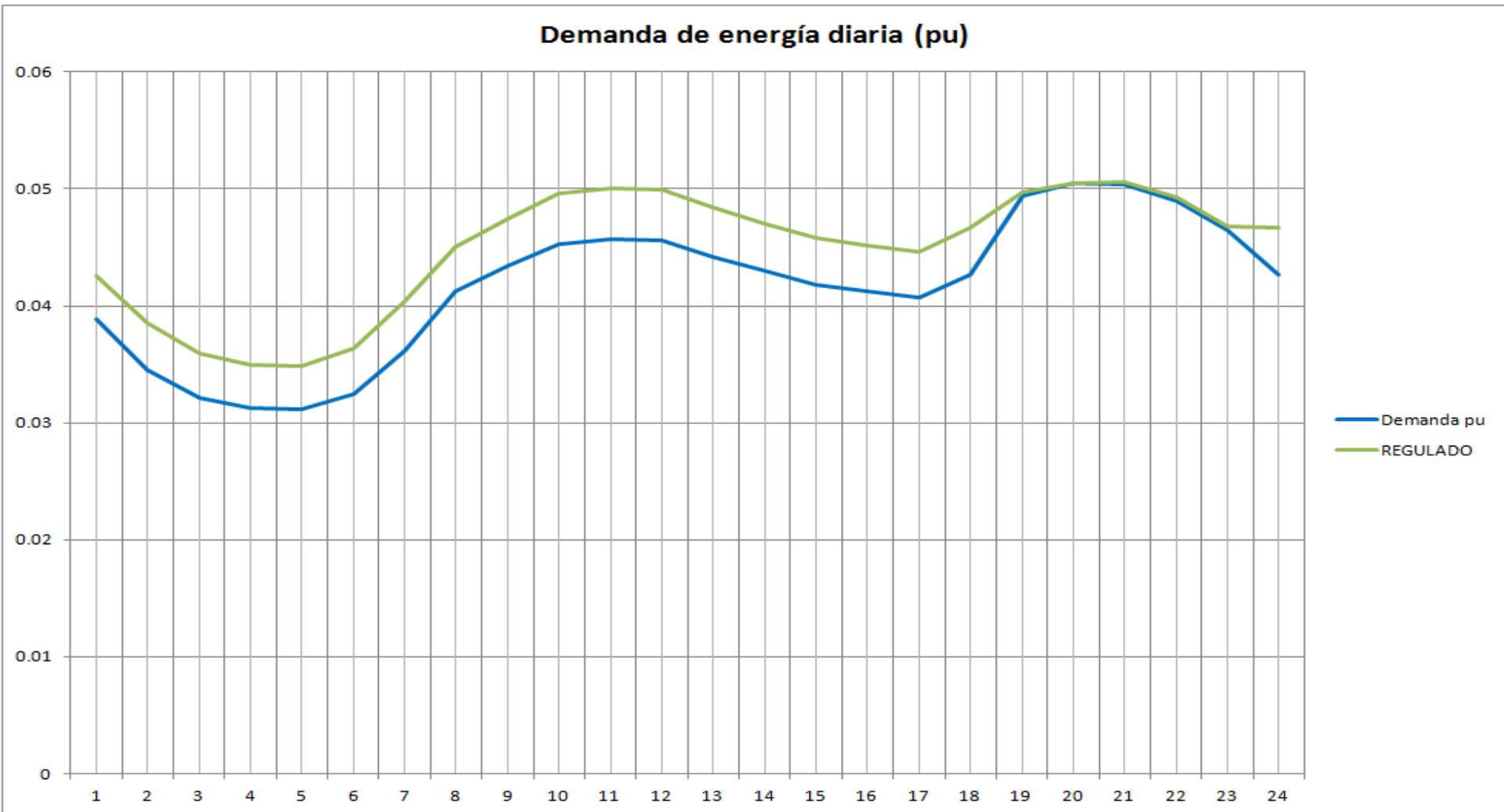
Impacto en la curva de demanda de energía - capacidad de almacenamiento

- Observar cómo diferentes estrategias de carga pueden cambiar la forma de la curva diaria de la demanda.
- Aprovechar los horarios de valle como carga de las baterías - utilizar de manera más eficiente las inversiones realizadas en la infraestructura de la red eléctrica.

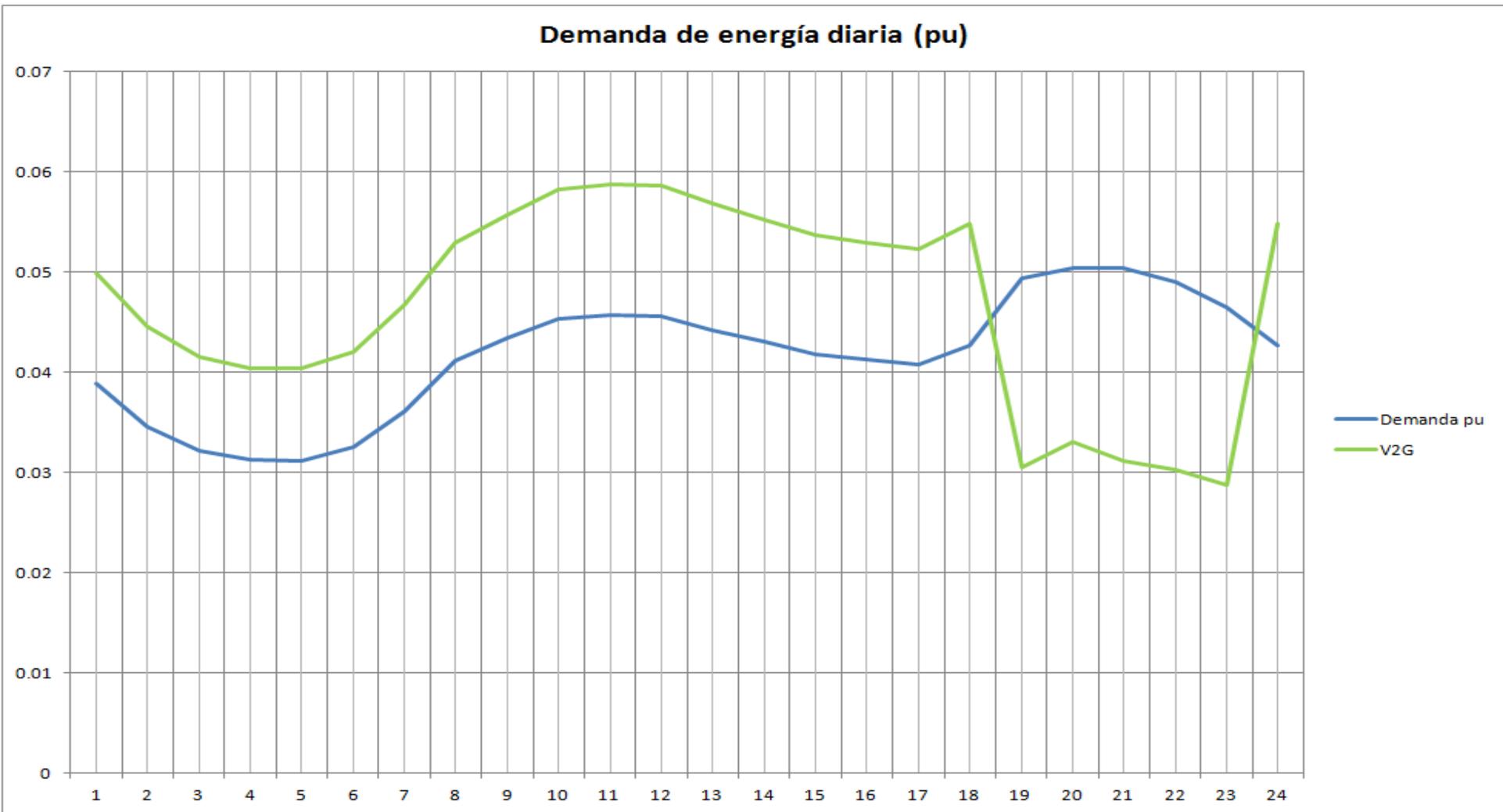
- Carga no regulada



- Carga regulada



- Carga y descarga a la red (V2G)



Impacto en la demanda de petróleo

- La sustitución de VMCI por VCE ocasiona disminuciones en el consumo de derivados de petróleo (nafta, gasoil) pero aumenta el consumo de electricidad.
- Se estudia el impacto en el consumo de nafta y gasoil ocasionado por la sustitución así como el impacto en unidades energéticas absolutas.
- Los resultados se obtuvieron para cada escenario de penetración de vehículos eléctricos.

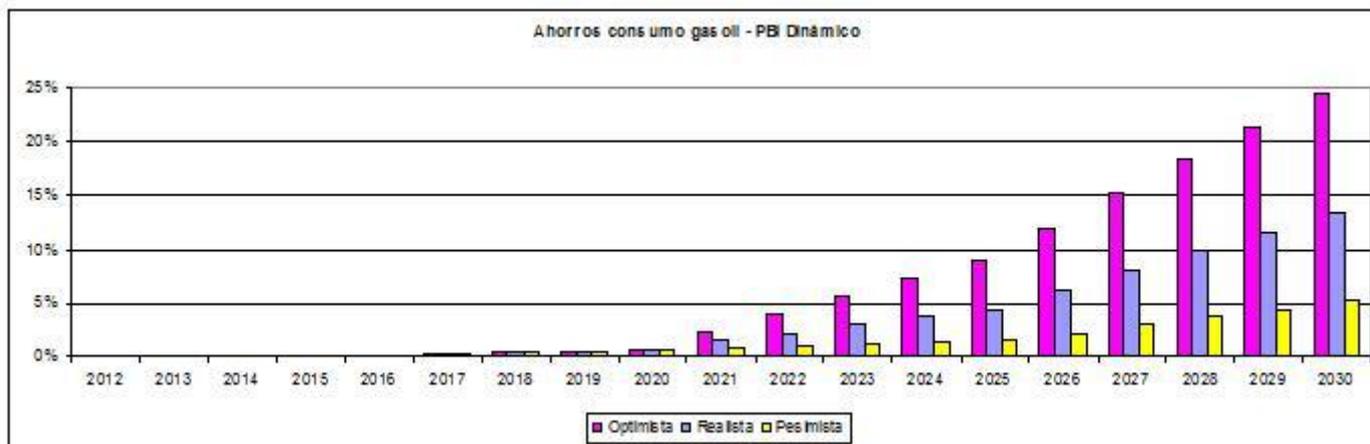
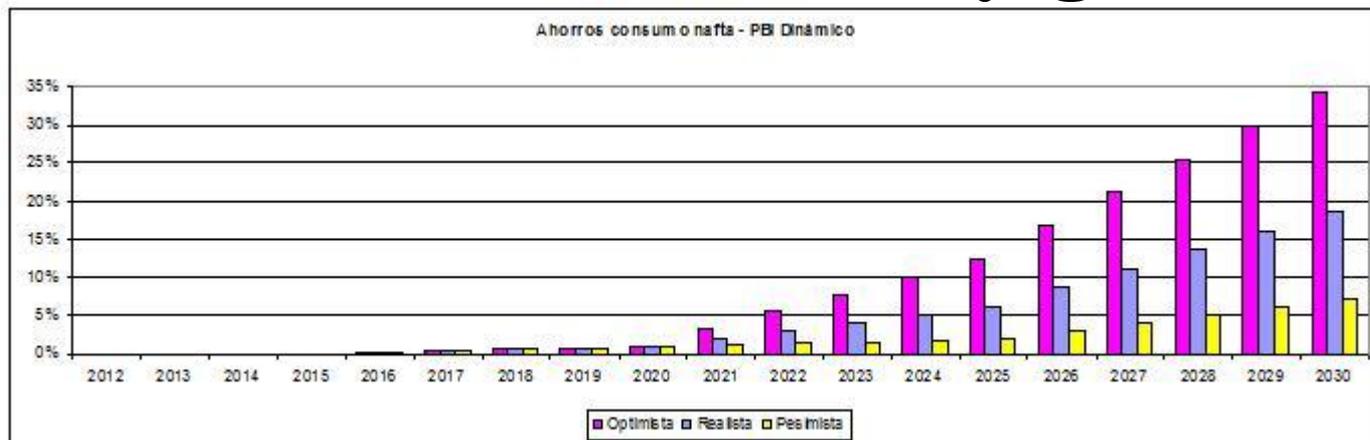
Parámetros

- A partir de los datos de base determinados para el parque y datos de recorridos medios y rendimientos estimados en estudio DNE FB -2006 se determinaron recorridos y rendimientos medios

NAFTA	
Recorridos medios ponderados (km/año)	9090,6
Rendimientos medios ponderados (km/l)	9,9
Recorridos medios ponderados (km/año) eléctrico	3636,2
PCI (kcal/l)	8239,0
PCI (ktep/l)	8,2E-07
GASOIL	
Recorridos medios ponderados (km/año)	15807,5
Rendimientos medios ponderados (km/l)	13,0
PCI (kcal/l)	8655,0
PCI (ktep/l)	8,7E-07

Central	Potencia Nominal (MW)	Potencia Mínima (MW)	Rendimiento Pot.Nominal	Rendimiento Pot.Minima	Rendimiento medio
5ª unidad de Central Batlle	75	20	34%	29%	31%
6ª unidad de Central Batlle	120	30	33%	26%	29%
Sala B de Central Batlle	50	20	26%	20%	23%
Central Térmica de Respaldo La Tablada	200	40	30%	15%	23%
Central Maldonado	20	0	23%	11%	17%
Central Punta del Tigre	300	30	40%	12%	26%
Motores 80	80	0	45%	45%	45%
Ciclos Combinados	360	60	53%	27%	40%
Centrales a biomasa	---	---	26%	26%	26%

Resultados – ahorro nafta y gasoil



- Porcentajes con respecto al consumo de las categorías objeto del estudio.
- Según el estudio DNE – FB 2006 estas categorías representaban del orden del 80% del total de vehículos (90% del consumo de nafta – 27% del consumo de gasoil)

Resultados – consumo energético total

- En el escenario Optimista se produce un ahorro neto de energía en todos los años. Los ahorros disminuyen cuando se considera la energía proveniente de la biomasa – eficiencia comparable a la de un motor a combustión interna
- Escenario Realista: disminuye el ahorro y hasta aumenta el consumo considerando biomasa
- Escenario Pesimista: prácticamente no se producen ahorros
- Si se lograran escenarios más agresivos en cuanto a la sustitución de vehículos eléctricos se estaría mejorando la eficiencia en el consumo de energía en general

Calidad de energía eléctrica

- Se estudió el impacto en la calidad de la energía eléctrica que podría ocasionar la incorporación de vehículos eléctricos en la red de Distribución – nivel de tensión y contaminación armónica.
- Se simularon casos en circuitos reales de Pocitos, Carrasco y Punta Carretas (cable, aérea, mixta).
- Se simularon distintas modalidades de carga – lenta, media y rápida.
- Resultados:
 - Carrasco: no presenta valores fuera de los límites
 - Pocitos: armónicos fuera de límite
 - Punta Carretas: caída de tensión fuera de límite – se supera el límite de corriente admisible en algún caso

Algunas reflexiones finales

- Primer proyecto en el ámbito de UdelaR sobre **movilidad eléctrica**.
- Impulso ideológico a nivel mundial para migrar el parque automotor de combustión a eléctrico.
- Mejor eficiencia, protección medio ambiental Vs. Barreras económicas y sociales.
- No alcanza sólo con el desarrollo tecnológico (mejora de eficiencia, disminución de costos), es necesario dar señales regulatorias e impulso gubernamental.
- Llegar al usuario final – elegir el vehículo eléctrico como opción.
- No es sólo el vehículo, sino que es necesario una infraestructura alrededor: municipios, compañías eléctricas, etc.

Los vehículos híbridos y eléctricos van a cumplir un rol fundamental en el futuro, lo que no está claro es de que manera se va a hacer la transición y cuando, pero sí que este es el camino correcto a seguir. En ese sentido es fundamental generar profesionales preparados para poder guiar estos cambios estructurales y tecnológicos

MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN!!!

