



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA



Estudio de la Rentabilidad de Instalar Parkings de Vehículos Eléctricos en Uruguay

TESIS PRESENTADA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA POR

Agustín Borrell, Santiago Deana, Manuel Hernández

EN CUMPLIMIENTO PARCIAL DE LOS REQUERIMIENTOS
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA.

TUTOR

Ing. Federico Arismendi Universidad de la República
Ing. Juan Pedro Carriquiry Universidad de la República

TRIBUNAL

Ing. Sebastián Montes de Oca Universidad de la República
Msc. Ing. Pablo Toscano Universidad de la República
Dr. Ing. Mario Vignolo Universidad de la república

Montevideo
martes 18 abril, 2023

Estudio de la Rentabilidad de Instalar Parkings de Vehículos Eléctricos en Uruguay, Agustín Borrell, Santiago Deana, Manuel Hernández.

ISSN 1688-2806

Esta tesis fue preparada en L^AT_EX usando la clase iietesis (v1.1).

Contiene un total de 250 páginas.

Compilada el martes 18 abril, 2023.

<http://iie.fing.edu.uy/>

El 80 % del éxito se basa simplemente en insistir.

WOODY ALLEN

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Agradecimientos

A nuestras familias y amigos que en el transcurso de este proyecto, nos apoyaron y dieron aliento ante todas las dificultades que enfrentamos.

A la Maestra Carolina Guerra por las horas invertidas en leer este documento y sugerir correcciones.

Al Ing. Diego Bentancur, jefe de proyecto de movilidad eléctrica quién nos brindó su tiempo para responder varias preguntas sobre el tema movilidad eléctrica en Uruguay.

A los agentes de los tres edificios que nos brindaron las curvas de carga y los datos específicos que utilizamos para realizar las simulaciones. Lamentablemente no podemos nombrarlos específicamente por confidencialidad.

A los proveedores de los distintos elementos necesarios que dedicaron su tiempo para respondernos acerca de las cotizaciones solicitadas.

A los tutores que nos brindaron su tiempo para responder dudas a lo largo de todo el año.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Resumen

En esta tesis de grado se abordan posibles aplicaciones de parkings con cargadores de vehículos eléctricos. Se analizan las opciones unidireccionales y bidireccionales de los mismos como agentes de un nuevo mercado de negocio con la energía eléctrica.

Se lleva a cabo el diseño de un simulador específico para poner a prueba la viabilidad de este tipo de proyectos mediante la observación de diversas simulaciones.

Se realiza previamente una introducción de la situación actual de vehículos eléctricos a nivel global y a nivel país (Uruguay), seguido de un marco teórico de los aspectos clave de los mismos, sus cargadores y sus baterías.

Se aborda el concepto de V2G y su aplicación al proceso de peak shaving en distintos tipos de edificios como centros comerciales, lugares de espectáculos o fábricas industriales.

Se mencionan los aspectos legales que actualmente involucran la instalación de baterías en la red de distribución eléctrica y se analiza posibles cambios que pueden sufrir las normativas vigentes con el surgimiento de este tipo de proyectos.

Durante las simulaciones realizadas los edificios serán beneficiados mediante la venta del servicio de carga a los usuarios de los vehículos eléctricos y también mediante el ahorro de energía, comprándole a los vehículos que se descarguen a través del parking . Por otro lado se verá reflejada la oportunidad que tendrá el usuario de poder elegir el uso de su batería como otro medio de remuneración.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Prefacio

Nos tocó vivir la experiencia de entablar una conversación con un jefe de operaciones de un edificio de gran porte. Esta persona nos cuenta que está interesada en que allí se instalen cargadores para vehículos eléctricos, pero que desconoce totalmente el tema.

La lectura de este documento, brinda información acerca de reglas generales sobre los vehículos eléctricos, características técnicas, cargadores, conectores, costos y beneficios tanto económicos como técnicos. Además se presenta una herramienta específica para entender aún mejor la implementación de este tipo de proyectos.

Los autores

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Tabla de contenidos

Agradecimientos	III
Resumen	V
Prefacio	VII
1. Introducción	1
1.1. Motivación	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodología de Trabajo	3
2. Contexto Actual de los VE	5
2.1. VE en Uruguay	6
2.1.1. Actualidad	6
2.2. Red de carga en Uruguay	11
3. Conceptos generales de VE	13
3.1. Vehículo Eléctrico	14
3.1.1. Ventajas	14
3.1.2. Componentes básicos de un VE	15
3.1.3. Tren eléctrico de Movimiento	16
3.2. Limitaciones y tecnologías en desarrollo	20
3.2.1. Tiempos de carga	20
3.2.2. Química en las baterías	20
3.3. Baterías	21
3.3.1. Conceptos generales	21
3.3.1.1. Descarga de una celda	22
3.3.1.2. Carga de una celda	23
3.3.1.3. Parámetros característicos de las baterías	24
3.3.2. Baterías para Vehículos Eléctricos	27
3.3.2.1. Composición y Funcionamiento	27
3.3.2.2. Protocolo de carga de la batería	31
3.3.2.3. Descarga de la batería	32
3.3.3. Degradación de las baterías	33
3.3.4. Actualidad y futuros Avances	34

Tabla de contenidos

4. Conceptos generales del SAVE	37
4.1. Tipos de conexión	40
4.2. Tipos de carga	41
4.3. Modos de carga	41
4.4. Tipos de conectores	43
4.5. Ventajas y desventajas entre carga AC y DC	48
4.6. Protocolo OCPP 1.6	49
4.6.1. Smart Charging o Carga inteligente	51
5. Tecnología V2G	53
5.1. Definición y beneficios	54
5.2. Ejemplos en la actualidad	55
5.2.1. Proyecto en la fábrica Mirafiori Fiat en Turín	55
5.2.2. Proyecto Sono Motors, Utrecht, Países Bajos. “We Drive Solar for V2G Project”	56
5.3. Aplicaciones	56
5.3.1. Brindar energía al hogar	57
5.3.2. Compensación de reactiva y control de tensión	58
5.3.3. Control de frecuencia	59
5.3.4. Control de picos de consumo	59
5.3.5. Generación de ingresos para el usuario	60
5.4. Protocolo OCPP 2.0.1	60
5.4.1. Tarifas y costos	60
5.5. OSCP 2.0 - Open Smart Charging Protocol 2.0	61
5.6. Comparación entre carga no coordinada y carga inteligente	67
6. Parkings en el Mercado Eléctrico	69
6.1. Definición de SEP y aplicación en Uruguay	70
6.2. Mercado Eléctrico	70
6.2.1. Mercado Mayorista	70
6.2.2. Mercado minorista	71
6.2.3. Agentes	71
6.2.4. Mercado eléctrico en Uruguay	72
6.2.5. Smart Grid - Red inteligente	72
6.3. Decretos y Normativas	73
6.3.1. Tarifas	73
6.3.1.1. Comparativa a nivel internacional	76
6.3.2. Aspectos legales	77
7. Modelado del Parking	81
7.1. Modelo Eléctrico	82
7.2. Modelado económico	84
7.2.1. Inversión	84
7.2.2. Ingresos	86
7.2.3. Ahorro	87
7.2.4. OPEX	87

7.3.	TIR y VAN	88
7.3.1.	Definición y cálculo del VAN	88
7.3.2.	Definición y cálculo de TIR	89
7.3.3.	Aplicación al proyecto	90
7.4.	Modelado del VE	91
7.5.	Descripción del simulador	92
7.6.	Descripción de funciones utilizadas	93
7.6.1.	Generales	93
7.6.2.	V2G	98
7.6.3.	Gráficas y Tablas de Resultados	99
7.6.4.	Distintos Main	102
8.	Interfaz gráfica	103
8.1.	Manual	104
8.1.1.	Primera Pantalla	104
8.1.2.	Segunda Pantalla	105
8.1.2.1.	Parámetros	105
8.1.2.2.	Gráficas	107
8.1.2.3.	Tablas	109
8.1.2.4.	Funcionalidad	112
9.	Estudios realizados a partir de simulaciones	115
9.1.	Introducción	116
9.2.	Escenarios estudiados	117
9.2.1.	Parking de un Centro Comercial	117
9.2.1.1.	Características del edificio	117
9.2.1.2.	Flujo de VE	118
9.2.1.3.	Escenario 1 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4kW	119
9.2.1.4.	Escenario 2 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4 sin Carga en Punta	125
9.2.1.5.	Escenario 3 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4kW con Carga Nocturna	128
9.2.1.6.	Escenario 4 - Parking Unidireccional, SAVE 22kW	130
9.2.1.7.	Escenario 5 - Smart Charging	135
9.2.1.8.	Escenario 6 - Parking Bidireccional, SAVE 7,4kW	137
9.2.2.	Diversidad de escenarios	139
9.2.3.	Centro de Espectáculos	141
9.2.3.1.	Características del edificio	141
9.2.3.2.	Flujo de VE	142
9.2.3.3.	Escenario - V2G en horario de espectáculo	143
9.2.4.	Fábrica	150
9.2.4.1.	Características del edificio	150
9.2.4.2.	Flujo de VE	152
9.2.4.3.	Escenario 1 - Carga durante la jornada laboral	152

Tabla de contenidos

10. Conclusiones	157
10.1. Objetivos Cumplidos	158
10.2. Escenarios Analizados	158
10.3. Factores de impulso necesarios	161
11. Trabajos a futuro	163
A. Políticas aplicadas para Promover la movilidad eléctrica en Uruguay	165
A.0.1. MOVES	166
A.0.2. Programa Subite	170
A.0.3. Beneficios en el pago de energía por cargar el VE	170
B. Ciclos de conducción	173
B.0.0.1. NEDC - New European Driving Cycle	174
B.0.0.2. WLTP - World Harmonied Light-duty Vehicle Test Procedure	175
B.0.0.3. EPA - Enviromental Protection Agency	178
C. Ejemplo de simulación	181
D. Sistema Eléctrico de Potencia	189
D.1. Generación por fuente y curva de demanda	190
D.2. Problemas técnicos	191
D.2.1. Picos de consumo	191
D.2.2. Compensación de reactiva	191
D.2.3. Oscilaciones en frecuencia	192
Referencias	195
Lista de Acrónimos	206
Índice de tablas	206
Índice de figuras	209

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

La necesidad del uso de nuevas fuentes de energías eléctrica viene tomando cada vez más relevancia e incidiendo en la economía mundial. Las energías renovables más utilizadas en la actualidad son las ya conocidas: hidráulica, eólica y solar. Sin embargo, todas presentan una gran desventaja; su dependencia con el clima y la aleatoriedad que este presenta. Sin importar si el viento está soplando o si el sol está brillando la red necesita ser abastecida. De no tener estos recursos renovables en el momento, la energía necesita ser comprada a plantas de reserva, por ejemplo, las que funcionan a base de combustibles fósiles, lo que significa mayor contaminación e incremento de los precios de la energía durante las horas pico.

En Uruguay la mayor emisión de CO_2 proviene en primer lugar del sector transporte y en segundo lugar de las centrales eléctricas de combustibles fósiles.[1]

En la gráfica 1.1, extraída del balance eléctrico nacional 2021, se muestran los causantes de las emisiones en Uruguay de CO_2 .

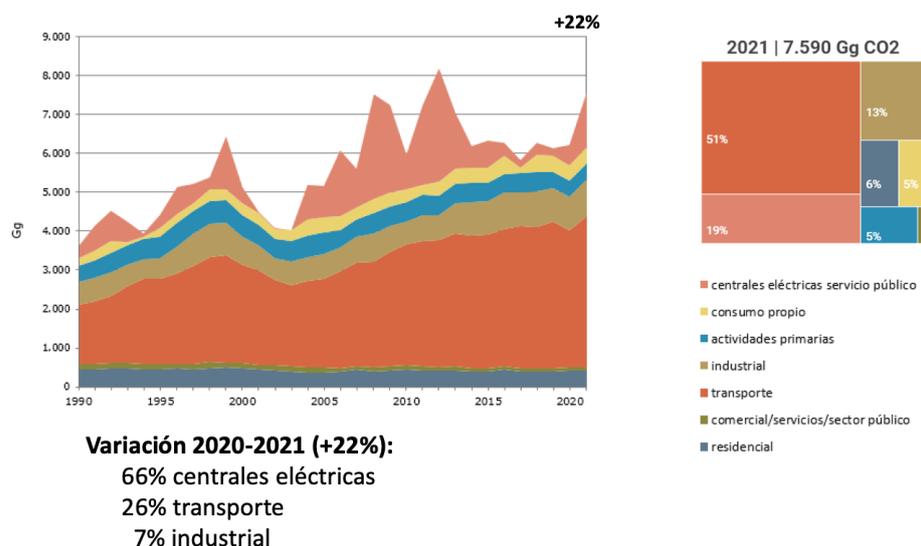


Figura 1.1: Histórico de emisiones de CO_2 en Uruguay [1]

En abril de 2016, quedó abierta a la firma el Acuerdo de París posterior a reuniones previas. Varios países del mundo participaron incluido Uruguay para comprometerse en la reducción de gases de efecto invernadero. Este acuerdo ha sido uno de los primeros pilares para despertar nuevamente la reincorporación vehículos a baterías en el mercado automovilístico.[2]

El desarrollo de los vehículos eléctricos viene creciendo de manera notoria en todos los países del primer mundo, con la llegada en particular de la tecnología V2G (Vehicle to grid), la cual permite entregar energía desde el vehículo hacia la red. Esto último está fuertemente relacionado con una nueva óptica de mercado eléctrico. Con una matriz energética mucho más distribuida donde cada vez más los usuarios finales puedan participar activamente en la generación y en su consumo.

1.2. Objetivos

Para que ello se cumpla, tienen que aparecer nuevos agentes intermediarios que brinden facilidad en su participación. Por ejemplo, un parking con cargadores bidireccionales para vehículos eléctricos.

1.2. Objetivos

El objetivo del proyecto es analizar la incorporación de cargadores de vehículos eléctricos unidireccionales y bidireccionales en edificios que ya cuenten con un parking como estacionamiento.

Además crear un software como herramienta para enriquecer el estudio con una mejor interacción a través de simulaciones. Recreando el comportamiento diario de un parking con cargadores y representando el flujo de vehículos entrando, saliendo y su disposición de cargar o descargar.

A partir de las simulaciones, determinar posibles escenarios de rentabilidad del proyecto y obtener los factores clave para que el mismo pueda partir de una base sólida. Encontrar los principales aspectos que se deben de cumplir a nivel global para que se pueda llevar a cabo.

1.3. Metodología de Trabajo

La metodología de trabajo consistió en tres etapas. La primera se basó en el estudio del entorno global y regional relacionado al uso de vehículos eléctricos como medio de transporte y las nuevas tecnologías que se involucran con los mismos. Además, el estudio abarca las funcionalidades de los vehículos eléctricos, baterías, cargadores, tecnología V2G, normas y decretos vigentes y tarifado de carga en la actualidad. A los efectos de validación se tomaron los datos proporcionados por proveedores de cargadores eléctricos y agentes referentes a los edificios estudiados.

Como segunda etapa, se desarrolló una aplicación en base a los datos técnicos estudiados por medio de la herramienta de programación Matlab. La misma es un simulador que cuenta con tres edificios, tomados como objeto de estudio distintos y herramientas para variar el comportamiento del parking durante el día.

La tercer etapa consistió en el análisis de los casos mencionados y en efectuar conclusiones sólidas acorde a lo observado durante las simulaciones.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Capítulo 2

Contexto Actual de los VE

Capítulo 2. Contexto Actual de los VE

2.1. VE en Uruguay

2.1.1. Actualidad

La flota de vehículos eléctricos (VE) está creciendo en todas partes del mundo, y Uruguay no es la excepción. En la tabla 2.1 se muestra la evolución de la cantidad de VE en Uruguay a partir de 2017 hasta 2021, diferenciados según tipo de vehículo definidos por el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), de donde fueron extraídos los datos. [3]

A partir de la misma se genera la gráfica de la imagen 2.1, en la cuál se nota el crecimiento exponencial de la flota de VE.

Las categorías definidas son las siguientes:

- Autos: automóviles tipo sedán, hatch, coupé, convertible, etc.
- Utilitarios: camionetas tipo furgón.
- SUV: en esta categoría también entran camionetas tipo crossover y rurales.
- Taxis: vehículos utilizados exclusivamente para ser utilizados como taxis.
- Camiones: camión furgón, carga general, camión con volcadora, camión con grúa, etc.
- Ómnibus: vehículos de gran porte utilizados como ómnibus.

	Autos	Utilitarios	SUV	Taxis	Camiones	Ómnibus	Total
2017	14	64	2	21	0	1	102
2018	14	112	5	44	0	1	176
2019	30	136	10	61	0	2	239
2020	51	167	37	76	1	32	364
2021	231	295	243	88	51	32	940

Tabla 2.1: Evolución en el tiempo de la cantidad de VE en Uruguay

2.1. VE en Uruguay

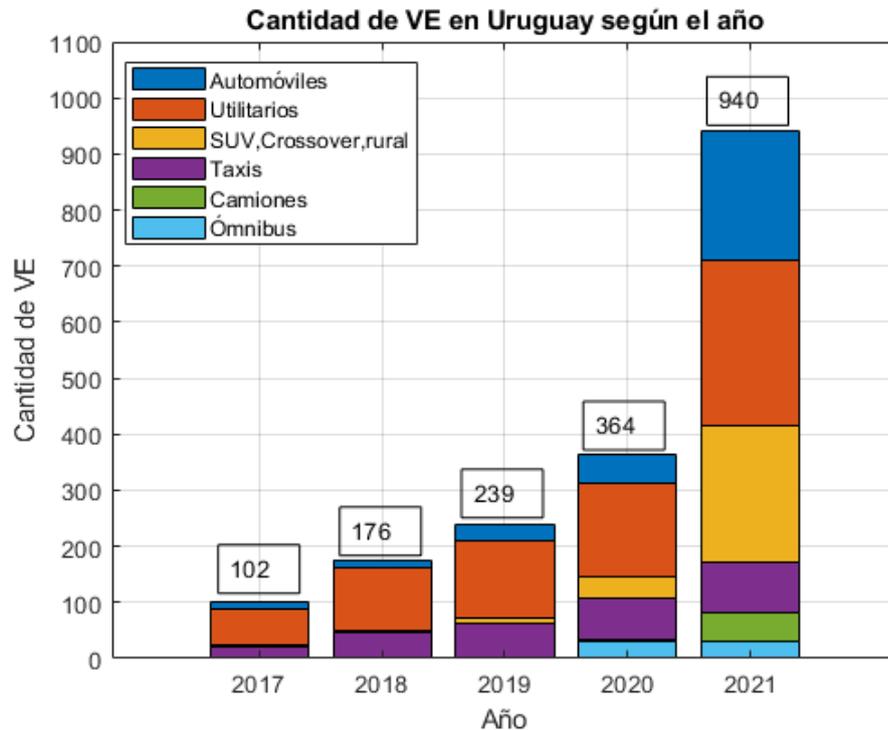


Figura 2.1: Gráfica de barras cantidad de VE en Uruguay por año

Como puede verse en la gráfica 2.1 el crecimiento de la flota eléctrica es cada vez mayor y se espera que siga en esta línea. Esto se debe a que los usuarios particulares cada vez más eligen este tipo de vehículos, por motivos económicos, ambientales, una mejor experiencia en el manejo y además hay ciertas políticas implementadas para favorecer la adquisición de VE, esto se comentará en el apéndice A. Por lo tanto, las automotoras cada vez más importan VE, habiendo así distintas marcas y modelos para elegir. Esto último se puede ver reflejado en la tabla 2.2, en la cual se presentan los VE que hay en el mercado uruguayo en la actualidad, junto algunas de sus características. Cabe destacar que las importaciones provienen principalmente de China y que aunque sigue siendo así, con el paso de los años se ha ido diversificando. Por ejemplo, en 2019, el 72 % de las importaciones eran de origen chino, mientras que en 2021 aumentó a un 40 %. Las importaciones de VE de Estados Unidos y Alemania han aumentado, en 2019 fueron de un 9 % y 0 %, mientras que en 2021 fueron un 15 % y 20 % del total respectivamente.[4]

Si bien los datos mostrados en la tabla 2.1 figuran a partir del año 2017, en 2014 llegaban a Uruguay 30 Renault Kangoo ZE (ver Figura 2.2(a)) para ser utilizadas como vehículos utilitarios de UTE. Esto se hizo con el fin de probar la tecnología de los VE y comenzar con el recambio de la flota de vehículos, de manera de reducir la generación CO_2 . [5]

Capítulo 2. Contexto Actual de los VE

Por otro lado la llegada del primer VE a Uruguay de venta a todo público fue el Mitsubishi i-Miev en 2015 [6] (ver Figura 2.2(b)).



((a)) Renault Kangoo adquirida por UTE en 2014((b)) Mitsubishi i-Miev - Primer VE en Uruguay venta a todo público

Figura 2.2: Primeros VE en Uruguay
[5] [6]

Se destaca también la presencia de VE en el transporte público. En 2020 un proyecto impulsado por los ministerios de Medio Ambiente (MA), Economía y Finanzas (MEF), Industria Energía y Minería (MIEM) y, Transporte y Obras Públicas (MTOP), promovió la adquisición por las compañías de ómnibus, de 30 unidades completamente eléctricas. Los ministerios ofrecieron un subsidio a cambio de recibir datos sobre los recorridos y la energía utilizada. Las compañías que intervinieron fueron: COETC (4 unidades), COMESA (3 unidades), CUTCSA (20 unidades), UCOT (3 unidades). Tras la llegada de estas 30 unidades al país en la actualidad, 30 de un total de 1.528 unidades que circulan por las calles de Montevideo son completamente eléctricos.[7]



Figura 2.3: Ómnibus eléctricos en Uruguay
[8]

2.1. VE en Uruguay

En el primer informe brindado por las empresas de ómnibus, luego de tener 6 meses a los mismos circulando por las calles, se observó un comportamiento positivo en cuanto a recorrido y eficiencia en el consumo. Se recorrieron en total 761.040km y se dejaron de consumir aproximadamente 300.000 litros de combustible, lo que equivale a 800 toneladas de emisión de CO_2 . [9]

Un proyecto hacia el futuro es el de la compañía de ómnibus CUTCSA, planteó que para 2040, su flota sea puramente eléctrica. Se tiene como objetivo hacerlo en 4 etapas, en 2025 contar con el 25 %, en 2030 contar con 50 %, en 2035 con el 75 %, llegando finalmente al 100 % en 2040. [10]

Por su parte los taxis 100 % eléctricos empezaron a circular en Uruguay en 2015. Primeramente fueron 4 los VE de marca BYD e6 que se muestra en la Figura 2.4, en el cual el precio de la patente se exonera, UTE hizo un aporte de US\$ 5.000 por cada unidad y se exoneró la conexión del punto de carga.[11]



Figura 2.4: Primer taxi eléctrico en Uruguay
[12]

Para la adquisición de taxis eléctricos en la actualidad hay dos formas: llamado a precio o subsidio al recambio. El primero hace referencia a vehículos nuevos y otorga a personas físicas hasta 50 permisos para la prestación del servicio de transporte de personas en VE, mientras que el segundo incentiva a los dueños de los taxis a cambiar sus vehículos de combustión por un VE. Esto lo hace la Intendencia de Montevideo, la cual subsidia un monto de hasta \$570.000.[7]

El 1º de junio de 2022 se llegó a las 100 unidades de taxis eléctricos, de un total de 3.000. La intendente de Montevideo comentó que se está analizando la posibilidad de lograr tener 100 taxis eléctricos más para 2023.[7]

Un dato impactante es que uno de los primeros taxis en 2020, luego de 5 años, llegó a los 500.000 km, lo cual implica una reducción de más de 125.000 toneladas de CO_2 . [13]

Capítulo 2. Contexto Actual de los VE

Como se mencionó anteriormente en la tabla 2.2 se muestran los VE que hay circulando por las calles del territorio Uruguayo.

Marca	Modelo	Batería	Autonomía (km)	Capacidad (kWh)
BYD	e2	Litio	300-400	35.2-47.3
BYD	e5	Litio	400	47.5
BYD	e6	Litio	350	86
BYD	M3/T3	Litio	200	50.3
BYD	Tang	Litio	500	82.8
BYD	Yuan EV	Litio	300-400	53.2
eMin	EV5	Litio	160	12
FAW	X40 EV 400	Litio	310	52.5
HOZON	Nezha N01	Litio	350	36.2
HOZON	Nezha U	Litio	500	66
Hyundai	Kona EV	Litio	482	64
JAC	J2	Litio	211	41
JAC	S2	Litio	251	33
KEYTON	N50 BOX	Litio	255	39.9
KEYTON	N50 PICK UP	Litio	255	39.9-41.86
KEYTON	N50	Litio	255	39.9
KEYTON	M70 PASSANGER	Litio	255	39.9
Mercedes Benz	EQC	Litio	440	80
Mitsubishi	i-Miev	Litio	160	16
Nissan	Leaf	Litio	270	40
Peugeot	Partner Electric	Litio	340	50
Renault	Kangoo ZE	Litio	200	40
Renault	Zoe	Litio	210	52
Tesla	Model 3	Litio	576	79

Tabla 2.2: VE en Uruguay [14]

En Uruguay ya ha llegado un VE con la tecnología V2G. Este es el Nissan Leaf.[15]

2.2. Red de carga en Uruguay

Debido a que la flota de VE en Uruguay es una realidad, se presentó un desafío para la empresa distribuidora de energía eléctrica del país de instalar puntos de carga en el mismo. Si bien hay cargadores para instalar en los hogares, es claramente necesario que haya cargadores de libre acceso. Además de instalar cargadores en las ciudades, también es necesario hacerlo en las rutas, para que los usuarios puedan realizar viajes de larga trayectoria. Al conjunto de estos cargadores, de ahora en más, Sistema de Alimentación de Vehículos Eléctricos (SAVE), se los conoce como red de carga.

Uruguay es pionero en este aspecto ya que está creando la primera ruta eléctrica (ver Figura 2.5) de Latinoamérica, en la cual los VE podrán moverse a mayores distancias sin problemas de autonomía.

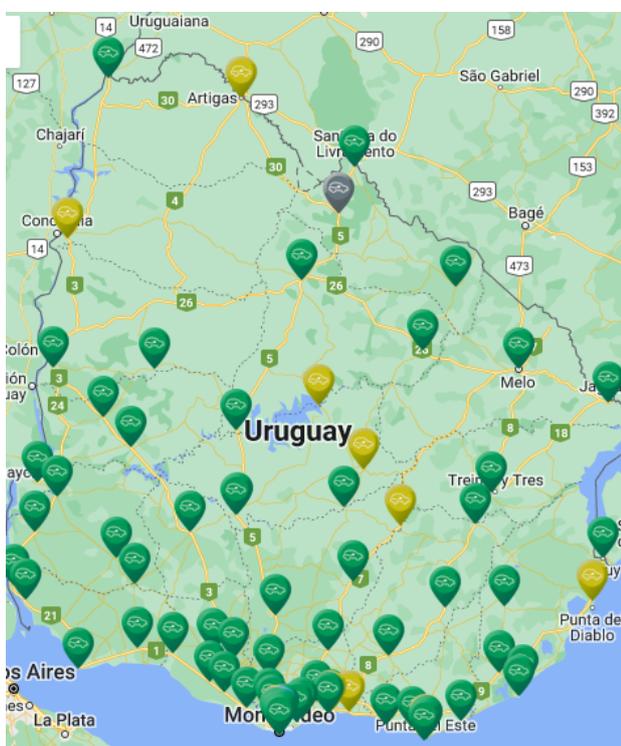


Figura 2.5: Ruta eléctrica Uruguay Agosto 2022

[16]

Para crear esta ruta se definieron por UTE 3 fases. La primera fase constó en poner puntos de carga desde Colonia del Sacramento hasta la ciudad de Chuy, recorrido de aproximadamente 550km. El mismo pasa por los departamentos de San José, Montevideo, Canelones y Maldonado, con puntos que distan aproximadamente 60 km. La fase 2 llamada Red de recarga nacional, implica instalar puntos de carga en todos los departamentos del país. Una vez finalizadas estas dos fases se contó con 60 puntos de carga. La última fase titulada red de recarga súper rápida,

Capítulo 2. Contexto Actual de los VE

consta de instalar cargadores de corriente continua, los cuales cargan a los VE con mayor velocidad.

Actualmente se está en la fase 3, habiendo instalados ya 14 cargadores de corriente continua. Los SAVE instalados son de distintas potencias y distintos tipos de conectores. Las potencias que manejan son $7,4kW$, $22kW$, $43kW$ y $50kW$, con conectores Tipo 2, CHAdeMO y CCS2. Con respecto a esto último se dará mas detalle en el capítulo 3.

Para poder llevar a cabo la instalación de estos puntos de carga en todo el país UTE, firmó acuerdos con la intendencia de cada departamento, para instalar SAVES en lugares públicos, con ANCAP, para instalar los mismos en estaciones de servicio y con Macromercado, que es el primer interesado que cuenta con grandes superficies en el país. La idea es que este último punto se extienda a otros privados que dispongan de grandes superficies. El proyecto continúa con el incremento de SAVES. A fines de 2022, se espera contar con 300 a lo largo de todo le territorio. Se destaca que 40 de los puntos a instalar serán de corriente continua. En todos los puntos de carga, UTE se encarga de la instalación y el mantenimiento de los mismos.[17]

En la imagen 2.6 se muestra un SAVE instalado en una estación ANCAP.



Figura 2.6: SAVE en estación ANCAP

[18]

Capítulo 3

Conceptos generales de VE

3.1. Vehículo Eléctrico

El portal de UTE define vehículos eléctrico como: “Un vehículo eléctrico es un vehículo propulsado por uno o más motores eléctricos y esta es la principal diferencia que encontramos frente a los conocidos vehículos propulsados por motores a nafta o diesel. Aunque la definición es más amplia pues también se abarcan los trenes, barcos, aviones y cualquier vehículo cuya planta propulsora se alimente de energía eléctrica para generar movimiento..” [19]

En este documento se utilizará el concepto Vehículo Eléctrico (VE) como automóvil de cuatro ruedas con capacidad de transportar de 1 a 8 personas, que se propulsa con un motor puramente eléctrico.

3.1.1. Ventajas

Es notorio que el estudio de los VE siempre alega a las grandes ventajas que pueden tener y a su prometedor futuro si los mismo tuviesen supremacía frente a su contra-parte a combustión. A continuación se dan a conocer las ventajas más importantes.

Desde el punto de vista ambiental, el mayor beneficio que presentan los VE es que no emiten gases de efecto invernadero, ya que la energía utilizada no es en base a combustión, consecuentemente no tienen emisión de CO₂ a la atmósfera, siendo la principal opción para el cambio a la movilidad sustentable. Por otro lado, tampoco genera contaminación sonora debido al funcionar silencioso del motor eléctrico.

Haciendo una comparación con los vehículos con motores a combustión, los VE tienen la gran ventaja de una mayor eficiencia y un bajo costo de mantenimiento. Estos no cuentan con partes mecánicas propias y partes móviles que requieran de aceites su mantenimiento termina siendo más barato.[20]

El valor monetario asociado a la recarga eléctrica puede implicar una diferencia de costos abismal comparada con el fósil. Como ejemplo estándar, hoy en día en Uruguay, un VE con una batería de 60kWh que puede permitir una autonomía de 300km, su recarga completa costaría actualmente en valle \$202 en llano \$376 y en hora punta \$980. Mientras que, el tanque lleno de un vehículo a nafta promedio puede costar por encima de los \$3500.[21][22]

3.1.2. Componentes básicos de un VE

Un VE está compuesto por al menos 6 componentes básicos imprescindibles para su funcionamiento e interacción con su entorno. La Figura 3.1 muestra un bosquejo del vínculo entre los mismos.

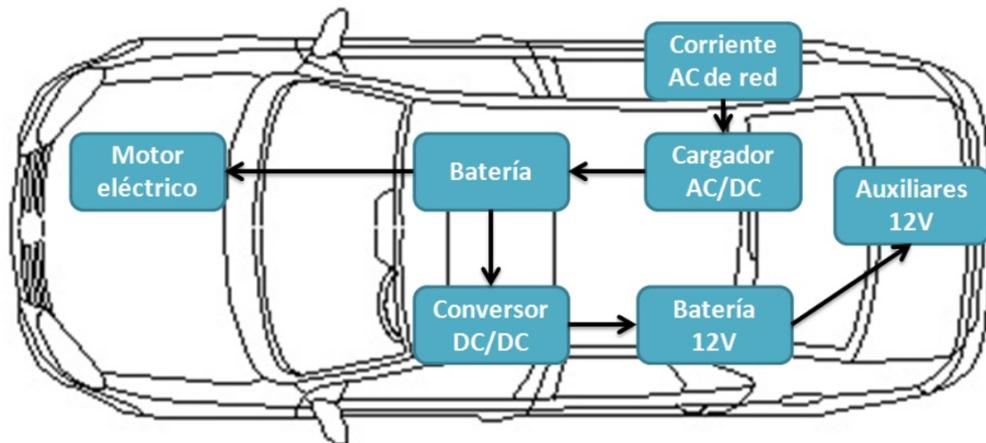


Figura 3.1: Componentes básicos de un VE

[23]

- **Motor**
 Es el encargado de crear la fuerza de tracción en los ejes de las ruedas para que el vehículo se mueva. En la Figura 3.1 se muestra su conexión directa a la batería pero se verá más adelante que los mismos por lo general trabajan en corriente alterna.
- **Inversor DC/AC de accionamiento del motor**
 Si bien este componente no está representado en la Figura 3.1, es un componente necesario para el intercambio de energía entre la batería y el motor, cuando este último trabaja en corriente alterna. Es el encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna.
- **Batería**
 La batería es la encargada de almacenar la energía eléctrica la cual es utilizada para alimentar al motor y al resto de los componentes.
- **Cargador AC/DC**
 Como su nombre lo menciona es el encargado de cargar la batería principal del VE. El mismo puede estar incluido dentro o fuera del VE.
- **Servicios Auxiliares**
 Los servicios auxiliares son el resto de componentes que necesitan alimentación eléctrica pero a una tensión más baja. Ejemplo: luces, radio, aire acondicionado, etc.

Capítulo 3. Conceptos generales de VE

- **Batería auxiliar**
La batería auxiliar es la encargada de dar alimentación eléctrica a los servicios auxiliares.
- **Convertor DC/DC**
El convertor DC/DC se encarga de dar energía eléctrica desde la batería principal a la batería auxiliar.

3.1.3. Tren eléctrico de Movimiento

En la figura 3.2 se presenta un esquema básico del tren eléctrico de movimiento de un VE moderno. El mismo consiste de tres sectores principales interconectados entre sí.

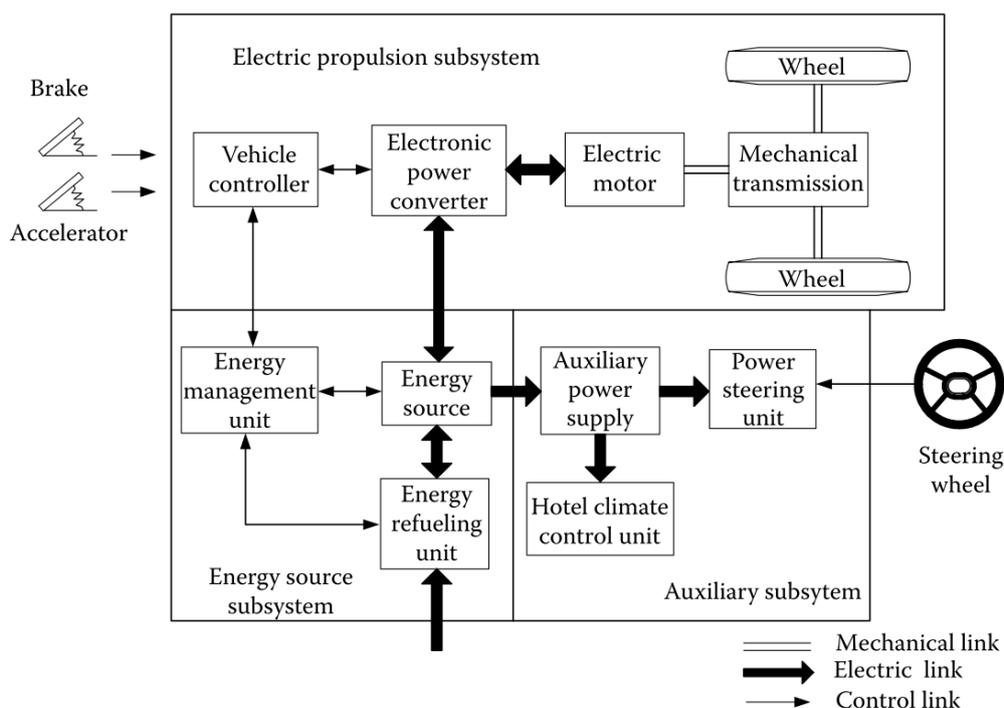


Figura 3.2: Esquema básico del tren eléctrico de un VE [24]

Se puede observar que la batería o fuente de energía se encuentra en el centro del esquema. Esto se debe a que es el componente fundamental en los VE. La batería directa o indirectamente interactúa con el resto de los elementos del vehículo que componen el tren eléctrico de movimiento.

En conjunto con la EMU o BMS, la batería intercambia energía con el motor eléctrico del vehículo. La BMS es la unidad encargada de proteger las baterías y optimizar su rendimiento. Gestiona la temperatura, el estado de carga (SOC), el estado de salud (SOH) y balancea la tensión de cada celda. Esto permite que todas

3.1. Vehículo Eléctrico

las celdas se carguen y descarguen por igual, previniendo cualquier sobretensión o subtensión que deteriore la batería. El control de temperatura lo realiza a través del ajuste de caudal del líquido refrigerante que recorre el sistema de baterías, de esta manera mantiene la temperatura óptima para su uso. La BMS también funciona como limitador de corriente y es el cerebro de las baterías. En caso de alguna falla es la encargada de cortar el flujo de energía eléctrica desde las baterías. La Figura 3.3 muestra un esquema de lo mencionado. Además, detecta el tipo de carga que recibe el vehículo y dirige la corriente ya sea a las baterías directamente, en caso de carga DC, o a través del cargador AC/DC en caso de carga en AC.

Este cargador, conocido como On Board Charger, Cargador a Bordo (OBC), se encarga de convertir la tensión AC proporcionada por la red o el SAVE, en DC necesaria para la batería. Viceversa para su funcionamiento durante la descarga, proporciona una tensión AC para la red a partir de las baterías. Para este último caso es necesario que el OBC permita la bidireccionalidad de la corriente eléctrica. En la Figura 3.2 pertenece al grupo de Energy Refueling Unit. [24]

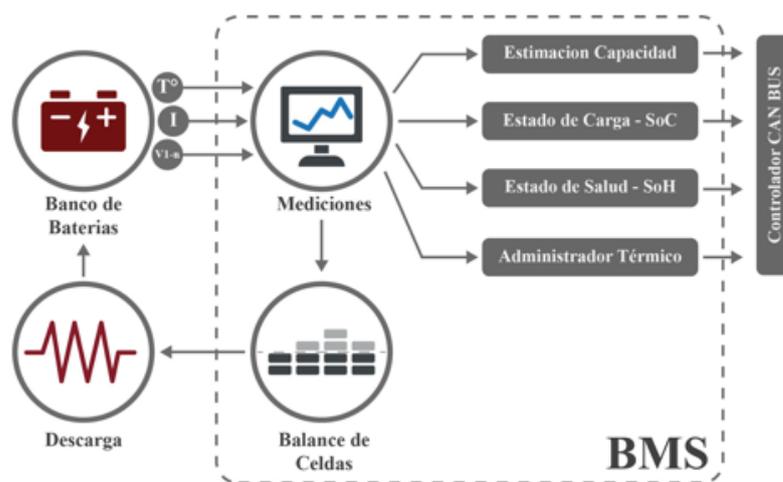


Figura 3.3: Esquema del Sistema de Gestión de Baterías [25]

DEL OBC puede ser omitido para VE's que se carguen únicamente en CC, y en estos casos la conversión de tensión AC/DC se realiza directamente en el SAVE. Esto se puede ver reflejado en la Figura 3.4. En el diagrama de la Figura 3.2 no se refleja el tipo de conexión V2G, se puede apreciar el flujo del enlace eléctrico desde la red sólo para el interior del vehículo. Se representa de esta manera la carga pero no la descarga del VE hacia la red. En próximas secciones se ampliará información sobre el tipo de carga en DC y el uso de la tecnología V2G.

Capítulo 3. Conceptos generales de VE

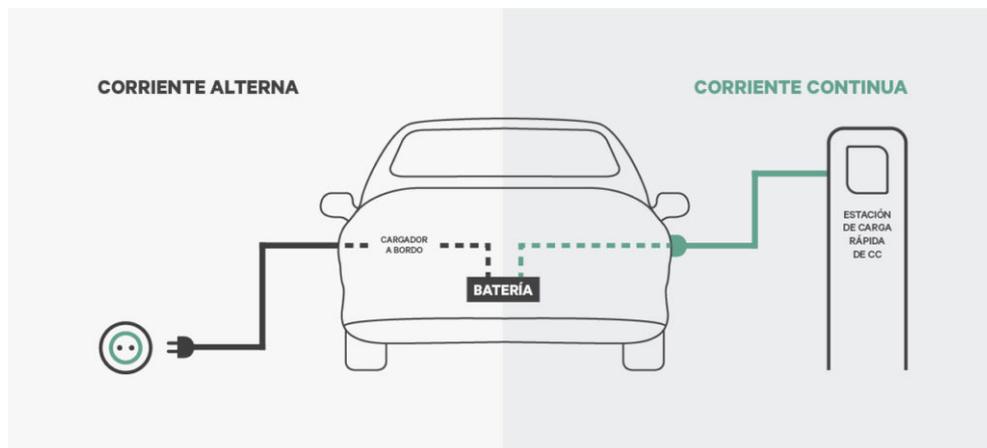


Figura 3.4: Carga AC y Carga DC
[26]

Actualmente, los motores de inducción en AC son los más utilizados por los fabricantes de VE. Menor peso, menor volumen, menor costo y mayor eficiencia son algunas de las ventajas que ofrecen los motores AC frente a motores en CC. Dentro de este grupo, los más utilizados son los motores con rotor jaula de ardilla, ya que frente a los motores de rotor bobinado son más económicos, necesitan menor mantenimiento y son más robustos. A partir de un controlador integrado en el subsistema de propulsión eléctrica, se regula el flujo de corriente desde el inversor DC/AC al motor eléctrico en base a las señales de control de los pedales de aceleración y freno. Este convertidor de accionamiento del motor típicamente es bidireccional, lo que permite la recarga regenerativa de la batería a partir del frenado del vehículo. Sus componentes están constituidos por llaves electrónicas y diodos de potencia. El sistema de control típicamente utiliza una modulación por ancho de pulso sinusoidal (PWM sinusoidal) para mantener constante la relación V/f del motor. La figura 3.5 refleja lo mencionado. [27]

3.1. Vehículo Eléctrico

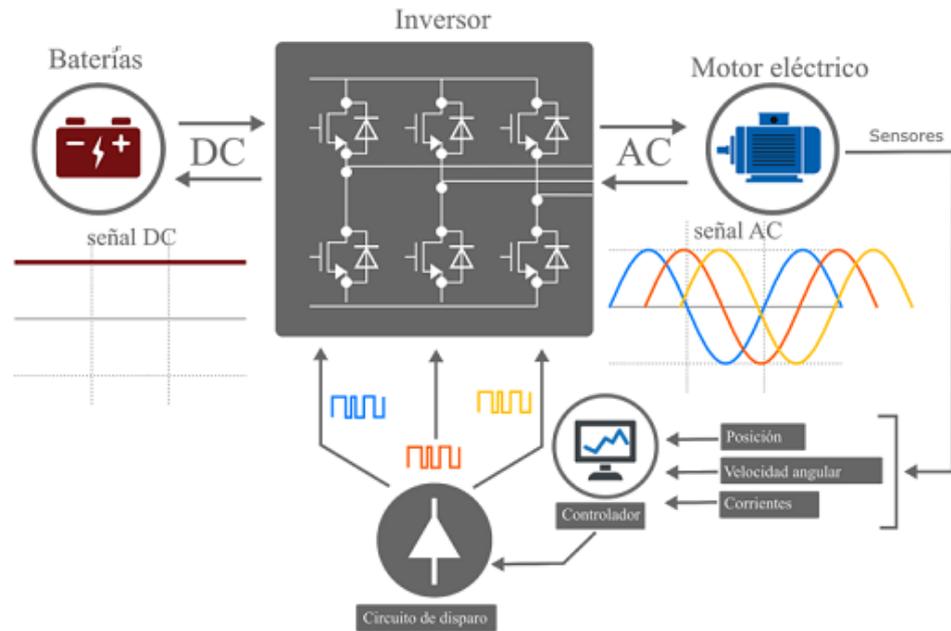


Figura 3.5: Topología Inversor principal de un EV [25]

Por último se puede observar en la Figura 3.2 que la batería del VE alimenta tensiones reducidas, generalmente 12Vcc, a través de un convertidor DC/DC. Esta tensión más baja se suele utilizar para servicios auxiliares del vehículo como luces, radio, aire acondicionado, sensores, dirección asistida, etc. Típicamente los VE poseen una batería auxiliar que respalda estos tipos de servicios.

3.2. Limitaciones y tecnologías en desarrollo

3.2.1. Tiempos de carga

Una de las limitaciones que ven los usuarios de los VE es el tiempo considerable que puede llegar a tardar la carga en comparación a un vehículo a combustión. Este último tarda algunos minutos mientras que en un vehículo eléctrico puede llegar a durar varias horas dependiendo de la potencia que se le pueda suministrar.

La carga ultrarrápida en corriente continua proporciona la posibilidad de que los VE puedan cargarse a velocidades mucho mayores, llegando a cargas de 0 % a 100 % en fracciones de hora.

Por otra parte, hay compañías que están implementando la refrigeración líquida en los conductores y dispositivos utilizados para este tipo de cargas, con el objetivo de aumentar aún más su rendimiento a través del balance de temperatura durante la carga.

Se ampliarán los detalles de este tipo de carga en el capítulo 5.

3.2.2. Química en las baterías

Una de las inquietudes que existen actualmente acerca de los VE es la poca autonomía que los mismos presentan frente a un vehículo de combustión interna. Si bien al día de hoy los VE han alcanzado tener una autonomía razonablemente buena, entre 300 y 500 km como se vio en la tabla 2.2, estos valores pueden verse reducidos en el uso cotidiano y por lo tanto aún es un déficit que se puede ver en los mismos. Además de que una vez que se agota la batería, el tiempo de carga puede ser de horas. Si bien ya existen cargadores de carga rápida, pudiendo cargar al VE en media hora o menos, este tipo de carga no puede hacerse muchas veces seguidas, ya que la batería se ve perjudicada. Sin embargo, la autonomía de los vehículos a combustión puede decirse infinita, ya que una vez que se queda sin combustible, el tiempo de recarga del tanque es mínima. Es por esto que los fabricantes de baterías así como los de VE están invirtiendo en el estudio de nuevas tecnologías que presenten una mejora en este problema. El hecho de conseguir mejores baterías se resume en baterías más ligeras, más baratas, más duraderas y que se puedan cargar más rápido. En la sección 3.3 se detallará las tecnologías actualmente en uso y se presentarán las mejoras técnicas que están actualmente en desarrollo.

3.3. Baterías

El título de esta sección se refiere a una de las tantas formas que existen de almacenamiento de energía que son las baterías electroquímicas.

3.3.1. Conceptos generales

Una batería es un dispositivo que acumula energía químicamente, para luego convertirla en energía eléctrica mediante una reacción electroquímica de reducción-oxidación. Cuando se da este proceso se dice que la batería se descarga, dirección de izquierda a derecha en la Figura 3.6. A las baterías que solamente pueden funcionar en esta dirección, se las llama baterías primarias. Sin embargo hay algunas de ellas que pueden funcionar en la dirección inversa, en este caso se dice que la batería se carga, dirección de derecha a izquierda en la Figura 3.6. A este tipo de baterías, que pueden funcionar en ambas direcciones, se las llama baterías secundarias.

Una batería es una composición de un montón de celdas conectadas entre sí. Una **celda** es la unidad básica, completa e independiente, de almacenamiento de energía química, la cual posee todas las propiedades electroquímicas. La misma está compuesta por tres elementos primarios: un electrodo positivo, un electrodo negativo y un **electrolito**.

Al electrodo negativo se le denomina **ánodo**, en la reacción actúa como reductor y es el encargado de ceder electrones al circuito externo. Por otra parte al electrodo positivo se le denomina **cátodo** que actúa como oxidante y es el que recibe los electrones provenientes del ánodo.

Finalmente el **electrolito** es el encargado de actuar como conductor por donde viajan los iones de un polo al otro. La Figura 3.6 refleja un esquema básico de una celda. No aparece en la figura pero también se separan físicamente el ánodo y el cátodo para evitar cortocircuitos, mediante un “separador” que igualmente permite el flujo de iones.

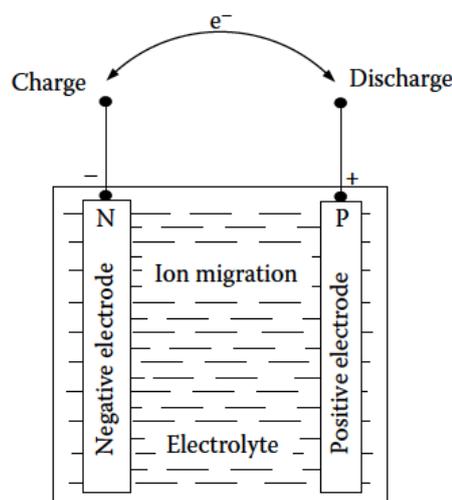


Figura 3.6: Esquema de una celda [28]

En cuanto a la elección del ánodo se eligen considerando, eficiencia como agente reductor, buena capacidad, buena conductividad, estabilidad, facilidad de fabricación y bajo costo. Generalmente se utilizan metales como lo puede ser el zinc. Para el cátodo se busca que sea un buen agente oxidante, estable al ponerse en contacto con electrolito, generalmente se utilizan óxidos metálicos. Como ya se dijo el electrolito es el medio por el cual viajan los iones, por lo tanto se busca que sea un buen conductor iónico, que no tengan reacciones químicas con los electrodos, insensibles a cambios de temperatura y de fácil manipulación. Por lo general es un líquido formado por una solución acuosa aunque en algunos casos puede ser un sólido, como un gel polímero.

3.3.1.1. Descarga de una celda

La descarga de la celda se da cuando a la misma se le conecta un circuito externo como se ve en la figura 3.7. Al realizar esta conexión se produce una reacción química en la cuál los electrones tienden a “irse” de los átomos del electrodo negativo, es decir, se oxida. Las opciones que tienen son dos, ir por el circuito externo o a través del electrolito que es un mal conductor de electrones. Por lo tanto los mismos se ven obligados a ir por el circuito externo mientras que el catión que se forma en el ánodo fluye a través desde el electrolito hasta llegar al cátodo, que es electrodo que se reduce.

3.3. Baterías

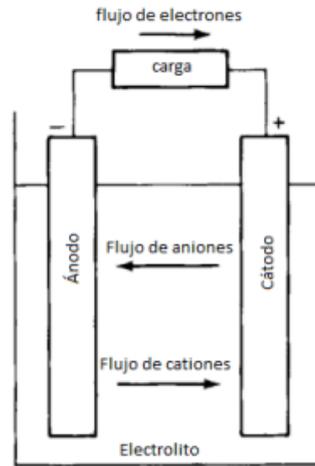


Figura 3.7: Descarga de una celda
[29]

3.3.1.2. Carga de una celda

Como fue dicho previamente solo algunas celdas son recargables, que son las baterías secundarias. El proceso comienza conectándole a la celda una fuente de potencia con polaridad como se ve en la Figura 3.8, en este caso el electrodo positivo es el que se oxida y el electrodo negativo se reduce, por lo tanto cambian el rol. Lo que sucede es que hay un flujo de electrones por el circuito externo desde el electrodo positivo al negativo. Mientras tanto hay un flujo de iones a través del electrolito.

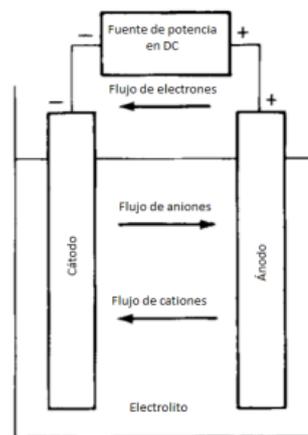


Figura 3.8: Carga de una celda
[29]

Capítulo 3. Conceptos generales de VE

3.3.1.3. Parámetros característicos de las baterías

Para las baterías secundarias se definen ciertos parámetros con el fin de poder caracterizar su funcionamiento, y poder asignarlas para cierta aplicación. Como fue mencionado previamente la celda es la unidad básica de una batería, esto significa que una batería puede tener decenas de celdas, con el fin de tener mayor tensión y/o mayor potencia. Para obtener mayor tensión se conectan en serie, mientras que para tener mayor potencia se realiza una conexión en paralelo. La mayoría de los parámetros que se definen a continuación refieren a la batería como conjunto.

- **Tensión de celda:** Esta tensión refiere a la que existe en bornes de una única celda de las que componen las batería. La misma es máxima cuando se encuentra plenamente cargada y a medida que se descarga descende. Esta determinada por el tipo de electrodos y electrolito que la constituyen. La unidad de medida son los voltios (V).
- **Tensión de la batería:** Este valor queda determinado por la suma de las tensiones de las celdas que están en serie dentro de la batería. La unidad de medida son los voltios (V).
- **Tensión de circuito abierto:** Es la tensión que tiene la batería cuando se encuentra en reposo y sin ninguna carga conectada. La unidad de medida son los voltios (V).
- **Tensión de cut off:** Es la mínima tensión a la cual la batería se sigue descargando, una vez que se llega a este valor, la misma no entrega más corriente.

En la Figura 3.9 se muestra la curva de descarga de la batería que se define a partir de un estado de carga completo hasta llegar a su voltaje de “cut off”.

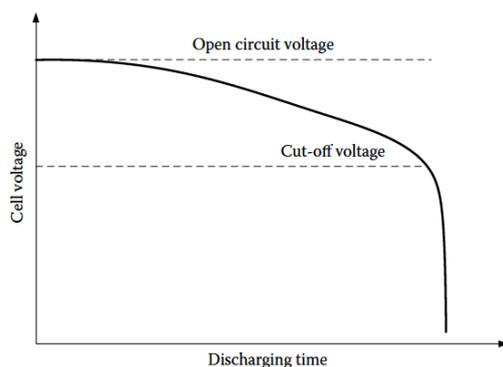


Figura 3.9: Curva de descarga de una batería
[28]

- **Capacidad Nominal:** La capacidad nominal refiere a la energía almacenada dentro de la batería. Es usual especificar las unidades de la misma en

Ah (Ampere hora). Esto se define como una cantidad constante de ampere que puede entregar la misma durante 1 hora, en la descarga de la batería. Por ejemplo una batería de $20Ah$ indica que si entrega una corriente de $20A$ podrá hacerlo durante 1 hora.

- **Energía nominal:** La energía nominal de la batería indica cuánta energía hay almacenada dentro de la misma cuando está a plena carga. Este valor se halla al multiplicar la capacidad nominal(Ah) con la tensión nominal(V) de la misma. Por lo tanto la unidad es el Wh .
- **Tasa de descarga/carga:** La tasa de descarga/carga también conocida como C_{rate} , indica la velocidad con la cual se descarga o carga la batería respecto de su corriente nominal. Por ejemplo si se descarga o carga a su corriente nominal se dice que se descarga a $1C$. Mientras que si se descarga a la mitad de su corriente nominal el $C_{rate} = 0,5C$.

En la Figura 3.10 se puede ver un ejemplo, para una misma batería, realizando la descarga a $100A$ se podrá utilizar $60Ah$ de capacidad, mientras que realizar la descarga a $30A$ permitirá utilizar $90Ah$ de capacidad. Ambos casos consideran la descarga completa o profunda, es decir, hasta llegar al voltaje de cut-off como fue mencionado anteriormente. Es usual ver que los fabricantes de baterías brindan el número de amper horas a la tasa de corriente que corresponde.

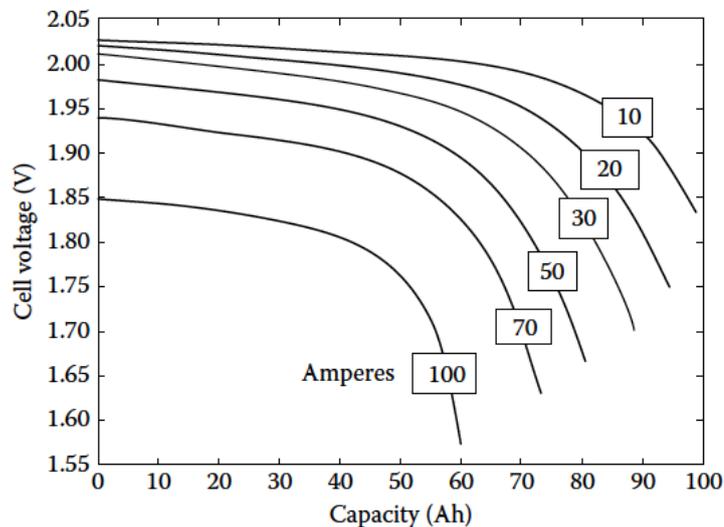


Figura 3.10: Curvas de descarga a distintos C_{rates}

[28]

- **Estado de carga:** Otro importante parámetro en las baterías es el State of Charge, Estado de Carga (SOC). Se define como el ratio de la capacidad restante contra la capacidad completa. Por tanto, la batería está totalmente

Capítulo 3. Conceptos generales de VE

cargada cuando el SOC se encuentra al 100 % y está totalmente descargada cuando el SOC es del 0 %.

El término descarga completa a veces causa confusión, porque a diferentes rates de descarga, la batería presenta diferentes capacidades y diferentes voltajes de cut-off.

La variación del SOC en un intervalo de tiempo se representa como la siguiente ecuación:

$$\Delta SOC = \frac{idt}{Q(i)} \quad (3.1)$$

Donde $Q(i)$ es la capacidad amper hora de la batería en la corriente i . Cuando se carga, i es positivo, y cuando se descarga, i es negativo. Por tanto se puede expresar el SOC como:

$$SOC = SOC_0 - \int \frac{idt}{Q(i)} \quad (3.2)$$

Donde SOC_0 es el estado de carga inicial.

Para VE y HEV, la capacidad de energía en kWh se considera más importante que la capacidad en Ah, ya que la primera está directamente asociada con la operación del vehículo.

La energía entregada puede ser expresada como:

$$Ec = \int_0^t V(i, SOC) i(t) dt \quad (3.3)$$

Donde $V(i, SOC)$ es el voltaje en bornes de la batería en función de la corriente y el SOC.

[28]

- **Profundidad de Descarga:** Este parámetro indica la cantidad de carga que ya ha sido extraída de la batería en relación a su capacidad total. Depende del estado de carga inicial y final. También es conocido por sus siglas en ingles DoD (Depth of Discharge).

Es una cantidad adimensionada y por general se expresa en porcentaje. La ecuación 3.4 muestra la definición.

$$DoD = SOC_{Inicial} - SOC_{Final} \quad (3.4)$$

- **Estado de Salud:** El estado de salud de la batería indica la condición o capacidad de funcionamiento “actua” de la misma comparado con la capacidad inicial de la misma. Se obtiene realizando el cociente entre la capacidad

“actual” y la inicial, por lo tanto no tiene dimensiones. Usualmente se expresa en porcentaje y en la literatura aparece muy comúnmente expresada como *SOH*, por sus siglas en inglés State Of Health.

- **Resistencia Interna** : La resistencia interna de una batería es un valor que representa la oposición al paso de corriente eléctrica. Cabe destacar que el valor que se le asigna es variable en el tiempo. Esto se debe a que el mismo representa dos fenómenos. Al primero se lo denomina resistencia iónica y se encuentra determinado por la conductividad iónica del electrolito y la membrana que separa los electrodos. El segundo es la resistencia electrónica y se debe a los materiales empleados para la composición de la batería.

Al ser una resistencia su unidad se mide en ohms (Ω).

- **Durabilidad o Ciclos de Vida**: La durabilidad de la batería representa la vida útil de la misma en función del número de ciclos de carga/descarga. Suele expresarse en la cantidad de ciclos soportados por la misma a cierta profundidad de descarga. Por ejemplo se puede determinar que una batería tiene 3000 ciclos a una profanidad de descarga de 90 %, esto significa que la misma soporta 3000 ciclos de la siguiente forma:

1. Descargar la batería de 100 % a 10 %
2. Cargar la batería al 100 %

- **Auto-descarga**: Este parámetro representa el porcentaje de descarga de la batería que ocurre sin que la misma esté en funcionamiento. Se representa en porcentaje por mes. Este fenómeno se debe a algunas reacciones químicas que hay dentro de la misma, las cuales dependen del estado de salud y la temperatura a la cual se encuentra la misma.

3.3.2. Baterías para Vehículos Eléctricos

Actualmente en los VEs existen tres variantes de baterías que lideran en su aplicación, las cuales se diferencian por su compuesto principal: plomo, níquel y litio. La última de ellas es la más utilizada en la actualidad, ya que presenta las mejores prestaciones. El foco se centrará en ellas.

El litio es el metal más liviano de todos y presenta muchas características interesantes desde puntos de vista electroquímicos. En efecto, permite tener un gran voltaje termodinámico, el cual resulta en una gran energía específica y potencia específica. También presenta una buena conductividad eléctrica. [28]

3.3.2.1. Composición y Funcionamiento

Las celdas de una batería de iones de litio están compuestas por un óxido de litio metálico en el electrodo positivo, mientras que para electrodo negativo generalmente se utiliza grafito. En cuanto al electrolito es una sal de litio en un solvente

Capítulo 3. Conceptos generales de VE

orgánico. La capa separadora esta constituida por polietileno o polipropileno y para los colectores de corriente se utiliza cobre y aluminio para el ánodo y el cátodo respectivamente.

Si bien el electrodo positivo esta compuesto por un oxido metálico como fue mencionado, existen variaciones en la composición del mismo. Lo que se hace es combinar distintos elementos, pero siempre manteniendo al litio entre ellos. Por lo tanto se puede diferenciar las baterías según la composición del electrodo positivo. Como es de suponerse según sea este compuesto, la batería tendrá distintas características. En la tabla 3.1 se muestran los distintos compuestos y en la imagen 3.11 las principales características de cada uno.

Se presenta también un caso en el que la química que cambia es la del ánodo, en lugar de utilizar grafito como fue mencionado antes se utiliza litio titanato.

Denominación	Fórmula química	Nomenclatura
LCO	$LiCoO_2$	Óxido de Litio Cobalto
LMO	$LiMn_2O_4$	Óxido de Litio Magnesio
NMC	$LiNiMnCoO_2$	Óxido de Litio Níquel Magnesio Cobalto
LFP	$LiFePO_4$	Litio de Hierro Fosfato
NCA	$LiNiCoAlO_2$	Óxido de Litio Níquel Cobalto Aluminio
LTO	$Li_4Ti_5O_{12}$	Litio Titanato

Tabla 3.1: Distintos tipos de compuestos utilizados para el electrodo positivo de las baterías de iones de litio

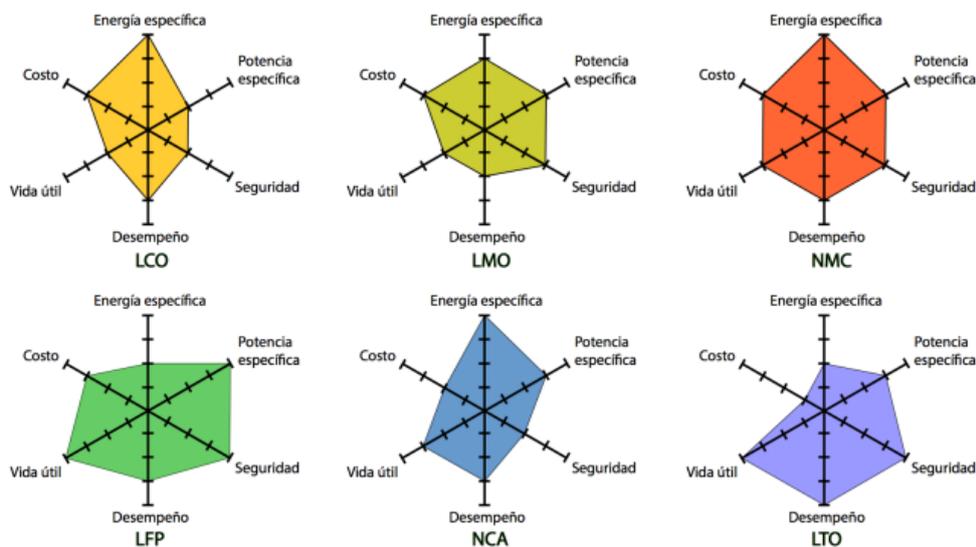


Figura 3.11: Comparación entre distintas composiciones de las baterías de litio

[30]

La imagen 3.12 presenta valores típicos de las baterías de litio según su química,

3.3. Baterías

Tipo de química	LCO	LMO	LFP	NCA	NMC	LTO
Denominación	Oxido de Litio Cobalto	Oxido de Litio Manganeso	Litio Hierro Fosfato	Oxido de Litio Níquel Cobalto, Aluminio	Oxido de Litio Níquel Manganeso	Litio Titanato
Voltaje nominal	3.6 V	3.7 V - 3.8 V	3.2 V - 3.3 V	3.6 V	3.6 V - 3.7 V	2.4 V
Voltaje de operación	3.0 - 4.2 V	3.0 - 4.2 V	2.5 - 3.65 V	3.0 - 4.2 V	3.0 - 4.2 V	1.8 - 2.85 V
Energía específica	150-200Wh/kg	100-150Wh/kg	90-120Wh/kg	200-260Wh/kg	150-220Wh/kg	70-80Wh/kg
Carga (Crate)	0.7-1C típico. No cargar a mas de 1C	0.7-1C típico. Carga máx.3C	1C típico.	0.7C típico.	1C típico. 2C posible.	1C típico. 5C máx.
Descarga (Crate)	1C típico. Voltaje de corte 2.5V	1C. 10C es posible. Voltaje de corte 2.5V	1C típico. Voltaje de corte 2.5V	1C típico. Voltaje de corte 3.0V	1C -2C típico. Voltaje de corte 2.5V	1C. 10C posible Voltaje de corte 1.8V
Ciclos de vida	500-1000	300-700	1000-2000	500	1000-2000	3000-7000
Comentarios	Alta energía, potencia limitada. El Cobalto la hace costosa. Se produce desde 1991.	Buena potencia, poca capacidad. Se utilizaron en las primeras aplicaciones de Renault y Nissan. Producidas desde 1996.	Buen voltaje de descarga plano. Alta potencia, baja capacidad. De las más seguras. Elevada autodescarga. Utilizada en aplicaciones de BYD. Se produce desde 1996.	Alta capacidad. Potencia moderada. Utilizada en vehículos Tesla. Producida desde 1999.	Alta capacidad y alta potencia. Es la más utilizada en las aplicaciones recientes de VE. Producida desde 2008.	Alta vida útil. Muy segura pero baja capacidad. Es costosa.

Figura 3.12: Valores típicos de las distintas baterías de iones de litio según su química 29

Capítulo 3. Conceptos generales de VE

El funcionamiento de las baterías de litio ion en cuanto a la carga y la descarga de la misma es de la manera que ya fue explicado en la sección 3.3.1. Igualmente se volverá a explicar brevemente para este caso particular. En cuanto a la carga se basa en tomar un átomo de litio, que en conjunto con el oxido metálico forman una red estable, y separarlo de esta. Esto se hace conectando una fuente de potencia externa a los bornes de la celda. Al suceder esto, el átomo de litio se vuelve inestable por lo que formara un ion de litio y un electrón ($Li \rightarrow Li^+ + e^-$). Al proporcionar un camino diferente para los iones de litio (el electrolito) como para los electrones (el circuito externo), se genera un flujo de corriente por el circuito externo a la celda.

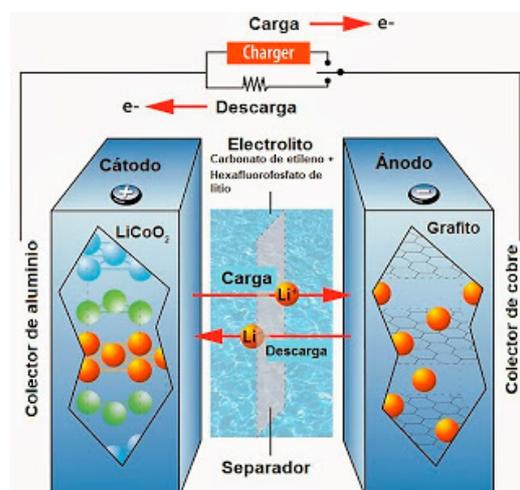


Figura 3.13: Representación de una celda de una batería de litio

[32]

Cuando la batería está cargada, queda en un punto de equilibrio inestable, por lo tanto al conectar una carga externa entre los bornes de la misma, esta tenderá a volver a su estado inicial. Por lo tanto sucede el proceso inverso al de la carga, los iones de litio fluyen por el electrolito desde el ánodo al cátodo mientras que los electrones fluyen en esta dirección pero por el circuito externo. En la figura 3.13 se muestra un esquemático de una batería de iones de litio particular.

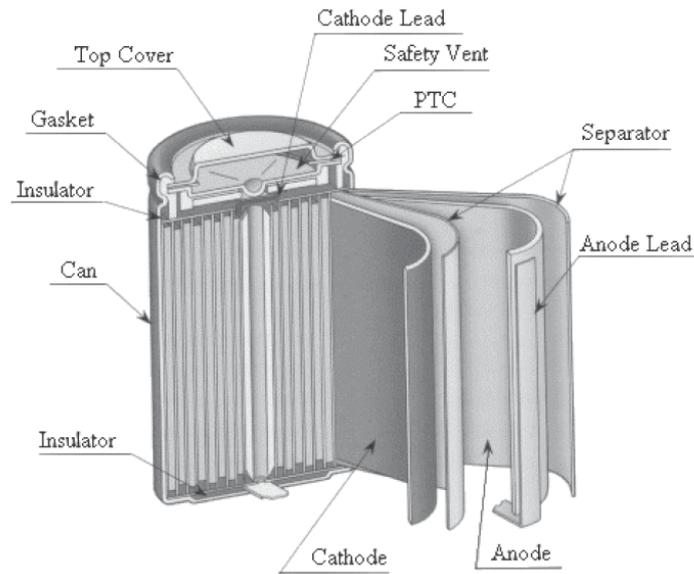


Figura 3.14: Diagrama físico interno de una batería de ion litio cilíndrica [29]

3.3.2.2. Protocolo de carga de la batería

La estrategia para recargar la batería de un VE se conoce como protocolo CC-CV. Este cuenta con tres etapas, etapa inicial, carga CC y carga CV. Cada etapa tiene cierta característica con respecto a la tensión en bornes y la corriente de la batería.

La etapa inicial se caracteriza por incrementar la corriente partiendo de un 10 % de la misma hasta llegar a la corriente nominal. En cuanto a la tensión también va subiendo progresivamente. La segunda etapa corresponde a la carga a corriente constante igual a la corriente nominal. La tensión en bornes de la batería sigue aumentando progresivamente. Es en esta etapa que se realiza la mayor parte de la carga. La misma culmina cuando se llega a un 80 % del SOC aproximadamente. En este punto entra en la etapa final que se realiza a voltaje constante, mientras que la corriente va decreciendo hasta que se llega a un 100 % del SOC. En la Figura 3.15 se muestra un esquemático de la carga descrita anteriormente.

Capítulo 3. Conceptos generales de VE

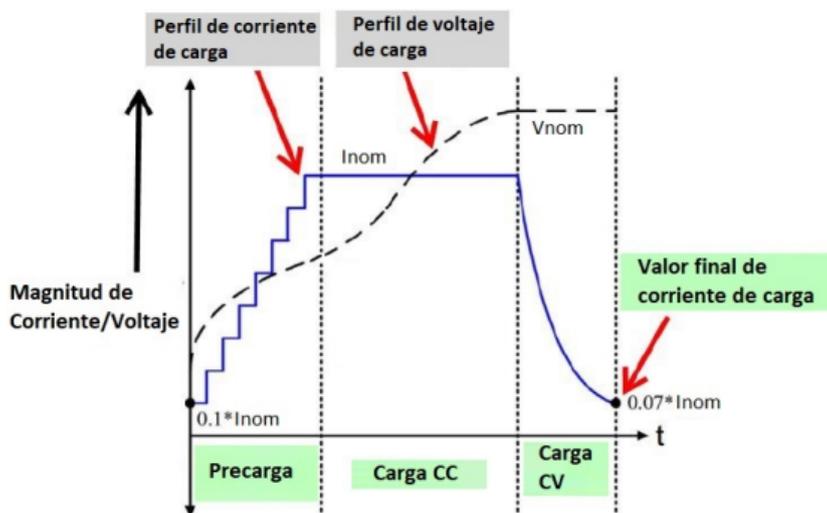
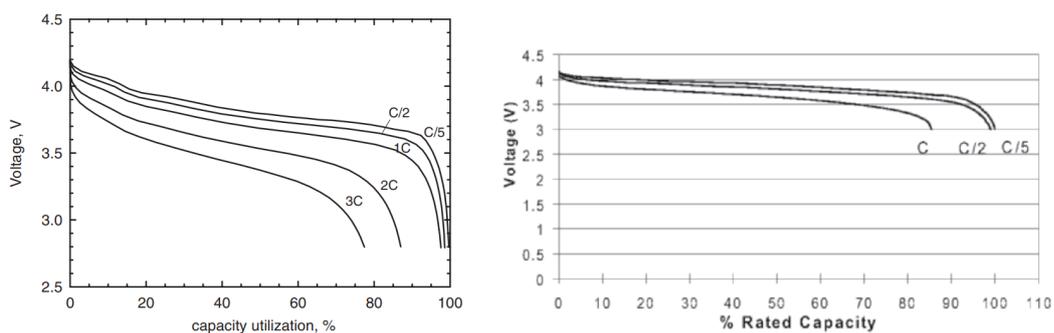


Figura 3.15: Carga CC-CV [33]

Como la mayor parte del tiempo de carga se está en la segunda etapa que es a corriente constante y la tensión varía muy poco, se puede considerar que la misma se realiza a potencia constante. Esta es una de las hipótesis utilizadas a la hora de programar el simulador.

3.3.2.3. Descarga de la batería

Al descargar la batería se lo hace a corriente constante, mientras que el voltaje va siendo cada vez menor. En la figura 3.16 se muestra la curva que describe un dos celdas de litio distintas.



((a)) Descarga celda $LiCoO_2$ a $21^\circ C$ ((b)) Descarga celda $LiMn_2O_4$ cargada a $0,5C_{rate}$ a $4.2V$ a $23^\circ C$

Figura 3.16: Descarga de celdas de litio [29]

Como se puede apreciar en la Figura 3.16 el rango de 20% - 80% del SOC, la tensión es aproximadamente constante. Como la corriente también lo es, se puede decir que la descarga se realiza a potencia constante. Como las descarga de los VE a considerar en el modelo se realiza dentro dicho rango, se tomará como hipótesis este resultado.

Una observación que se desprende de las gráficas es que a menor C_{rate} mayor capacidad útil presentan las baterías.

3.3.3. Degradación de las baterías

Si bien no es objeto de este documento estudiar en profundidad la degradación de las baterías se indicarán los principales factores que afectan en este sentido. Principalmente los factores que están involucrados en la degradación son los ciclos de carga descarga, las temperaturas de trabajo, qué C_{rate} se utiliza para la descarga/carga, entre otros.

Un indicador de la degradación de la batería es el valor de la resistencia interna de la misma definida en la sección 3.3.1.3. Una vez que este valor aumenta genera ciertos problemas en el funcionamiento de la batería, limita la corriente en la carga/descarga, mayor caída de voltaje al conectar una carga, aumento de la temperatura de servicio y mayores pérdidas por efecto Joule, lo que genera que la conversión de energía sea menos eficiente, ya que una parte se pierde como calor.

La resistencia interna tiene un aumento permanente debido a dos factores, por un lado la edad de la batería y por otro los ciclos completos que tiene la misma. Se cumple que el aumento de la resistencia es directamente proporcional a la cantidad de ciclos que tiene la misma [34]. Lo mismo ocurre con la edad de la misma [35].

Otro aspecto que afecta a la batería es la tasa de descarga/carga que se utiliza en ambos casos. Si al recargar la batería se lo hace a un C_{rate} mayor el estado de salud de la batería descenderá más rápido como lo muestra el estudio [36].

Finalmente el estado de salud de la batería se ve afectado por la edad de la batería y por el ciclado de la misma. Este último punto, para el caso que se utilice V2G, se vería estimulado con mayor notoriedad debido que aumentarían los ciclos. Esto es así ya que el VE se descargaría cuando se encuentra estacionado con el cargador conectado y no solo al trasladarse.

3.3.4. Actualidad y futuros Avances

En la actualidad las baterías más utilizadas en los VE son las de iones de litio y por ello se destaca que los mayores avances han sido realizados en referencia a este tipo de batería. Las mejores baterías de iones de Litio en la actualidad cuentan con una autonomía de 250 a 300 Wh/kg, a continuación se dará un panorama general de que tecnologías se desarrollan en la actualidad y otros aspectos que son necesario mejorar en estas baterías.

Mejoras en el Ánodo:

El material más utilizado para formar el ánodo de estas baterías es el grafito, el mismo solo actúa como lugar de almacenamiento de los iones de litio pero no interviene en la reacción química. Otras tecnologías proponen combinar este material con silicio, que ayuda a incrementar la densidad energética de la batería. Las tres empresas que actualmente se encuentran más cerca del desarrollo de este tipo de tecnología son Group14, Enovix y StoreDot. La última ya se encuentra en la recta final para comercializar sus baterías de ánodo de silicio para VE en 2024. [37][38][39] [40]

Por otro lado existe otro tipo de mejoras para el ánodo como por ejemplo utilizando metal de Litio para su base. Empresas como StartUp Cuberg presentan este innovador electrolito el cual es térmicamente estable y no inflamable. [37][41]

Mejoras en el Cátodo:

Las actuales baterías cuentan con cátodos de níquel, manganeso y cobalto. Este último representa altos costos de extracción así como medio ambientales, por eso la búsqueda de un reemplazo ha tomado gran incidencia en la industria. Una nueva alternativa serían las baterías de litio y azufre donde su densidad energética teórica se encuentra dentro los 2600Wh/kg sin embargo el poco desarrollo de este tipo de batería no ha logrado superar el mayor inconveniente que presentan, los ciclos de vida. Actualmente hay dos proyectos en desarrollo para frenar el rápido deterioro de estas baterías. El primero realizado por la Universidad de Michigan, que por medio de una membrana de baterías creada con nanofibras de aramida, prometen incrementar hasta 5 veces la densidad de energía con una vida útil de hasta 1000 ciclos. El segundo proyecto realizado por el laboratorio del Instituto de Ciencia y Tecnología de Okinawa en Japón, está desarrollando un nuevo material de nanotubos de carbono recubierto de nitruro de titanio y óxido de titanio que enlentece la degradación de la celdas. [37][42][43] La empresa Theion ha emprendido en utilizar este tipo de baterías utilizando una tecnología muy prometedora con el uso de un electrolito en estado sólido, también conocidas como baterías de estado sólido que no usa ninguno de los tres materiales mencionados para el cátodo.

Baterías de estado sólido:

Los desarrollos en baterías de estado sólido plantean quitar el electrolito que actualmente se usa en las baterías de ion-litio, la sal de litio líquida (de ahí su nombre). El principal problema de la utilización de esta sal es que a medida que aumentan los ciclos de la batería se van formando estructuras llamadas dendritas que van

3.3. Baterías

deteriorando la vida útil de la batería e incluso es uno de los causantes de que las baterías entren en corto circuito.

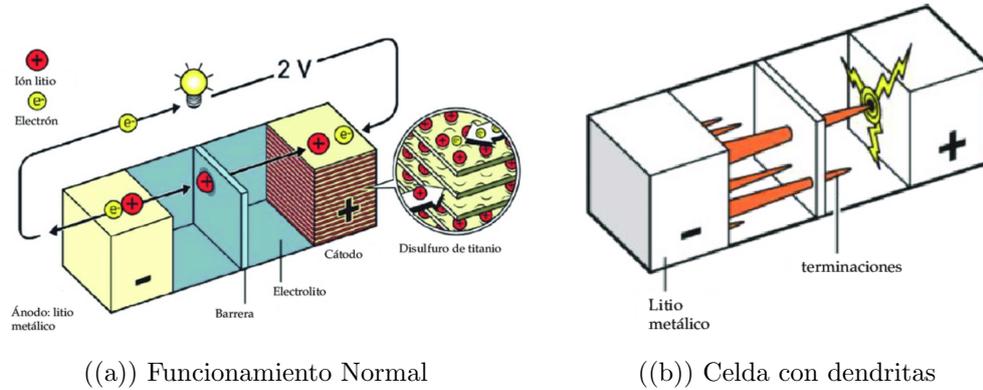


Figura 3.17: Peligro de las dendritas en baterías de iones de litio [44]

El principal cambio como ya se mencionó es la sustitución de este electrolito líquido por uno sólido cerámico. Incrementado de esta manera la densidad energética, carga rápida, tiempo de vida, seguridad y bajando costos. Las dendritas igual se siguen formando pero debido a la sustitución, estas no pueden llegar al cátodo por el electrolito.[45]

La empresa que ha mostrado el principal avance de estas baterías es Toyota que ya a lanzado su primer VE con baterías de estado sólido en el LQ concept y la misma empresa prevé comercializar sus primeros VE de estado sólido para el año 2028.[46]

Existen más avances en cuánto a baterías como por ejemplo baterías de iones de sodio, baterías de ferrofosfato de litio, baterías de grafeno, etc. [37]

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Capítulo 4

Conceptos generales del SAVE

Capítulo 4. Conceptos generales del SAVE

Se entiende por Sistema de Alimentación de Vehículos Eléctricos (SAVE), aquel conjunto de dispositivos externos al VE que permiten la carga y (en algunos casos) la descarga del mismo.

Según UTE: “El SAVE se ubica entre la red eléctrica y el vehículo y cumple la función de gestionar la carga con especial énfasis en la seguridad del usuario. Al conectar un vehículo a un SAVE se establece un “diálogo” previo entre ambos, cuando el SAVE verifica que efectivamente hay un vehículo presente y además están dadas todas las condiciones de seguridad, este habilita el pasaje de energía.

Los SAVE se presentan en diferentes formas y especificaciones de potencia. Existen modelos pequeños, aptos para la recarga domiciliaria y otros de gran porte, especialmente diseñados para recargas más rápidas. También existen SAVE compactos e integrados en una unidad portátil, provistas de un cable y enchufe tipo Schuko que pueden conectarse en cualquier tomacorriente disponible. En relación a las formas, pueden ser tótem (de pie, utilizados principalmente en vía pública) o wallbox (pared).” [47]

Las condiciones de seguridad mencionadas en esta definición implican la verificación del correcto aterramiento del VE y la indicación del rating de carga del cable. Un cable de comunicación de datos permite esta interacción entre el VE y el SAVE. [48]



((a)) SAVE de pie tipo tótem

((b)) SAVE tipo wallbox

Figura 4.1: Distintos tipos de SAVE en Uruguay

Como se mencionó en la Sección 3.1.2 los VE poseen una batería como fuente de alimentación. Las mismas por su funcionamiento químico trabajan en corriente continua. Como es sabido, la red eléctrica en general trabaja en corriente alterna, por lo que es necesaria la conversión del tipo de corriente para compatibilizar el VE con la red. Como fue mencionado en la sección 3.1.3 la mayoría de los VE traen incorporados un OBC que permite la carga de la batería a partir de corriente alterna. Una limitante de estos cargadores a bordo es que no soportan la potencia suficiente para hacer posible una carga ultra-rápida. Este punto conlleva a que los SAVE de gran potencia traigan integrados un convertor AC/DC externo al VE, cargando de esta manera el vehículo directamente en corriente continua, lo que garantiza una carga mucho más rápida y con menores pérdidas. Los distintos tipos de carga se detallarán en la sección 4.2.

Para poder utilizar el vehículo con la tecnología V2G, la cual será tratada en el capítulo 5, es necesario que el convertor cumpla con los requisitos de bidireccionalidad. Es decir, el convertor debe permitir que la energía eléctrica fluya en ambos sentidos. Para la carga del vehículo, es necesario inyectar potencia desde la red hacia la batería del mismo. Sin embargo para aprovechar la energía de la batería y utilizarla con otro propósito que no sea el de mover el vehículo, esta puede ser devuelta a la red, fluyendo en sentido inverso. La mayoría de los convertidores bidireccionales que se utilizan están formados por transistores IGBT con diodos en antiparalelo, que actúan como llaves que permiten el flujo bidireccional. Estas llaves son controladas de manera que el flujo de potencia puede ir tanto desde el bus AC al DC, como desde el bus DC al AC.[49]. La figura 4.2 muestra un ejemplo de un convertor bidireccional.

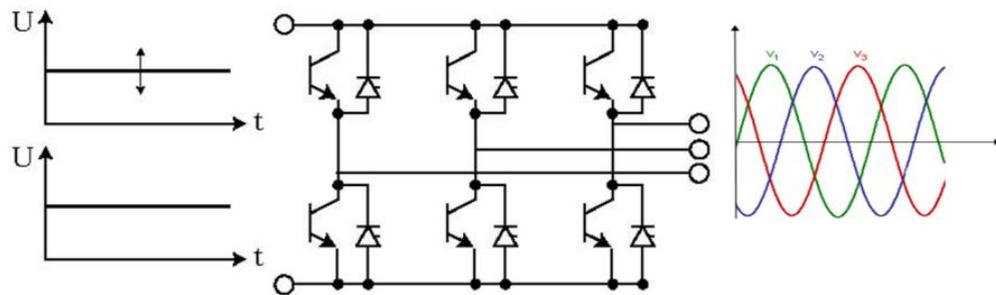


Figura 4.2: Convertor Bidireccional de IGBT's con diodos antiparalelos
[50]

4.1. Tipos de conexión

Se definen distintos tipos de conexión del vehículo hacia la red:

- **Tipo A:** El VE cuenta con un cable unido al mismo y en el extremo tiene el conector para realizar la conexión a la red.
- **Tipo B:** El VE tiene un cable desmontable en el que en un extremo tiene el conector hacia el mismo y en el otro el conector para para la red eléctrica.
- **Tipo C:** En este caso el SAVE tiene un cable unido permanentemente al mismo y en el otro extremo el conector para el VE.

Caso de Conexión A



Caso de Conexión B



Caso de Conexión C

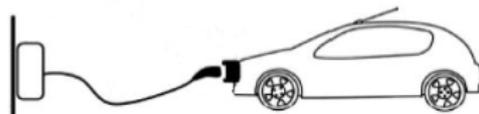


Figura 4.3: Tipos de Conexión
[51]

4.2. Tipos de carga

Los tipos de carga están directamente relacionados con el tiempo que demorará el vehículo en cargarse, se presenta a continuación una tabla con los tipos de carga.

Tipo	Potencia(kW)	Conexión
Lenta	2.2-3.7	Schuko
Estándar	3.7-7.4	SAVE
Semirápida	22	SAVE
Rápida	43	SAVE
Ultra rápida	120 o más	SAVE

Tabla 4.1: Potencia y conexión según carga [47]

La potencia a la que se cargará el vehículo será siempre la menor entre: la potencia disponible en el SAVE y la que admite el vehículo.

4.3. Modos de carga

- **Modo 1:** Lenta, no recomendado para vehículos eléctricos de mediano o gran porte. La carga se realiza en corriente alterna a través de un conector Schuko. Es utilizado por ejemplo para vehículos más pequeños como motos. La carga está limitada a corrientes entre 10-16A lo que equivale a potencias de 2,2-3,7 kW.[52]
- **Modo 2:** Al igual que el Modo 1, este tipo de carga se define Lenta, en corriente alterna y a través de un conector normalizado. La diferencia con el modo anterior es que este utiliza un dispositivo de protección, el cual además de limitar la intensidad de corriente, verifica que la conexión a tierra y al vehículo sean correctas. Con este modo de carga también se encuentra limitada la carga a 3,7kW, por lo que vehículos con capacidades de 100kWh tardarían 27h aproximadamente en cargar completamente.[52]
- **Modo 3:** Este modo de carga es el más utilizado hoy en día, permite cargas de velocidad Normal o Estándar, Semi-Rápida y Rápida. En este modo ambas puntas del cable utilizan conectores Tipo 1 o Tipo 2 dependiendo del tipo de vehículo. La conexión se realiza entre el vehículo eléctrico y un dispositivo de protección y control que es el ya mencionado SAVE, que puede ser un Wallbox particular o un cargador de vía pública. La carga se realiza en corriente alterna, puede ser monofásica o trifásica. La velocidad de carga normal o estándar, va desde 3,7kW hasta 7,4kW (equivalente a 16-32 A en monofásica). La carga semi-rápida admite hasta 22kW y la carga rápida

Capítulo 4. Conceptos generales del SAVE

hasta 43kW. Este modo de carga utiliza otros protocolos de comunicación entre el VE y el SAVE, los cuales serán vistos más adelante.[52]

- **Modo 4:** Este modo permite la carga súper rápida. Se realiza en corriente continua y por lo tanto el convertidor AC/DC se encuentra de forma fija en el SAVE y no en el VE como en los modos anteriores. Con esto se evitan calentamientos y/o pérdidas de energía. Este modo admite cargas de hasta más de 120 kW.[52]
[53]

Se resume en la Figura 4.4 los distintos modos de carga.

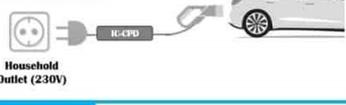
DIFERENTES MODOS DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	
<p>Mode-1</p>  <p>Household Outlet (230V)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carga CA • Enchufe doméstico normal • Inseguro – No se recomienda su uso
<p>Mode-2</p>  <p>Household Outlet (230V)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carga CA • Control y protección en el cable (IC-CPD) • Limitado a 3,7kW (16A) en uso residencial o 7.4kW (32A) en industrial
<p>Mode-3</p>  <p>Dedicated EVSE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carga CA • Funciones de control, comunicaciones y protección incorporadas en el punto de carga (EVSE) • Amplio margen de carga: de 3,7kW a 43kW
<p>Mode-4</p>  <p>DC Charger</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carga CC - Opciones: CHAdeMO o CCS • Para aplicaciones de carga públicas y comerciales • Amplio rango de capacidad de carga: por encima de los 150kW

Figura 4.4: Modos de carga de un VE

[54]

4.4. Tipos de conectores

Se verán ahora los conectores utilizados para los VE. Todavía no se ha estandarizado un solo tipo de conector para los vehículos eléctricos. Por lo tanto se utilizan distintos modelos, algunos mas sofisticados que otros, según el tipo de carga y/o la región en el mundo en el que sea fabricado o se encuentre el VE. A continuación se presentan los mismos.

- **Schuko:** este tipo de conector es el de uso doméstico que cuenta con dos bornes y toma de tierra. Se rige por la norma CEE7/4. El mismo utiliza corriente alterna monofásica y tiene un límite de 16A. Es utilizado para carga lenta y sin comunicación integrada. [55]



Figura 4.5: Conector Schuko
[56]

- **Tipo 1 o Yasaki o SAEJ1772:** este conector es un estándar japonés, aunque también fue adoptado en Estados Unidos y aceptado en la Unión Europea. La norma a la cual se adecua es IEC 62192-2. El mismo tiene un diámetro de 43mm y cuenta con 5 bornes: 2 de potencia, 1 protector de tierra (PE), 1 para la detección de proximidad (PP, Proximity Pilot), utilizado para detectar si el auto se desplaza mientras es cargado, y 1 borne de control (CP, Control Pilot), utilizado para la comunicación entre el SAVE y el VE.

Este conector es de corriente alterna, monofásico y soporta dos tipos de carga, una lenta hasta 16A y una de 80A para carga rápida.[55]

Algunos modelos de VE en los que aparece son: Nissan e-NV200, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi iMiev, Peugeot iON, Citroën C-Zero, Renault Kangoo ZE (tipo 1), Ford Focus electric, Toyota Prius Plug in. [56]



Figura 4.6: Conector Tipo 1 o Yasaki
[57]

- **Tipo 2 o Mennekes:** este conector se normalizó como estándar europeo. Físicamente está compuesto por 7 pines: 3 de potencia, 1 de neutro, 1 protector de tierra, 1 de detección de proximidad y 1 de control. El mismo es de corriente alterna y puede ser utilizado tanto con un sistema monofásico (hasta 16A), cómo trifásico (hasta 63A) de 400V. Por lo tanto está diseñado tanto para carga lenta como rápida. Algunos VE en los que se encuentra este conector son: Nissan Leaf(2018), Tesla Model X, Tesla Model 3, Hyundai Kona, BMW Serie 3, Mercedes clase S.[55]



Figura 4.7: Conector Tipo 2 o Mennekes
[56]

- **Tipo 3 o Scame:** actualmente se encuentra casi en desuso ya que ha sido sustituido en muchas partes del mundo por el conector Tipo 2. Se rige por la norma IEC 63192-2. Su principal actividad se encuentra en vehículos pequeños, permitiendo cargas semi-rápidas de hasta 32A, 22kW máximo de potencia. Cuenta con 5 o 7 bornes, dependiendo si la corriente es monofásica o trifásica, y en ambos casos cuenta con conector de tierra y comunicación.[55]

4.4. Tipos de conectores



Figura 4.8: Conector Tipo 3 o SCAE
[56]

- **Tipo 4 o CHAdeMo:** Este conector es de origen japonés. El mismo es el de mayor dimensiones, aún así es uno de los más utilizados en la región asiática. El primer modelo de este conector puede soportar cargas de hasta 62.5kW, 125A a 500V de corriente continua. Está diseñado por lo tanto para cargas súper rápidas.

El último modelo de este conector soporta 500kW en corriente continua y 600A. Por ejemplo a un vehículo que cuenta con una batería de 80kWh, podría recargarse en tan solo en 10 minutos.

Este conector es compatible con la tecnología V2G.

Cuenta con 2 pines de potencia, 6 pines de comunicación, 4 de ellos transportan señales analógicas y 2 de ellos señales digitales. Por último tiene un pin de tierra para asegurar mejor comunicación.[55]



Figura 4.9: Conector Tipo 4 o CHAdeMo
[58]

- **CCS o COMBO:** por sus siglas en inglés Combined Charging System, este tipo de conector surge de la necesidad de unificar el tipo de cargador para

Capítulo 4. Conceptos generales del SAVE

cargas súper rápidas en corriente continua en el mundo. Mientras que para corriente alterna USA y Japón optan por cargadores con conector de Tipo 1 con una sola fase, China y Europa apuestan por cargadores con conector Tipo 2 tanto monofásicos como trifásicos. El sistema CCS permite con un solo conector, cargar vehículos en corriente continua y corriente alterna. Dentro del CCS se desarrollaron dos tipos, Combo1 y Combo2. La diferencia entre ellos es que este último permite la carga AC tanto monofásica como trifásica. El combo 1 soporta hasta 850V, 200A y puede llegar a 100kW. El combo 2 soporta tensiones de 200V a 400V, 80A para 36kW y 200A para una potencia de 90kW.[55]



Figura 4.10: Conectores CCS2 y CCS1
[56]

- **GB/T**: este conector es el que está estandarizado en China y es el que hoy en día hay más en el mercado con un total de más de 127.000 de cargadores de este tipo en china. Hay dos tipos, uno para cargar en corriente alterna y otro para corriente continua. El de corriente alterna es como el tipo 2, pero en el VE está el conector macho en vez de hembra. Hay varios modelos distintos con corrientes nominales de 80A, 125A, 200A y 250A con tensión de trabajo 750V . En el caso de la carga en corriente continua el conector permite potencias de hasta 250kW con tensión de alimentación 1000Vdc, sin embargo se está desarrollando para que pueda abarcar potencias de hasta 900kW.[59]

4.4. Tipos de conectores



Figura 4.11: Conector GB/T
[60]

- **Supercargador Tesla:** la empresa Tesla tiene dos tipos de cargadores, uno para fuera de Europa y otro para Europa. El primero cuenta con cinco contactos, mientras que el segundo cuenta con siete contactos. Este último es como el tipo 2 pero también permite la carga en corriente continua. Para poder soportar mayor intensidad de corriente distribuye entre sus pines la corriente continua combinándola de dos en dos. Este cargador soporta potencias de hasta 150kW.[59]



((a)) Conector Tesla Hembra

((b)) Conector Tesla Macho

Figura 4.12: Conector Tesla
[61]

La Figura 4.13 presenta un resumen de los conectores de acuerdo a su funcionamiento DC o AC.

Capítulo 4. Conceptos generales del SAVE

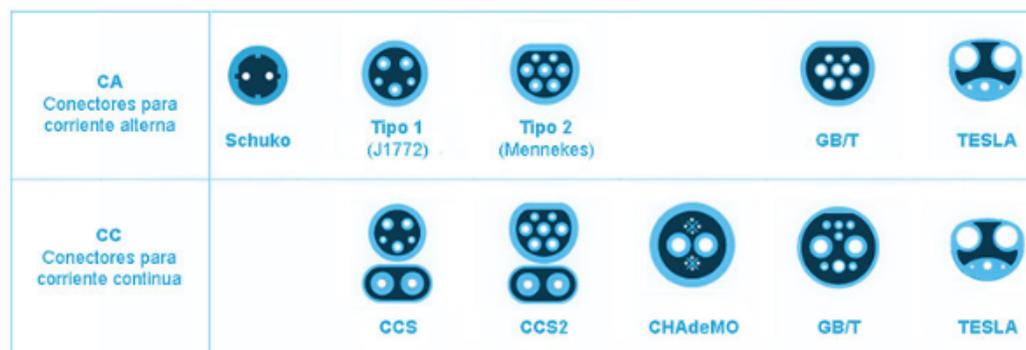


Figura 4.13: Conectores funcionamiento en DC y AC [62]

Los vehículos que se comercializan en Uruguay vienen con el conector Tipo 2 aprobado por UNIT. Con las normas UNIT – IEC 61851-1:2017 y UNIT - 1234:2016. [63]

4.5. Ventajas y desventajas entre carga AC y DC

Como se mencionó en secciones anteriores, existen diferentes formas de cargar un VE. Puede ser en DC o en AC.

Desde el punto de vista del usuario de un VE, la carga del mismo será mucho más rápida si es realizada en DC. Esto se debe a que el SAVE alimenta en corriente continua, por lo tanto la energía fluye directamente hacia la batería. Dicho de otra forma, en ese escenario de carga el convertor AC/DC está en el SAVE y no en el VE.

Distinto es el caso en que la carga se realiza en AC. Esto se debe a que actualmente los VE que se cargan en AC, necesitan del convertor AC/DC a bordo mencionado en la sección 3.1.3. Debido al espacio físico que estos convertidores necesitan, es que los fabricantes de VE buscan un punto óptimo entre la potencia de los mismos en relación a su tamaño. Recordemos que en un VE es muy importante el dimensionamiento de sus componentes ya que cuentan con un espacio reducido para todos los elementos que deben llevar. Por lo que desde este punto de vista, los fabricantes de VE se verían beneficiados en tener disponible todo el espacio que ocupa el cargador. Por ejemplo, para utilizar una batería de mayor tamaño y capacidad, si pudiese remover completamente el convertor y restringirse únicamente a una carga en DC. Por otra parte, los fabricantes de SAVE si bien deben ser conscientes del espacio a utilizar, el convertor es la gran parte del equipo. De esta manera, los SAVE pueden llevar instalados convertidores de mayor tamaño y por lo tanto de mayor potencia, permitiendo así una carga en DC más veloz.

Desde el punto de vista de la institución que va a instalar un SAVE, se puede notar que tendrá un juego entre la calidad de servicio a ofrecer y el precio que esté dispuesto a pagar. Es claro que un SAVE con carga en DC es mucho más caro que uno en AC, simplemente por el hecho de tener que incluir el convertor mencionado.

Además, deberá tener en cuenta que la instalación eléctrica donde sea instalado el SAVE tiene que estar diseñada para mayor potencia, lo cual también aumenta el costo de inversión. En cambio, si desea instalar cargadores AC los costos serán mucho menores pero las potencias de carga destinadas a los VE también. De la mano de esto, es discutible si es mejor instalar un SAVE DC o varios AC, siendo este otro punto a tener en cuenta por la institución. Esta última decisión afecta también a los usuarios de VE ya que variará la oferta de cargadores disponibles.[64]

4.6. Protocolo OCPP 1.6

El protocolo OCPP(Open Charge Point Protocol) 1.6 es un protocolo standard libre utilizado para establecer la comunicación entre el SAVE y el centro de control de todos los cargadores¹. Dicho protocolo establece normas solo para la carga de un VE y es el que se utiliza hoy en día para los SAVEs instalados en Uruguay.

Para realizar la comunicación, el mismo puede utilizar el protocolo SOAP [65] o utilizar el formato de texto JSON a través de Websockets, lo cual permite que tanto el punto de carga como el centro de control comiencen la comunicación.

El protocolo define distintos perfiles de cargadores según las funciones y los mensajes asociados en la comunicación, de acuerdo a cómo se desee implementar la carga. Los mismos son:

- Core o central: contiene las funciones básicas del punto de carga como lo son la autorización local de carga y reservas.
- Firmware Management: Siendo el firmware del software instalado, esta funcionalidad permite actualizar el firmware del SAVE en caso de que haya alguna actualización.
- Local Authorization List Management: permite una lista de autorización en el punto de carga, con el fin de que una persona que ya está autorizada al llegar al punto de carga no tenga que hacer un proceso de autorización si no que simplemente se chequea esta lista y se le permite iniciar una transacción de energía. Es una manera de agilizar la carga.
- Reservation: permite reservar o cancelar reservas del punto de carga.
- Smart Charging: permite configurar horarios para el funcionamiento del punto de carga y algunas variables como por ejemplo potencia máxima o corriente máxima del mismo. Esto último puede hacerse para un conjunto de cargadores para un cargador específico, o para un conector solo, en caso de que el cargador cuente con mas de uno. También se pueden configurar varios perfiles de carga para un mismo cargador o conjunto de cargadores. Por ejemplo si se tiene un perfil de carga para los días de la semana y otro para los días feriados, puede establecerse una prioridad entre los mismos.

¹El sistema central que gestiona los puntos de carga y tiene la información para autorizar a los usuarios a utilizar los suyos

Capítulo 4. Conceptos generales del SAVE

- Remote Trigger: permite desde el sistema central enviar un mensaje al punto de carga para que este envíe ciertos mensajes predeterminados, por ejemplo para hacer que el punto de carga ejecute cierta función preprogramada.

El único perfil obligatorio a instalar en el SAVE es el central, los demás son opcionales, siendo que si se implementan se tendrán funcionalidades más completas. Por ejemplo desde una aplicación se podría reservar a determinada hora un conector para realizar una sesión de carga. Si otro usuario quisiera reservar ese conector, el acceso sería denegado.

En la figura 4.14 se muestra como se realiza una sesión típica de carga.

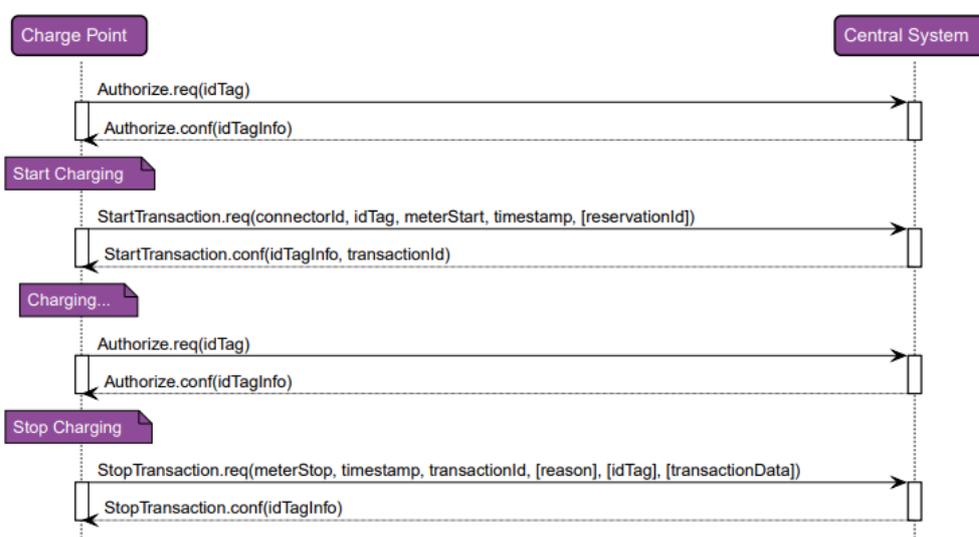


Figura 4.14: Comunicación entre punto de carga y el centro de control para realizar una sesión de carga a un VE

[66]

La comunicación siempre comienza con un mensaje del punto de carga hacia el centro de control, pidiendo autorización para realizar la carga donde le envía un código de identificación correspondiente al VE. El sistema responde a este mensaje pudiendo dar o no la autorización. Si da autorización el punto de carga envía un mensaje con la identificación del conector y el período de tiempo en el cual se efectuará la carga. Luego de esto comienza la carga hasta que la misma se detiene, primero verificándose que estén dadas las condiciones para que esto suceda, y en ese momento termina la sesión de carga.[66]

4.6.1. Smart Charging o Carga inteligente

Como fue mencionado anteriormente el protocolo OCPP 1.6 cuenta con este perfil de funciones y mensajes asociados el cual implica una manera distinta de realizar una sesión de carga. Con este perfil se le puede asignar a cada conector y/o punto de carga una funcionalidad específica. Por ejemplo, operar en rangos horarios a distintas potencias o corrientes máximas, o directamente estar deshabilitado. El protocolo define tres tipos típicos de usos de la carga inteligente: equilibrio de carga, carga inteligente a través del centro de control y carga inteligente local. Aunque también pueden haber sistemas más complejos donde se combinen estos tres tipos de control.

Equilibrio de carga

En este caso se configura a cada punto de carga para que distribuya la potencia o corriente en cada uno de sus conectores. Por ejemplo, se configura que en determinado horario y/o días de la semana el punto de carga tenga asignada cierta corriente máxima. El punto de carga tiene la posibilidad de modificar la corriente o potencia de manera de hacer una carga más eficiente según el calendario determinado previamente. En la figura 4.15 se muestra la topología utilizada en este caso.

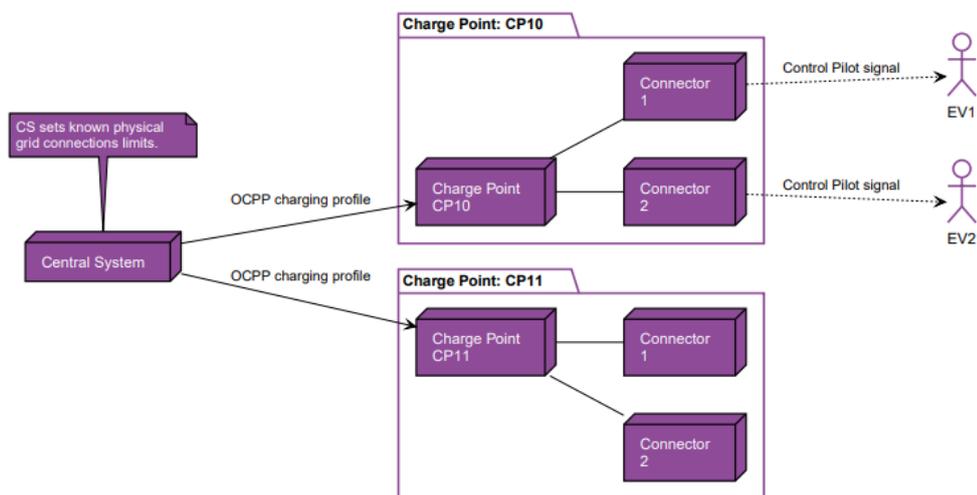


Figura 4.15: Topología de equilibrio de carga [67]

Carga inteligente a través del centro de control

En este caso la corriente o potencia en la que se realizará la carga del VE, está controlada por el centro de control. Este de acuerdo a un algoritmo externo puede determinar para cada momento cuál es la corriente o potencia más eficiente para

Capítulo 4. Conceptos generales del SAVE

cada conector. Por ejemplo, sabiendo que todo sistema tiene un límite de potencia máximo, el sistema central se asegura de que este nunca sea superado. En la figura 4.16 se muestra la topología utilizada.

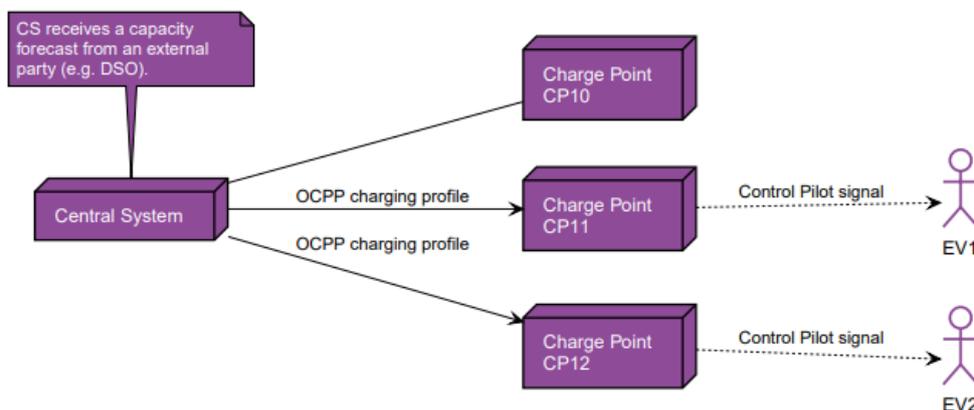


Figura 4.16: Topología de la carga inteligente a través del centro de control [67]

Carga inteligente local

Este tipo de control se hace a través de un controlador local el cual administra de manera eficiente la corriente o potencia asignada a un conjunto de puntos de carga dinámicamente en el tiempo. El fin de este control es no superar un límite de potencia previamente configurado. Un ejemplo de esto es si hay instalados determinada cantidad de puntos de carga con cierta potencia máxima, y la suma de las mismas es mayor a la potencia permitida para ese grupo de SAVES. En este caso el controlador local tiene como límite máximo la potencia de la conexión a la red, sin permitir superarla. [67]

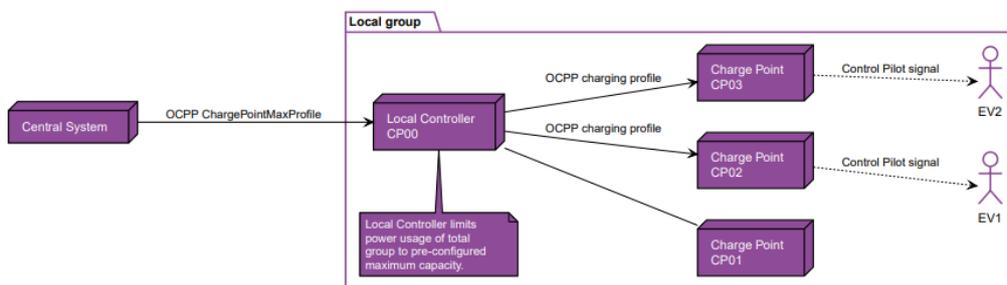


Figura 4.17: Topología de carga inteligente local [67]

Capítulo 5

Tecnología V2G

5.1. Definición y beneficios

Abreviatura en inglés del término “Vehicle to Grid” (Vehículo a la Red). Como su nombre lo indica, se trata de la tecnología que permite a los vehículos eléctricos entregar parte de la energía acumulada en la batería a la red. Esta podría ser la innovación más grande desde que la energía renovable se volvió comercialmente viable. La razón que permite esto es el bajo uso los vehículos privados y/o utilitarios. Se estima que un 90 % del tiempo dichos vehículos permanecen aparcados. Las personas los utilizan para la movilidad cotidiana, pero la mayoría del tiempo los vehículos permanecen estacionados. La población solo utiliza una fracción de la energía almacenada y eso significa que hay una gran cantidad de energía almacenada que puede ser entregada a algún servicio en particular. [68]

Lo que plantea sobre la mesa la tecnología V2G es la recirculación de la energía acumulada en las baterías de los VE. Debido a que pueden ser agregadas como generadores distribuidos y manejadas para trabajar a lo largo de la red. En este contexto la necesidad de encender las centrales térmicas sería menor, y podría haber una red más verde.

En un informe brindado por UTE se afirmó que si todos los taxis y ómnibus de Uruguay fueran eléctricos, solamente el 4,2 % de la demanda del país aumentaría. Este dato es fiable ya que en el transporte público hay convenios en los que deben brindarse los datos, de carga y eficiencia de este tipo de VE como fue comentado en el capítulo 2. [69]

Como contrapartida al descargar la batería del VE hacia la red, la misma sufre un desgaste mayor. Esto se debe a que tiene un número finito de ciclos de carga/descarga. Por lo tanto si al estar estacionado también se descarga la batería la cantidad de ciclos aumentan, por lo tanto la vida útil de la misma se reduce. Sin embargo se están realizando estudios para que la vida útil de la batería sea mayor.

En la figura 5.1, se presenta un esquemático del sistema de distribución agregando la tecnología V2G.

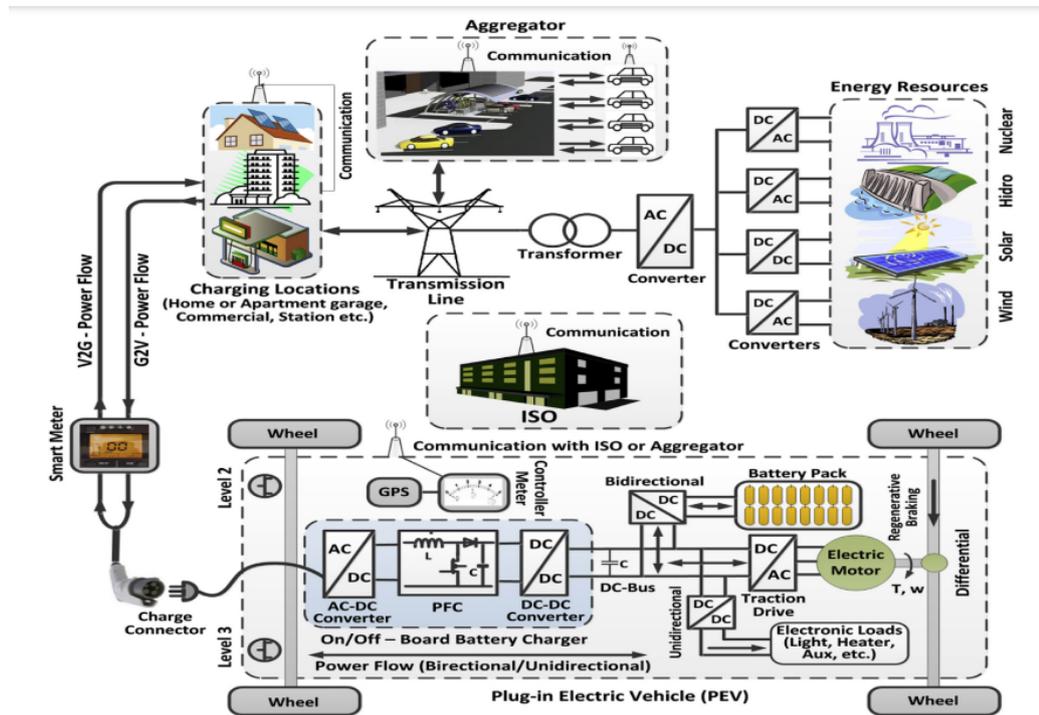


Figura 5.1: Red de distribución con tecnología V2G

5.2. Ejemplos en la actualidad

5.2.1. Proyecto en la fábrica Mirafiori Fiat en Turín

La empresa de fabricación de vehículos Fiat lanzó un proyecto en el que su fábrica, ubicada en el distrito de Mirafiori Sur en Turín, cuenta con un estacionamiento que utiliza la tecnología V2G. Dicha fábrica fue fundada en 1939 y ocupa una superficie de 2.000.000 de metros cuadrados. En este proyecto Fiat se unió a la empresa Nhoa, antiguamente conocida como Engie eps, la cual se encargó de proveer los cargadores eléctricos. También trabajó en el proyecto la empresa Terna, que es gestor de la red eléctrica italiana de alta y muy alta tensión. El proyecto contó con dos fases, la primera fue realizar las obras eléctricas para tener 64 puntos de recarga rápida bidireccional, con una potencia de hasta 50 kW por cargador. La segunda fase ejecutada a fines de 2021 cuenta con la infraestructura necesaria, habiendo montado 700 cargadores bidireccionales. Por lo tanto en su fase final se estima que el sistema podrá brindar 25 MW de capacidad, el cual también cuenta con 5MW inyectados a partir de paneles solares. Dichos paneles solares están ubicados en el techo del estacionamiento. Se estima que la potencia total que puede brindar el estacionamiento equivale a alimentar unos 8500 hogares. [70] [71]

5.2.2. Proyecto Sono Motors, Utrecht, Países Bajos. “We Drive Solar for V2G Project”

La ciudad de Utrecht ubicada en países bajos pretende convertirse en la primera ciudad V2G del mundo. El consorcio “we drive solar” firmó el proyecto en 2016 junto con la empresa productora de vehículos Renault y con los Reyes de Holanda Guillermo Alejandro y Máxima. En la actualidad ya hay instalados 1000 cargadores con tecnología V2G, en la ciudad, y se estima que se duplica cada año. Según estudios realizados por el consorcio estiman que con 10.000 vehículos eléctricos conectados pueden abastecer toda la energía que la ciudad necesita. La estrategia a utilizar es almacenarla en las baterías a partir de energía renovable (solar y/o eólica), y luego en los picos de consumo cuando la misma no está presente, devolverla a la red a partir de los vehículos. El consorcio tiene instalado un parking en sus instalaciones que cuenta actualmente con 250 cargadores bidireccionales y pretenden llegar a tener 450. El techo del parking está totalmente cubierto por paneles solares. Hasta el momento tienen a disposición la tecnología que tiene en cuenta la energía demandada por el edificio del consorcio, la predicción del clima y cuando cargar y/o descargar los vehículos. Las compañías productoras de vehículos eléctricos que están asociadas hasta el momento con el proyecto son: Renault, Hyundai y Sono Motors. Esta última es una compañía fundada por 4 amigos en 2016 con la idea de fabricar vehículos abastecidos por energía solar. La empresa Renault comenzará a fabricar VE compatibles con esta tecnología a partir de 2024, Sono lo hará a partir de 2023 proporcionando 100 unidades, mientras que Hyundai ya está probando la tecnología. [72]

5.3. Aplicaciones

En esta sección se detallarán algunas aplicaciones de la tecnología V2G. Para todas ellas se destaca que como se trata de una batería, una vez que se da el comando de entregar energía se procede instantáneamente a hacerlo. Distinto es el caso de los generadores rotativos pues su arranque puede verse limitado por la inercia del rotor. También se destaca que el VE en estas circunstancias funciona como un generador. Además de que cuenta con un inversor ya sea dentro del VE o en el SAVE, por lo tanto la potencia a entregar puede ser controlada. Es decir cuánta potencia activa y/o reactiva entregar, cumpliendo así una gran cantidad de funciones implicadas en una red. En este apartado se explicarán algunas de ellas. Como se verá, además de realizar funciones técnicas para una red, también el uso de V2G puede implicar beneficios económicos tanto para el usuario como para el operador de red.

5.3.1. Brindar energía al hogar

Como primera aplicación se puede destacar la de utilizar cargadores bidireccionales para abastecer la energía consumida por el hogar a partir del VE. Este caso particular es llamado V2H (Vehicle to Home), siendo un caso particular del uso de la tecnología bidireccional. Por ejemplo si se cuenta con un VE que posee una batería de $60kWh$, y asumiendo un consumo de $7kWh$ en un hogar promedio por día, se podría abastecer completamente al mismo durante aproximadamente 8,5 días. Por lo tanto ante un corte de luz se puede decir con certeza que un VE puede abastecer a la casa, ya que generalmente los cortes de luz tienen una duración de algunas horas.

En el caso del hogar también podría cargarse al VE durante la noche, que es cuando la energía es más barata, y descargarlo por la tarde cuando la energía es más cara. En este caso se ve claramente que hay un factor económico involucrado, al utilizar esta tecnología.

En la figura 5.2 se puede ver como interactúan las partes en caso de que en la casa se cuente con un SAVE bidireccional.

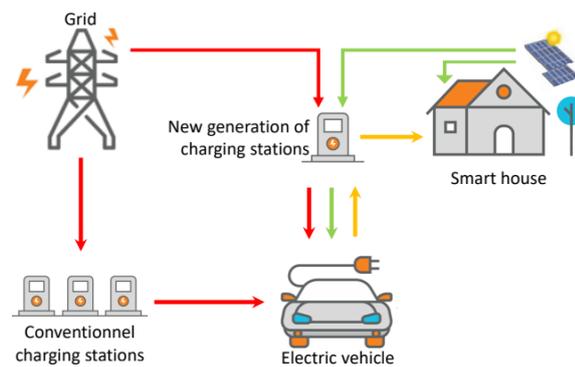


Figura 5.2: Aplicación V2H
[73]

5.3.2. Compensación de reactiva y control de tensión

Sabiendo que los SAVE bidireccionales cuentan con un inversor como fue explicado en la sección 4, por lo tanto se puede controlar perfectamente el ángulo entre tensión y corriente. Al encontrarse descargando el VE se puede elegir si entregarle a la red potencia activa o reactiva gracias a la electrónica de potencia que utilizan. En la figura 5.3 se puede ver que los inversores pueden operar en cualquiera de los cuatro cuadrantes. Esto significa que la potencia activa P puede fluir en ambas direcciones, o sea cargar o descargar el VE. Lo mismo pasa con la potencia reactiva Q . Finalmente en dicha figura se muestra S que corresponde a la potencia aparente y θ que es el ángulo formado entre P y Q .

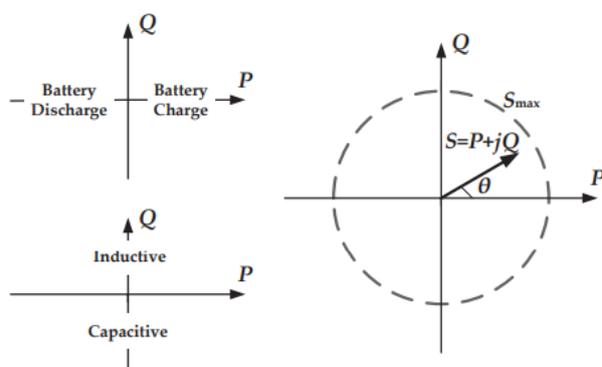


Figura 5.3: Diagrama PQ de un VE

[74]

Contar con la posibilidad de entregarle potencia reactiva a la red puede resultar muy útil. Esto se debe a que los medianos y grandes consumidores, tienen limitada la cantidad de energía reactiva que pueden consumir sin pagar penalizaciones. Por lo tanto si en un edificio se tienen cargadores bidireccionales y se cuenta con VE conectados, se podría usar los mismos para complementar la compensación de reactiva. Se dice complementar ya que en una instalación siempre se tiene en cuenta el consumo de potencia reactiva y se prevén dispositivos para compensar la misma. Sin embargo a futuro contar con un parking para VE puede ser un factor a tener en consideración a la hora de realizar este cálculo.

La potencia reactiva que se puede extraer de la batería de los VE también puede ser utilizada con el fin de controlar la tensión. Esto se debe a que la misma está directamente relacionada con la tensión en los nodos. Por lo tanto es posible aportar a mantener la tensión dentro del rango admisible. Este caso podría ser utilizado por ejemplo si se tiene una estación de carga/descarga de VE cerca de una subestación.

5.3.3. Control de frecuencia

La frecuencia de la red es un factor que se controla a nivel global de la red, ya que está directamente relacionada entre la generación y la demanda. Es por este motivo que la inyección o el consumo de potencia activa afecta al control de frecuencia, ya que están involucrados todos los dispositivos de generación como los de consumo. Por lo tanto controlando la potencia activa que suministra una estación de carga de VE es posible contribuir al control de la frecuencia de la red. Cabe destacar que el control puede ser en ambos sentidos, pero se destaca sobre todo el poder entregar potencia activa a la red a partir de los VE para contribuir a este problema.

Si el lector desea saber más sobre el control de frecuencia, dirigirse al apéndice D.2.3

5.3.4. Control de picos de consumo

En el desempeño de la red de distribución hay momentos en que el consumo de potencia activa aumenta y esto puede provocar recalentamiento en dispositivos o incluso disminución de la tensión. Es por esto que otra utilidad de la inyección de potencia activa a la red a partir de los VE puede ser muy beneficioso. También haciendo un correcto control de esta inyección se puede hacer que la curva de consumo este siempre por debajo de determinado valor previamente definido.

En el presente trabajo se simulará un parking de VE instalado en un determinado edificio, controlado de manera de poder combatir este problema. Se verá más adelante los resultados obtenidos y las curvas de carga correspondientes. En la figura 5.4 se muestra un ejemplo de como podría ser este comportamiento.

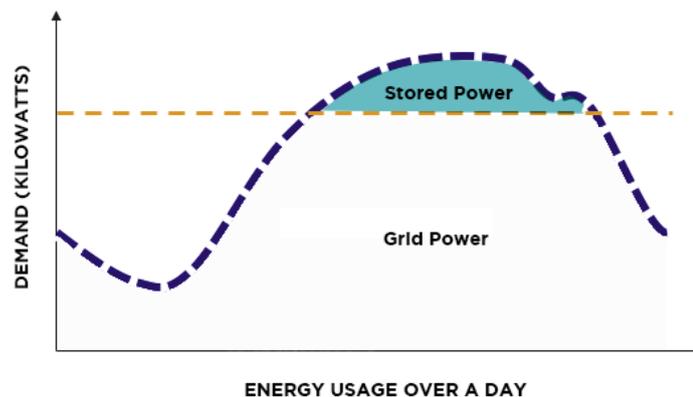


Figura 5.4: Gráfica de control de picos de consumo
[75]

5.3.5. Generación de ingresos para el usuario

El uso de la tecnología V2G puede generar ingresos para un propietario de un VE. Esto se debe a que al utilizar la batería de su vehículo para brindar energía a la red, puede generarse un pago al mismo, prefijando previamente el valor del *kWh*. Para esto es lógico que el pago asociado tenga costo distinto según el horario en que se realice. Por ejemplo si la descarga se hace en horas donde hay picos de consumo, es natural que el pago sea mayor que si se realiza en horas valle.

5.4. Protocolo OCPP 2.0.1

En el año 2018 OCA(Open Charge Alliance), creó una nueva versión del protocolo(OCPP 2.0) de comunicación entre el SAVE y el centro de control. Esta versión fue actualizada en 2020 por la versión OCPP 2.0.1. En cuanto al lenguaje de comunicación este utiliza solamente JSON, habiendo dejado de lado SOAP.

Con respecto a la versión anterior(OCPP 1.6), el mismo mejora el manejo de las transacciones, agregó seguridad, le dio soporte a la ISO 15118 y soporte de visualización y mensajería.[76]

En cuanto a seguridad lo que se implementó fue que en la comunicación entre el SAVE y el centro de control, los mensajes fueran confidenciales y con fuertes medidas pictográficas. También se proporcionó la autenticación mutua entre el SAVE y el centro de control, como también un proceso de actualización de firmware seguro. Permite el registro de eventos de seguridad para supervisar el sistema de carga inteligente.[77]

La norma ISO 15118 publicada en partes entre 2013 y 2015, adoptada por la IEC, se encarga de la comunicación entre el VE y el SAVE. Las principales características de la norma son: autenticación y autorización para conectar el VE al SAVE y que comience a cargar inmediatamente mediante un intercambio de certificados si el VE esta autorizado, esta función es llamada plug and charge. También brinda seguridad mediante el uso de certificados digitales en la capa de comunicación y en la capa de aplicación, por lo tanto no es necesario el uso de tarjetas para cargar el VE. Esto último también permite el intercambio seguro de tarifas, como de los datos de medición, como lo pueden ser tensión y potencia. También incluye casos de uso de carga basada en programación, donde se contemplan los precios, las restricciones de infraestructura y al usuario del VE.[78]

5.4.1. Tarifas y costos

Este protocolo incluye mensajes en pantalla para el usuario. Entre estos mensajes de comunicación, se incluyen mensajes que le indican al usuario del VE los planes de tarifas que se le aplicarán al cargar. Esto se hace para facilitarle la información al usuario y porque dependiendo el horario en el que vaya a cargar los costos pueden cambiar. También permite mostrar el costo acumulado a medida que el vehículo se va cargando permitiéndole al usuario parar cuando desee.[79]

5.5. OSCP 2.0 - Open Smart Charging Protocol 2.0

Este protocolo de comunicación fue escrito para describir específicamente las redes inteligentes, en las cuales se pueden utilizar los recursos energéticos de forma de hacer que la red sea eficiente. Cabe aclarar que este protocolo es diseñado para la carga y descarga de VE, pero también puede ser utilizado para la comunicación con paneles solares, baterías estacionarias, bombas de calor y otros.

En la Figura 5.5 se define el modelo que propone el protocolo con los elementos que entran en juego.

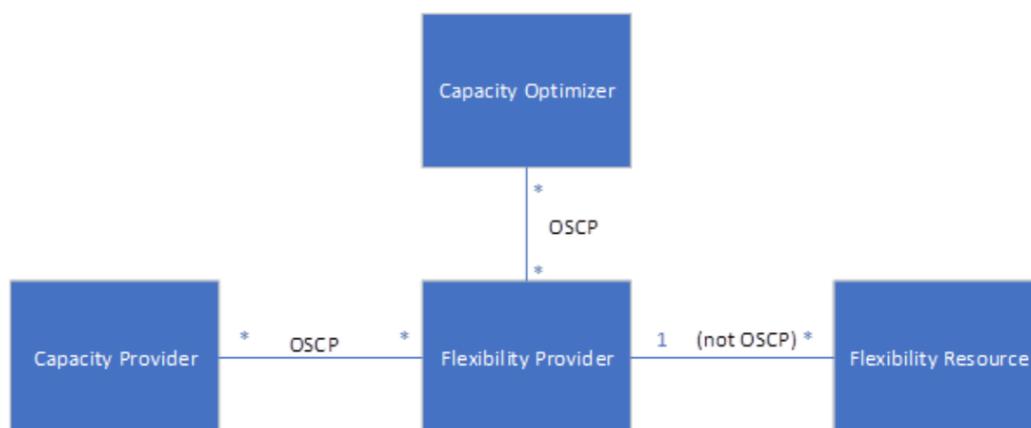


Figura 5.5: Modelo definido por OSCP 2.0

La definición de cada uno es la siguiente:

- Flexibility Resource(FR): dispositivo físico que puede generar o consumir energía de manera flexible y controlada. Algunos ejemplos son: VE, baterías estacionarias y bombas de calor. Son flexibles respecto al tiempo y/o cantidad de energía que consumen o generan.
- Flexibility Provider(FP): Es el encargado de controlar los FR, pudiendo hacer que generen o consuman energía. Este se comunica con los otros tres elementos involucrados, en especial con el CP y el CO, brindando medidas de energía en cada momento. Un ejemplo de esto son los SAVE. La comunicación se realiza mediante el protocolo OSCP 2.0, con excepción de la comunicación con el FR.
- Capacity provider(CP): Se encarga de gestionar y medir la energía, pudiendo imponer límites de consumo al FP. Si bien es el encargado de manejar esta información no está directamente relacionado con el FR, simplemente la envía y deja que el FP la maneje para hacer una carga o descarga más eficiente. En este caso el protocolo de comunicación es el OSCP 2.0. Un ejemplo de los mismos es el operador de la red de distribución.

Capítulo 5. Tecnología V2G

- Capacity Optimizer(CO): este elemento se encarga de enviarle información al FP para controlar de manera óptima los FR. Este puede tener en cuenta información sobre el pronóstico del clima, o los costos de la energía.

El protocolo también define la previsión de capacidad, puede ser expresada tanto en Amperes como en kW . Esto refiere a ciertos valores específicos que envía el CP al FP cada cierto intervalo de tiempo sobre la capacidad de generar o consumir energía, con el fin de que el FP pueda tomar decisiones. Estos valores son cinco (como máximo) y se muestran a continuación:

- Capacidad de consumo(CC): es la capacidad máxima que pueden consumir los FR(VE en el caso de este trabajo) en determinado intervalo de tiempo, es un valor positivo.
- Capacidad de generación(CG, en inglés GC): es la capacidad máxima que pueden generar los FR en cierto intervalo de tiempo. Este valor es negativo.
- Capacidad de consumo de reserva(CCR, en inglés FCC): es la máxima capacidad que pueden consumir los FP en isla, por ejemplo en el caso en que un edificio se queda sin energía, y se enciende el grupo electrógeno. Este valor es positivo.
- Capacidad de generación de reserva(CGR, en inglés FGC): similar al caso anterior pero contempla la generación, no el consumo, por lo tanto es un valor negativo.
- Óptimo(O): Es el valor de generación o consumo óptimo en el intervalo de tiempo considerado. Este valor depende de muchos factores, como pueden ser la energía consumida en ese instante, la energía disponible para ser generada, factores climáticos, etc. Este valor puede ser tanto positivo como negativo.

[80]

En la tabla 5.1 se muestra un ejemplo sobre los valores que se explicaron anteriormente, y se grafica en los períodos de tiempo correspondiente en la figura 5.6.

Intervalo de tiempo	CC	GC	FCC	FGC	O
T1	32	-10	8	-5	24
T2	16	-10	8	-5	15
T3	32	-10	8	-5	-4
T4	16	-10	8	-5	15

Tabla 5.1: Ejemplo de valores de previsión de capacidad

[80]

5.5. OSCP 2.0 - Open Smart Charging Protocol 2.0



Figura 5.6: Gráfica en el tiempo del ejemplo de valores para la previsión de capacidad [80]

Esto significa que, por ejemplo, en el primer intervalo de tiempo los VE pueden consumir entre $0kW$ y $32kW$, y que los mismos pueden generar de $0kW$ a $10kW$. Por otro lado en caso de pérdida de conexión por algún motivo se podrá entregar a los mismos entre $0kW$ y $8kW$ y que los mismos podrán generar en este caso entre $0kW$ y $5kW$. Finalmente el óptimo en este ejemplo es entregar a los VE $24kW$.

Por lo tanto con todos estos elementos en juego para el caso de esta tesis, se puede ver que hay un protocolo ya existente en el cual está bien definida la comunicación entre los elementos para poder generar el modelo correspondiente a un parking eléctrico. En nuestro caso se restringe a que el edificio a estudiar tiene un controlador que juega el papel del CP, donde este está comunicado con los SAVEs (FP) del parking eléctrico, que se comunican con los VE (FR).

En el protocolo se definen algunos casos de uso que se utilizarán en el simulador creado en este trabajo. Se adapta la secuencia definida en el protocolo a los casos estudiar específicamente.

CP distribuye capacidades al FP

1. El CP recibe medidas de potencia de un dispositivo de medida. En nuestro caso estas medidas serán de la potencia consumida por el edificio, potencia consumida y/o generada por el parking.
2. Utilizando la información anterior, se calcula cuanta energía se debe suministrar a los EV y/o cuánta energía deben generar los mismos con el fin de no superar ni la potencia máxima del parking ni la potencia contratada del edificio.
3. La información anterior se transmite a los SAVEs, con el fin de que operen de acuerdo a lo deseado.

Capítulo 5. Tecnología V2G

4. A su vez los SAVEs se encargan de comunicarse con los VE, cargándolos o descargándolos a la potencia acordada.
5. Mientras tanto cada SAVE recibe información correspondiente a cada EV
6. Finalmente los SAVEs transmiten esta información al controlador, haciendo que este proceso se repita.

En la figura 5.7 se muestra la comunicación descrita entre los elementos correspondientes.

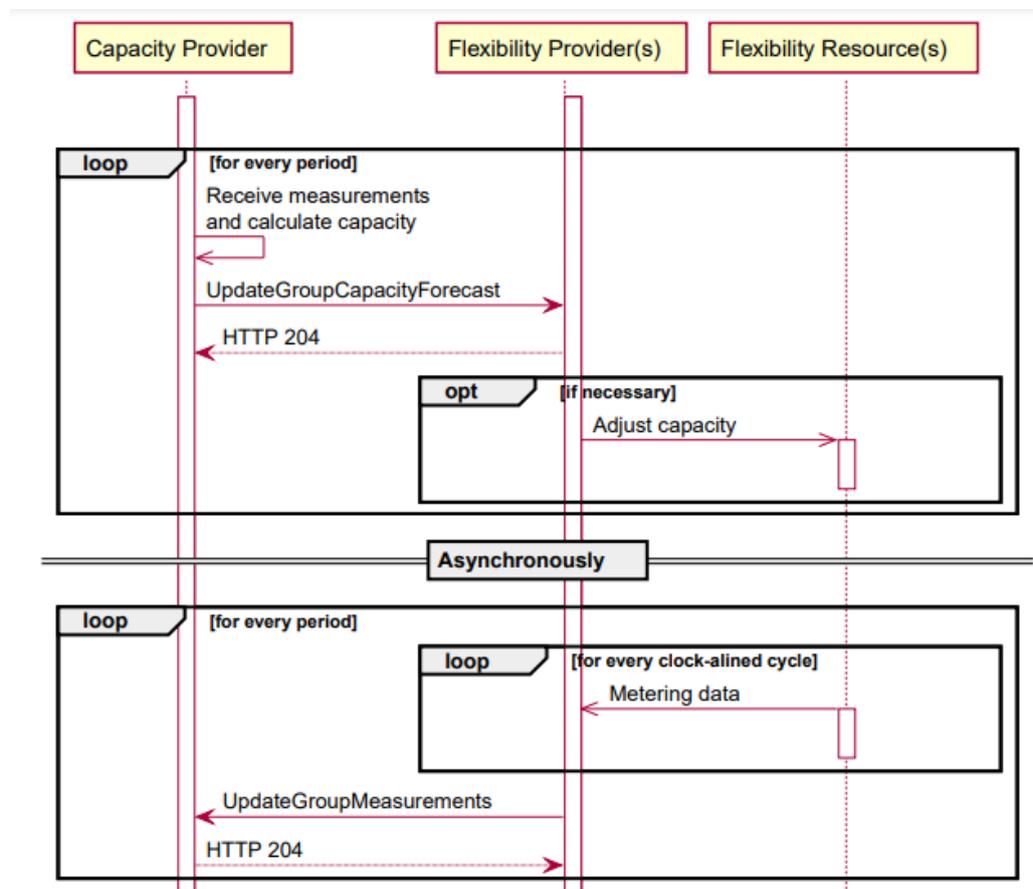


Figura 5.7: Diagrama de comunicación en donde CP distribuye capacidades a FP [81]

5.5. OSCP 2.0 - Open Smart Charging Protocol 2.0

CO distribuye un óptimo

1. El CP recibe medidas de potencia de un dispositivo de medida. En nuestro caso estas medidas serán de la potencia consumida por el edificio, potencia consumida por el parking.
2. Utilizando la información anterior, se calcula cuanta energía se debe suministrar a los VE y cuánta energía deben generar los mismos con el fin de no superar ni la potencia máxima del parking ni la potencia contratada del edificio.
3. La información anterior se transmite a los SAVEs, con el fin de que operen de acuerdo a lo deseado.
4. Esta información se transmite a un CO.
5. El CO generará un óptimo para los VE que se están descargando, para que la curva de potencia consumida por el edificio vista por el distribuidor de energía (UTE) sea plana. Esta información la transmite a los SAVEs.
6. Basado en la información anterior cada SAVE suministra o recibe la energía correspondiente.
7. En todo momento los VE comunican con el correspondiente SAVE, para tener una realimentación.
8. Cada SAVE reporta información sobre la potencia que está entregando o recibiendo al CP.
9. Cada SAVE reporta información sobre la potencia que está entregando o recibiendo al CO. Comenzando nuevamente con el ciclo, para generar las potencias correspondientes al siguiente período de tiempo.

La comunicación descrita anteriormente se diagrama en la figura 5.8.

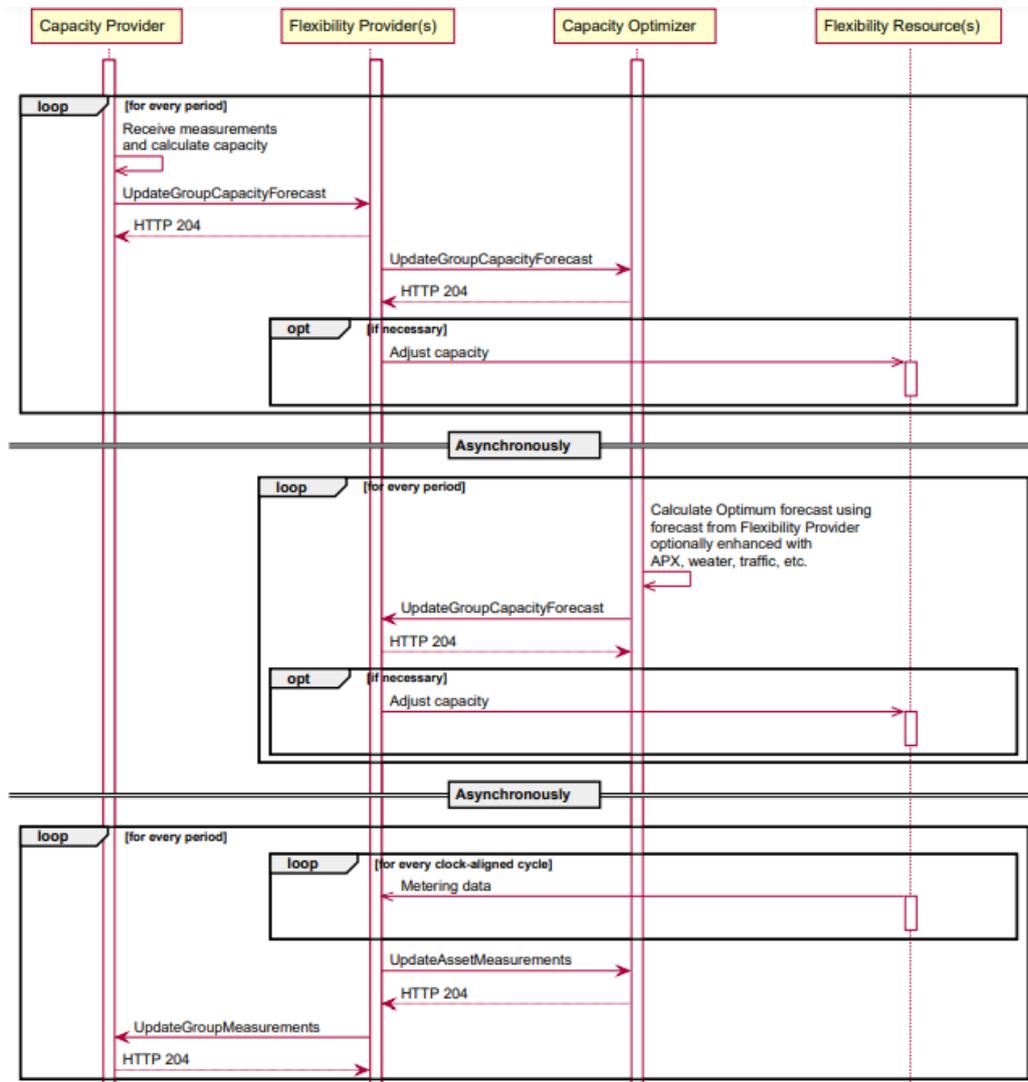


Figura 5.8: Diagrama de comunicación cuando el CO genera un óptimo [81]

5.6. Comparación entre carga no coordinada y carga inteligente

A continuación se presenta una comparación de algunos aspectos entre la carga unidireccional no coordinada y la carga bidireccional coordinada de los VE, ver referencia [82].

- Tiempo de carga/descarga
 - Carga no coordinada: se conecta y desconecta el VE sin ningún tipo de consideración.
 - Carga inteligente: la carga se realiza fuera de las horas pico, por ejemplo por la noche que es cuando hay menos demanda, y la descarga en las horas pico.
- Enfoques
 - Carga no coordinada: la carga comienza instantáneamente al conectar el VE, sin respetar las horas pico y el precio de la energía. Lo deseado para este tipo de cargas es realizarlo fuera de las horas pico.
 - Carga inteligente: En este caso hay ciertos objetivos implicados, como por ejemplo no pasar de determinada potencia, o alguna aplicación específica necesaria, como compensación de reactiva. Para esto se utilizan distintos algoritmos para hacer que la carga/descarga sea más eficiente, controlándola en tiempo real. Se tiene en cuenta la demanda de energía local y global, como también los precios de la misma.
- Requerimientos:
 - Carga no coordinada: no hay ningún requerimiento específico más que los protocolos de comunicación.
 - Carga inteligente: se necesita comunicación y medidores inteligentes, además de que el VE y el SAVE cuenten con la tecnología V2G para que pueda haber potencia en ambos sentidos.
- Impactos en la red de distribución:
 - Carga no coordinada: puede generar sobrecarga en los transformadores y conductores, variación de voltaje nominal, incrementar las pérdidas por potencia, menor estabilidad en el sistema al igual que la eficiencia y la fiabilidad del mismo, incrementar los picos de consumo, empeoramiento del factor de potencia, aumento en la factura de electricidad.
 - Carga inteligente: la misma optimiza la demanda de potencia y el tiempo de carga, amortigua el impacto en las horas pico, ya sea cargando a menor potencia o descargándose, puede contribuir a mantener el voltaje dentro del valor nominal, maximizar el factor de potencia, minimizar

Capítulo 5. Tecnología V2G

las pérdidas por potencia, reduce el costo de la energía, maximiza el uso de energías renovables, aporta a que el sistema sea más estable y eficiente al igual que la calidad en la potencia.

Capítulo 6

Parkings en el Mercado Eléctrico

6.1. Definición de SEP y aplicación en Uruguay

Un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) es un conjunto de subsistemas que generan, transmiten, distribuyen y consumen energía eléctrica. Los dispositivos que conforman el primer subsistema son los llamados generadores y se encargan de convertir energía primaria, como puede ser hidráulica, térmica o eólica, en energía eléctrica. La etapa de transmisión consta de transportar la energía generada hacia los centros de consumo a través de conductores eléctricos también llamados líneas. La etapa de distribución se encarga de garantizar la repartición de energía a los usuarios finales.

6.2. Mercado Eléctrico

Un mercado es el lugar donde se encuentra la oferta y la demanda de productos y servicios y se determinan los precios. Para el caso de un mercado eléctrico el producto es la energía y el servicio asociado son todas las actividades que requiere desde su generación al consumidor final. En el caso de los mercados eléctricos las actividades económicas correspondientes refieren a las mencionadas en 6.1 generación, transmisión, distribución y comercialización. Cada una aporta al mercado sus costes asociados a los servicios que conlleva y da forma a agentes que participan en esos servicios. [83]

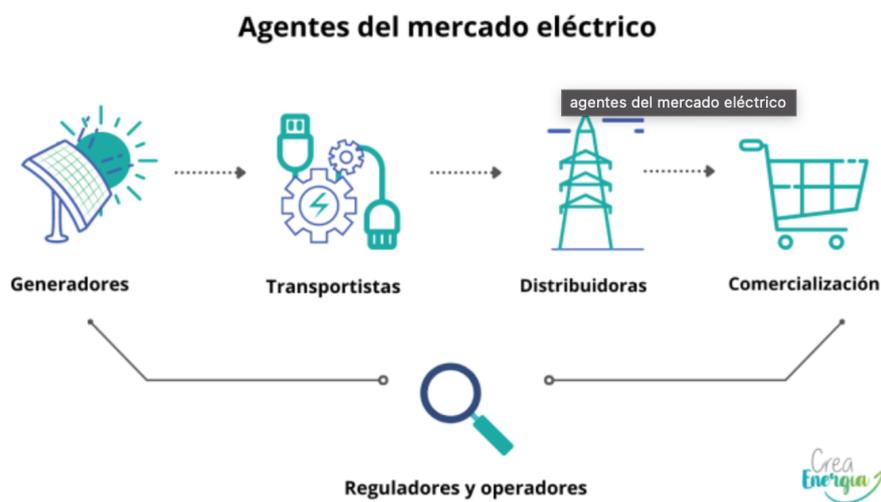


Figura 6.1: Mercado eléctrico
[84]

6.2.1. Mercado Mayorista

El mercado mayorista marca una primera etapa del mercado eléctrico donde los generadores y los grandes consumidores participan directamente. Para ello existen

dos tipos de modalidades de intercambio comercial. La primera como mercados de futuros, donde se fija una fecha futura para la entrega del servicio. La segunda, mercado en tiempo real o spot donde se maneja el precio real en el momento en base a la necesidad de la demanda y al costo de los servicios. [83]

La Administración del Mercado Eléctrico (ADME), publica las tablas actualizadas diariamente del precio de la energía SPOT sancionado.[85]

Para la determinación de los precios de energía existen tres modalidades:

- Por contratos bilaterales que se establecen entre el generador y gran consumidor sin la participación de un agente intermediario.
- Por formación de precios basados en subastas donde los generadores y los vendedores proponen su precio de venta y compra antes de un cierre de mercado. Luego son reorganizados según sus costes asociados por un coordinador central quien organice el despacho de carga.
- Por precio SPOT donde se evalúan todos los costes brutos de la generación frente a la demanda de energía en tiempo real.

[83]

6.2.2. Mercado minorista

El mercado minorista es el relacionado a la venta de energía y a la distribución y acceso de la misma a los usuarios finales. Según el grado de liberación que hay en el país existen agentes encargados de participar en el mercado mayorista y ofrecer el servicio a los usuarios finales. [83]

Para el mercado minorista el precio de la energía se compone de dos factores: por un lado el precio por producción que además del precio por generación se adhieren gastos asociados a servicios auxiliares y de operación que necesita la red. Por otro lado asociado a los costos regulados que refieren a los subsidios e impuestos generados por los sistemas reguladores. [83]

6.2.3. Agentes

- Organismos de gestión de mercado: la participación del estado es necesaria en el mercado eléctrico. Es el encargado de representar y proteger de manera organizada los derechos de los usuarios finales. Los organismos que lo componen son dos:
 - Operador de mercado: organiza la operación del mercado y publica de manera transparente como se realizó la gestión de los diferentes participantes que componen el mercado.
 - Operador del Sistema: opera y mantiene propiamente dicho la parte técnica de transporte y distribución de la red, es el encargado que los usuarios finales tenga la calidad de entrega de la energía.

Capítulo 6. Parkings en el Mercado Eléctrico

- Generadores: los generadores son los agentes que producen la energía eléctrica para luego venderla en el mercado mayorista.[83]
- Agentes financieros: son los actores que invierten en el mercado mayorista en base al precio de la energía SPOT. A partir de sus propias estimaciones, accionan asumiendo el riesgo en la compra de energía para venderla a un grupo de consumidores o a grandes consumidores que de como resultado una ganancia en su inserción. No manejan la energía en sí sino que funcionan como corredores de bolsa. [83]
- Comercializadoras: son los agentes que se encargan de comercializar la venta y el servicio de distribución de la energía a los usuarios finales. Las mismas se encargan de interactuar con el mercado mayorista para obtener la generación necesaria. Compiten contra otras comercializadoras por atraer la mayor cantidad de usuarios finales en base al servicio que brindan.[83]
- Consumidores: son los que consumen el bien de la energía. Ya sea pequeños consumidores que participarían en el mercado minorista o mayores consumidores que participarían el mercado mayorista directamente. [83]

6.2.4. Mercado eléctrico en Uruguay

El mercado mayorista eléctrico uruguayo, tiene como comprador principal a UTE. Los grandes consumidores podrían optar por comprar energía a otros actores pagando determinados costos a UTE por el uso de la red.

Como UTE termina siendo el comprador principal y en algunos casos exclusivo, las generadoras terminan entrando en competencia, no por generación en si misma, sino por la construcción y operación de las plantas.

Por otro lado también es el único agente de comercialización con los usuarios finales, dando como resultado el completo monopolio del mercado minorista.[83]

6.2.5. Smart Grid - Red inteligente

La recopilación de datos en tiempo real con medidores inteligentes (Smart meters), ha brindado a los usuarios la información relevante de su consumo energético. Esto motiva a que los consumidores tiendan a tener un mayor control de sus consumos, lo que ayuda en mejorar la gestión energética de cada uno. La microgeneración comienza a tener un rol más importante donde los usuarios conociendo el momento cuando tienen un excedente de su generación pueden optar por brindarlo a la red. De igual forma en aquellos usuarios que cuentan con almacenamiento de energía como por ejemplo la batería de un VE puedan dar uso de una red eléctrica de manera bidireccional. [83]

Para que este plano sea real es necesario un nuevo tipo de agente. Este debe ser capaz de coordinar las decisiones de los usuarios en cuanto a la entrega o consumo de la red. También es necesario desarrollos de plataformas que brinden a los usuarios la opción de tener una planificación de uso de sus cargas. Genera la posibilidad de decidir con mayor facilidad si volcar o consumir energía de la red.

6.3. Decretos y Normativas

Estos agentes deben facilitar la intermediación de venta y consumo de la energía y proporcionar a los usuarios tarifas razonables a la escala del mercado minorista de energía.[83]

Esto último daría lugar a nuevas alternativas de negocio y rompería el actual esquema de la red eléctrica. Smart grid conlleva a una descentralización de la generación donde no exista un camino lineal de consumo de energía, sino que los mismos usuarios puedan ser generadores y a las vez consumidores.[83]

6.3. Decretos y Normativas

La instalación de un parking de VE involucra cambios en el esquema eléctrico del edificio inversor. Estos cambios conllevan el hecho de considerar los aspectos económicos y legales. Esta sección presenta los principales aspectos a tener en cuenta para la instalación del parking.

Teniendo en cuenta este punto de vista y asociando la tesis, un parking con cargadores de VE eléctricos que brinde el servicio bidireccional de energía, de fácil acceso para los usuarios, es uno de los tantos agentes que podría tener una smart-grid.[83]

6.3.1. Tarifas

Comenzando desde lo más básico, el edificio debe conocer y tener claro el esquema tarifario al que pertenece y cómo se factura. En Uruguay, la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) es la encargada de la comercialización de energía eléctrica, y presenta año a año un pliego tarifario donde se muestran los distintos tipos de servicios y su forma de facturación correspondiente.

Para poder realizar un estudio sobre el impacto de los parking de VE en la facturación mensual de energía eléctrica de distintos tipos de edificios se presentan los esquemas tarifarios de medianos y grandes consumidores.

Tarifa	Nivel de tensión kV	Precio de energía \$/kWh			Potencia máxima medida \$/kW		Cargo Fijo mensual \$
		Valle	Llano	Punta	Valle**	Punta-Llano	
MC1	0,230 - 0,400	2,225	4,897	11,141	-	380,1	705,9
MC2 *	6,4 - 15 - 22	2,158	4,491	7,565	12	297,0	784,4
MC3 *	31,5	2,145	4,479	6,745	10	191,6	784,4

Figura 6.2: Tarifa UTE Medianos Consumidores
[21]

UTE clasifica a los medianos consumidores como aquellos que poseen una potencia contratada mayor o igual a 10kW, y las tarifas específicas que ofrece son opcionales. Las tarifas MC2 y MC3 sólo pueden ser solicitadas si el consumidor tiene una potencia contratada por debajo de 250kW.

Capítulo 6. Parkings en el Mercado Eléctrico

Tarifa	Nivel de tensión kV	Precio de energía \$/kWh			Potencia máxima medida \$/kW				Cargo Fijo mensual \$
		Valle	Llano	Punta	Valle	Llano	Punta	Punta-Llano	
GC1	0,230 - 0,400	2,151	3,884	10,905	30,0	182,1	426,3	-	8.618
GC2	6,4 - 15 - 22	2,138	3,693	7,989	34,2	174,8	207,8	-	8.618
GC3	31,5	2,082	3,584	6,344	45,3	117,8	194,4	-	12.927
GC4	63	2,082	3,584	6,344	45,3	117,8	194,4	-	12.927
GC5 *	110 - 150	2,066	3,467	4,658	38,2	114,0	152,5	-	14.865

Figura 6.3: Tarifa UTE Grandes Consumidores

[21]

Para los grandes consumidores pasa de manera similar salvo que la potencia contratada debe ser mayor o igual a 200kW.

Se puede observar en las Figuras 6.2 y 6.3 que la facturación se divide en tres tipos.

- **Por energía:** Se mide mes a mes el consumo de energía eléctrica en kWh. Se registran tres valores distintos, uno por tramo horario. Se multiplican cada uno de ellos por el valor correspondiente a la tarifa contratada.
- **Por potencia máxima medida:** Se registra el valor máximo de potencia tomada de la red en cada uno de los tres tramos horarios. Se aplica el valor correspondiente a cada uno. Existe la posibilidad de que el pico de potencia esté por debajo o por encima de la potencia contratada, y son tratados de distinta manera. Si se pasa de la contratada, existe un recargo por potencia excedentaria que se suma a la facturación. En cambio si está por debajo, puede que no se cobre el valor del 100 % de la potencia contratada, sino un porcentaje de la misma con la condición de que el pico estuvo por debajo de este valor. Pero esto depende de la tarifa contratada y se detallará más adelante.
- **Cargo fijo:** Se cobra un costo fijo mensual, independientemente de la potencia y energía consumidas. Este cargo contempla entre otras cosas el mantenimiento de la red eléctrica.

Para los dos primeros ítems, como fue mencionado, se tiene en cuenta el tramo horario en el cual ocurran los eventos. Para servicios de MC y GC los rangos horarios están definidos y se presenta la Figura 6.4.

6.3. Decretos y Normativas

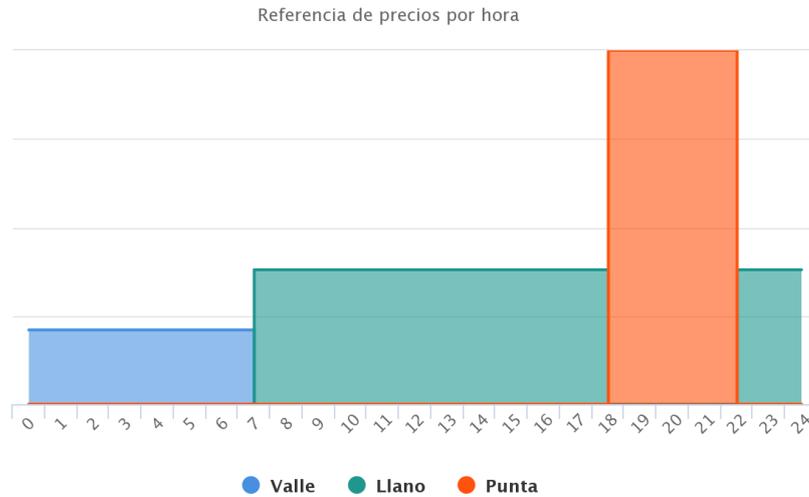


Figura 6.4: Rangos horarios de tarifas UTE para MC y GC [21]

A continuación se presenta un ejemplo de facturación.

Sea un edificio que posee una potencia contratada de P_c kW (con $P_c > 200$ kW) y tarifa GC2. Los registros de su consumo durante un mes fueron los siguientes:

- Energía Valle: A kWh
- Energía Llano: B kWh
- Energía Punta: C kWh
- Potencia Máxima Valle: α kW
- Potencia Máxima Llano: β kW
- Potencia Máxima Punta: γ kW

La facturación correspondiente se calcula de la siguiente manera:

$$\bullet \text{Costo}_E(\$) = A(\text{kWh}) 2,138(\$/\text{kWh}) + B(\text{kWh}) 3,693(\$/\text{kWh}) + C(\text{kWh}) 7,989(\$/\text{kWh})$$

$$\bullet \text{Costo}_P(\$) = \alpha(\text{kW}) 34,2(\$/\text{kW}) + \beta(\text{kW}) 174,8(\$/\text{kW}) + \gamma(\text{kW}) 207,8(\$/\text{kW})$$

$$\bullet \text{Costo}_{fijo}(\$) = 8618(\$)$$

$$\Rightarrow \text{Costo}_{total}(\$) = \text{Costo}_E(\$) + \text{Costo}_P(\$) + \text{Costo}_{fijo}(\$)$$

Capítulo 6. Parkings en el Mercado Eléctrico

Observar que para $Costo_P$ se considera que α, β y $\gamma \in [0,85P_c, P_c]$. Como se mencionó anteriormente, si alguno de estos valores supera P_c , existe un recargo por potencia excedentaria. No se analizará este caso. Ahora, si alguno de ellos queda por debajo de $0,85P_c$, se seguirá cobrando por el valor de $0,85P_c$. El factor de multiplicación depende del tipo de tarifa. Para todas las MC y GC1 el factor es de 0,7. Para GC2 es de 0,85 y para GC3, GC4 y GC5 el valor es de 1, es decir P_c .

Se puede concluir que el mejor caso es asegurar que la potencia del edificio se encuentre lo más cerca posible de $0,85P_c$ o el valor que corresponda para la tarifa, ya que es donde se aprovecha al máximo.

Por más detalles de la forma de facturación se puede acudir al Pliego Tarifario de UTE [21].

Es importante el conocimiento de cómo se realiza la facturación de energía eléctrica ya que la instalación de un parking para VE claramente modificará la curva de demanda promedio del edificio y por lo tanto la energía y potencia tomadas de la red.

▪ Tarifa de Movilidad Eléctrica

UTE tiene establecida una tarifa específica para la carga de VE en vía pública. La misma está detallada en el pliego tarifario y se presenta en la Figura 6.5.

TARIFA de MOVILIDAD ELÉCTRICA

Para la carga de energía a vehículos eléctricos en puestos de carga ubicados en la vía pública. La habilitación para utilizar el puesto de carga requiere tramitar tarjeta de identificación específica.

1. Cargos por consumo de energía:

Punta	\$/kWh	16,335
Llano	\$/kWh	6,253
Valle	\$/kWh	3,363

Figura 6.5: Tarifa UTE Movilidad Eléctrica vía pública
[21]

Esta tarifa es útil al momento de tener una referencia del precio de cargar un VE.

6.3.1.1. Comparativa a nivel internacional

En un entorno internacional a lo que refiere servicio de recarga, la manera de proceder de Uruguay en la iniciativa a la movilidad eléctrica presenta similitudes con respecto a China el cual posee casi todo su servicio de recarga gestionada por organismos públicos. Por otra parte en Estados Unidos donde es mayoritariamente gestionada por privado se presenta un caso distinto y claro. A nivel de precios de tarifa en Estados Unidos los usuarios que cuente con puestos de carga residencial son aquellos que presentan mayor beneficio con respecto a los cargadores públicos. [86] Frente a esto en vista del estudio que estamos por realizar es de nuestra

ímpetu preguntarse *¿la tarifa de movilidad propuesta por UTE contempla la posibilidad de un desarrollo a nivel privado o termina siendo una barrera para que este progrese?* Para respondernos dicha pregunta, el estudio de las simulaciones se realizara en base a la tarifa movilidad de UTE. Donde se encontrará situaciones que sea necesario un aumento de la misma o situaciones donde no sea necesaria.

6.3.2. Aspectos legales

Al momento de instalar un parking de VE es natural que surjan muchas dudas sobre el alcance que se puede llegar a tener sobre el manejo de energía.

En la actualidad, está permitida la venta de energía a través de la inyección a la red, como lo hacen por ejemplo las instalaciones de micro-generación (IMG). El decreto N° 173/010 avala la instalación de plantas generadoras a partir de energías renovables como por ejemplo solar, eólica, biomasa o mini-hidráulica.[87] Las resoluciones ministeriales N° 1895/010, N° 1896/010 y posteriormente N° 42/017 efectuadas por el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) establecen las condiciones generales que deben cumplir estas instalaciones.[88] [89] [90] Los fundamentos claramente son el fomento del uso de este tipo de energías, el aprovechamiento de los recursos renovables que posee Uruguay distribuidos a lo largo de todo el territorio, y que la generación para autoconsumo tiene beneficios importantes para la economía y el medio ambiente.

En primera plana aparece la pregunta: *¿se puede vender energía eléctrica a los usuarios de VE?* La realidad es que todavía no hay ningún decreto que avale esto. Hace falta regulación a este punto, y como bien nombran en el decreto N° 42/017: *“...las diferentes etapas de la curva de aprendizaje hacen necesario adecuar la normativa vigente”*. Hoy en día, las empresas que tratan con cargadores de VE legalmente no están vendiendo energía, sino que están ofreciendo un servicio de carga al cliente. Existen contratos en que los SAVEs instalados son propiedad de UTE, por lo tanto se aplica la tarifa de movilidad eléctrica para la venta de energía y el edificio no percibe beneficio alguno. Solamente es una estrategia de marketing. Distinto es el caso en que un privado decida instalar SAVEs en su establecimiento, en este punto el precio de venta queda a criterio de la empresa. Esto refuerza la idea de que se necesita una regulación a esta actividad. Los privados no se atreven a invertir en cargadores para ofrecer el servicio de cargar energía, por el hecho de que pueda surgir una norma que no les permita realizar esta actividad.

Puede que la carga de VE no tenga mayores cuestionamientos, pero *¿qué sucede con la descarga? ¿es posible comprar energía a los usuarios?, la energía comprada, ¿puede ser revendida a la red buscando beneficios económicos?*

Como primer pensamiento, tal vez la inyección de potencia por parte de un parking de VE podría tratarse como una especie de micro-generación, pero esto actualmente tiene ciertas limitantes.

Como primer punto, la micro-generación tiene establecida una potencia máxima de 150kW. Como se verá más adelante en el presente trabajo, se tratará con parkings de potencias mayores a esta.

Como segundo punto, la instalación de los edificios a estudiar se considera en

Capítulo 6. Parkings en el Mercado Eléctrico

la red de Distribución de UTE con conexión a media tensión, que varía en ciertos aspectos con la micro-generación en baja tensión. Si se participa del Mercado Mayorista, existe la posibilidad de trabajar como autoprodutor y formar parte de la generación distribuida. El Artículo 41 del Decreto N° 277/002 establece que podrán comercializar, a un precio libremente convenido, su producción con otros Participantes del Mercado Mayorista incluido el Distribuidor a cuya red están conectados. [91] Sin embargo, si se participa del Mercado Mayorista, se queda excluido del pliego tarifario de UTE. Por lo tanto el edificio no podría participar del Mercado Minorista.

Un punto clave a tener en cuenta sobre estas preguntas es que en el presente trabajo se van a estar utilizando baterías en la instalación. El Decreto N° 27/020 autoriza a generar energía eléctrica a partir de una instalación de baterías (sistema de acumulación) a aquellos que operen en paralelo y que no inyecten energía a la red. [92] De manera que queda establecido no poder vender la energía a la red, pero sí autoconsumirla. Aunque como se ha nombrado, las normativas y los decretos requieren a veces de modificaciones para adecuarse a las nuevas circunstancias. Se cita el Artículo 4 del Reglamento de Distribución Eléctrica que define los motivos de modificaciones al reglamento: "a) *Existen situaciones que afectan a la actividad de distribución y que no fueron previstas en el Reglamento de Distribución vigente.* b) *La experiencia en la aplicación del Reglamento demuestra que es posible realizar cambios que mejoren significativamente el logro de los objetivos regulatorios o es necesario eliminar distorsiones o resultados contrarios a los objetivos de la Ley o inconsistencias entre Reglamentos.* c) *En la aplicación e implementación del Reglamento surgen conflictos por diferencias de interpretación y es necesario dar mayor claridad o detalle.*"

También es una realidad que el modelo de generación en Uruguay está cambiando con respecto a la estructura clásica que se conoce de Generación/Trasmisión/-Distribución. Cada vez más está presente el concepto de generación distribuida, donde los consumidores finales tienen su propia generación en el lugar de consumo. Esto aprovecha la red de forma diferente, donde no hay un solo punto de generación lejano, sino varios más pequeños pero más cercanos. Esto ayuda, entre otras cosas, a reducir pérdidas y mejorar los perfiles de tensión en algunas zonas.

Ya que el uso de baterías en la instalación no permite la inyección de energía a la red, *¿qué sucede con la compra de energía a los VE? ¿es posible comprar energía para su uso local?* La respuesta es que desde el punto de vista tecnológico están las condiciones dadas. Como se mencionó en capítulos anteriores, la instalación de cargadores bidireccionales ya está siendo implementada y los protocolos de comunicación están en el auge de su desarrollo. Lamentablemente se termina en la misma conclusión que para la carga de los VE. No existe regulación alguna de esta actividad ni tampoco ningún decreto o normativa que la avale. Hoy en día es posible alquilar un generador a combustible, o poseer uno, y alimentar cargas sin necesidad de la red de UTE, entonces, *¿por qué no lo sería para los VE?* Podría tratarse la compra de energía a los usuarios de VE como el "alquiler" de su servicio de generación. Esto no quita la idea de que es necesaria una regulación de este escenario.

6.3. Decretos y Normativas

Esto se debe a que si en algún momento sucede que a gran escala, muchos edificios comienzan a utilizar la tecnología V2G, generaría un impacto en la red. La misma tendría una curva de demanda menor. El despacho de carga de Uruguay debería tener esto en cuenta. El Decreto N° 277/2002 artículo 39, obliga a los autoprodutores a informar al DNC sobre su consumo propio y generación para el día siguiente. [91]

Siguiendo la línea de lo descrito, otro punto a tener en cuenta en este análisis es que las baterías no son del propietario de la instalación, por lo tanto, *¿cómo se maneja esta situación?* No se tiene control sobre la energía disponible ni del uso de la misma, por lo que no podría considerarse que disponga de una acumulación de energía. Esta situación no quita la idea de que el uso de esta energía es una posible manera de crear un nuevo esquema de comercio, que a su vez ayude a resolver problemas técnicos en la red.[86]

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Capítulo 7

Modelado del Parking

7.1. Modelo Eléctrico

A continuación se presenta el modelo del parking utilizado para el análisis del proyecto.

La Figura 7.1 muestra el unifilar general de la instalación.

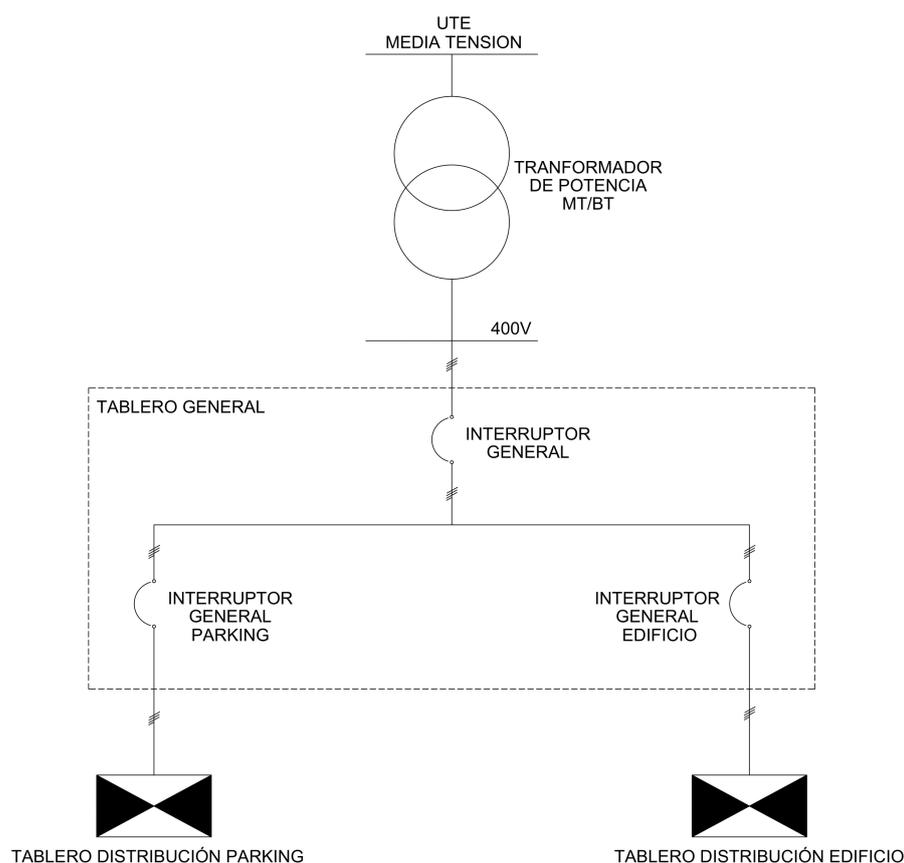


Figura 7.1: Unifilar del Modelo utilizado

Como se puede observar, el parking es una carga adicional al edificio. Cada edificio cuenta con un tablero general en donde se encuentra un interruptor general y otros interruptores que van a distintos tableros de distribución. En dicho tablero general se debe agregar un nuevo interruptor, que irá al tablero de distribución del parking. Por lo tanto se genera el nodo Edificio/Parking del lado de baja tensión del transformador de potencia. La tensión de alimentación en media tensión dependerá del tipo de edificio a analizar, pudiendo ser la misma en 6,4kV, 22kV o 31,5kV.

La distribución de energía para el parking se presenta en la Figura 7.2.

7.1. Modelo Eléctrico

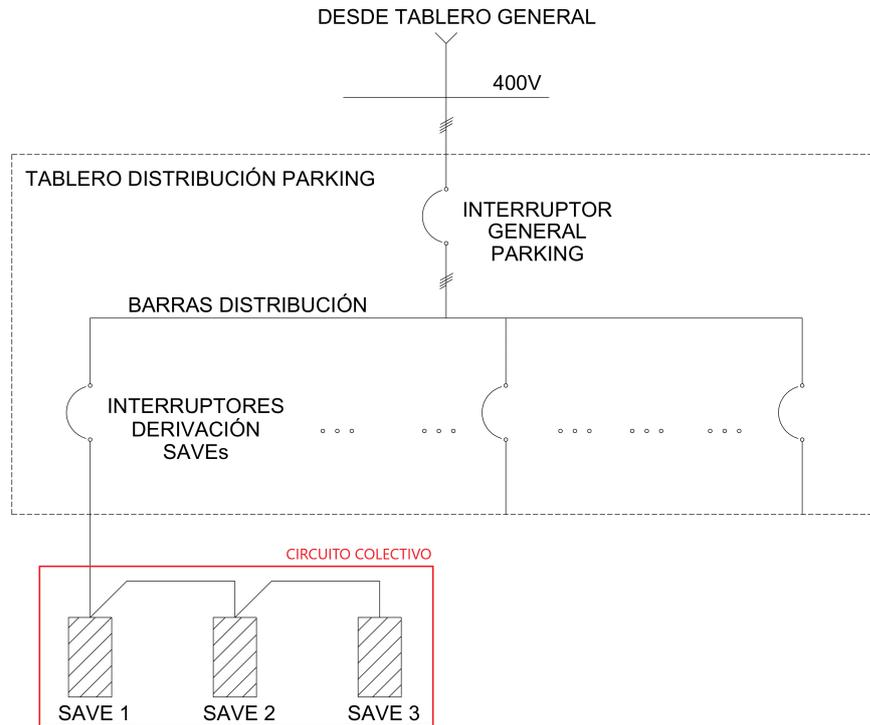


Figura 7.2: Unifilar del Parking

El capítulo 30 del reglamento de baja tensión para instalación de SAVEs de UTE indica que los circuitos colectivos, es decir, una línea repartidora que alimenta varios cargadores, tiene una cantidad límite según el modo de carga que utilicen los SAVE. La Tabla 7.1 resume lo mencionado.

Modo de Carga	Cantidad de SAVE por derivación
Modo 1 o 2	Máximo 5
Modo 3	Máximo 3
Modo 4	Individual

Tabla 7.1: Cantidad de SAVEs en circuitos colectivos

[51]

Los cargadores considerados para el modelo operan en Modo de carga 3, por lo tanto la máxima disposición en paralelo es de 3 SAVE. Las canalizaciones están pensadas para distribuir la mayor cantidad de circuitos colectivos por las mismas bandejas.

La disposición física que se consideró para los cargadores y las canalizaciones se representa en una vista aérea en la Figura 7.3. Este es un plano representativo, es claro que en la realidad cada edificio dispondrá de un espacio distinto dedicado al parking.

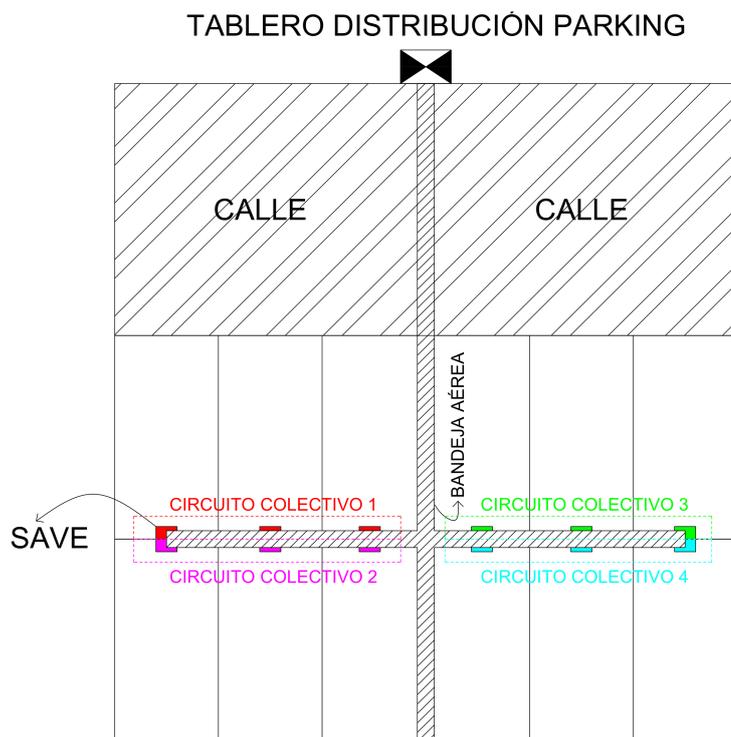


Figura 7.3: Bosquejo de vista aérea del Parking

El bosquejo de la figura 7.3 representa un “bloque”. En el mismo se encuentra una calle para la circulación en ambos sentidos de los vehículos, 12 plazas de estacionamiento y 12 SAVEs repartidos en 4 circuitos colectivos. El ancho de la calle se consideró de 6m, y las dimensiones de cada plaza se consideraron: Largo = 4.85m, Ancho = 2.45m y Alto = 2.40m. [93] [94] Este bloque será la base para calcular la inversión en canalizaciones y conductores, se detallará la misma en la sección 7.2. Si el parking necesitase más de 12 SAVEs, se repite este bloque de forma vertical. Se continúa la secuencia calle-plazas de forma de ir agrupando varios bloques hasta llegar a la cantidad de SAVEs necesarios. A modo de ejemplo si se necesitan 28 SAVEs, se considerará la unión de 3 bloques.

El dimensionado eléctrico del parking fue pensado para un tablero distribución de baja tensión de 1000A, en 400V. Siendo conservadores se utilizaron 800A destinados al parking, lo que se traduce en 555kW aproximadamente y otros 200A como reserva. La hipótesis de la potencia del parking se hizo teniendo en cuenta que los edificios que se consideran para el estudio soportan esta potencia.

7.2. Modelado económico

7.2.1. Inversión

En base al modelo eléctrico se calcula la inversión de la instalación del parking. Cabe destacar que se tuvo en cuenta los grandes costos que tiene la misma. No

se hizo un análisis riguroso, ya que lo que se pretende es obtener a grandes rasgos la rentabilidad de la misma. Por lo tanto la inversión considera los siguientes materiales:

- Interruptor general de 1000A añadido al tablero existente del edificio
- Tablero de distribución con interruptores secundarios para cada línea repartidora, de 700kW(1000A).
- SAVES: pueden ser unidireccionales o bidireccionales. De potencias 7,4kw o 22kw, monofásicos o trifásicos respectivamente. Se consideró oportuno tener en cuenta dos tipos de cargadores con potencias distintas para evaluar diferencias a la hora de realizar las simulaciones.
- Conductores.

Los primeros conductores a dimensionar son los que van desde el nuevo interruptor hasta el tablero del parking. Al tener una corriente de 1000A, según el catálogo de cables [95] un conductor unipolar de 300mm soporta 780A, se propone por lo tanto instalar 2 cables unipolares por fase. Además se instalan dos cables unipolares de la mitad de sección, 300mm uno para el neutro y otro para la tierra.

Para el cálculo de la sección de conductores se tuvo en cuenta un factor de simultaneidad 1 entre SAVES. Como fue mencionado los tipos de SAVES a utilizar son de 7,4kW o 22kW. Se analizará su desempeño y se evaluarán las inversiones correspondientes para ver la rentabilidad de la instalación. Por lo tanto, para las distintas configuraciones se necesitan distintas secciones de conductores.

Para una agrupación de 3 SAVES de 22kW se considera el tendido de un conductor 5x35mm² (3F+N+T). La potencia demandada por la derivación en este caso es de 66kW. Estos cargadores son trifásicos por lo que a una tensión de 400V, circulará una corriente máxima de 96A. Según catálogos de fabricantes este conductor soporta hasta 100A en las condiciones de instalación dadas.

Para el caso de cargadores de 7,4kW, se tiene una demanda de 22,2kW por bloque de a 3. Considerando que estos cargadores son monofásicos, la corriente necesaria a una tensión de 230V es nuevamente de 96A. Por lo tanto el conductor utilizado es de 3x35mm² (2F+T).

- Canalizaciones: se consideraron bandejas de 400mm de ancho por 65mm de alto. Se eligió este tipo de bandeja ya que es una medida standard y además ajusta bien para los cables a transportar. En el caso de que los SAVE son de 7.4kW, la cantidad máxima de cargadores a instalar será de 74, donde se considero simultaneidad 1 y una corriente de 800A(555kW aprox). El conductor, en este caso, tiene un radio exterior de 25,8mm [95] por lo tanto en este caso se instalan 25 cables, y la bandeja soporta 15. Entonces se instala una bandeja encima de otra, para poder transportar todos los cables.

Capítulo 7. Modelado del Parking

Para el caso de instalar SAVE de 22kW, el radio exterior de los cables es de 31,9mm[95], la cantidad máxima de SAVES a instalar es de 25, entonces la cantidad máxima de conductores será de 9 y la bandeja soporta 12 con este radio. Por lo tanto se instala 1 bandeja sola.

A la inversión considerada anteriormente resta sumarle el costo por mano de obra de la instalación de las canalizaciones, los conductores y la conexión de los mismos. Para esto fue considerado el costo de hora hombre por metro de bandeja/conductor.

Para conseguir los costos de los materiales y la mano de obra, se pidió cotización a proveedores del mercado uruguayo. La Tabla 7.2 muestra los costos obtenidos.

Materiales y mano de obra	Costo unitario(US\$)
Interruptor 1000 A	2.000
Cable 1x300 mm ²	27.5
Cable 3x35 mm ²	13
Cable 5x35 mm ²	21
Montaje Cable	12.5
SAVE 7.4 kW Unidireccional monofásico	980
SAVE 7.4 kW Bidireccional monofásico	3.440
SAVE 22 kW Unidireccional trifásico	2.620
SAVE 22 kW Bidireccional trifásico	5900
Tablero distribución parking	20.000
Bandeja 400 mm x 65 mm	15
Montaje bandeja	12.5

Tabla 7.2: Cotizaciones obtenidas

7.2.2. Ingresos

Los ingresos percibidos por instalar un parking de VE tanto si es unidireccional como bidireccional, se deben a la venta de energía. Esta venta se da cuando hay VE cargando. Para determinar la tarifa a la cual se venderá energía, se toma como referencia la tarifa actual de movilidad eléctrica que se explicó en la sección 6.3.1 del capítulo 6. Esta se encuentra dentro del pliego tarifario de UTE. El único cuidado a tener para el cálculo es diferenciar bien el tramo horario en el cual el parking se encuentra consumiendo energía, ya que tendrá distinto costo. Como se verá más adelante esta será la tarifa base en las simulaciones, pero en algunas se le agregará un porcentaje por encima para evaluar distintos escenarios.

La ecuación a utilizar para calcular los ingresos será la siguiente:

$$I(\$) = C_{valle}(\$/kWh) * E_{valle}(kWh) + C_{llano}(\$/kWh) * E_{llano}(kWh) + C_{punta}(\$/kWh) * E_{punta}(kWh)$$

Donde C_x corresponde a la tarifa que se aplica en cada tramo horario x , y E_x corresponde a la energía vendida en cada tramo horario x .

7.2.3. Ahorro

El ahorro por energía que genera el parking se da solamente cuando hay VE descargando. Este se da cuando la potencia neta del parking es negativa, es decir, cuando se está entregando energía al edificio. Cabe señalar que pueden haber VE cargando, pero el neto debe ser negativo. En los momentos donde se dé esta situación, se traduce que en el nuevo escenario (con parking instalado), la porción de energía que entrega el parking se está pagando a los VE que descargan, a un costo menor que si se le pagase a UTE. Es por esto que para calcular el ahorro percibido se utiliza la ecuación $E_{Parking}^-(Costo_D - Costo_U)$, donde $E_{Parking}^-$ refiere a los períodos en que la potencia neta del parking es negativa. $Costo_D$ refiere al costo que se le paga a los VE en descarga y $Costo_U$ refiere al costo de la energía de la tarifa de UTE. En la Figura 7.4 el períodos de tiempo t3 corresponden a este caso.

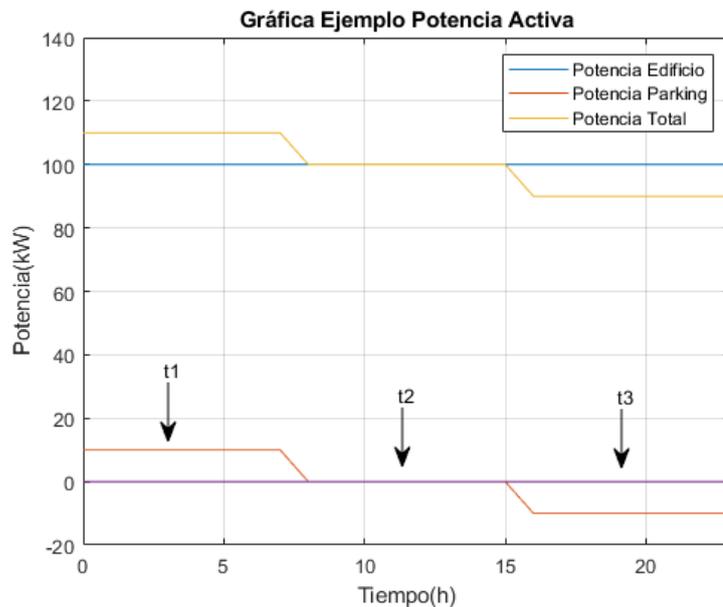


Figura 7.4: Gráfica de ejemplo de la curva de carga de un edificio más un parking V2G

También puede haber un ahorro si al instalar el parking V2G permite bajar la potencia contratada. En este caso se puede controlar con los VE descargando la máxima potencia del edificio y de esa manera reducir el pago por este motivo.

Finalmente si es posible que el edificio se alimente en otra tensión, se podría cambiar la tarifa a una más barata y ahorrar dinero en el gasto fijo mensual, aunque podría haber diferencia desfavorable en la energía.

7.2.4. OPEX

El OPEX referido a la instalación del parking, primeramente se debe a los gastos por operación y mantenimiento de los SAVE. Este costo fue averiguado y

Capítulo 7. Modelado del Parking

se obtuvo una respuesta de que es de $US\$50$ por mes. Luego los egresos se deben al pago de la energía consumida por el parking a UTE. Para el caso en que el parking sea solamente unidireccional toda la energía correspondiente a la carga de los VE debe ser pagada a UTE. Se recuerda que esta energía se paga al costo de la tarifa del proveedor, y que igualmente se recibe una ganancia, ya que la tarifa de la energía vendida es mayor que la comprada.

Por otra parte cuando el parking cuenta con cargadores bidireccionales hay un gasto extra que es el pago por la energía que entregan los VE que se encuentran descargando. Obviamente el pago a estos es a un costo menor del que se le paga a UTE.

Haciendo referencia una vez más a la figura 7.4, el período de tiempo donde hay egresos es el $t1$. En dicho período el costo esta dado por $E_{Parking} * Costo_U$ y si hay VE descargando se suma $E_{VEDescargando} * Costo_D$, siendo $Costo_D$ la tarifa de descarga. Si bien en el período de tiempo $t2$ el neto del parking es nulo, podría darse el caso en que toda la energía que consumen los VE que se encuentran cargando se provea por los VE que se encuentran descargando. Por lo tanto en ese caso el egreso corresponde solamente a la energía entregada por los VE.

7.3. TIR y VAN

7.3.1. Definición y cálculo del VAN

El valor actual neto es un criterio de inversión que consiste en traer al día de hoy los ingresos y los egresos a percibir por una inversión en los próximos años.

Para explicar este concepto será más intuitivo hacerlo mediante un ejemplo constructivo de aplicación. Se considera que se invierten $US\$1.000$ a plazo fijo con un interés del 5%, por lo tanto el primer año el monto de dinero invertido valdrá $1.000 * 1,05 = US\$1.050$, en 2 años $1.050 * 1,05 = 1.000 * (1,05)^2 = US\$1.102.5$ y así sucesivamente. Ahora bien si se hiciera el proceso a la inversa y se desean tener $US\$1.000$ en 2 años, ¿Cuánto debo invertir hoy?. Para responder a esta pregunta la cuenta que se debe realizar es $\frac{1.000}{(1,05)^2} = US\907 .

Finalmente si sé que en 2 años se tendrán $US\$1.000$ para “traerlos” al día de hoy se debe realizar la última cuenta hecha, obteniendo un resultado de $US\$907$. Este monto de dinero es el **valor actual** de los $US\$1.000$ del futuro. Al 5% se le llama **tasa de descuento**.

Entendidos estos conceptos se explicará como obtener el **VAN**. Para ello es necesario conocer el flujo de caja de la inversión. Considérese el siguiente flujo de caja:

Año 0(inversión)	Neto Año 1	Neto Año 2	Tasa de descuento a utilizar
$-US\$10.000$	$US\$5.000$	$US\$7.000$	5%

Tabla 7.3: Ejemplo flujo de caja

Ahora bien se desea saber a qué monto de dinero corresponde el neto de los

7.3. TIR y VAN

primeros dos años para ello se aplica la tasa de descuento en ambos años y se suma el resultado. El valor resultante en el año 0 para los US\$5.000 del año 1 es de US\$4.761,9. Los US\$7.000 del año 2 llevados al año 0 da como resultado US\$6.349,2. La suma de los mismos entrega un valor actual total de US\$11.111,1.

Finalmente se resta a ese resultado el valor de la inversión y se obtiene el **VAN**. Se resumen estas cuentas en la Tabla 7.4.

	Año 0 (US\$)
Dinero traído a hoy	4.761,9
Dinero traído a hoy	6.349.2
Valor actual Total	11.111,1
Inversión	-10.000
VAN	1.111,1

Tabla 7.4: Ejemplo cálculo de VAN

Los criterios para decidir si una inversión es rentable o no son los siguientes:

- $VAN > 0$: Negocio rentable a la tasa de descuento definida
- $VAN = 0$: Negocio que no tendrá ganancias ni pérdidas
- $VAN < 0$: Negocio no rentable

La ecuación genérica para calcular el VAN es la siguiente:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{Neto_t}{(1+k)^t} \quad (7.1)$$

Con I_o la inversión, n la cantidad de años a considerar y k la tasa de descuento [96].

7.3.2. Definición y cálculo de TIR

La tasa interna de retorno es otro indicador de la rentabilidad de la inversión. Una forma de definirla es, la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Por lo tanto viene dada en porcentaje y se puede relacionar con el factor de riesgo de la inversión. Cuanto mayor sea la misma significa que el riesgo será menor. [96]

Como fue mencionado el cálculo se realiza igualando el VAN a cero, por lo tanto se consideran los mismos parámetros que para calcular el VAN. La ecuación sera por lo tanto:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{Neto_t}{(1+k')^t} = 0 \quad (7.2)$$

Con I_o la inversión, n la cantidad de años a considerar y k' la **TIR**.

Capítulo 7. Modelado del Parking

Definiendo nuevamente k como la tasa de descuento, los criterios para decidir la rentabilidad del proyecto son:

- $TIR > k$: El proyecto es rentable.
- $TIR = k$: El proyecto no tendrá ganancias ni pérdidas en el periodo considerado.
- $TIR < k$: El proyecto no será rentable

7.3.3. Aplicación al proyecto

Finalmente con todos los costos hallados en las partes anteriores se puede construir el flujo de caja de la inversión. El neto responde a la siguiente ecuación:

$$Neto = Ingresos + Ahorros - Egresos \quad (7.3)$$

Es importante señalar en este punto que las simulaciones a realizar corresponden al consumo/generación de energía durante un día típico anual. Por lo tanto para hallar todos los costos se extrapoló el día simulado a un año, para poder realizar los cálculos correspondientes al recobro de la inversión. Por este motivo fue considerado un factor de 0.5 para la energía consumida/generada. Una manera de ver este factor es que el comportamiento del parking se da exactamente en la mitad de los días del año. En los demás días es como si el mismo no estuviera funcionando.

En el análisis se tuvo en cuenta que el neto fue igual para todos los años a considerar. Por lo tanto el flujo de VE se considera igual, al costo de las tarifas no se le agrega una tasa de aumento y al OyM de los SAVE tampoco. La decisión de considerar estas hipótesis es la de obtener números conservadores.

Retomando los cálculos, para obtener la TIR se consideraron 7 años. Este es un número conservador ya que la vida útil de los cargadores se estima en 10 años. Finalmente para el cálculo del VAN se tomó una tasa de descuento del 10%. Con estos indicadores se analizará la conveniencia de invertir o no.

Se cree importante en este punto realizar un análisis sobre el efecto que tienen las tres tarifas involucradas en el proyecto sobre el neto. Se recuerda que las mismas están separadas en los tres tramos horarios descritos en el capítulo 6, estas son: tarifa a pagar por consumo a UTE(T_U), tarifa a cobrar a los VE que se encuentran cargando(T_C) y tarifa a pagar a los VE que se encuentran descargando(T_D). En la Tabla 7.5 y haciendo referencia a los tiempos definidos en la Figura 7.4 se analizará el neto percibido en cada caso. En cuanto a la relación entre T_C Y T_U se sabe que en todos los casos se cumple la relación $T_C > T_U$. Ahora bien en cuanto a T_D la condición que debe cumplir es que $T_D < T_U$, ya que no tendría sentido comprar energía a los VE más caro que a UTE. Se define E_C y E_D , como la energía consumida por los VE y la energía entregada por los VE respectivamente.

7.4. Modelado del VE

Intervalo	Ingresos	Ahorro	Egresos	Neto
t1	$E_C * T_C$	0	$E_D * T_D + (E_C - E_D) * T_U$	$E_C * (T_C - T_U) + E_D * (T_U - T_D)$
t2	$E * T_C$	0	$E * T_D$	$E * (T_C - T_D)$
t3	$E_C * T_C$	$(E_D - E_C) * (T_U - T_D)$	$E * T_D$	$E_C * (T_C - T_U + T_D) + E_D(T_U - 2 * T_D)$

Tabla 7.5: Relación entre costo de tarifas y neto del proyecto

Con las condiciones anteriormente mencionadas en t1 y t2 el neto da siempre positivo. Ahora bien en el intervalo t3 el primer término da positivo mientras que el segundo depende de la relación específica entre T_U y T_D . Lo que se concluye es que para que dicho término sea positivo $T_D < \frac{1}{2}T_U$. De esta manera en t3 el neto da positivo. Sin embargo esto no es tan lineal ya que al usuario puede no servirle dicho intercambio. Por ejemplo si este carga su VE con la tarifa movilidad en valle, lo hace a un costo de $3,363\$/kWh$. Al edificio le cuesta $6,344\$/kWh$ en punta (que es cuando sale más cara la energía), con una tarifa GC3. Entonces en el caso límite de pagarle la mitad de la tarifa, haciendo el cálculo $\frac{1}{2}6,344 - 3,363 = -0,191\$/kWh$ es lo que recibiría el usuario, reflejando una pérdida para el usuario. Sin embargo al contar con VE descargando se puede lograr bajar la potencia contratada del edificio, generando una ganancia para el edificio. Por lo tanto hay que evaluar caso a caso, evaluando la ganancia para el usuario como para el edificio.

Podría tomarse la opción que durante algunos intervalos de tiempo perder dinero por energía comprada, incentivando al usuario a descargar, pero que en el total por bajar la potencia en el neto de dinero recibido tener una ganancia.

7.4. Modelado del VE

Las hipótesis tomadas para modelar a los VE dentro del simulador fueron las siguientes:

- Cargando
 - Una vez que se conecta comienza la carga.
 - Tiempo de estadía definido una vez que se conecta.
 - Batería comprendida dentro del rango $60kWh - 100kWh$. Esta consideración fue hecha en base a las baterías que hay actualmente.
 - Consume potencia constante.
 - SOC Variable al conectarse en el rango 30%-75%. Si la carga se efectúa en la noche el rango considerado es 30% - 40%.
 - Cuenta con conector compatible con el SAVE instalado y se puede cargar a la potencia nominal del cargador ($7,4kW$ o $22kW$)
 - Al llegar al 80% del SOC deja de cargar.
- Descargando
 - Una vez que se conecta comienza a descargarse.

Capítulo 7. Modelado del Parking

- Tiempo de estadía definido una vez que se conecta.
- Batería comprendida dentro del rango $80kWh - 100kWh$. Para los VE en descarga se consideró baterías con más capacidad.
- Entrega potencia constante.
- SOC Variable al conectarse en el rango 60 %-80 %.
- Cuenta con conector compatible con el SAVE instalado y se puede descargar a la potencia nominal del cargador($7,4kW$ o $22kW$)
- Al llegar al 20 % del SOC deja de descargarse.

7.5. Descripción del simulador

Para llevar a cabo el simulador se utilizó la herramienta Matlab. Además se creó una interfaz gráfica para poder simular fácilmente los escenarios, moviendo switches, insertando valores, o presionando botones en un entorno amigable. El simulador se compone de diferentes funciones ejecutadas ordenadamente. Al ejecutarse las funciones se modifican variables globales que modela el estado del parking en el tiempo durante un día entero (cantidad de plazas, autos cargando, autos descargando, potencia total, etc). Conociendo el orden de las funciones, el simulador puede utilizarse sin tener por qué hacer uso de la interfaz. Por lo tanto se podría adaptar el simulador acorde a otro estudio que se desee realizar.

En la Figura 7.5 se muestra el diagrama de flujo del simulador y su conexión con respecto a la interfaz:

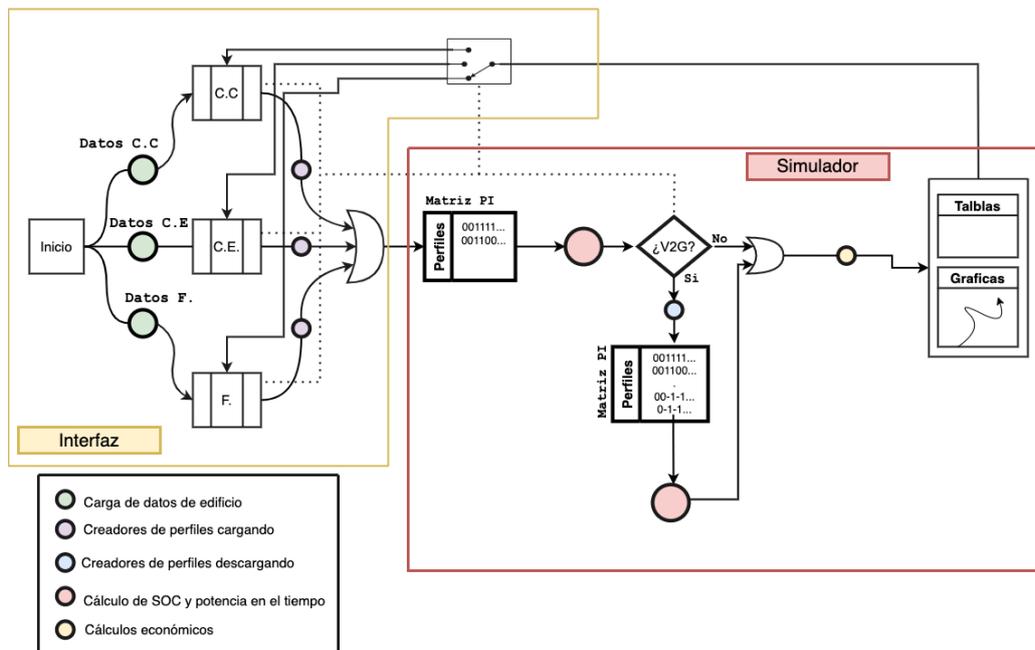


Figura 7.5: Diagrama de flujo de la aplicación

7.6. Descripción de funciones utilizadas

Las funciones utilizadas por el simulador están detalladas en la sección 7.6, mientras que la interfaz de la aplicación se presenta en el capítulo 8.

A modo de introducción y aclarar el diagrama presentado en la Figura 7.5, se adelanta que la aplicación contará con tres grandes bloques que representan distintos edificios a analizar. **C.C** corresponde a **Centro Comercial**, **C.E** a **Centro de Espectáculos** y **F** a **Fábrica**.

7.6. Descripción de funciones utilizadas

En esta sección se hará una descripción general de las funciones que implementa el simulador creado en MATLAB. Las mismas se pueden dividir en tres ramas principales: funciones generales, funciones al implementar V2G y funciones que despliegan los resultados obtenidos en tablas y gráficas.

7.6.1. Generales

- **iniciar.m**

Función que se encarga de inicializar variables y constantes que son utilizadas a lo largo del código. Además con ayuda de las funciones *interpolar.m* y *Tarifa_Ute.m* inicializa las curvas de demanda del edificio a estudiar y la tarifa de energía eléctrica correspondiente.

- **interpolar.m**

Toma un vector de datos y lo interpola para llevarlo al largo necesario. Específicamente en el simulador se utiliza para tomar una curva de demanda que viene dada con datos cada 15 minutos y la interpola para llevarla a un intervalo de 45 segundos.

- **Tarifa_Ute.m**

El objetivo de esta función brindar los parámetros necesarios para poder calcular la factura mensual del edificio. La misma se encarga de crear el vector de costo de la energía eléctrica comprada a UTE en \$/kWh, según la franja horaria que corresponda. La misma permite elegir la tarifa según el tipo de suministro que posea el edificio a estudiar. Las tarifas cargadas son MC1, MC2, MC3, GC1, GC2, GC3, GC4 y GC5 (MC - Mediano Consumidor, GC - Gran Consumidor). Además devuelve el costo por potencia máxima medida en cada tramo horario en tres casos distintos: solamente la potencia consumida por el edificio, la potencia consumida por el edificio más la del parking unidireccional y la potencia del edificio más el caso de tener un parking bidireccional. Esto se hace a partir de la función *tarifa_potencia_maxima.m*. Esta última utiliza una función auxiliar que ante la entrada de un vector halla la potencia máxima medida en cada tramo horario, esta función se llama *potencia_pico.m*.

- **Perfiles_Cargando.m**

Capítulo 7. Modelado del Parking

Función que agrega distintos perfiles de VE a lo largo del día. Los vehículos pertenecientes a estos perfiles van a cargar durante su estadía. La misma varía de forma aleatoria el SOC inicial de los VE en un rango entre 35 % y 75 %. También a cada perfil se le asigna una energía nominal de la batería aleatoria en el rango de $60kWh$ a $100kWh$. Cuenta con la opción de generar los perfiles cargando en horario punta o no, y además se pueden agregar perfiles cargando en horario nocturno, van entrando a partir de las 22:00hs y se retiran a partir de las 6:00hs. Además genera flujos distintos dependiendo la potencia del SAVE a utilizar. Los perfiles durante el día se acomodan según la función *flujo_parabolico.m*. Esta función se utiliza solamente para el centro comercial.

■ **Perfiles_Cargando_CE.m**

Función análoga a la anterior pero utilizada para el centro de espectáculos. Para los perfiles durante el día utiliza la función *flujo_rectangular.m*.

■ **Perfiles_Cargando_fabrica.m**

Función análoga a la anterior pero utilizada para la fábrica. Para los perfiles en este caso, se dividen en 3 tramos horarios distintos y están durante 8 horas. El primero va desde las 00:00hs hasta las 8:00hs, el segundo de 8:00hs a 16:00hs y el tercero de 16:00hs a 00:00hs.

■ **PerfilCarga.m y PerfilDescarga.m**

Estas funciones crean los distintos perfiles de carga y descarga. Los parámetros de entrada de las mismas son: Hora de llegada al parking (t_i), hora de salida del parking (t_f), número de VE que componen el perfil (N), SOC inicial (soc_ini) y capacidad en kWh de la batería ($Ebat_nom$).

Ambas funciones trabajan sobre una matriz llamada Pi que es el corazón del simulador. Esta matriz Pi actúa como base de datos del simulador y tiene la siguiente estructura:

$$P_i = \left(\begin{array}{ccccc|c} t_i & t_f & N & soc_ini & Ebat_nom & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \\ t_i & t_f & N & soc_ini & Ebat_nom & [D] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \\ t_i & t_f & N & soc_ini & Ebat_nom & \end{array} \right)$$

Las funciones mencionadas agregan una fila a Pi con un determinado perfil.

Las primeras 5 columnas de Pi reflejan los parámetros mencionados, mientras que la matriz D (Disponibilidad) representa la estadía de los VE a lo largo del tiempo.

7.6. Descripción de funciones utilizadas

$$[D] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 1 & \cdots & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & -1 & \cdots & -1 \end{bmatrix}$$

Esta matriz D puede contener tres valores. Contiene un 1 o un -1 dependiendo si el perfil agregado fue de carga o descarga respectivamente, y contiene un 0 en el caso de que el VE no esté conectado.

Las dimensiones de las matrices Pi y D son (n_perf x 1925) y (n_perf x 1920) respectivamente. Donde n_perf es la variable que indica cuantos perfiles fueron agregados y 1920 la cantidad de intervalos de 45 segundos en un día.

- **PerfilCarga_no_punta.m**

Esta función es análoga a las anteriores pero como lo indica su nombre no permite que los VE se carguen en horario punta.

- **PyS.m**

(Potencia y SOC). Esta función toma como referencia las matrices Pi y D, y crea dos nuevas matrices llamadas PxVExP (Potencia por VE por Perfil) y Soc. Estas matrices tienen la misma estructura que la matriz D, pero reportan la potencia que está entregando (o consumiendo) el VE y el SOC en cada instante de tiempo.

A continuación se presenta un ejemplo de las mismas.

$$PxVExP = \begin{pmatrix} 7,4 & 7,4 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 7,4 & \cdots & 7,4 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & -7,4 & \cdots & -7,4 \end{pmatrix}$$

$$SOC = \begin{pmatrix} 30 & 32 & \cdots & 71 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 64 & \cdots & 80 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 70 & \cdots & 34 \end{pmatrix}$$

El funcionamiento de PyS se basa en que instante a instante (es decir, recorriendo las matrices por columnas) la matriz Soc se va completando en base a la potencia que el VE transfirió en el intervalo anterior. Si el Soc alcanza un valor límite, 80% por arriba y 20% por abajo, entonces se fija en ese valor y manda a PxVExP a asignar potencia 0 a partir de ese intervalo.

Capítulo 7. Modelado del Parking

El Soc instante a instante se calcula con ayuda de la función *soc_state.m*.

La función PyS también contempla las potencias límites de la instalación. Es decir, la potencia total del parking nunca excederá su valor máximo asignado, ni la potencia total (edificio + parking) excederá la contratada. Se aplica la solución de smart charging, contabilizando los VE que se encuentran en carga y reduciendo la potencia asignada a los mismos equitativamente. De esta manera se asegura que nunca se sobrepase ninguno de estos límites.

■ **soc_state.m**

Básicamente esta función realiza lo mencionado anteriormente. En base a la potencia del VE asigna el SOC correspondiente. La ecuación que se utiliza es la siguiente: $SOC(i + 1) = SOC(i) + \int_{t=i}^{t=i+1} \frac{P_{Carga/Descarga}(i)}{E_{Bat.Nominal}} \cdot dt$.

■ **PotenciasTotales.m**

Función que en base a la matriz PxVExP y el vector Pe (Potencia en el tiempo consumida por el edificio), calcula Ppark (Potencia total del parking), Pcarga (Potencia total de los VE en carga), Pdesc (Potencia total de los VE en descarga), Ptot_consumida (Potencia total del edificio + Potencia de VE en carga), P_todos_desc (Potencia que ve la red de UTE si el parking tuviese todos los VE descargándose) y P_plana (Potencia en la que deseamos dejar plana la curva de demanda del edificio). Finalmente se calcula p_carga_save que devuelve un vector con la potencia a la cual se cargan los VE a lo largo del tiempo.

■ **Energia_VE.m**

Esta función se encarga de devolver dos vectores, E_tot_c y E_tot_d. Cada uno de ellos contiene la energía consumida/entregada por los VE del parking cargando/descargando durante todo el día separada en los tres tramos horarios.

■ **Inversion.m**

Esta función se encarga de realizar los cálculos correspondientes a la inversión de instalar un parking eléctrico. Tiene en cuenta si los SAVE son bidireccionales o no, y qué potencia tienen los mismos. Otro aspecto importante que tiene en cuenta es la cantidad de SAVE a instalar, ya que pueden determinarse a partir del flujo de VE, en este caso toma el máximo de VE al mismo tiempo en el parking. El otro caso es considerar la potencia máxima del parking y los VE con factor de simultaneidad 1. Finalmente se agrega el gasto por operación y mantenimiento mensual por SAVE. El cálculo detallado de la inversión fue mencionado en la sección 7.2.1.

■ **ahorro_energia.m**

Función que devuelve el ahorro por energía que tiene el edificio al tener VE descargando. Este ahorro se genera cuando todo el parking se encuentra entregando energía al edificio. La energía que anteriormente se pagaba a

7.6. Descripción de funciones utilizadas

UTE se paga ahora a los VE que se encuentran descargando a un precio más barato.

■ **egresos_energía.m**

Función que devuelve los egresos por pago de energía que genera el parking. Por un lado se generan debido a el pago a los VE que se encuentran descargando. Por otro lado cuando el neto de la energía es positivo, significa que esa porción es un gasto nuevo para el edificio.

■ **recobro.m**

Tiene como entradas los ingresos, el ahorro y los egresos anuales. De acuerdo a estos datos genera el flujo de caja y se calcula la TIR y el VAN.

■ **redondear_up.m**

Recibe un número con cifras decimales y devuelve el entero más próximo hacia arriba. Por ejemplo si entra 10.02 devuelve 11.

■ **flujo_parabolico.m**

Esta función se utiliza solamente para un edificio, el centro comercial. La misma devuelve un vector con la cantidad de VE necesarios en cada instante para que la estadía de los mismos siga una curva parabólica, de concavidad negativa, en el tiempo. Luego esta función se utiliza para generar un flujo de VE. La parábola tiene sus raíces en las 10:00hs y 22:00hs y el vértice a las 16:00hs. Ver Figura 7.6.

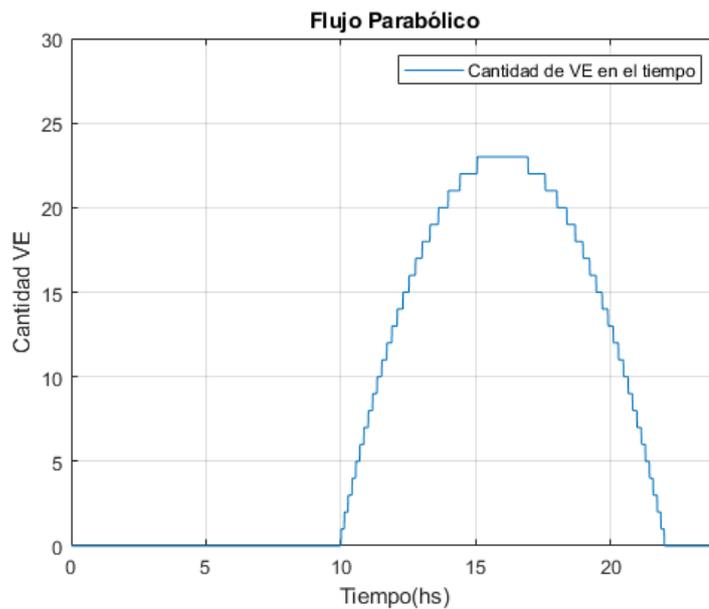


Figura 7.6: Flujo parabólico

Capítulo 7. Modelado del Parking

■ **potencia_pico.m**

Devuelve un vector con 3 entradas. Cada una de ellas corresponde al máximo de un vector de entrada de potencia durante el día, en los tres tramos horarios: valle, llano punta.

■ **flujo_rectangular.m**

Similar a *flujo_parabolico.m*. Función que se encarga de generar un vector con la cantidad de VE necesario para generar un flujo rectangular. Ver Figura 7.7.

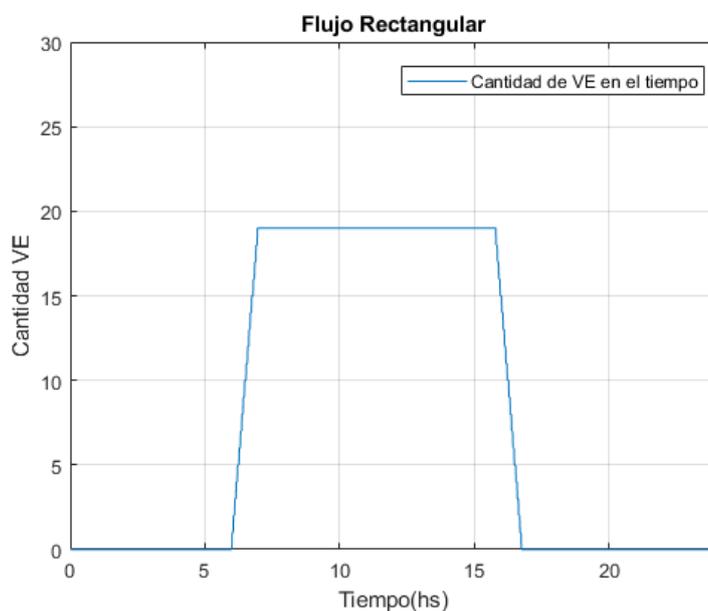


Figura 7.7: Flujo rectangular

■ **leer_tarifa.m**

Esta función se encarga de interpretar una planilla de excel donde se encuentran los costos correspondientes a las tarifas de medianos y grandes consumidores, y devuelve un vector con dicha información.

■ **tarifa_potencia_maxima.m**

De acuerdo a la tarifa seleccionada y vectores que contienen la potencia del edificio, potencia del edificio más parking unidireccional y potencia del edificio más parking bidireccional, devuelve el costo por potencia máxima medida para cada uno de los tres casos.

7.6.2. V2G

Una vez que se activa la opción de que los SAVE del parking sean bidireccionales, hay algunas funciones que se ejecutarán, estas son:

7.6. Descripción de funciones utilizadas

■ **Plazas_min_desc.m**

Esta función es útil cuando se desea realizar un peak shaving en la curva de demanda de un edificio. Calcula el vector DW (Delta Potencia) que refleja la diferencia de potencia entre la del edificio más la de los VE en carga, y la potencia plana en la que se desea dejar la curva de demanda. En base a este valor de potencia se calcula la cantidad de VE que se necesitan descargando en cada momento para poder cumplir con la consigna de potencia máxima. El vector que contiene esta información se llama `nmin_park_d`.

■ **MPerfil_Desc.m**

Función encargada de agregar perfiles de VE descargando de acuerdo al vector `nmin_park_d` de la función anterior. Por lo tanto una vez que finaliza la misma, la matriz `Pi` contendrá perfiles tanto de VE cargando como de VE descargando, logrando hacer peak shaving. El cuidado que tiene esta función es de no superar la cantidad máxima de plazas del parking. En caso de necesitarse más VE de lo que se tiene disponible, se introducen exactamente la cantidad de plazas disponibles. Luego, si se da este caso, la función *PyS_2.m* se encarga de realizar un smart charging de los VE cargando.

■ **MPerfil_Desc_CE.m**

Función análoga a la anterior pero es específica para el centro de espectáculos. La diferencia está en que el SOC de los VE que van a descargar se considera siempre 80%. Además la capacidad de la batería de los VE es siempre $100kWh$ y que descargan durante 7 horas.

■ **PyS_2.m**

Esta función en esencia tiene el mismo objetivo que la función ya descrita *PyS.m*. Actualiza las matrices `PxVExp` y `SOC` que contienen los perfiles descargando. La diferencia radica en que puede ser necesario realizar un smart charging. En ese caso, ésta función asigna la misma potencia a los perfiles que se encuentran cargando en ese momento, con el fin de poder cumplir con el peak shaving.

7.6.3. Gráficas y Tablas de Resultados

Ploteo.m

Función que se encarga de generar las gráficas correspondientes a la simulación. Se grafica la potencia en función del tiempo del edificio, del edificio más el parking unidireccional y el edificio más el parking bidireccional. También grafica la cantidad de VE en el parking en el tiempo, cuántos de ellos están cargando y cuántos están descargando. Otra gráfica se relaciona a la potencia de carga de los VE a lo largo del tiempo, donde se puede identificar si hubo smart charging o no.

Capítulo 7. Modelado del Parking

Las funciones que se describirán a continuación fueron realizadas para poder calcular el monto a pagar por tener el servicio de energía contratado y los costos que se agregan al instalar el parking. La función utilizada se llama *tabla_costos.m*.

Por otra parte se creó una función llamada *tabla_inversion.m*, la cual despliega la inversión, los ingresos, el ahorro, el opex y la TIR.

tabla_costos.m

Como fue mencionado el objetivo de esta función es desplegar el costo mensual generado por tener contratado el servicio de energía. Para esto se basa fuertemente en la tarifa que tiene contratada el edificio, mostrando el pago por costo fijo, consumo de energía en cada uno de los tramos horarios y el pago por potencia máxima medida. También se despliega explícitamente el monto total a pagar por energía y por potencia. Se consideran tres casos distintos de consumo de energía del edificio:

- Edificio como único consumidor: en este caso se utilizan solamente los datos obtenidos de la curva de demanda de cada edificio. Cabe destacar que cada una de ellas modela bien un día promedio. Por lo tanto fácilmente se puede extrapolar los gastos por energía que tiene el edificio. En la Tabla 7.6 se muestra un ejemplo de la tabla a desplegar.

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	12.927	\$	12.927
E Consumida Valle	52.097	kWh	2,082	\$/kWh	108.465
E consumida Llano	249.035	kWh	3.584	\$/kWh	892.540
E Consumida Punta	98.816	kWh	6.344	\$/kWh	626.890
P Max Valle	2500	kW	45.3	\$/kW	113.250
P Max Llano	1650	kW	117.8	\$/kW	194.370
P Max Punta	1650	kW	194.4	\$/kW	320.760
Costo Total + iva (\$)					2.269.202
Costo Total Energía	1.627.895	\$			
Costo Total Potencia	628.380	\$			

Tabla 7.6: Ejemplo despliegue de factura edificio

- Edificio más parking unidireccional: este caso suma el caso anterior más el consumo que genera el parking en el caso de ser unidireccional. Como la factura es mensual y el flujo de VE en carga es una suposición, ya que no hay datos empíricos, se aplica un factor de 0,5 al extrapolar la energía consumida en un mes. La tabla a desplegar tiene exactamente la misma forma que el caso anterior, solamente que en este caso se tendrá un consumo mayor de energía, debido a la energía consumida por el parking.
- Edificio más parking bidireccional: este último caso simula la factura pero teniendo en cuenta la simulación que también considera VE descargando. Por lo tanto la única diferencia con los casos anteriores es que se agrega una sección donde se explicitan los costos asociados al pago por energía, en

7.6. Descripción de funciones utilizadas

cada tramo horario, a los VE en descarga, ver Figura 7.7. Para la energía del parking también está considerado un factor de 0,5.

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	12.927	\$	12.927
E Consumida Valle	52.097	kWh	2,082	\$/kWh	108.465
E consumida Llano	249.035	kWh	3.584	\$/kWh	892.540
E Consumida Punta	98.816	kWh	6.344	\$/kWh	626.890
P Max Valle	2500	kW	45.3	\$/kW	113.250
P Max Llano	1650	kW	117.8	\$/kW	194.370
P Max Punta	1650	kW	194.4	\$/kW	320.760
E Comprada Valle	0	kWh	2	\$/kW	0
E Comprada Llano	8436	kWh	3	\$/kW	25308
E Comprada Punta	0	kWh	5	\$/kW	0
Costo Total + iva (\$)					2.425.778
Costo Total Energía	1.784.471	\$			
Costo Total Potencia	628.380	\$			

Tabla 7.7: Ejemplo despliegue de factura edificio más el pago a los VE descargando

En los tres casos la función también realiza las gráficas de potencia en función del tiempo. A modo de ejemplo se muestra en la Figura 7.8, la gráfica correspondiente a la tabla 7.7.

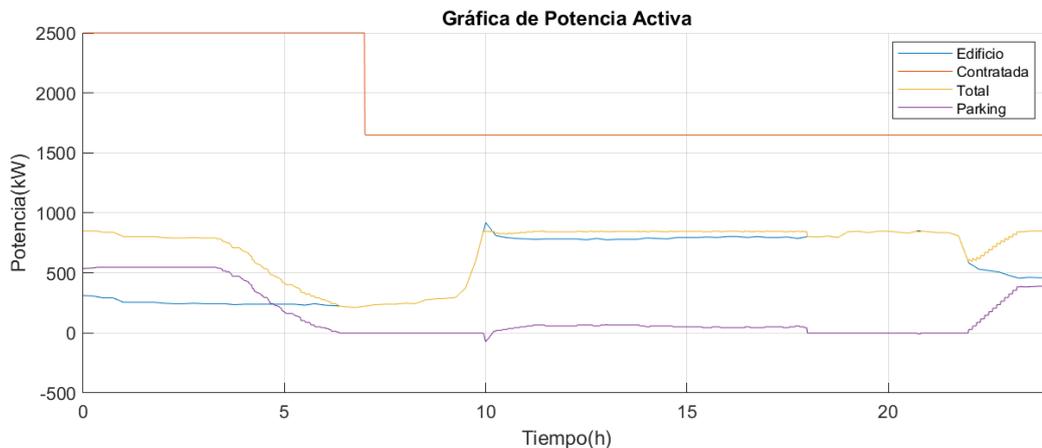


Figura 7.8: Ejemplo gráfica generada por la función tabla costos

tabla_inversion.m

Esta función se encarga de desplegar cinco tablas relacionadas con la inversión de instalar un parking y los datos para calcular el flujo de caja. La primera es la tabla del CAPEX o la inversión propiamente dicha, la segunda refiere a los ingresos percibidos, la tercera corresponde al ahorro obtenido, la cuarta es el OPEX o egresos y la última realiza el cálculo de la TIR.

7.6.4. Distintos Main

Se realizaron tres funciones distintas que corresponden a cada escenario a simular. Los mismos inicializan las variables específicas de cada uno de ellos. Por lo tanto se definen los siguientes parámetros para cada escenario: curva de demanda, tarifa contratada, potencia contratada. Los nombres de las funciones son: *ComercialMain.m*, *EspectaculosMain.m* y *FabricaMain.m*.

Capítulo 8

Interfaz gráfica

8.1. Manual

En esta sección se presenta cómo utilizar la interfaz gráfica desarrollada a partir del simulador creado en MATLAB. Esta se hizo con el fin de obtener los resultados del programa de manera prolija y ordenada dentro de un mismo entorno.

Para poder utilizar esta herramienta se debe disponer de MATLAB R2021a y abrir el archivo `Parke_Uy.mlapp`.

8.1.1. Primera Pantalla

En la primera pantalla, ver Figura 8.1 aparece el nombre del proyecto junto con el logo y tres opciones para simular. Estas son: centro comercial, centro de espectáculos y fábrica. Seleccionando uno de estos tres botones se despliega una segunda pantalla analizada en la próxima sección.

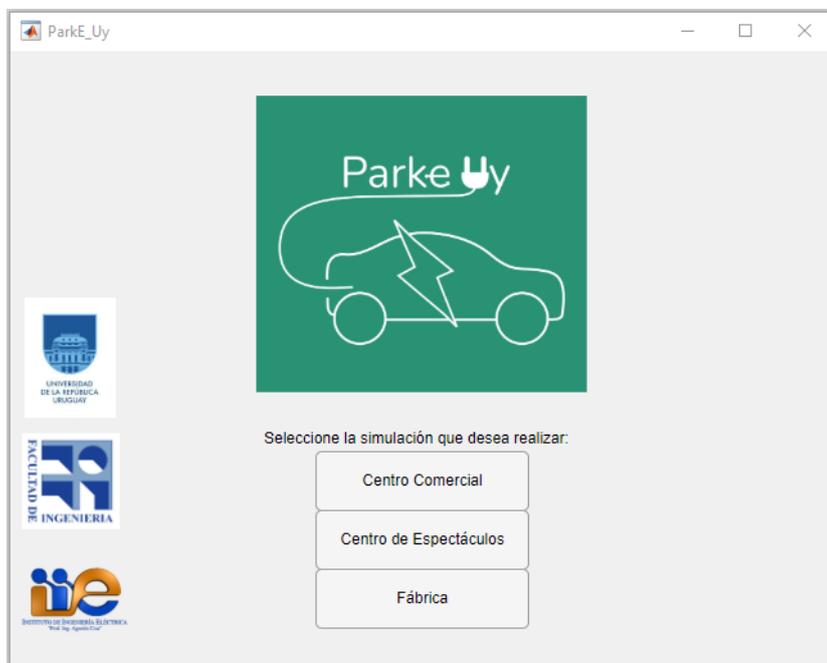


Figura 8.1: Primera pantalla de la interfaz gráfica

8.1.2. Segunda Pantalla

En esta pantalla se visualizan dos secciones bien diferenciadas: una en la que se eligen los parámetros para simular, por ejemplo: tarifa a considerar, potencia del parking, potencia de los cargadores, etc. La segunda corresponde al despliegue de resultados en forma de gráficas y tablas.

Al abrirse por primera vez esta pantalla se muestran algunos datos iniciales, cargados por defecto, ver Figura 8.2. En la parte correspondiente a parámetros vienen precargados los datos obtenidos de cada edificio en cuanto a la tarifa de UTE utilizada y la potencia contratada. Los demás parámetros fueron elegidos arbitrariamente para poder realizar una primera simulación. En la sección de gráficas se presenta la gráfica de la curva de carga del edificio obtenida, mientras que en la sección de tablas, se muestra la factura mensual del edificio.

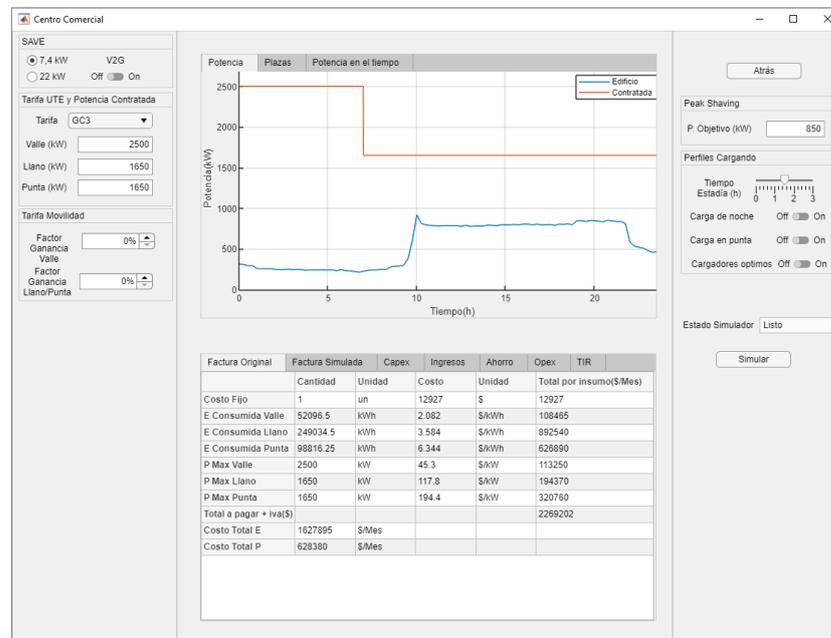


Figura 8.2: Segunda pantalla

8.1.2.1. Parámetros

En la Figura 8.3 se enumeran los parámetros para seleccionar. Se explica a continuación cada uno de ellos:

Capítulo 8. Interfaz gráfica

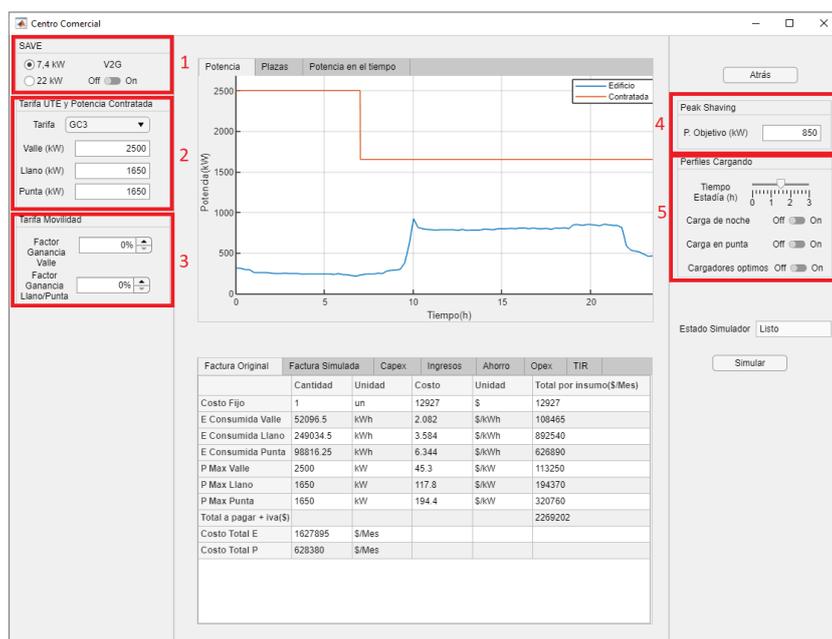


Figura 8.3: Parámetros a elegir dentro en la segunda pantalla

1. SAVE: Se elige la potencia máxima del SAVE, $7,4kW$ o $22kW$ y si el mismo será unidireccional (V2G Off) o bidireccional (V2G On).
2. Tarifa UTE y Potencia Contratada: Se despliegan varias opciones en donde figuran las distintas tarifas de UTE correspondientes a medianos consumidores o grandes consumidores. También se elige la potencia contratada en cada uno de los tramos horarios en kW , introducidos por el usuario.
3. Tarifa Movilidad: En este caso se elige un factor de ganancia por encima de la tarifa de movilidad eléctrica de UTE que solamente afecta a la energía en valle, teniendo un máximo de 500%. Por otra parte se elige un factor de ganancia para los tramos horarios de llano/punta, este último va hasta 100%.
4. Peak Shaving: Con el parámetro potencia objetivo se define cuál será la potencia límite a la que llegará el edificio. Cabe destacar que esto aplica solamente cuando se selecciona la opción V2G On.
5. Perfiles cargando: Esta parte corresponde a la elección del flujo de VE cargando a considerar en la simulación. Se puede seleccionar el tiempo de estadía de cada vehículo en el parking. Finalmente con los switches se elige si el parking funcionará de noche, si se considera o no carga en horario punta y si los cargadores a considerar en la inversión vienen dados por la máxima ocupación del parking o no.

8.1.2.2. Gráficas

En esta sección se presentan las gráficas correspondientes a la simulación realizada, de acuerdo a los parámetros seleccionados. Primeramente en la pestaña “Potencia” se grafica la potencia activa consumida por el edificio y la potencia contratada, en función del tiempo en un día. Luego de simular algún escenario que involucre el parking, se graficará la potencia del mismo, y la suma de este con el edificio. Ver Figura 8.4

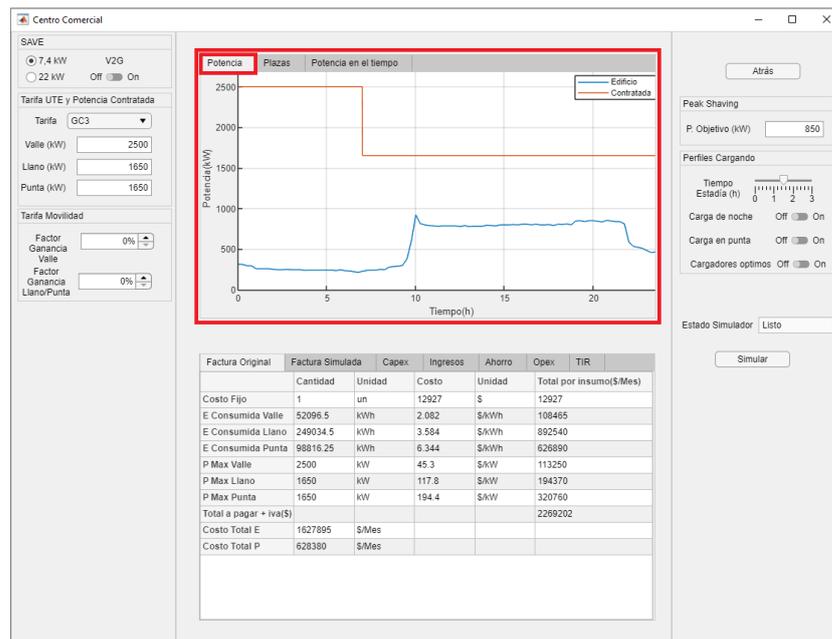


Figura 8.4: Ejemplo gráfica potencia

Luego en la segunda pestaña se grafica la cantidad de plazas ocupadas en función del tiempo. Se diferencia en esta gráfica las plazas realmente ocupadas, los VE que se encuentran cargando y los VE que están descargando energía hacia el edificio. Ver Figura 8.5.

Capítulo 8. Interfaz gráfica

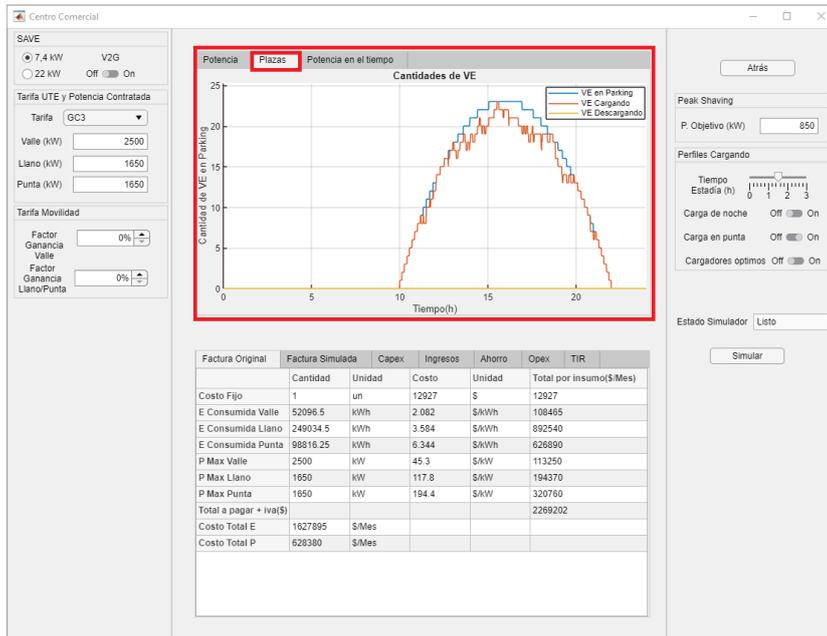


Figura 8.5: Ejemplo gráfica plazas

En la última pestaña “Potencia en el tiempo” se grafica la potencia a la que cargan los VE a lo largo del día simulado. Ver Figura 8.6

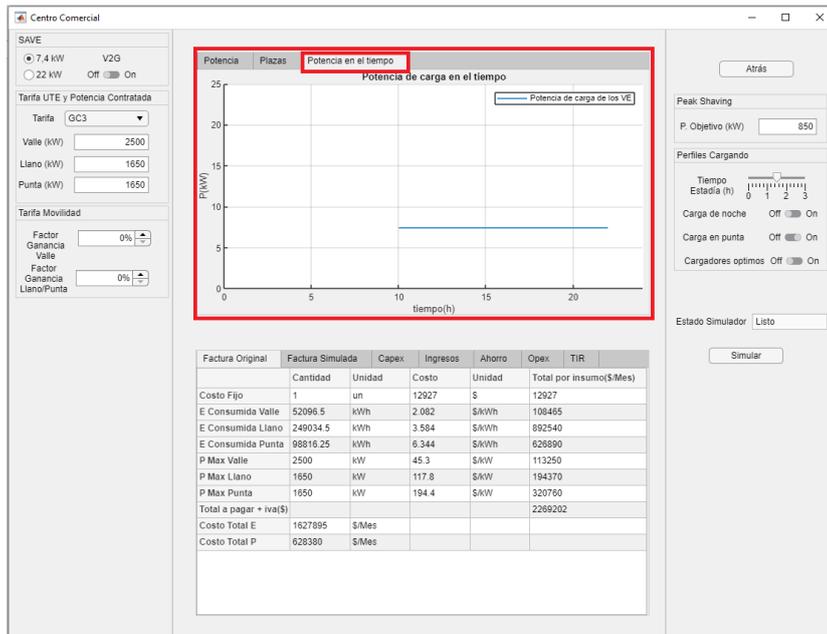


Figura 8.6: Ejemplo gráfica potencia en el tiempo

8.1.2.3. Tablas

La primera tabla que se muestra es la factura original del edificio. Se mantiene incambiada ante cualquier simulación realizada, ver figura 8.7.

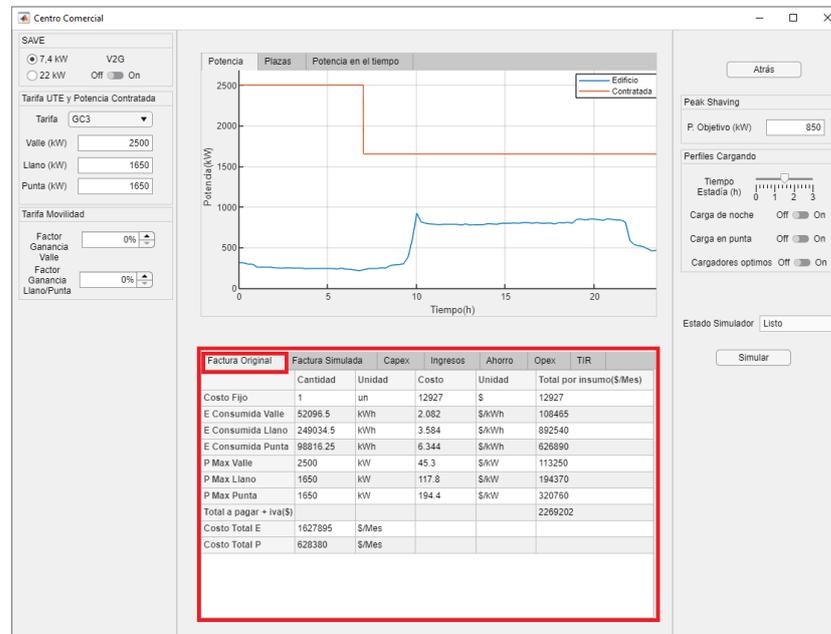


Figura 8.7: Tabla Factura Original en la segunda pantalla de la interfaz

La segunda pestaña corresponde a la factura simulada, esta sí cambia una vez que se modifican los parámetros, ya que considera qué sucedería si se instala un parking eléctrico. Ver Figura 8.8.

Capítulo 8. Interfaz gráfica

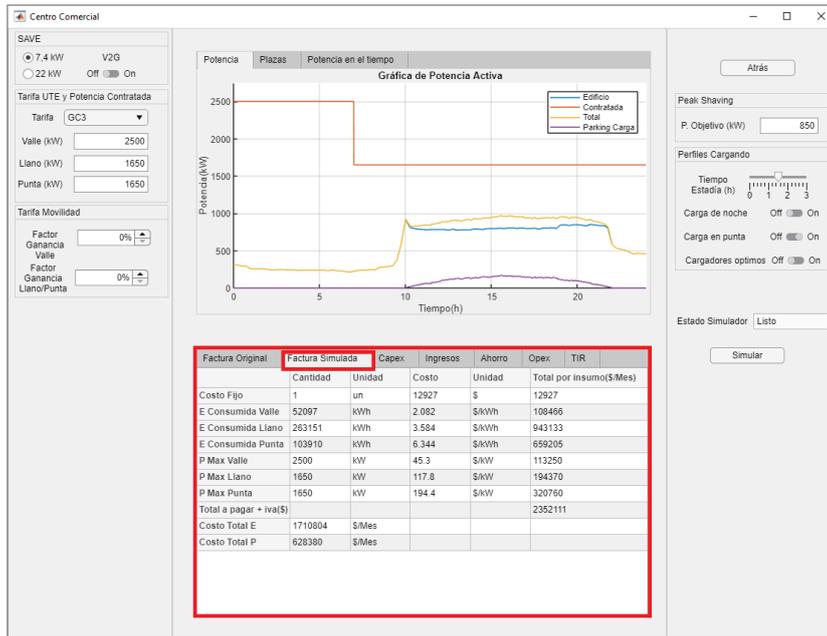


Figura 8.8: Tabla Factura Simulada en la segunda pantalla de la interfaz

La pestaña que le sigue es la que corresponde al CAPEX o inversión a realizar una vez instalado el parking, ver Figura 8.9.



Figura 8.9: Tabla de capex en la segunda pantalla de la interfaz

La siguiente pestaña corresponde a los ingresos recibidos por tener un parking eléctrico instalado, ver Figura 8.10.

8.1. Manual

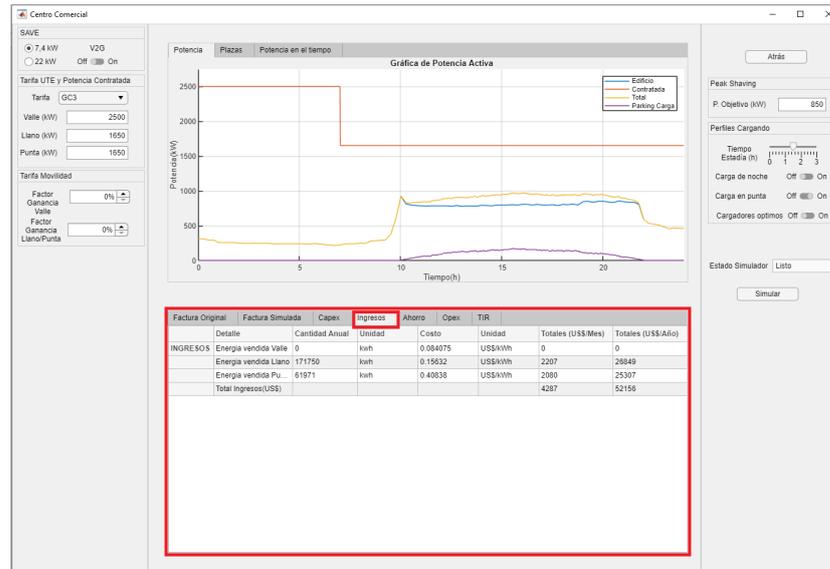


Figura 8.10: Tabla de ingresos en la segunda pantalla de la interfaz

En la pestaña “Ahorro” se presenta la tabla correspondiente al ahorro que se genera económicamente por instalar un parking de VE. Ver Figura 8.11.

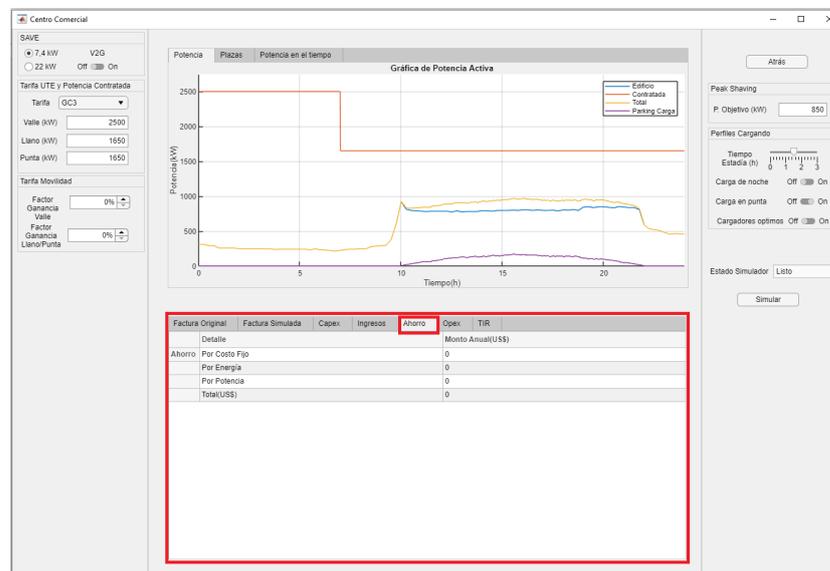


Figura 8.11: Tabla de ahorro en la segunda pantalla de la interfaz

La penúltima pestaña que aparece corresponde al OPEX o egresos que se generan al instalar el parking, ver Figura 8.12.

Capítulo 8. Interfaz gráfica

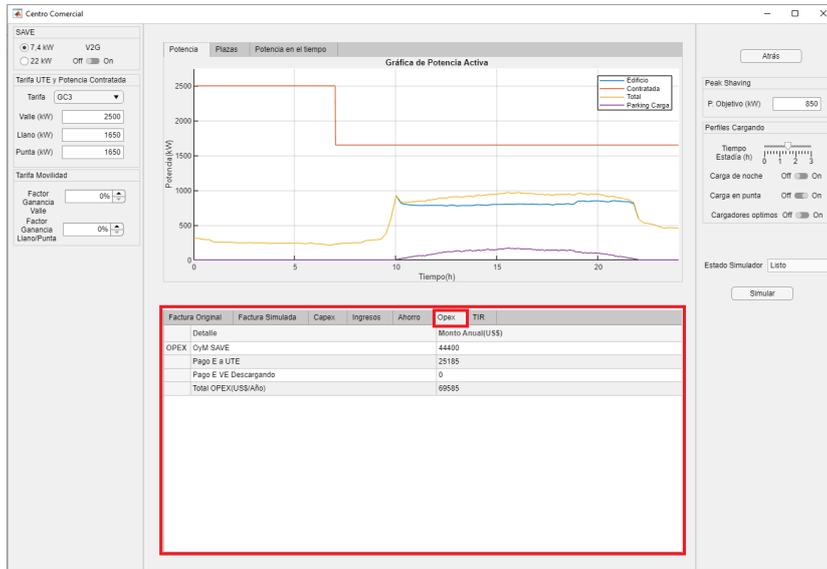


Figura 8.12: Tabla de OPEX en la segunda pantalla de la interfaz

Finalmente en la última pestaña se muestran los parámetros asociados a la rentabilidad de la inversión de instalar el parking, ver Figura 8.13.

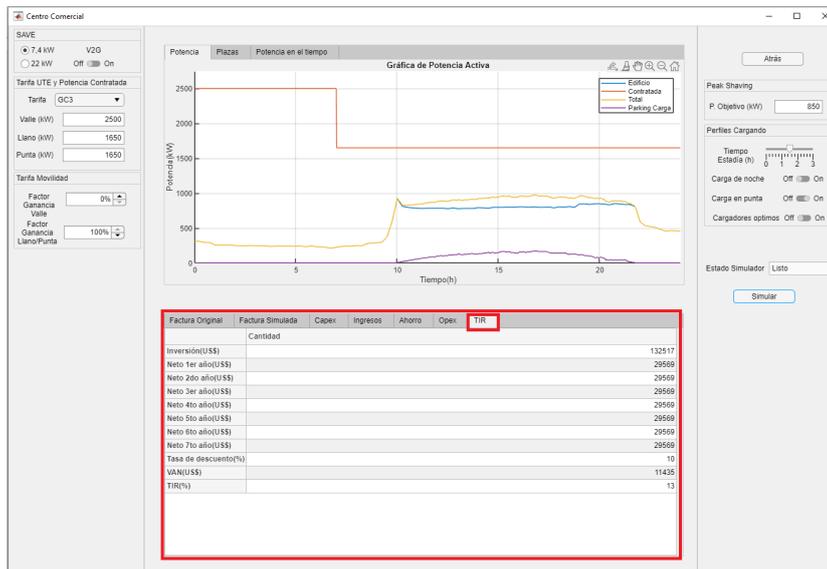


Figura 8.13: Tabla de rentabilidad en la segunda pantalla de la interfaz

8.1.2.4. Funcionalidad

En esta pantalla figuran dos funciones distintas, “atrás” y “simular”. La primera lleva a la pantalla anterior y la segunda, que debe presionarse luego de haber elegido todos los parámetros para la simulación, hace que el programa comience a realizar los cálculos. Este botón está acompañado de un indicador del estado de la

simulación. Cuando el mismo se encuentra realizando los cálculos lo indica con la palabra “simulando”. Al terminar la simulación despliega la palabra “listo”. Ver Figura 8.14.

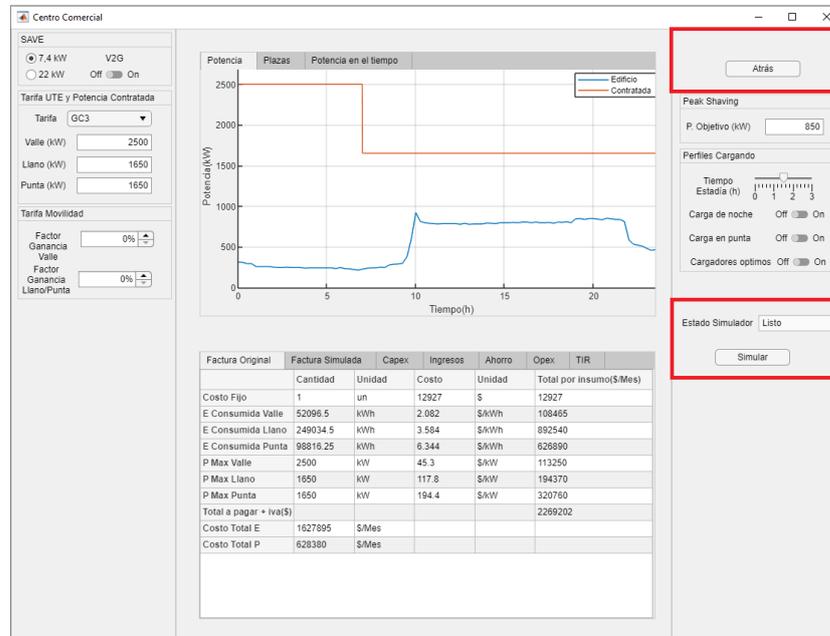


Figura 8.14: Botones segunda pantalla de la interfaz

Si el lector desea ver un ejemplo de simulación, dirigirse al apéndice C.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Capítulo 9

Estudios realizados a partir de simulaciones

9.1. Introducción

Los distintos escenarios planteados muestran el análisis particular del edificio a estudiar y la conveniencia en cuanto a instalar un parking de VE en el mismo, ya sea aplicando la tecnología V2G o no.

Se analizó desde el punto de vista del edificio, el costo de inversión, y la rentabilidad de la misma. Se simularon distintos casos para cada escenario planteado. Estos se hicieron modificando las siguientes variables del sistema:

- Flujo de VE's.
- Potencia contratada.
- Tarifas de energía.
- Cantidad de plazas ocupadas vs capacidad máxima del parking.
- Potencia de los SAVE.

Los edificios estudiados fueron tres: un centro comercial, un centro de espectáculos y una fábrica. Cada uno de ellos presenta una curva de demanda y comportamiento de los VE en su parking con distintas características.

9.2. Escenarios estudiados

9.2.1. Parking de un Centro Comercial

9.2.1.1. Características del edificio

Este edificio tiene contratada una potencia de $2500kW$ en valle y $1650kW$ en llano y punta. La tarifa contratada es GC3. La curva de demanda de un día promedio se muestra en la Figura 9.1. Como se puede observar el consumo del edificio es bastante parejo en las horas que está abierto al público (10hs a 22hs) y su demanda baja considerablemente en el resto de las horas en donde se encuentra cerrado.

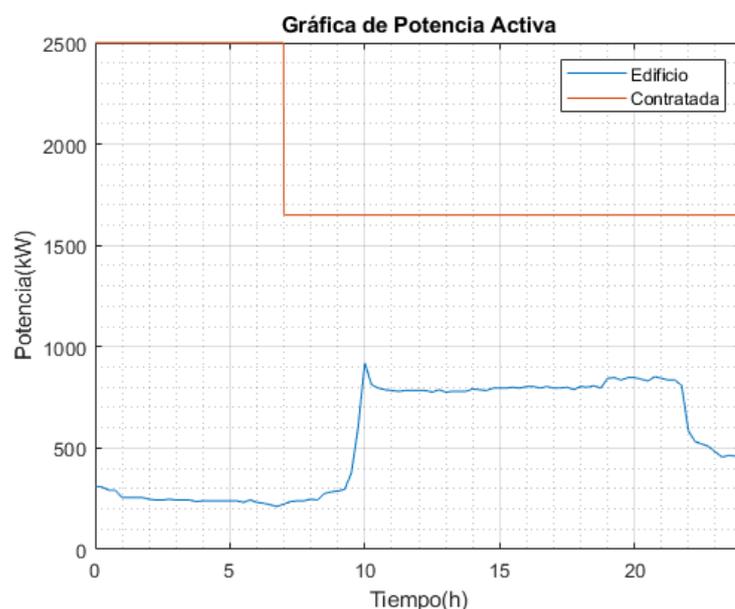


Figura 9.1: Curva de Demanda Centro Comercial

A primera vista llama la atención de esta figura la potencia contratada, ya que está muy por encima de la potencia consumida por el edificio. El pico de consumo es $920kW$, lo que representa apenas un 56% de la potencia contratada. Además, por la tarifa que se utiliza, en todos los tramos horarios se paga por el 100% de la contratada. Esto induce a un gasto innecesario por potencia máxima medida.

De acuerdo a todos los datos mencionados anteriormente se obtuvo el costo que tiene el edificio mensualmente por tener contratado el servicios de energía eléctrica. En la Tabla 9.1 se muestra el detalle de dichos gastos.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	12.927	\$	12.927
E Consumida Valle	52.097	kWh	2,082	\$/kWh	108.465
E consumida Llano	249.035	kWh	3.584	\$/kWh	892.540
E Consumida Punta	98.816	kWh	6.344	\$/kWh	626.890
P Max Valle	2500	kW	45.3	\$/kW	113.250
P Max Llano	1650	kW	117.8	\$/kW	194.370
P Max Punta	1650	kW	194.4	\$/kW	320.760
Costo Total + iva (\$)					2.269.202
Costo Total Energía	1.627.895	\$			
Costo Total Potencia	628.380	\$			

Tabla 9.1: Detalle de facturación mensual centro comercial

El pago por potencia máxima medida es del 100 % de la contratada (en caso de no sobrepasar la misma). En este escenario se puede ver que instalar un parking eléctrico unidireccional para aprovechar la potencia contratada sobrante, es la mejor opción. Por lo tanto no tendría sentido instalar un parking con SAVE bidireccionales.

Distinto sería el caso si se considerara que la tarifa cambie y/o se baje la potencia contratada. En este caso sí podría ser útil que el parking cuente con la tecnología V2G. De esta manera se podría realizar peak shaving para no sobrepasar el límite de potencia.

9.2.1.2. Flujo de VE

Para modelar el flujo de VE se consideran las predicciones del MIEM [97] para el caso NDC-Condiciona, el cual es el escenario más favorable. Este estima que habrá aporte del exterior para llevar a cabo las metas de reducción de emisiones. Se predice que en 2030 habrá un 8 % de VE de la cantidad total de automóviles en el país. Por lo que Uruguay tendrá aproximadamente unos 60.000 VE. También predice que en 2035 habrán 85.000 VE aproximadamente, que es un 10 % del total en ese año.

No se pudo obtener datos estadísticos del ingreso de vehículos en el parking del centro comercial, pero sí acerca de la estadía promedio y ocupación. En promedio el parking cuenta con 564 plazas ocupadas en un total de 1200, y la estadía promedio es de 90 minutos. Considerando los valores mencionados anteriormente, se asumió que el parking dispondrá de 45 VE en promedio a lo largo del día.

Información estadística extraída de Google presenta que el horario de mayor concurrencia, del centro comercial específico a estudiar, es a las 16hs. El comportamiento a lo largo del día se presenta en la Figura 9.2.

9.2. Escenarios estudiados

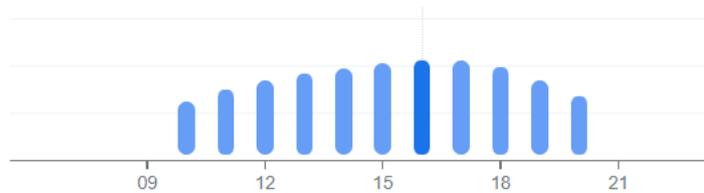


Figura 9.2: Horario de concurrencia al Centro Comercial

Se cree conveniente aproximar este comportamiento a una curva parabólica de concavidad negativa con vértice a las 16hs. La misma representa el flujo de VE en el parking. Dicha curva tiene sus raíces en las 10:00 hs y 22:00 hs, horario en que el centro comercial tiene sus puertas abiertas. Para llegar a la ecuación de dicha curva lo que se buscó fue mantener el área debajo de la curva de 45 vehículos promedio en el horario de apertura del centro.

Si bien el flujo de VE cargando no es necesariamente igual al flujo de vehículos que ingresan al centro comercial, se consideró que el flujo planteado es un buen primer modelo aplicando un factor de seguridad de 1/3 de la cantidad total.

Como se verá más adelante, en algunas simulaciones se considerará un flujo de VE que cargarán en la noche. Primeramente se cree conveniente ya que en el horario nocturno es cuando la energía demandada por el edificio es más baja y en dicho rango horario el costo es el menor. Se asumirá entonces que los usuarios comenzarán a llegar a partir de las 22:00 hs para dejar su VE cargando toda la noche y retirarlo a partir de las 6:00 hs. La hipótesis a considerar es que el parking se encuentra con todas sus plazas ocupadas, durante dicho período. Entonces para el caso de instalar SAVE de 7.4kW las plazas ocupadas serán 74, mientras que para el caso de SAVES de 22kW serán 50 simultáneamente. Para este último escenario los SAVE a considerar son de 2 mangueras, para aprovechar el tiempo de estadía de los VE ya que los mismos se cargan más rápido. Por lo tanto, permanecerán conectados 50 VE y se aplica smart charging. Debido a que si cargaran todos a 22kW sobrepasarían la potencia máxima del parking.

Con las hipótesis anteriormente mencionadas y sabiendo que los VE se cargan 1 vez por semana, se puede decir que al haber 74 VE (caso en que el parking tiene mayor cantidad de plazas ocupadas) todas las noches de cada semana, el centro comercial necesitará al menos 518 clientes. Una vez más, haciendo referencia a las predicciones para 2030 y considerando que los VE se distribuyen en 20 barrios de Montevideo, induce a 3.000 VE por barrio. Por lo tanto, es razonable considerar que al menos un 17,3% cargarán en el centro comercial. Esto se sustenta también en que no en todos los edificios y/o casas cuentan con un lugar físico donde cargar su VE.

9.2.1.3. Escenario 1 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4kW

El primer escenario refleja el comportamiento de un parking unidireccional que posee el flujo de VE mencionado en la sección anterior. La potencia contratada no fue modificada en este escenario.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Como fue explicado en el Capítulo 6, existe una tarifa de movilidad eléctrica que ofrece U.T.E, para que los VE se recarguen en la vía pública. En base a esto, se consideró el costo de recarga en el parking privado, en un principio, al mismo valor que esta tarifa.

Para la inversión del parking, en un principio se consideran 74 cargadores, más allá del flujo de VE que pueda presentar. Esto habilita a observar cómo varía el recobro de la inversión en caso de que se desconozca el flujo de VE. Si el flujo de VE es conocido, el número de cargadores puede ser optimizado y por lo tanto la rentabilidad del proyecto aumenta considerablemente. Este ejemplo será tratado más adelante.

En la Figura 9.3 se puede observar el impacto en la curva de demanda del edificio con la instalación de un parking con las características mencionadas.

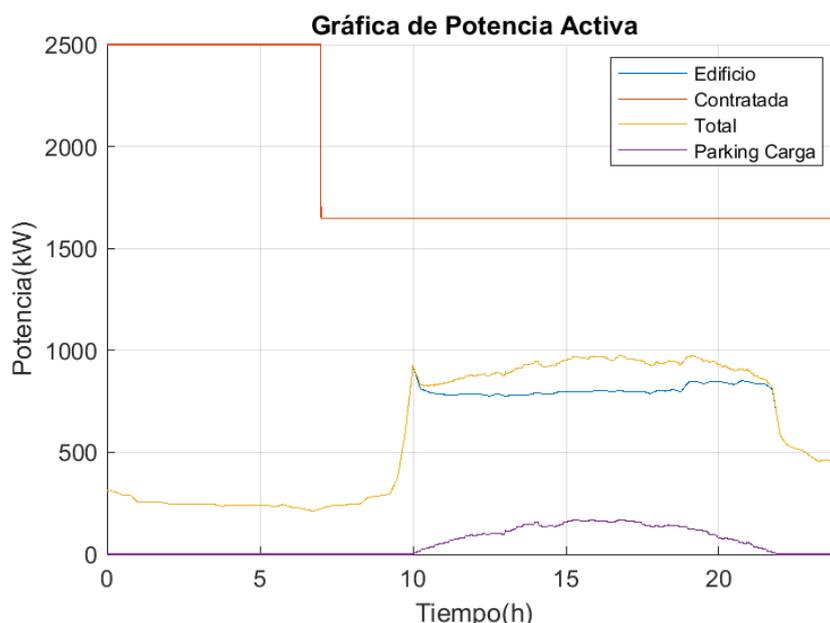


Figura 9.3: Potencia activa considerando Parking

La Figura 9.4 presenta el comportamiento del flujo anteriormente mencionado de VE conectados, y cuáles se encuentran cargando.

9.2. Escenarios estudiados

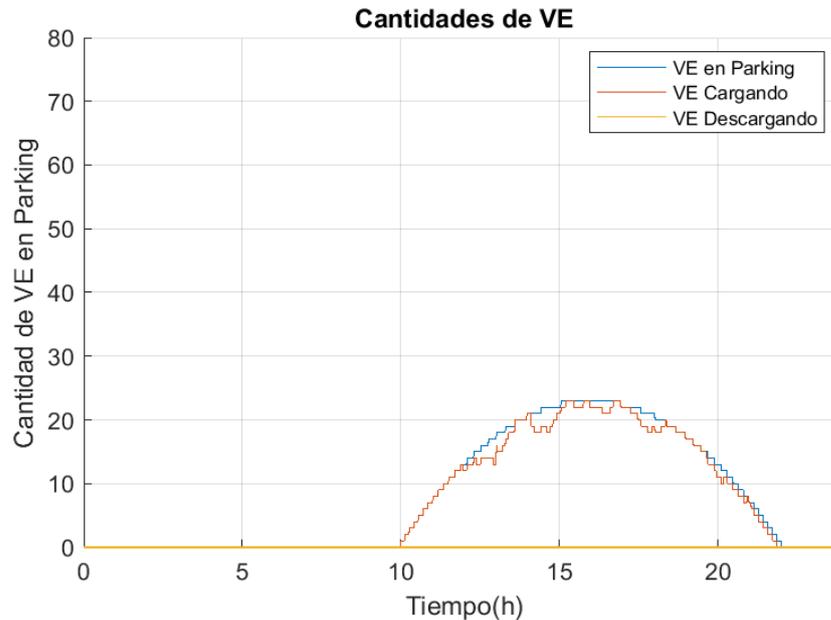


Figura 9.4: Flujo de VE - Escenario 1

En esta figura se puede notar que por momentos hay VE que se encuentran conectados pero no están cargando. Esto refleja una pérdida de dinero, ya que dicho VE se encuentran simplemente ocupando una plaza. Se destaca entonces, que las plazas que cuentan con cargadores, son especiales, en ellas se debe cargar. Por lo tanto para estas plazas, una posible solución es cobrarle al usuario el tiempo que se encuentra conectado sin cargar como si estuviese cargando.

La Tabla 9.2 muestra un detalle de los costos asociados a la energía eléctrica del edificio con el modelo de parking visto.

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	12.927	\$	12.927
E Consumida Valle	52.097	kWh	2,082	\$/kWh	108.465
E consumida Llano	263.532	kWh	3.584	\$/kWh	944.500
E Consumida Punta	103.833	kWh	6.344	\$/kWh	659.036
P Max Valle	2500	kW	45.3	\$/kW	113.250
P Max Llano	1650	kW	117.8	\$/kW	194.370
P Max Punta	1650	kW	194.4	\$/kW	320.760
Costo Total + iva (\$)					2.353.309
Costo Total Energía	1.712.001	\$			
Costo Total Potencia	628.380	\$			

Tabla 9.2: Detalle de facturación mensual centro comercial

Como ya fue mencionado, el costo por potencia máxima medida no varía, sin embargo al vender energía el costo de la misma naturalmente aumenta. La energía correspondiente al parking es vendida a los usuarios a un precio mayor del que se paga al distribuidor, por lo tanto se genera una ganancia.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

La Tabla 9.3 muestra el detalle de la inversión a realizar para instalar el parking. En la Tabla 9.4 se presenta el flujo de caja junto con el cálculo de la TIR y el VAN del proyecto.

Materiales y Mano de Obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales(US\$)
Interrupor	1000A	1	un	2000	US	20000
cable de Alimentación	2(3x300+1x150)	20	m	192,5	US\$/m	3850
Cable tierra	1x300 mm	20	m	27,5	US\$/m	550
Cable	3x35 mm	940	m	13	US\$/m	12.223
Montaje Cable	Costo por Metro	1000	m	12.5	US\$/m	12.503
SAVE	7.4kW Unidireccional	74	un	980	US\$	72.520
Tablero General	Imax = 1000A	1	un	20.000	US\$	20.000
Bandeja	400x65	323	m	15	US\$/m	4639
Montaje Bandeja	Costo por Metro	323	m	12.5	US\$/m	4.033
Total CAPEX(US\$)						132.517

Tabla 9.3: Detalle de inversión para Parking Escenario 1

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-132.517	
OPEX	OyM		44.400
	Pago E a UTE		25.550
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		69.950
Ingresos	Energía Vendida		52.750
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			-17.200
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-216.253		
TIR(%)	-170		

Tabla 9.4: Flujo de caja, cálculo de TIR y VAN del escenario 1

En cuanto a la TIR se puede notar que tiene un valor muy negativo de -170% . Esto se explica muy fácilmente ya que en la inversión se consideró una instalación de 74 cargadores cuando solamente se utilizan 23 al mismo tiempo en el momento pico.

Al obtener este resultado tan negativo se optó por cambiar dos variables por separado. La primera fue la tarifa de venta de energía. Se aumentó la misma en pasos de 10% de la tarifa de movilidad, en llano-punta. Recién al 90% se obtuvo una TIR por encima de 10% . Se muestra la tabla obtenida a partir de la simulación en este último caso, ver Tabla 9.5.

9.2. Escenarios estudiados

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-132.517	
OPEX	OyM		44.400
	Pago E a UTE		25.550
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		69.950
Ingresos	Energía Vendida		100.158
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			30.208
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	14549		
TIR(%)	13		

Tabla 9.5: Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN del escenario 1 con tarifa al 90 %

La segunda variable a modificar fue la cantidad de cargadores instalados. Como fue visto en el flujo la cantidad máxima de cargadores usada en conjunto es de 23. Instalar 74 no tiene sentido ya que la mayoría de los cargadores instalados no se utilizan. Además del costo de los mismos, se agregan los egresos por operación y mantenimiento. Por lo tanto se propuso simular con 23 cargadores.

La nueva tabla de inversión resultó:

Materiales y Mano de Obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales(US\$)
Interruptor	1000A	1	un	2000	US	20000
cable de Alimentación	2(3x300+1x150)	20	m	192,5	US\$/m	3850
Cable tierra	1x300 mm	20	m	27,5	US\$/m	550
Cable	3x35 mm	940	m	13	US\$/m	12.223
Montaje Cable	Costo por Metro	1000	m	12,5	US\$/m	12.503
SAVE	7.4kW Unidireccional Monofásico	23	un	980	US\$	22.540
Tablero General	Imax = 1000A	1	un	20.000	US\$	20.000
Bandeja	400x65	323	m	15	US\$/m	4639
Montaje Bandeja	Costo por Metro	323	m	12,5	US\$/m	4.033
Total CAPEX(US\$)						61.458

Tabla 9.6: Detalle de inversión para Parking Escenario 1 con cargadores óptimos.

Lógicamente la inversión bajó a más de la mitad. Esto se debe a que al instalar menor cantidad de cargadores también se necesitan menor cantidad de metros de cable y bandeja. Bajo estos supuestos el proyecto es rentable, pero al límite.

Se presenta el resultado de la simulación en la Tabla 9.7.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-61.458	
OPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		24.455
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		38.620
Ingresos	Energía Vendida		51.312
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			12.692
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	332		
TIR(%)	10		

Tabla 9.7: Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN del escenario con cargadores óptimos

El simple hecho de optimizar la cantidad de cargadores dio lugar a un proyecto rentable(aunque una pequeña desviación podría hacer que el mismo no lo sea) sin la necesidad de subir la tarifa. Esta situación indica la importancia de hacer la inversión en base al flujo de VE que se tendría promedio al día.

Ahora bien se realizó una simulación combinando las dos últimas variables modificadas. Se obtuvo como resultado que aumentando la tarifa un 10 % el proyecto devuelve una TIR de 22 %. Por consiguiente el precio de venta de energía es una variable a tener en cuenta. Además que es natural que el centro, siendo un privado, aumente el coste de la tarifa respecto a cargar en vía pública, por el servicio brindado.

Perspectiva del usuario

A partir del último resultado quedó en evidencia que la rentabilidad del parking tiene una dependencia directa con los consumidores finales. Es por ello que se centrará el foco en ellos, *¿qué sucede desde el punto de vista del usuario de los VE? ¿qué gasto generan cargando sus vehículos de esta manera? ¿conviene cargar en el parking del centro comercial?*

Para contestar a estas preguntas primero se analiza respecto al valor de la tarifa de movilidad eléctrica. Se presentan los datos en la Tabla 9.8.

Horario	Potencia de carga(kW)	Tiempo de carga(hs)	Energía Cargada(kWh)	Costo(\$/kWh)	Total(\$)
Llano	7.4	1.5	11.1	6.253	69.4
Punta	7.4	1.5	11.1	16.335	181.3

Tabla 9.8: Costo VE cargando en llano o punta durante 1,5hs

Es notorio que el monto en punta es mucho mayor que en llano, por lo tanto

9.2. Escenarios estudiados

podría ser que la carga en horario punta no sea utilizada por los usuarios. El escenario a evaluar en la sección 9.2.1.4 contempla este supuesto.

Por otra parte, para medir la satisfacción del usuario, una de las variables notorias a analizar es con cuánta carga se retiran los VE.

La Figura 9.5 muestra algunos SOC representativos de distintos perfiles de usuarios durante su estadía.

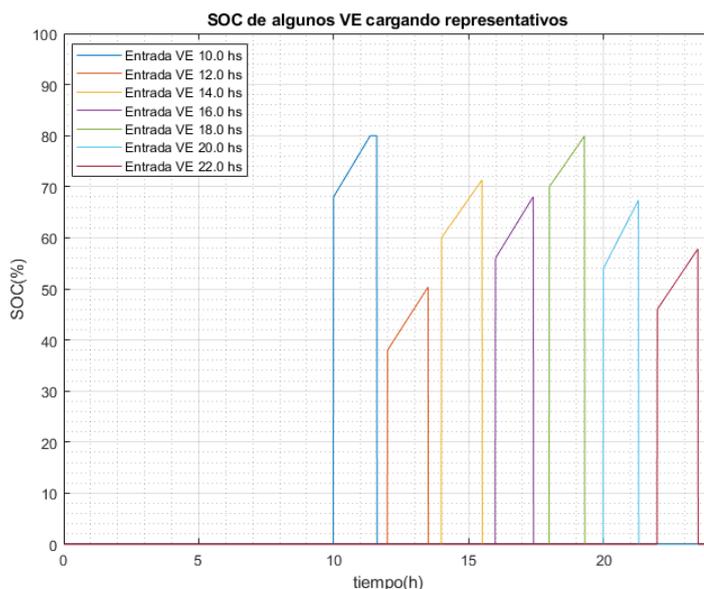


Figura 9.5: SOC representativos - Escenario 1

Como se sabe, el aumento del SOC del VE depende de varios factores. El primero es la potencia a la que se carga, que en este escenario es constante a $7,4kW$. Además también dependerá de la capacidad de batería del VE y obviamente del SOC inicial.

9.2.1.4. Escenario 2 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4 sin Carga en Punta

Observando el escenario 1, quedó reflejado la importancia de conocer el comportamiento de los usuario la hora de instalar un parking. La pregunta que se busca responder es *¿qué sucede si en el horario donde el parking obtiene mas ingresos, el usuario decide no cargar?*

Extrayendo los datos del simulador, del primer escenario planteado en la sección anterior, se puede ver que la energía vendida en punta corresponde a un 48% del total vendido, ver tabla 9.9. Se hace notar que el horario punta dura 4 horas, mientras que el resto de la energía, vendida en llano, se hace durante 8 horas.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Detalle	Cantidad(kWh)	Costo(US\$/kWh)	Total anual(US\$)
Energía vendida en llano	176.275	0.156	27.499
Energía vendida en punta	61.890	0.408	25.251
Total(US\$)			52.750

Tabla 9.9: Energía vendida por tramo horario en el primer escenario de la sección 9.2.1.3

Las Figuras 9.6 y 9.7 muestran las gráficas que despliega el simulador. La primera correspondiente a la curva de carga del edificio con el parking y la segunda corresponde a la cantidad de plazas ocupadas por los VE.

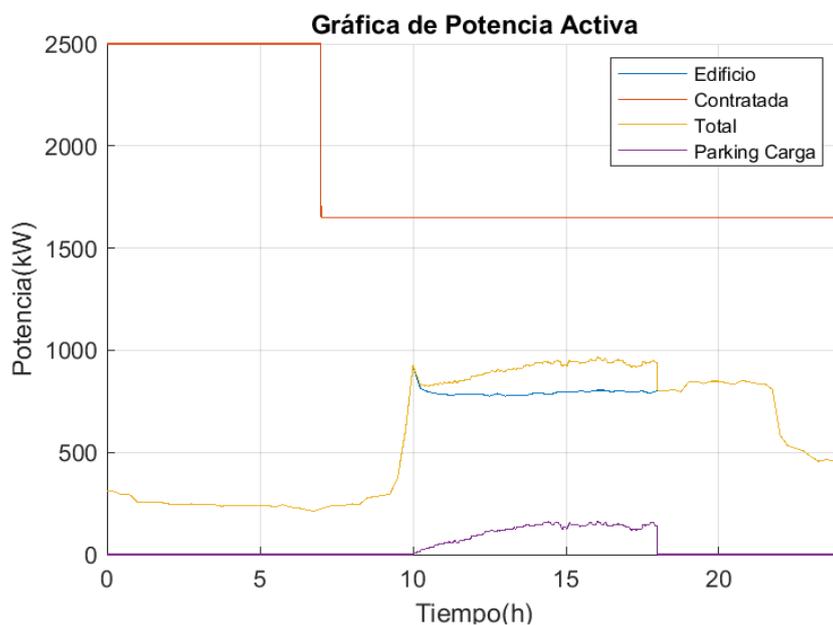


Figura 9.6: Potencia activa considerando Parking - Escenario 2

9.2. Escenarios estudiados

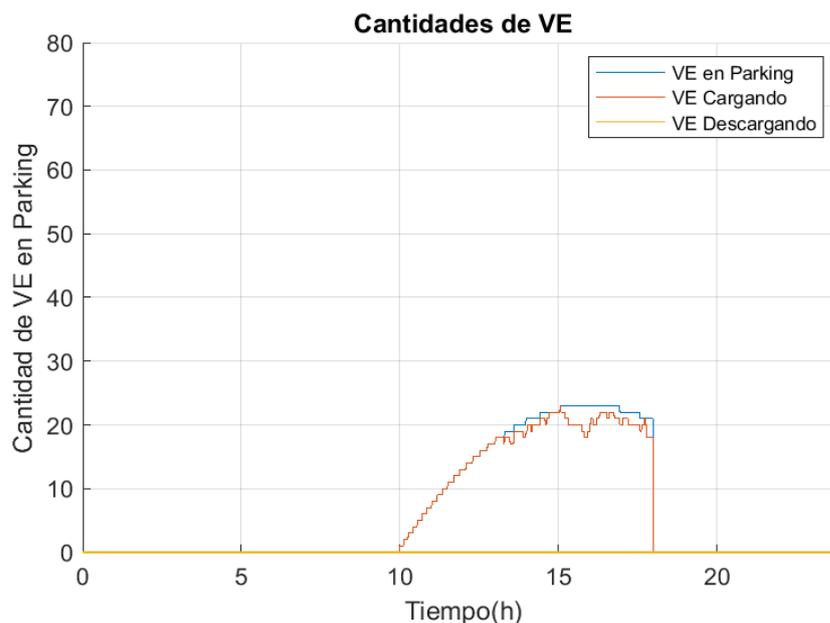


Figura 9.7: Flujo de VE - Escenario 2

Se hace notar que para este escenario el número de cargadores es el óptimo, ya que al vender menor cantidad de energía los ingresos serán inferiores que en los casos anteriores. Dicho esto se calculó el nuevo flujo de caja, ver Tabla 9.6.

	Detalle	Año 0(US\$)	Annual(US\$)
CAPEX	Total	-61.458	
OPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		14965
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		38.620
Ingresos	Energía Vendida		51.312
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			12.692
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-294362		
TIR(%)	-177		

Tabla 9.10: Flujo de caja, cálculo de TIR y VAN del escenario 2.

Al igual que en la primera simulación realizada en el escenario 1, para el nuevo caso planteado la inversión en un parking con cargadores no es prometedora.

En busca de encontrar una solución se procedió a aumentar el costo de venta de energía en llano. El resultado obtenido fue que subiendo la tarifa un 60%

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

por encima de la tarifa de movilidad, la inversión comienza a dar rentabilidad. Tomando como referencia que los usuarios cargarían durante una hora y media, este sobrecosto genera \$28 de diferencia con la carga en vía pública. Al día de hoy este monto de dinero es bajo por lo tanto, con este comportamiento de los usuarios la inversión es rentable.

Con la vista de resultados de este escenario se puede ver que aunque los consumidores finales no carguen en punta, el proyecto puede ser rentable.

9.2.1.5. Escenario 3 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4kW con Carga Nocturna

Un escenario importante a estudiar es el caso donde los usuarios cargan en la noche, momento en el cual la energía eléctrica tiene el valor más barato.

Como fue comentado en la sección 9.2.1.2, se supuso en este escenario que los VE cargan toda la noche con factor de simultaneidad 1. Nuevamente se consideró la inversión de 74 cargadores (ver Tabla 9.3).

Las gráficas de este escenario se prestenan en las Figuras 9.8 y 9.9.

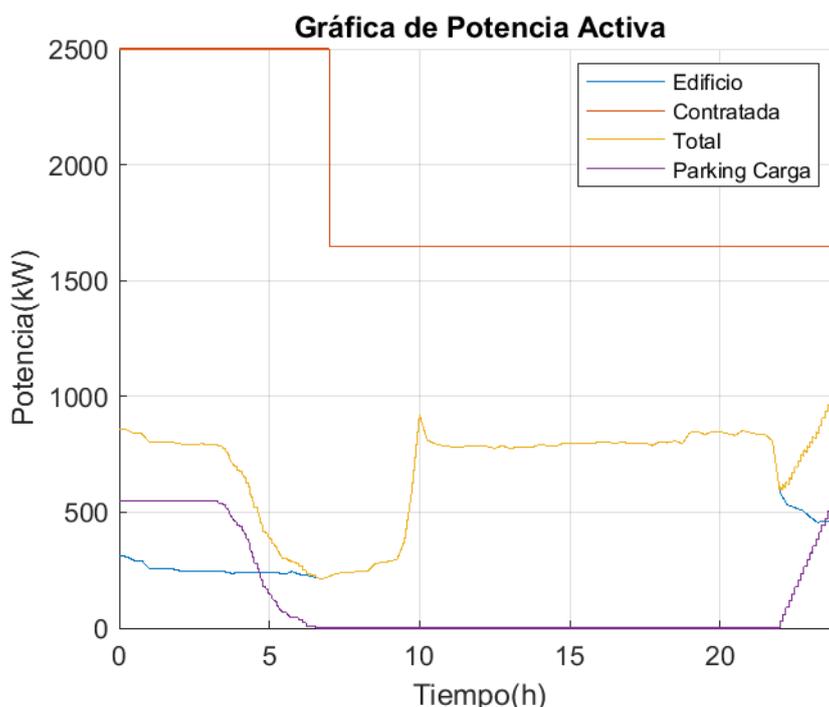


Figura 9.8: Potencia activa considerando Parking - Escenario 3

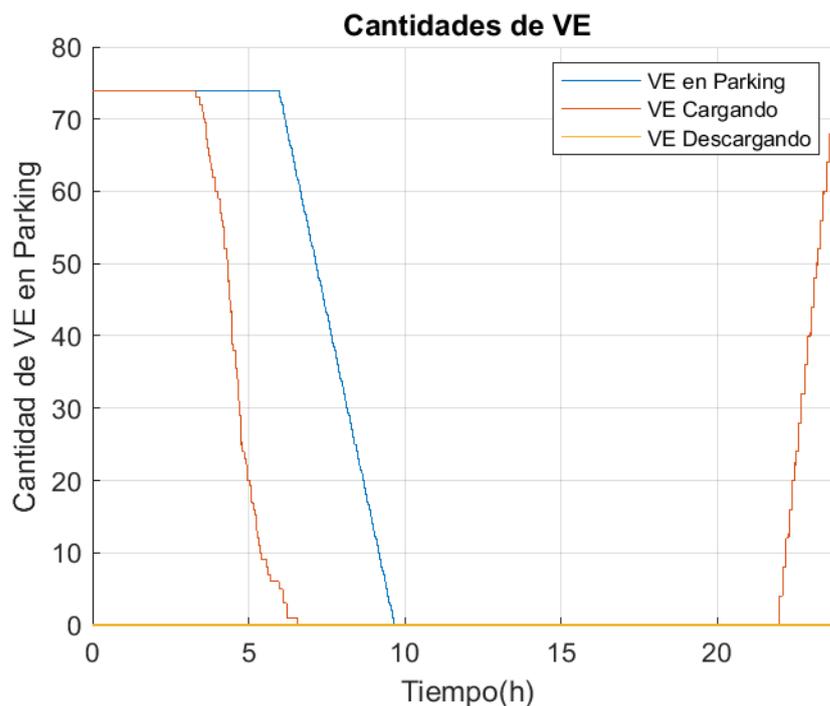


Figura 9.9: Plazas ocupadas en Escenario 3

Observando la figura 9.8 el parking nocturno presenta la misma desventaja mencionada anteriormente. Cuando los VE se encuentran estacionados durante un largo período de tiempo y la batería se carga mucho antes del que el VE se desenchufe, el resto del tiempo significa una pérdida para el uso del cargador. Por lo tanto esto refleja un problema para la venta de energía. Una solución posible a este problema, es aceptar la pérdida de dinero y obligar al usuario a retirarse antes de las 10:00hs, horario en que el centro abre las puertas. De esta manera el SAVE queda disponible para una nueva venta de energía.

Se varió porcentualmente el precio de la tarifa en valle a 0 %, 50 %, 100 %, 120 % y 150 % a partir de la tarifa de movilidad eléctrica para evaluar la rentabilidad en los distintos casos. Se resumen los resultados obtenidos en la Tabla 9.11.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-132.517	
OPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		14965
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		78.527
Tasa de descuento(%)	10	Tarifa (%)	
VAN(US\$)	-240389	0	
TIR(%)	-173		
VAN(US\$)	-135301	50	
TIR(%)	-144		
VAN(US\$)	-36156	100	
TIR(%)	1		
VAN(US\$)	8624	120	
TIR(%)	12		
VAN(US\$)	52401	150	
TIR(%)	21		

Tabla 9.11: Resultados de los escenarios con parking nocturno

Para superar una TIR de 10 % la tarifa tuvo que ser aumentada mínimo un 120 %, donde la TIR resultante que se obtuvo fue de 12 %.

Aumentar 120 % es excesivo visto desde el tarifado que propone UTE, pero la realidad plantea que el cobro de una carga completa podría valer menos que estacionar el vehículo por la noche en un parking. Este porcentaje en pesos uruguayos por kilowatt hora refleja un valor de $4\$/kWh$.

Para un VE de alta gama por ejemplo Tesla Model 3 de la Tabla 2.2 con capacidad de 79kWh y autonomía de 576km, la carga completa costaría \$316. Hoy en día dejar una noche un vehículo en un parking cuesta alrededor de \$500. Se observa entonces que incluso cobrando un 63 % de lo que hoy en día cuesta la estadía del vehículo, el proyecto es rentable. Es probable que este costo sea mayor a lo planteado y por lo tanto la rentabilidad aumente.

El uso de cargadores en los parkings por la noche en las condiciones presentadas, propone una inversión prometedora y realista. En primer lugar por los buenos resultados presentados en la Tabla 9.11, y en segundo lugar por los bajos precios de tarifa que tendrían los usuarios.

9.2.1.6. Escenario 4 - Parking Unidireccional, SAVE 22kW

Es notable que la ganancia respecto a la inversión aumenta a medida que el centro comercial vende energía a los VE. Entonces, *¿que sucede si se instalan SAVES de mayor potencia?*

Los VE cargan más rápido y realizando una correcta rotación de los mismos se puede vender mucho más energía en el mismo lapso de tiempo. Sin embargo, el tiempo de estadía del vehículo conectado ocupando un cargador, queda determinado al tiempo de estadía del usuario en el centro comercial. Por lo tanto, se

9.2. Escenarios estudiados

evaluará en este escenario un parking con SAVEs de mayor potencia y el mismo flujo de VE que en el escenario 1.

Se hace notar también que por más de que fuera posible vender más energía siempre hay un límite, ya que el tablero del parking soporta una potencia determinada.

La simulación se realizó con cargadores óptimos. Esto fue simplemente una elección. Igualmente en este caso el costo de la inversión no variaría mucho ya que los cargadores máximos considerados son 25. Ver Tabla 9.12.

Materiales y Mano de Obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales(US\$)
Interruptor	1000A	1	un	2.000	US	2.000
cable de Alimentación	2(3x300+1x150)	20	m	192,5	US\$/m	3.850
Cable tierra	1x300 mm	20	m	27,5	US\$/m	550
Cable	4x35 mm	940	m	13	US\$/m	4.675
Montaje Cable	Costo por Metro	1.000	m	12,5	US\$/m	3.533
SAVE	22kW Unidireccional Trifásico	23	un	2.620	US\$	60.260
Tablero General	I _{max} = 1000A	1	un	20.000	US\$	20.000
Bandeja	400x65	323	m	15	US\$/m	1023
Montaje Bandeja	Costo por Metro	323	m	12,5	US\$/m	853
Total CAPEX(US\$)						96.743

Tabla 9.12: Detalle de inversión para Parking con cargadores óptimos de 22kW.

Se presentan las Figuras 9.10 y 9.11 correspondientes a este escenario.

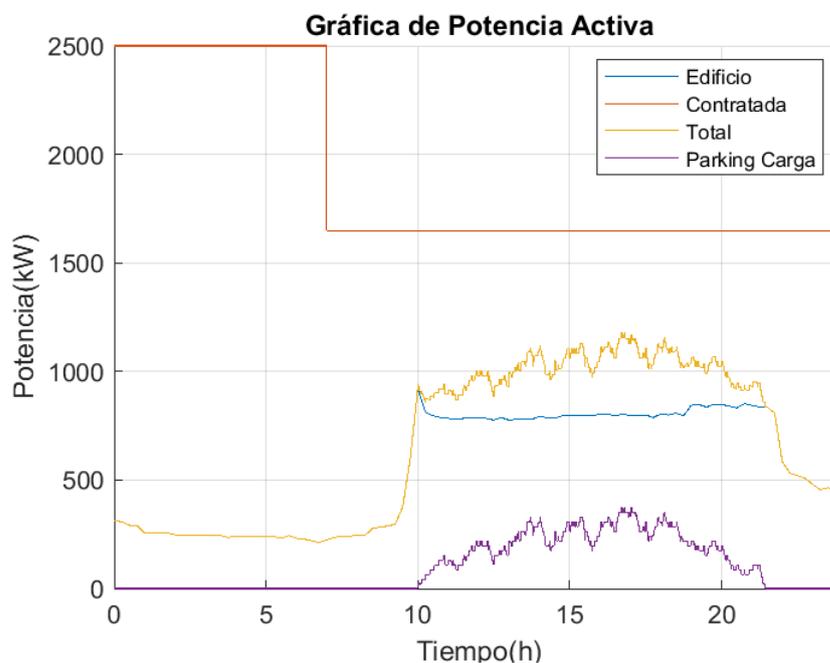


Figura 9.10: Potencia activa consumida en un parking con SAVE 22kW

Se puede observar de esta figura que a simple vista la energía vendida fue mayor que en el escenario 1.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

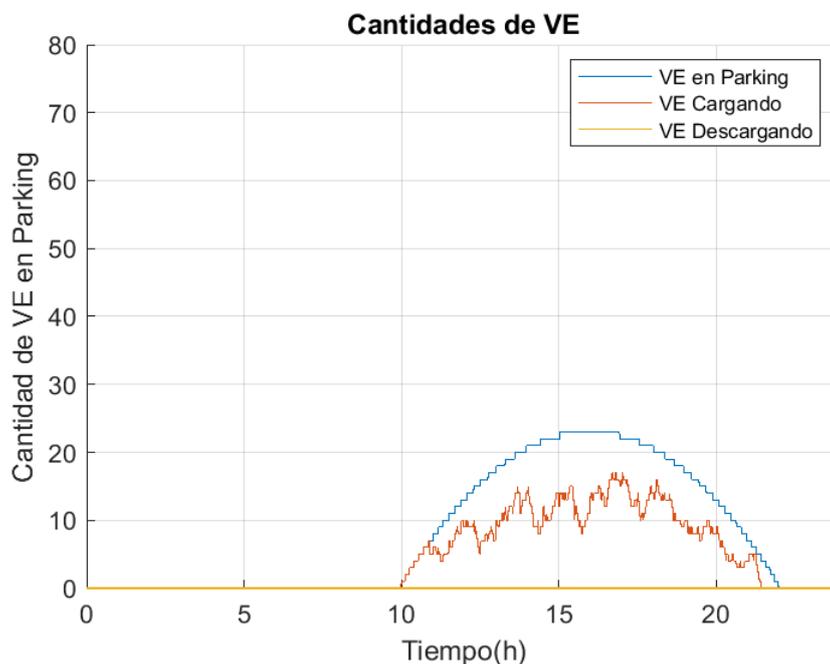


Figura 9.11: Flujo de VE - Escenario 4

Observando esta figura se comprobó que si bien los VE permanecen la misma cantidad de tiempo conectados, que en el escenario 1, el tiempo de carga es menor. Es por esto que hay un uso más ineficiente del SAVE.

En la Tabla 9.13 se muestran los resultados obtenidos de la simulación.

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-96.743	
OPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		46.537
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		60.337
Ingresos	Energía Vendida		95.298
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			35.355
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	73460		
TIR(%)	31		

Tabla 9.13: Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN del escenario con cargadores optimos 22kW.

Los resultados obtenidos muestran que en estas condiciones se obtiene una mayor rentabilidad que en el escenario 1. En comparación a la tabla 9.7, los ingresos

9.2. Escenarios estudiados

por venta de energía son un 86 % mayores. La inversión es un 57 % más grande. En base a estos resultados en este escenario, se obtiene una TIR de un 31 %. Mientras que en el escenario 1 se obtuvo 10 %. Se concluye entonces que bajo estas hipótesis, instalar SAVEs de 22kW es más conveniente.

VE cargando en la noche

Se simula el caso de tener VE cargando en la noche, se recuerda que en este escenario se utilizarán SAVEs que cuentan con dos mangueras. Por lo tanto se considera un 30 % más en el costo del SAVE. La Figura 9.12 representa la ocupación del parking.

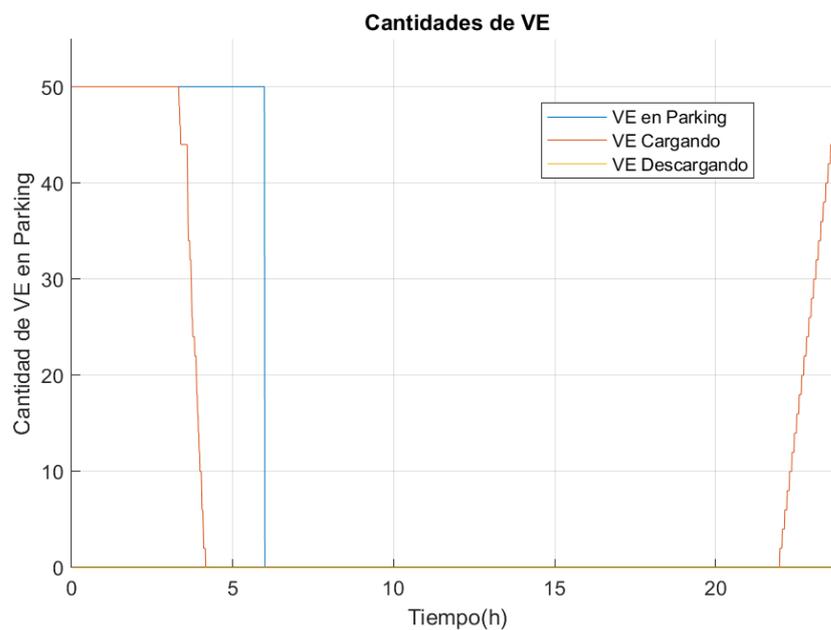


Figura 9.12: Flujo de VE - Escenario 4

Se puede ver que aunque los VE carguen a una potencia menor que la nominal del SAVE, igualmente se cargan completamente aproximadamente 1.5hs antes de retirarse.

En la figura 9.13 se muestra una gráfica con la potencia de carga en el tiempo de los VE.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

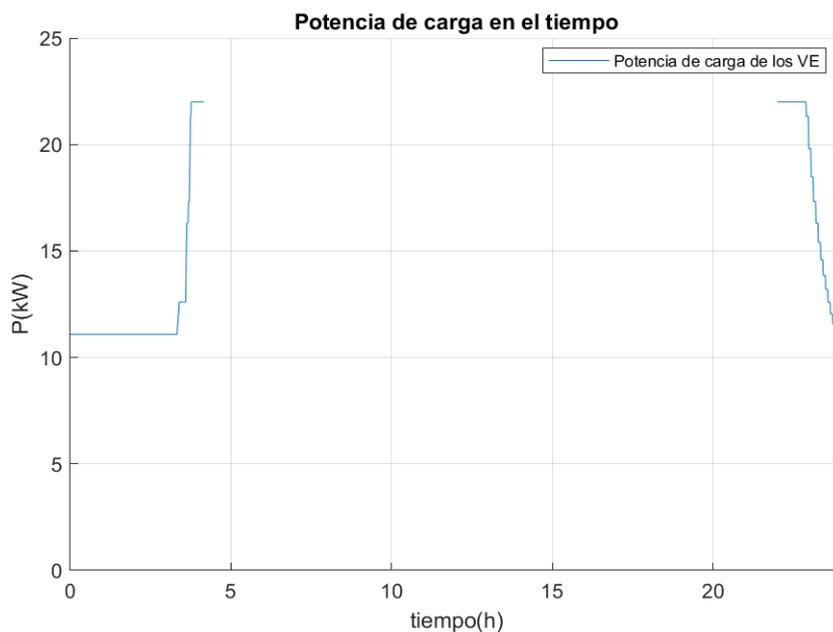


Figura 9.13: Potencia de carga de los VE - Escenario 4

Se ve claramente que a medida que empiezan a llegar más VE al parking la potencia de carga comienza a bajar. Lo mismo sucede a medida que se van cargando.

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-126.805	
OPEX	OyM		15.000
	Pago E a UTE		31.573
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		46.573
Ingresos	Energía Vendida		73.320
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			35.355
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	3.413		
TIR(%)	11		

Tabla 9.14: Flujo de caja, cálculo de TIR y VAN del escenario nocturno 22kW.

Los resultados para este caso arrojaron una TIR negativa, considerando la tarifa de movilidad. De la misma forma que se hizo en el escenario 3, se procedió a aumentar el costo de venta de energía porcentualmente. El resultado obtenido

9.2. Escenarios estudiados

fue que al elevar un 60% la tarifa(en las tres franjas horarias), respecto a la de movilidad, se obtuvo una TIR de 11%. Ver Tabla 9.14.

Se concluye entonces que al instalar un parking para uso nocturno, conviene más instalar SAVEs de 22kW. Ya que con una tarifa menor se obtiene una misma rentabilidad. Por lo tanto el usuario asumirá un costo menor para la misma carga. Además el costo por operación y mantenimiento de los SAVEs disminuye a gran escala. Exactamente se instalan 49 SAVEs menos.

9.2.1.7. Escenario 5 - Smart Charging

Se mostrará en este escenario el uso de la tecnología smart charging. Para esto se supone que el edificio tiene una potencia contratada un 15% por encima del pico de potencia. El pico de potencia del edificio es de $920kW$, por lo tanto la potencia contratada sería de $1085kW$. Es entonces que la instalación del parking no obligaría al edificio a contratar más potencia, ya que realizando smart charging se puede limitar la misma.

Se supone entonces que se tiene el mismo flujo de VE supuesto anteriormente durante la apertura del centro. En un principio se considerarán la cantidad de cargadores óptima a instalar, es decir la cantidad máxima de plazas ocupadas. Se considerarán cargadores de 22kW. Esto se hace ya que en este escenario lo conveniente es vender la mayor cantidad de energía posible ya que la misma se encuentra limitada.

Otra hipótesis tomada fue que los VEs deciden no cargar en horario punta. Se simuló el escenario con todas estas hipótesis y la TIR dió negativa. Sin embargo subiendo la tarifa de cobro de energía un 30% respecto a la tarifa movilidad, se obtuvo una TIR de un 11%. En este contexto un usuario que decida cargar su VE, al hacerlo durante 1.5hs, en el caso de cargarlo a $22kW$ todo el tiempo, estaría gastando \$268. Con ese monto de dinero compra $33kWh$ de energía. Para los casos en que se haga smart charging la batería se cargará menos, pero también lo será el pago.

Esto muestra la potencia de la tecnología smart charging, ya que se instaló un nuevo consumidor de energía, no hubo que aumentar la potencia contratada, se logra aprovechar el rango de energía no utilizado por el edificio y se tiene una rentabilidad de la inversión.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Se muestra en la Tabla 9.15 los resultados obtenidos en este escenario.

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-96.743	
OPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		28105
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		41.905
Ingresos	Energía Vendida		63.747
Neto			21.842
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	9.593		
TIR(%)	13		

Tabla 9.15: Flujo de caja, cálculo de TIR y VAN del Escenario 5

Se muestra en las figuras 9.14 y 9.15, la potencia nueva del edificio y la cantidad de plazas ocupadas respectivamente.

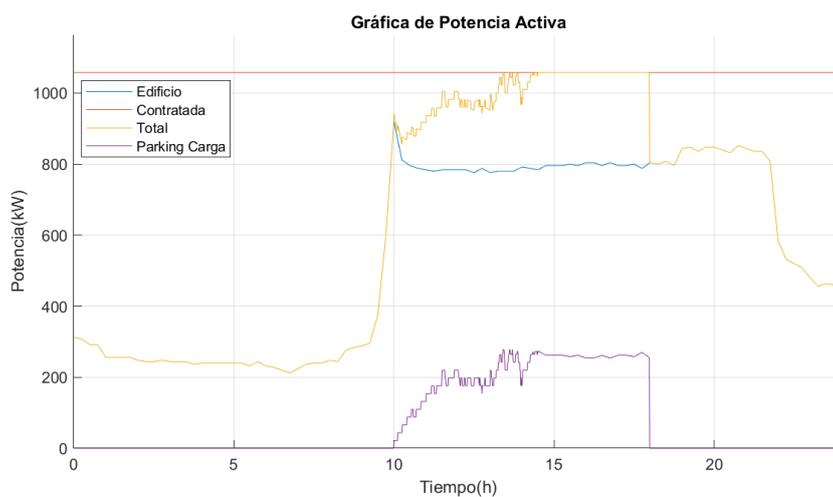


Figura 9.14: Gráfica de potencia en el tiempo Escenario 5

9.2. Escenarios estudiados

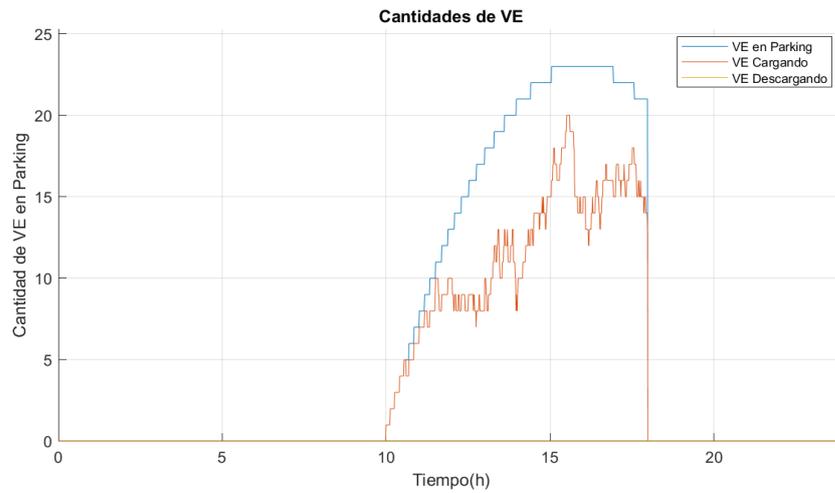


Figura 9.15: Ocupación del parking en el tiempo Escenario 5

Finalmente se muestra la gráfica de la potencia de carga de los VE en el tiempo. Ver Figura 9.16

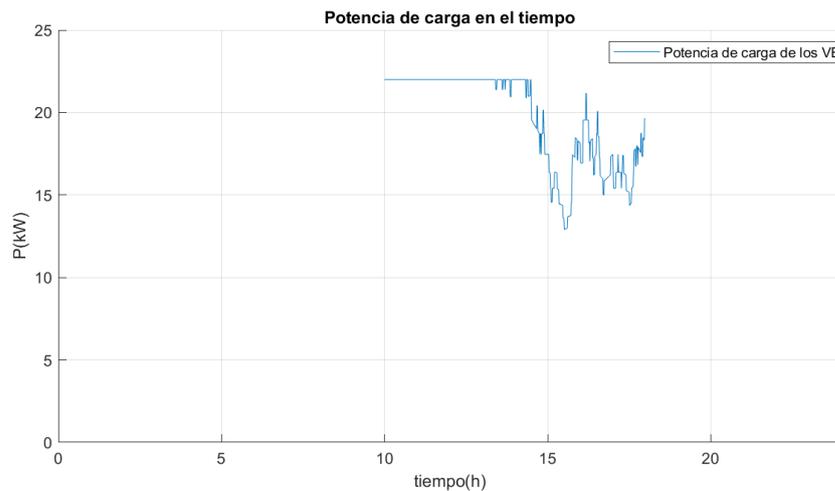


Figura 9.16: Potencia de carga de los VE en el tiempo Escenario 5

Es interesante de esta figura ver que efectivamente los VE están aplicando smart charging. Si bien la potencia de carga baja, el punto mínimo son $13kW$, por lo tanto la velocidad de carga sigue siendo buena.

9.2.1.8. Escenario 6 - Parking Bidireccional, SAVE 7,4kW

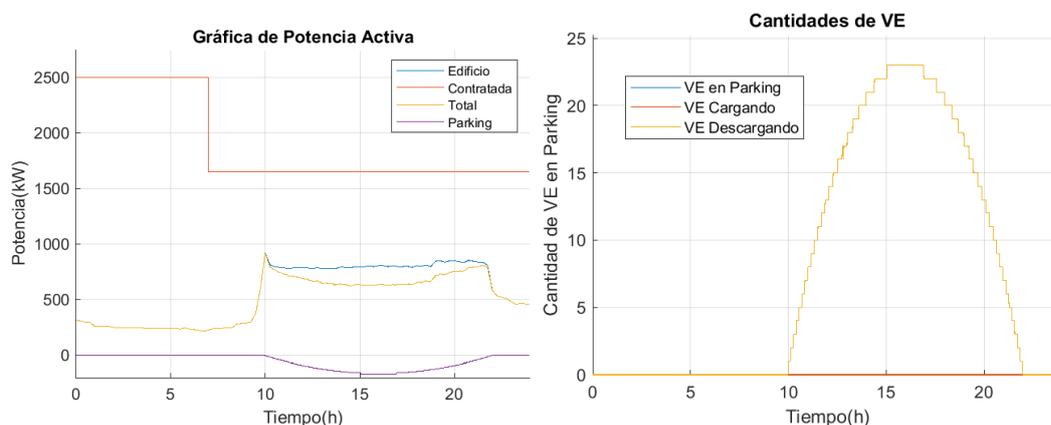
Como se mencionó en el capítulo 6.2.5 un parking con cargadores V2G ocuparía un nuevo rol como agente financiero para una Smart Grid. Este brindaría la oportunidad al usuario de poder vender la energía excedente que cuente en su batería. Por lo tanto el comprador de energía sería el edificio dueño del parking.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

En este contexto la ganancia proviene del ahorro. La energía que normalmente se paga a la empresa que distribuye puede sustituirla por energía que disponen los VE pagándola a un precio menor. Por otro lado, para el usuario genera una ganancia vendiendo la energía excedente la cual compró a un precio más barato. Por ejemplo, puede comprar la energía en horario valle, almacenarla en la batería y luego venderla en horario punta a un precio mayor. La tarifa utilizada para comprarle esta energía a los usuarios de VE fue de 2 \$/kWh, 3 \$/kWh y 5 \$/kWh, en los horarios de valle, llano y punta respectivamente. Estos valores surgen de considerar un precio razonable que sirva tanto al edificio como al usuario.

Para este caso, se estudió al parking como un generador. Es decir solamente entregando energía al edificio. El flujo de VE considerado en el día fue el mismo que el flujo de VE cargando, pero como si todos fueran a descargar.

Se despliegan las figuras correspondientes a la nueva potencia del edificio y los VE en el parking.



((a)) Gráficas de potencia Escenario 6 ((b)) Cantidad de VE en Parking Escenario 6

Figura 9.17: Gráficas de simulación solo compra energía a los VE

9.2. Escenarios estudiados

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-61.458	
OPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		0
	Pago E a VE Descargando		21.717
	Total OPEX		35.518
Ingresos	Energía Vendida		0
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		5.439
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		5.439
Neto			-30.079
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-207895		
TIR(%)	-186		

Tabla 9.16: Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN del escenario con parking bidireccional 7.4kW

La realidad encontrada en este tipo de negocio a partir de las simulaciones fue la no rentabilidad que presenta. El ahorro resulta ser muy poco comparado a la inversión que se tiene que realizar para V2G.

Con este panorama, a diferencia de los escenarios con VE en carga, el margen de variación del costo es menor. No es realista que los usuarios vendan energía más barata que al precio que la compraron.

Podría darse la situación en la que se modifique este precio de compra de energía, pero el mismo tiene un límite que es 0.

La inversión de cargadores V2G no puede ser solo pensada para crear un negocio basado en la compra de energía a VE sino que también debe incluir la venta de energía para cargar o apostar aún más y bajar la potencia de la instalación caso que se estudiara en profundidad mas adelante.

9.2.2. Diversidad de escenarios

El estudio por escenarios trae consigo el reto de encontrar un flujo de VE que modele una futura realidad, y a partir del estudio encontrar patrones que se reflejen en todos. La diversidad de casos que pueden plantearse puede extender el texto a una crisis de sobre análisis.

Para resumir y culminar el análisis sobre el centro comercial se tomaron todos los escenarios mencionados anteriormente y se realizó un relevo de la TIR en función de la tarifa de venta.

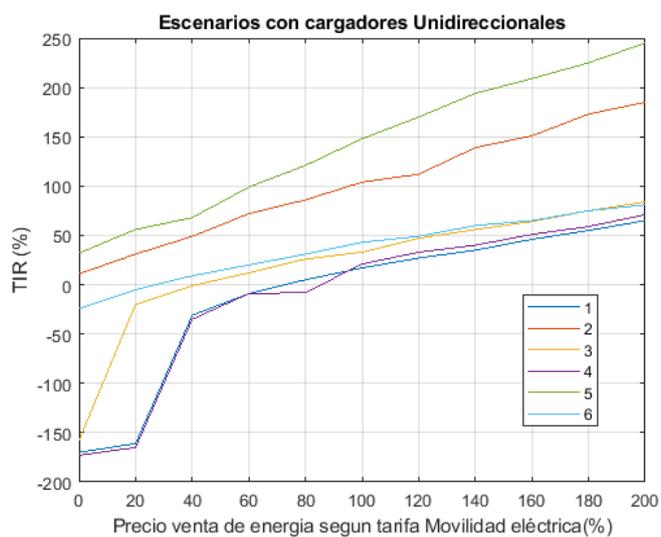
Para la tarifa de venta de servicio de carga se varió entre 0% a 200% con respecto a la tarifa de movilidad de UTE.

La Tabla 9.17 muestra los escenarios considerados para este estudio.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Escenarios con cargadores Unidireccionales			
Escenario	Potencia	Cantidad	Flujo de VE
1	7,4 kW	74	23 VE con carga en punta
2	7,4 kW	23	23 VE con carga en punta.
3	7,4 kW	23	23 VE sin carga en punta.
4	7,4 kW	74	74 VE carga en la noche.
5	22 kW	23	23 VE con carga en punta.
6	22 kW	25	25 VE carga en la noche.

Tabla 9.17: Comparación de la rentabilidad de distintos escenarios en base a la tarifa



8

Figura 9.18: Comparación de la rentabilidad de distintos escenarios en base a la tarifa

9.2.3. Centro de Espectáculos

9.2.3.1. Características del edificio

Se centra ahora el estudio en un centro de espectáculos. Este tiene una potencia contratada de 1500 kW en las tres franjas horarias. Cuenta con una tarifa contratada GC2.

Se obtuvo una curva de demanda del edificio un día en el que hubo un espectáculo y un día sin espectáculo. Sobre la distribución de estos días en el mes es de 10 días en los que hay espectáculo en el horario de 20:00 hs a 00:00 hs y los restantes 20 no. Se muestran en la Figura 9.19 las curvas obtenidas.

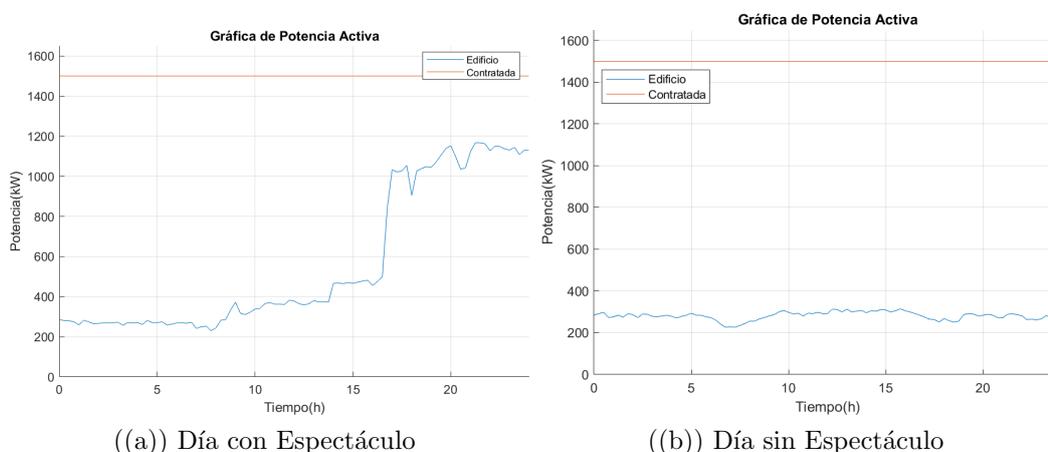


Figura 9.19: Curvas de Demanda Centro de Espectáculos

Un análisis de estas curvas permite notar rápidamente que la potencia contratada del edificio resulta sobredimensionada para los días que no hay espectáculo, ver Figura 9.19(b). Ya que solamente se necesita para los días de espectáculo. En cuanto a la instalación de un parking de VE parecería óptimo instalar uno que contenga SAVE bidireccionales para poder bajar la potencia contratada y así ahorrar por este motivo. Esto se evaluará en el análisis.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Se detalla en la Tabla 9.18 el costo mensual que tiene el edificio por el servicio de energía eléctrica.

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	8.618	\$	8.618
E Consumida Valle	57.670	kWh	2,138	\$/kWh	123.298
E consumida Llano	146.031	kWh	3,693	\$/kWh	539.296
E Consumida Punta	65.835	kWh	7,989	\$/kWh	525.958
P Max Valle	1.275	kW	34,2	\$/kW	43.605
P Max Llano	1.275	kW	174,8	\$/kW	222.870
P Max Punta	1.275	kW	207,8	\$/kW	264.945
Costo Total + iva (\$)					1.728.590
Costo Total Energía	1.188.552	\$			
Costo Total Potencia	531.420	\$			

Tabla 9.18: Detalle de facturación mensual centro de espectáculos

9.2.3.2. Flujo de VE

En cuanto al flujo de VE el único dato que se pudo obtener fue sobre los días en que hay espectáculos. Este fue que el estacionamiento cuenta con 1.000 plazas para vehículos y que los días de espectáculo se ocupa totalmente. Los días que no hay espectáculos, al día de hoy esas plazas no se utilizan.

Es entonces que el flujo de VE fue supuesto de la siguiente forma: durante la noche el centro contará con parking nocturno y la suposición es la misma que para el centro comercial. La única salvedad es que los días de espectáculo en el horario de 22:00 hs a 00:00 hs no cargarán VE. Esta suposición se hace debido a que en el horario de espectáculo se buscará que los VE descarguen la energía de su batería hacia el edificio. En cuanto al flujo de VE durante el día se tomó la hipótesis de que los mismos ingresan al parking a cargar a partir de las 6:00hs y se mantiene un flujo parejo de VE hasta las 18:00 hs o hasta las 16:45 hs, dependiendo si se trata de un día sin espectáculo o con espectáculo. Se toma esta suposición ya que se considerará que los usuarios no cargan en punta debido a que es el horario donde la energía es más cara. Los días en que hay espectáculo se asume que los VE dejan de cargar antes, ya que se buscará bajar los picos de potencia en cada tramo horario y es en ese momento donde comienza a subir la potencia demandada por el edificio.

En el día se tomó que en promedio el parking tendrá un 25 % de plazas ocupadas. Por lo tanto si se cuenta con 74 plazas, significa que 19 de ellas estarán ocupadas en promedio en el día. Esto se cree posible ya que estas plazas podrían ser ocupadas por usuarios que trabajen en el centro, usuarios que trabajen cerca del mismo o taxis que necesiten cargar.

Es entonces que se considerarán VE descargando solamente los días de espectáculo y en el horario donde comienza a subir la demanda de potencia del edificio. Se hace esto ya que lo que se desea es que los VE compensen en gran parte el consumo debido al espectáculo. Las hipótesis a considerar no se sustentarán en predicciones, lo que se busca responder es: *¿Cuántos VE se necesitan descar-*

9.2. Escenarios estudiados

gando para cumplir determinada consigna de funcionamiento? Por lo tanto, como ya fue explicado en el capítulo 7, los mismos serán introducidos a partir de cálculos que involucran el consumo del edificio y los VE que se encuentran cargando.

9.2.3.3. Escenario - V2G en horario de espectáculo

Como fue mencionado anteriormente el escenario a analizar es con SAVE bidireccionales. Se eligieron así y además de $7,4kW$, por el motivo de que para realizar peak shaving en los días de espectáculo es preferible disponer de mucha energía (más VE) y que se descarguen lento, a diferencia de tener poca energía (menos VE) y que se descarguen rápido, como lo sería el caso de instalar SAVE de $22kW$.

Se muestra en las Figuras 9.20 y 9.21 cómo se modifican las curvas de demanda del edificio a raíz del flujo de VE introducido.



Figura 9.20: Curva de Demanda en día de Espectáculos con parking instalado

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

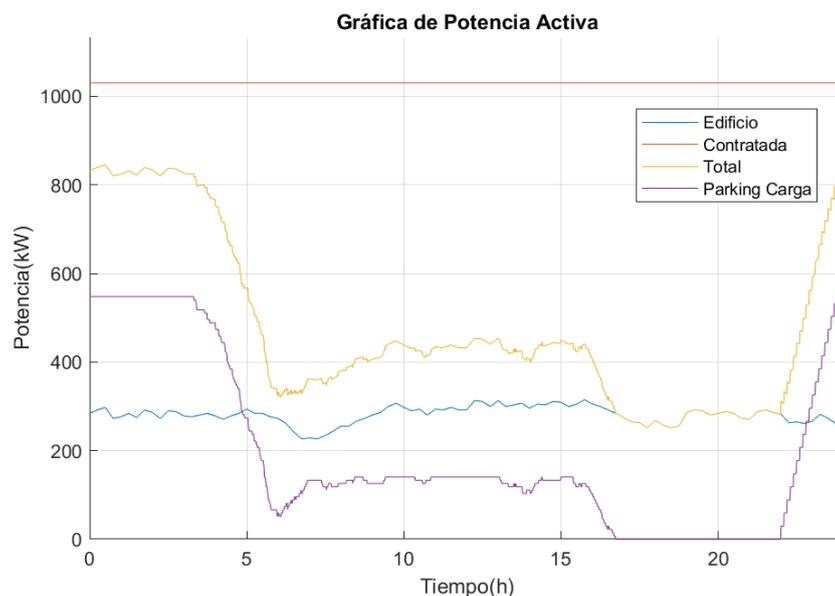


Figura 9.21: Curva de Demanda en día **sin** Espectáculos con parking instalado

Se puede ver en las Figuras el gran aumento de energía demandada durante la noche debido a los VE que se encuentran cargando. Es por este motivo que a la hora de bajar la potencia contratada hubo que tener muy en cuenta el consumo nocturno. En ambos días el pico de consumo fue de $850kW$ aproximadamente. Por lo tanto considerando la tarifa que utiliza el centro, como potencia límite podría contratarse $1000kW$. Sin embargo se elige dejar un margen del 3% por seguridad. Se propone bajar la potencia contratada a $1030kW$, que es el valor que se aprecia en la figura. Igualmente la condición de peak shaving se mantiene en $850kW$.

Una hipótesis fundamental para que en el horario del espectáculo los VE puedan mantener la consigna de potencia, es incentivar a los usuarios a que vayan con su VE cargado al máximo. Para las simulaciones se consideró un SOC del 80% y una batería de $100kWh$. Se ve entonces en la Figura 9.20 que hay una buena respuesta de los VE durante el espectáculo. Como contrapartida los mismos se van con SOC mínimo del 20%, aunque a los mismos se les efectúa un pago por la energía brindada. Considerando entonces que la tarifa de descarga en punta es de $5 \$/kWh$ y que los mismos descargan durante 7 horas a $7,4kW$ significa que entregan $51,8 kWh$ lo que se traduce en un pago de $\$259$ al usuario.

9.2. Escenarios estudiados

En la figura 9.22 se muestra la ocupación del parking en ambos días.

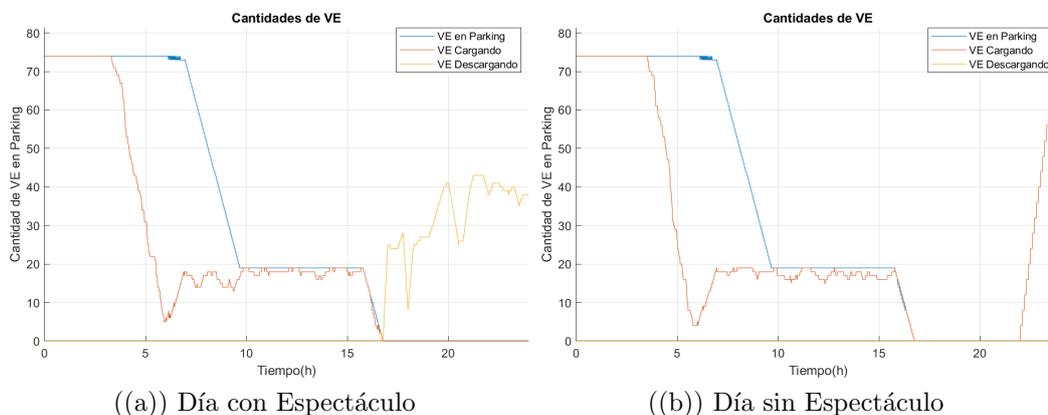


Figura 9.22: Flujo de VE en centro de espectáculos

Se puede ver en la Figura 9.22(a) que se necesitan 43 VE descargando en el punto máximo para cumplir con la consigna de potencia límite. Sabiendo que el parking cuenta con 1000 plazas ocupadas por vehículos y que un 8% son eléctricos, da un escenario razonable.

Ahora bien se analizará qué resultados arroja este escenario en cuanto al aspecto económico. Primeramente se verá la inversión a realizar, ver Tabla 9.19.

Materiales y Mano de Obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales(US\$)
Interruptor	1000A	1	un	2.000	US\$	2.000
cable de Alimentación	2(3x300+1x150)	20	m	192,5	US\$/m	3.850
Cable tierra	1x300 mm	20	m	27,5	US\$/m	550
Cable	3x35 mm	940	m	13	US\$/m	12.223
Montaje Cable	Costo por Metro	1000	m	12.5	US\$/m	12.503
SAVE	7.4kW Bidireccional	74	un	3440	US\$	254.560
Tablero General	Imax = 1000A	1	un	20.000	US\$	20.000
Bandeja	400x65	323	m	15	US\$/m	4639
Montaje Bandeja	Costo por Metro	323	m	12.5	US\$/m	4.033
Total CAPEX(US\$)						314.557

Tabla 9.19: Detalle de inversión para Parking en Centro de espectáculos

Se muestra a continuación la tabla del flujo de caja correspondiente al escenario estudiado. Se decidió en este escenario contemplar la tarifa de movilidad eléctrica tal cual y pagarle a los VE descargando $5\$/kWh$, por más que esto pueda provocar una pérdida por compra de energía como fue comentado en 7.3.3.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-314.557	
OPEX	OyM		44.400
	Pago E a UTE		48.250
	Pago E a VE Descargando		10.889
	Total OPEX		103.539
Ingresos	Energía Vendida		78.586
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		5.226
	Por Potencia		49.953
	Total Ahorro		55.179
Neto			30.226
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-167.405		
TIR(%)	-9		

Tabla 9.20: Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN

Se ve claramente con la TIR que el proyecto en estas condiciones no es rentable. Lo que más pesa en la inversión son los cargadores bidireccionales, representando un 80,93 % de la misma.

Ahora bien, merece la pena analizar cuál fue el ingreso obtenido por vender energía, comparado al ahorro generado por disminuir la potencia contratada. De la tabla 9.20 se observa lo siguiente.

- Ganancia por venta de energía:

$$\text{Ingresos por } E \text{ vendida} - \text{Pago a UTE por } E \text{ parking}$$

$$US\$ 78.586 - US\$ 48.250 = US\$ 30.336$$

- Pérdida por compra de energía:

De la Tabla 7.5 se recuerda:

$$\text{Neto} = E_C(T_C - T_U + T_D) + E_D(T_U - 2T_D)$$

Como en el escenario simulado se considera $E_C = 0$, dado el precio de compra $T_D = 5\$/kWh$, existirá la siguiente pérdida:

$$\text{Ahorro por } E - \text{Pago a VE descargando}$$

$$US\$ 5.226 - US\$ 10.889 = US\$ - 5.663$$

9.2. Escenarios estudiados

- Ahorro por disminuir la potencia contratada:

US\$ 49.953

Por lo tanto, por contar con la carga de VE se reciben US\$ 30.336 anualmente, cuando por contar con VE descargando solamente los días del espectáculo se genera un ahorro de US\$ 44.290. En este punto se puede ver un ejemplo de que tener VE descargando genera pérdida por energía comprada, pero en el neto se obtiene una ganancia por disminuir la potencia y esta es mayor. Exactamente se recibe un 45 % más por bajar la potencia que por vender energía.

Para que esta inversión sea rentable se pueden mover varias variables, sobre todo las tarifas. Sin embargo en este análisis se opta por saber qué porcentaje del precio actual de los SAVE deberían tener los mismos para que la TIR sea mayor al 10%. El resultado obtenido fue que los SAVE deben tener un costo del 34% del monto actual. Considerando una devaluación del 5%, en este escenario sería rentable en 13 años aproximadamente. Viendo que en 2030 habrán 60.000 VE, o sea en 8 años, en ese año todavía no es una inversión rentable.

Si bien este caso no es rentable tal cual fue simulado, se muestra el costo que tendría el edificio por el pago de energía y potencia mensual en la Tabla 9.21.

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	8.618	\$	8.618
E Consumida Valle	97.994	kWh	2,14	\$/kWh	209.510
E consumida Llano	166.238	kWh	3,693	\$/kWh	613.916
E Consumida Punta	60.980	kWh	7,989	\$/kWh	487.167
P Max Valle	876	kW	34,2	\$/kWh	29.942
P Max Llano	876	kW	174,8	\$/kW	153.037
P Max Punta	876	kW	207,8	\$/kW	181.929
E comprada Valle	0	kWh	2	\$/kWh	0
E comprada Llano	3.852	kWh	3	\$/kWh	11.555
E comprada Punta	4.856	kWh	5	\$/kWh	24.278
Costo Total + iva (\$)					1.719.952
Costo Total Energía	1.346.426	\$			
Costo Total Potencia	364.908	\$			

Tabla 9.21: Detalle de facturación mensual centro comercial con parking instalado

Finalmente se simuló también un escenario similar al anterior pero con el fin de explotar al máximo el parking los días de espectáculo, para evaluar la rentabilidad del proyecto. Los días que no hay espectáculos se simularon igual que en el escenario anterior.

Para hallar la potencia mínima en la que se puede hacer peak shaving, se calculó el pico máximo de potencia consumida por el centro y se restó la potencia total que puede entregar el parking:

$$1.185kW - 555kW = 630kW$$

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Se asignó entonces este valor como consigna para realizar peak shaving. Para calcular la potencia nueva a contratar se dividió dicho valor por el factor 0,85, debido a la tarifa GC2. Se dejó un margen de un 10%, obteniendo $815kW$ de potencia a contratar en llano y punta. Para calcular la potencia a contratar en valle y cumpliendo la consigna del pliego tarifario ($P_{Llano-Punta} \leq P_{Valle}$), se asignó la suma de la potencia pico en valle y la potencia máxima del parking, que corresponde a la potencia consumida en la noche.

$$285kW + 555kW = 840kW$$

Una vez más dividiendo entre el factor 0,85 se obtiene una potencia de $988kW$, redondeando se asignó una potencia contratada en valle de $1000kW$.

Se muestra en las Figuras 9.23 y 9.24, la potencia y la cantidad de VE en el tiempo respectivamente.

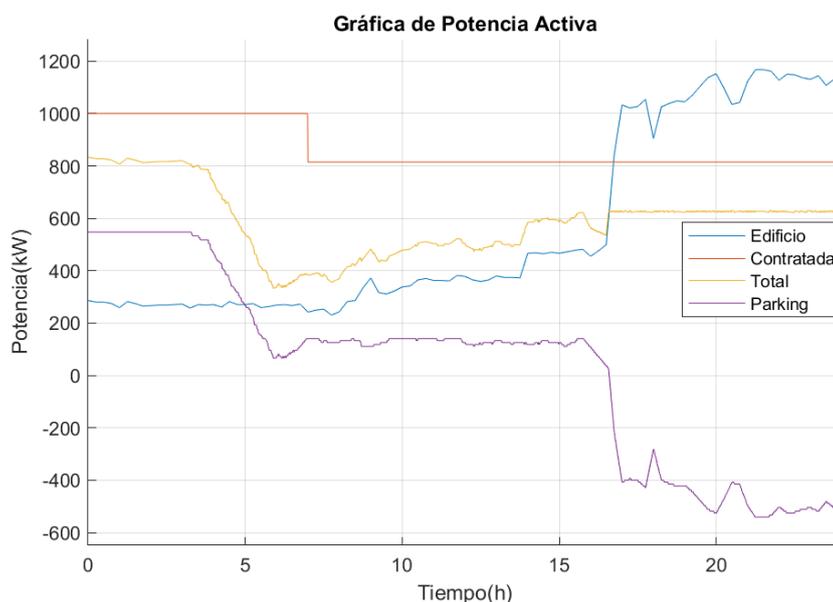


Figura 9.23: Potencia en el tiempo del centro de espectáculos con V2G

9.2. Escenarios estudiados

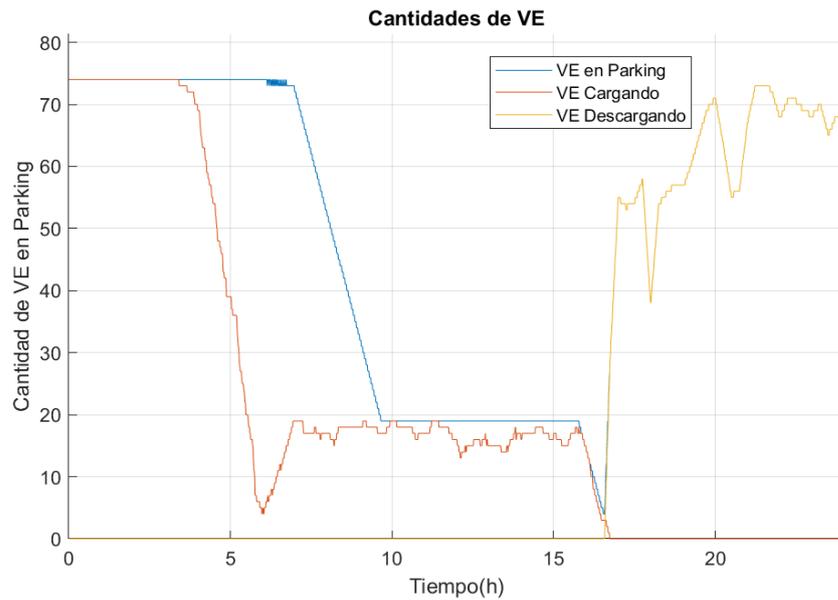


Figura 9.24: VE en el tiempo del centro de espectáculos con V2G

En un principio se simuló con la tarifa de venta de la energía al mismo costo que la tarifa de movilidad, el proyecto sigue sin dar rentabilidad. Como fue realizado en el centro comercial se aumentó la misma por el servicio brindado. En valle se aumentó a 150% lo que se explica en cobrar dentro del costo de la energía la estadía en el parking. Como ya fue comentado este aumento igualmente lleva a un valor menor que aparcar un vehículo por la noche en un parking convencional. Para el costo de la tarifa en llano se propone aumentarla un 20%. En este caso tampoco se llegó a la rentabilidad de la inversión.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Los resultados que arroja esta simulación son los siguientes:

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-314.557	
OPEX	OyM		44.400
	Pago E a UTE		43.635
	Pago E a VE Descargando		18.128
	Total OPEX		106.3164
Ingresos	Energía Vendida		70.641
Ahorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		12.818
	Por Potencia		71.162
	Total Ahorro		83.980
Neto			48.457
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-78.647		
TIR(%)	2		

Tabla 9.22: Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN

Realizando cálculos análogos a los del escenario anterior se obtienen los siguientes resultados:

- Beneficio neto por tener VE cargando: *US\$* 27.006
- Beneficio neto por tener VE descargando: *US\$* 65.852

Si bien en este escenario la tarifa por vender energía fue aumentada, la ganancia obtenida por bajar la potencia es 2.5 veces mayor que por vender energía.

Se concluye entonces con estos dos escenarios que si bien el V2G produce un gran beneficio económico para el edificio, no es rentable hacerlo. En un escenario donde el costo de los cargadores baje, sí es viable instalar un parking con SAVE bidireccionales.

9.2.4. Fábrica

9.2.4.1. Características del edificio

Como último lugar de análisis se optó por una fábrica de gran porte energético. Los procesos productivos constantes y el régimen laboral de 24 horas llevan a que este edificio presente una curva de demanda pareja a lo largo de todo el día. La gráfica con los datos obtenidos se presenta en la Figura 9.25.

9.2. Escenarios estudiados

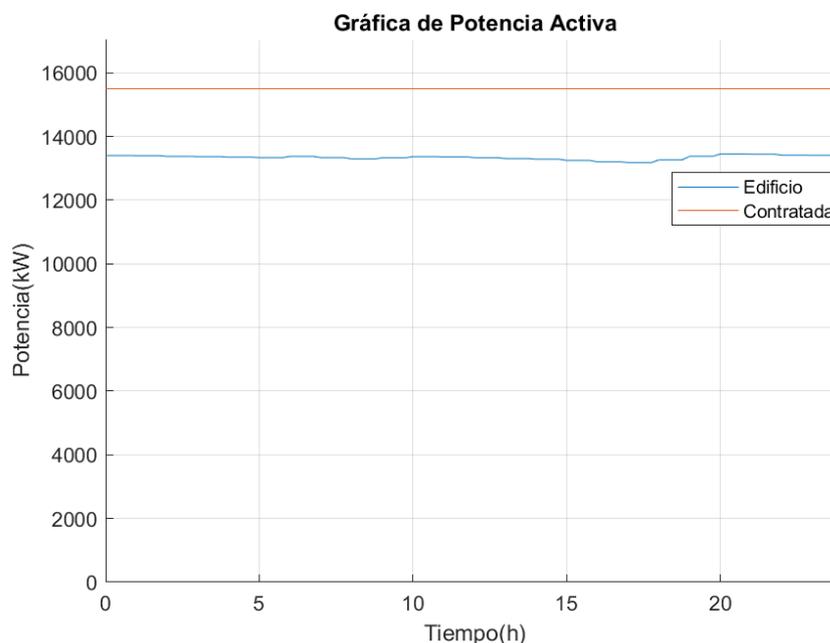


Figura 9.25: Curva de demanda de la fábrica

La tarifa y la potencia contratada por la fábrica es GC3 y 15.500kW respectivamente. La potencia promedio demandada es de aproximadamente 13500kW . En estos valores de potencia es claro que un parking de 555kW no es un peso importante en su demanda, como sí ocurría para los otros edificios analizados. Por este motivo y por el hecho de que la curva de demanda es casi plana se descarta la opción de estudiar peak shaving y utilizar cargadores bidireccionales. La utilidad de V2G no tiene sentido ya que no existe un pico real en el consumo y por lo tanto descargar los VE sería en vano. En cambio, la carga unidireccional de los VE sí puede resultar favorable para la fábrica. Posee potencia sobrante por lo tanto puede vender energía y obtener ganancia de esto a lo largo de todo el día.

En la Tabla 9.23 se muestran los gastos del edificio por tener el servicio de energía eléctrica contratada. Como se verá, el gasto es de un orden mayor de magnitud que los otros dos edificios estudiados.

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	12.927	\$	12.927
E Consumida Valle	2.808.344	kWh	2,082	\$/kWh	5.846.972
E consumida Llano	5.192.438	kWh	3,584	\$/kWh	18.609.698
E Consumida Punta	1.606.983	kWh	6,344	\$/kWh	10.194.700
P Max Valle	15.500	kW	45.3	\$/kW	702.150
P Max Llano	15.500	kW	117.8	\$/kW	1.825.900
P Max Punta	15.500	kW	194.4	\$/kW	3.013.200
Costo Total + iva (\$)					40.205.546
Costo Total Energía	34.651.370	\$			
Costo Total Potencia	5.541.250	\$			

Tabla 9.23: Detalle de facturación mensual de la fábrica

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

9.2.4.2. Flujo de VE

A diferencia de los otros dos edificios analizados, en este caso se consideró un flujo de VE mucho más estructurado. Este estará definido por tres turnos laborales de 8 horas. Si se cargaran 48 VE a lo largo de cada turno laboral, significaría un total de 144 VE por día. Se considera que una persona promedio carga su vehículo una vez por semana. Teniendo en cuenta que la semana laboral de 7 días el parking debe tener al menos 1.008 usuarios con VE para llevar a cabo el proyecto. Se obtuvo el dato de que la fábrica analizada cuenta con 3.000 trabajadores, asumiendo que todos cuentan con vehículos y que un 8% son eléctricos (por las predicciones del MIEM) da como resultado 240 VE. En el número total de clientes del parking se incluyen usuarios que vivan en los alrededores de la fábrica y también agentes externos que deseen cargar el vehículo, como por ejemplo trabajadores de otras empresas. Se recuerda que el cálculo de VE por barrio fue de 3.000. Por lo tanto es un número que no excede las expectativas de crecimiento de VE mencionadas en capítulos anteriores.

No se considera la venta de energía en horario punta. Se asume que el usuario decidirá no cargar en dicho horario debido al alto costo, en comparación con la carga en llano. Se asume entonces que los que quienes trabajan en ambos horarios (llano y punta), sólo cargarán en llano.

9.2.4.3. Escenario 1 - Carga durante la jornada laboral

En este escenario se considerará cargadores de $22kW$ debido a que los VE se encuentran cargando durante 8 horas. Como fue visto en los escenarios 9.2.1.5 y 9.2.1.6, utilizar SAVEs de $7,4kW$ es menos rentable. Se recuerda que al tratarse de una estadía prolongada, la energía vendida a los VE es la misma. Sin embargo el costo por OyM será menor. Esto se fundamentó en la instalación de menor cantidad de cargadores.

En las figuras 9.26 y 9.27, se muestran las gráficas correspondientes a la potencia consumida por el edificio con el parking funcionando y los VE en el tiempo.

9.2. Escenarios estudiados

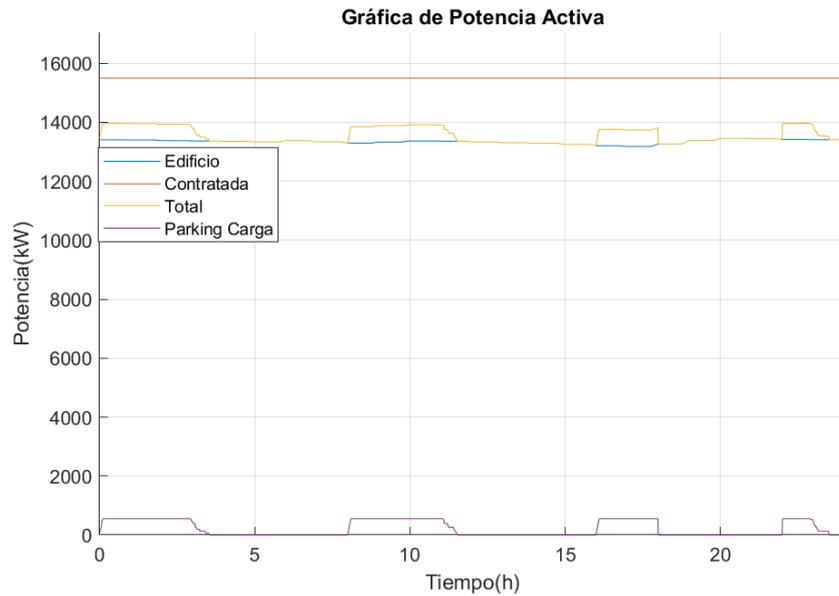


Figura 9.26: Gráfica de potencia con SAVEs de 22kW

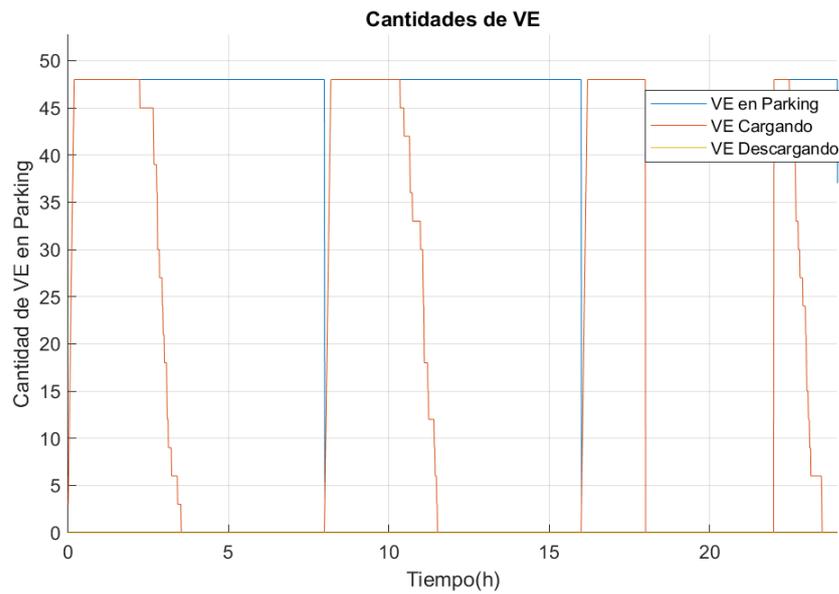


Figura 9.27: Cantidades de VE en parking

Se puede apreciar que la potencia consumida por el parking no implica grandes cambios en la potencia demandada por el edificio. Mientras tanto en la Figura 9.27 se ve claramente la velocidad de carga de los VE. La mayor cantidad del tiempo están simplemente conectados y no cargando. Esto se aplica para los primeros dos tramos horarios. En el último tramo si bien, no se carga en punta, los VE logran irse con carga completa.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Se evalúa la TIR del proyecto en base a dos factores. Primero el precio de venta de la energía, y segundo el factor de repetición del escenario durante el mes. Para el precio de venta se considera un rango entre el precio que le cuesta la energía a la fábrica y el precio de la tarifa de movilidad eléctrica de UTE. Se aplican márgenes para evitar la no ganancia de la fábrica, y para beneficiar al usuario con respecto a si la carga se realizase en la vía pública. La Figura 9.28 muestra un diagrama con el rango de tarifas utilizadas.

El segundo punto considera que el escenario se lleve a cabo durante distintas cantidades de días durante el mes. Se evalúan los casos de 5 a 30 días.

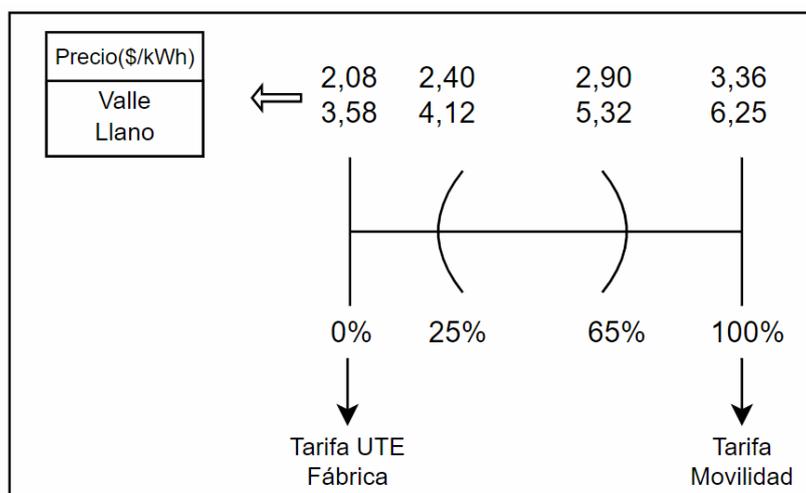


Figura 9.28: Tarifas utilizadas para la Fábrica

9.2. Escenarios estudiados

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-126.805	
OPEX	OyM		15.000
	Pago E a UTE		74.095
	Total OPEX		89.095
Tasa de descuento(%)	10	Tarifa (\$/kWh)	Días al mes
VAN(US\$)	-182135	Valle \$ 2,4	5
TIR(%)	-166	Llano \$ 4,12	
VAN(US\$)	-32124	Valle \$ 2,9	15
TIR(%)	2	Llano \$ 5,32	
VAN(US\$)	5027	Valle \$ 2,9	19
TIR(%)	11	Llano \$ 5,32	
VAN(US\$)	115491	Valle \$ 2,9	30
TIR(%)	34	Llano \$ 5,32	
VAN(US\$)	52241	Valle \$ 3,363	15
TIR(%)	22	Llano \$ 6,253	
VAN(US\$)	299138	Valle \$ 3,363	30
TIR(%)	67	Llano \$ 6,253	

Tabla 9.24: Cálculo de TIR y VAN del parking variando tarifa y factor de repetición

Como resultado de este análisis, se puede observar que utilizando una tarifa del 25 % el proyecto no es rentable. Sin embargo si se aumenta la misma al 65 %, y se aumenta la cantidad de días en que se da el escenario, el proyecto se vuelve rentable. Esta última situación es beneficiosa para ambas partes. El usuario al realizar la carga de su VE a la hora de trabajar abona un monto menor a que si lo cargase en la vía pública, y el edificio obtiene un ingreso de la venta de energía.

A modo de comparación, se simularon dos escenarios adicionales en los que se evalúa la rentabilidad como si se aplicase la tarifa de movilidad. Es fácil notar que esta situación da una rentabilidad mucho mayor.

Capítulo 9. Estudios realizados a partir de simulaciones

Como complemento a la tabla, se muestra en la Figura 9.29 los datos simulados. Cada curva representa una tarifa fija. Por otra parte, el eje de las abscisas representa los días de repetición del escenario. Finalmente en el eje de las ordenadas se representa la TIR. También se grafica una recta constante representando una TIR del 10% para ver claramente cuándo el proyecto es rentable.

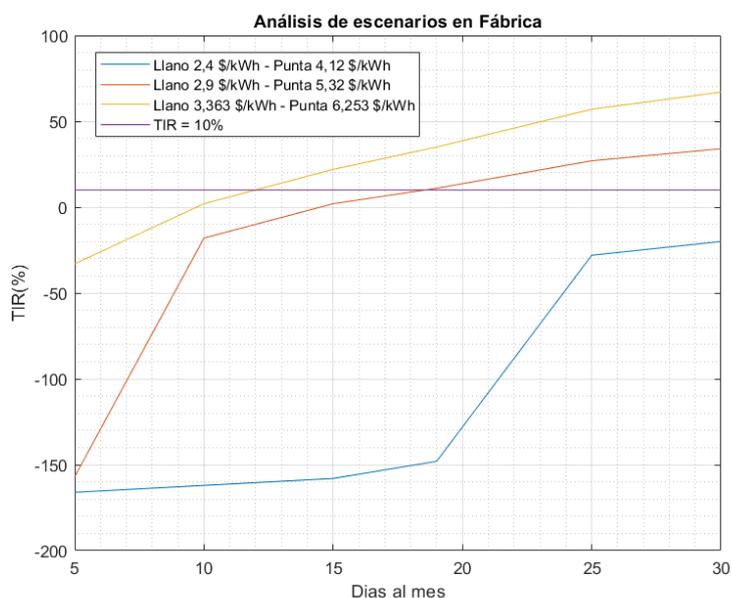


Figura 9.29: Resultados obtenidos para la Fábrica

Se puede apreciar que para la primera tarifa propuesta, el proyecto nunca es rentable. Para la segunda tarifa propuesta, el proyecto se vuelve rentable a partir de repetir el escenario al menos 19 días al mes. Si se emplease la tarifa de movilidad eléctrica, el proyecto se vuelve rentable a partir de los 13 días de repetición aproximadamente.

Este análisis muestra otro punto de vista a la hora de instalar un parking. Por medio de un flujo marcado previamente, se puede delimitar un objetivo de venta al mes según la cantidad de días.

Capítulo 10

Conclusiones

10.1. Objetivos Cumplidos

- Se realizó una revisión del estado del arte de VE. Observando proyectos sociales y políticos que se están llevando a cabo en Uruguay por parte de las instituciones. Por otro lado, se abordó el estudio de futuras tecnologías que prometen mejorar el uso habitual de los VE, como por ejemplo su autonomía o la velocidad de carga.
- Se estudió de forma técnica-teórica los cargadores para VE, comenzando desde los tipos de conectores hasta la tecnología V2G. Por otra parte, también se realizó un enfoque general del VE en describiendo sus principales funciones junto con las principales características de las baterías de litio.
- Se realizó una introducción al sistema eléctrico uruguayo. Se enfatizó acerca de las normas y decretos que rigen en la actualidad, y posibles modificaciones de los mismos.
- Se modeló un parking de vehículos eléctricos, desde el punto de vista técnico, considerando la instalación eléctrica, cantidades de plazas y dimensiones. Desde el punto de vista funcional, modelando el flujo de vehículos que entra y sale tanto para cargar como para descargar. Y desde el punto de vista económico, evaluando la rentabilidad de la inversión, calculando ingresos, egresos y ahorros que el mismo puede generar.
- Se realizó un simulador académico de observación para el estudio de 3 casos particulares, en orden de tener una mejor experiencia de análisis e interacción de las variables en juego.

10.2. Escenarios Analizados

- Conclusiones generales:
 - Para cada edificio en particular se simularon flujos de entrada y salida de VE acordes a la función social que el lugar representa. Una de las conclusiones que podemos extraer de este análisis es la importancia de conocer el flujo de VE que tiene el edificio. La inversión principal dependerá fuertemente de la cantidad de VE conectados simultáneamente. Es posible que estos datos sean desconocidos para el edificio, en este caso se debe parar desde un punto de vista conservador y realizar una inversión con un número reducido de cargadores, intentando estimar el flujo de VE en su instalación.
 - El hecho de que un VE esté conectado a un SAVE pero sin cargar o descargar su batería, simplemente ocupando el lugar, representa pérdidas para la inversión del parking. Es necesario tener un control sobre esta clase de actividades, y cada instalación debe optar por la manera

10.2. Escenarios Analizados

más eficiente de hacerlo. Ya sea cobrar el tiempo que permanecen conectados aún si no utilizan las funciones del cargador, o aplicar algún tipo de sanción monetaria.

- Ciertos escenarios de trabajo no son rentables a menos que la tarifa de cobro por la carga a los VE se aumente. Si bien esto resulta alarmante, dicho aumento es comparable con el costo que tiene dejar un vehículo estacionado, al día de hoy, sin cargar.
- La carga de VEs en horario punta representa el mayor ingreso en caso de que el flujo de VE se respete. Sin embargo, siendo conservadores y previendo que ningún usuario querrá cargar en horas más caras, los escenarios de todas maneras pueden ser rentables aumentando el precio de la energía cierto porcentaje sobre la tarifa de movilidad. Para el caso de instalar cargadores de $7,4kW$, el porcentaje es de 60 %, mientras que para el caso de SAVEs de $22kW$, 30 %.
- Como complemento a cualquier parking diurno, la carga de VE por la noche representa un aumento de los ingresos. Esta actividad es la más viable y segura, ya que la energía durante este horario es más barata y los usuarios necesitan igualmente resguardar sus vehículos.

■ Centro Comercial:

- Además de las conclusiones generales para todos los escenarios, particularmente en este edificio se puede concluir que el uso de cargadores de mayor potencia proporciona mayor rentabilidad al proyecto. En la carga durante el día, al utilizar cargadores de $22kW$ en lugar de $7,4kW$ se vende más energía y por lo tanto los ingresos aumentan. Si bien, como ya se mencionó durante el análisis, la inversión inicial es mayor, la rentabilidad del proyecto también lo es.
- En cuanto a la carga nocturna se concluye que instalar cargadores de $22kW$ la inversión es más rentable. En este caso la energía vendida es aproximadamente igual que al usar cargadores de $7.4kW$. Sin embargo al instalar menor cantidad de SAVEs, el costo por operación y mantenimiento es mucho menor. Para los casos instalados es 3 veces menor aproximadamente y es lo que más afecta en los cálculos.
- Si el centro comercial no contase con la amplia disponibilidad de potencia sobrante como en el ejemplo, y tuviese menor margen para el consumo de energía eléctrica, la aplicación de smart charging le permite optimizar esta energía sobrante. Aprovechando vender la mayor cantidad posible de energía sin tener que excederse de la potencia contratada.
- El uso de la tecnología V2G no es útil en este caso, a menos que se baje la potencia contratada del edificio. Con la tarifa aplicada, no se genera un ahorro por disminuir la potencia consumida, la inversión

Capítulo 10. Conclusiones

en cargadores bidireccionales es mucho mayor y se desaprovecha la oportunidad de vender energía que es donde se saca el mayor provecho.

▪ Centro de Espectáculos:

- Para este tipo de edificio se enfocó el estudio en la tecnología V2G. Uno de los beneficios de esta es obtener un ahorro a través de la disminución de la potencia contratada. Con las hipótesis planteadas, se llegó a la conclusión de que el edificio saca mayor provecho por disminuir la potencia contratada que por vender energía.
- Por otra parte, la rentabilidad no fue suficiente debido al costo de la inversión inicial, afectada principalmente por el costo de los SAVE bidireccionales. Se concluye que para que la inversión sea viable es necesario que el costo de los mismos disminuya al menos un 66 % respecto al valor actual.
- Con respecto a la descarga de los VE. Se concluye que es conveniente tener una gran cantidad de VE descargando a baja potencia, antes que, una menor cantidad de los mismos descargando a potencias mayores.

▪ Fábrica:

- El flujo de VE en la fábrica fue adecuado al horario de los trabajadores. Al igual que en el escenario de carga nocturna en el Centro Comercial, se concluyó que es más conveniente instalar menor cantidad de cargadores y de mayor potencia, realizando smart charging. El peso del costo de operación y mantenimiento de los cargadores juega un papel importante a la hora de evaluar la rentabilidad del escenario.
- En cuanto a las tarifas, se concluyó que es posible generar un beneficio al trabajador, ofreciéndole una carga a menor precio que la tarifa de movilidad, y a su vez obtener una inversión rentable.
- Si se evalúa la rentabilidad del proyecto dependiendo de la cantidad de días en los que se repite el flujo de autos propuesto para cierta tarifa, se puede determinar un objetivo de días por mes, para lograr que el proyecto sea rentable.

10.3. Factores de impulso necesarios

Se detallan a continuación algunos factores de impulso necesarios para la instalación y planificación de un parking de VE.

- Reducción de precios de los cargadores: Para poder bajar el costo de la inversión es necesario que los costos de los cargadores, en especial los bidireccionales, se reduzcan en los años venideros.
- Aumento notorio de usuarios que participen de la movilidad eléctrica: La idea de parkings para VE necesita una fuerte población que utilice los mismos. Para ello será necesario esperar y ver como evoluciona el crecimiento de estos. Este factor debe ser impulsado no solo con la ayuda del sector público, sino también con el sector privado automotriz reduciendo el costo de los vehículos.
- Tarifas dinámicas: Permitir una nueva forma de vender y comprar energía donde la tarifa pueda ser dinámica. Con esto se lograría un mayor incentivo a los usuarios para que realicen las actividades por ejemplo de descarga de su VE. Esto tiene el fin de generar mayor oferta y demanda, y de esta manera tener un mejor control del movimiento de este nuevo mercado.
- Regulación: para que sea confiable para un edificio realizar una inversión de esta índole, se debe tener un marco regulatorio que asegure la comercialización del servicio de carga para los mismos.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Capítulo 11

Trabajos a futuro

Capítulo 11. Trabajos a futuro

- Parking de VE como solución para problemas de control de frecuencia y reactiva

Podría simularse cómo es la respuesta que este tipo de instalación tiene frente a problemas de compensación de reactiva o desbalance de frecuencia. Queda para trabajos futuros, la implementación del aporte de los parkings eléctricos a estos tipos de problemas. Es posible adaptar el simulador para que considere estos escenarios.

- Aplicación del simulador a una curva de demanda genérica

Si bien la aplicación creada es de uso académico, se podría ir a un escalón mayor y convertirla en una herramienta para empresas que cuenten con interés de instalar un parking eléctrico. Se podría evaluar la rentabilidad en una curva de demanda genérica, aportada por el usuario vía la interfaz del simulador.

- Aplicación generalizada para varios puntos de la red eléctrica

Se considera que podría ser de gran aporte evaluar la instalación de parkings de VE dispersos por toda la red de distribución de Uruguay. Esto permite visualizar el comportamiento global de varios parking conectados simultáneamente.

- Estudiar alternativas con compras al mercado mayorista de energía

Un análisis de interés hubiera sido encontrar un plan de tarifas en vista del mercado SPOT. Se podría simular teniendo en cuenta una tarifa dinámica, que permita a los usuarios finales comprar o vender energía a precios más convenientes.

- Considerar vehículos que se carguen y descarguen varias veces por día

Buscando sacar mayores beneficios para los usuarios, se podría agregar un perfil de VE que se cargue y descargue durante el día, obteniendo un mayor aprovechamiento del tiempo estacionado.

Apéndice A

Políticas aplicadas para Promover la movilidad eléctrica en Uruguay

Apéndice A. Políticas aplicadas para Promover la movilidad eléctrica en Uruguay

Uruguay no ha dado la espalda a la movilidad eléctrica, sino todo lo contrario, es consciente de su potencial y es activamente partícipe en su promoción. Se detallan a continuación los proyectos y políticas que se han desarrollado en Uruguay.

A.0.1. MOVES

Es un proyecto que promueve la movilidad sostenible ejecutado en conjunto con el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MOT) y Ministerio de Ambiente (MA).

Si bien es un proyecto para la sostenibilidad en general, este incluye a la movilidad eléctrica con gran hincapié en sus iniciativas:

- Programa TuVE:

Esta iniciativa acerca a las empresas, instituciones públicas y organismos a comprobar por ellos mismos los beneficios de tener un VE. Para ello ofrecen la posibilidad de probar durante un mes el uso de uno de estos.[98]

Los vehículos que están a disposición son:



Figura A.1: BYD T3

[99]



Figura A.2: Renault Kangoo ZE
[100]



Figura A.3: VW e-Up!
[101]

Apéndice A. Políticas aplicadas para Promover la movilidad eléctrica en Uruguay



Figura A.4: JAC e-S1
[8]

- Incentivos para la compra de ómnibus eléctricos:
Iniciativa que estimula el recambio de ómnibus diésel a eléctricos. A partir de incentivos económicos dirigidos a la Organización de Transporte Público. [98]
- Apoyo a fabricantes locales de vehículos eléctricos livianos:
El fin de este proyecto, fue realizar una promoción a los VE livianos como bicicletas asistidas y vehículos utilitarios. Se realizó un concurso de fabricantes locales. Los ganadores se encargan de fabricarlos, con asistencia técnica, conocimiento de las tecnologías asociadas y procesos brindado por MOVES. Luego los VE fabricados, quedan a disposición del programa TuVE dando también a conocer los modelos locales de VE con el alquiler sin costo. [98]
- Ecosistema para la Promoción de la Movilidad Sostenible en empresas
Es un conjunto de beneficios, políticas públicas e iniciativas privadas para la promoción de VE en empresas.
El “ecosistema” beneficia la compra de VE por medio de:
 - **Ley de promoción de inversores**
Permite una exoneración de IRAE en un 35 % con la posibilidad de extenderlo a un 70 % del valor total del mismo, dependiendo de la estructura de inversión.
 - **Reducción de impuestos IMESI y TGA**
Estos tienen un porcentaje preferencial para vehículos más eficientes, como los VE y HEV. En cuanto al IMESI de los VE es un 5,75 %, por otro lado el de los HEV 3,45 %. Comparado con los vehículos a combustión, su impuesto varía entre 23 % y 115 %. Además si el comprador es contribuyente a IRAE o IMEBA en camionetas y/o furgones eléctricos el IMESI baja aún más a 2,30 % y en híbridos 1,15 %. Finalmente por último para los VE la tasa global arancelaria es del 0 %.

- **Créditos verdes**

Orientado a mejorar las condiciones financieras de estos vehículos. Aprovechando su bajo costo de operación los VE requieren un producto financiero que ponga el foco en los ahorros futuros para costear la inversión. Diferentes instituciones financieras (BBVA, Itaú y HSBC) se juntaron para crear un producto: créditos verdes.

Además de ayudar en la compra, el ecosistema ofrece herramientas para operar.

- **Patente bonificada**

Para el caso de VE, la patente considera el valor del vehículo sin IVA, además el porcentaje aplicado es la mitad, 2,5 % del que se utiliza para los vehículos a combustión.

- **Seguro Bonificado**

Los VE eléctricos tienen mejores condiciones de seguro, con un descuento de 15 % en la póliza. Además de brindar un beneficio más de un 20 % a las empresas que hayan participado en las pruebas tecnológicas de vehículos utilitarios eléctricos o habiendo completado el **Plan Flota Verde (PFV)**.

- **Certificados de Eficiencia Energética**

El área de Demanda Acceso y Eficiencia Energética (DAEE) de la Dirección Nacional de Energía (DNE), con el MIEM, ofrece Certificados de Eficiencia Energética (CEE) que permiten obtener un ingreso monetario.

Por último y cierre del ecosistema, también ofrece probar la movilidad eléctrica con el programa TuVE descrito anteriormente.

- Mesa de Movilidad Eléctrica:

Se formó con el fin de promover el desarrollo de la movilidad eléctrica, brindando estrategias entre los sectores privados y públicos para el uso de VE.

- Análisis del marco regulatorio necesario:

Como objetivo, generar conocimiento para aquellos que desean la transición a VE para que pueda ser realizada con facilidad calidad y seguridad. Así como también establecer un camino guía para que Uruguay pueda implementar dicha conversión de forma adecuada y segura.

- Ecosistema de capacidades para la gestión de baterías:

Creado con el fin de que las baterías provenientes de los VE tengan una gestión ambientalmente adecuada. [98]

Apéndice A. Políticas aplicadas para Promover la movilidad eléctrica en Uruguay

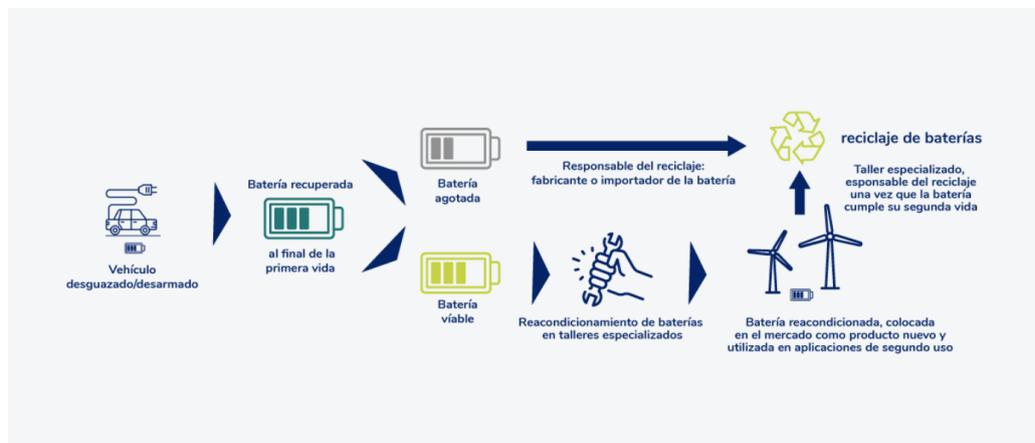


Figura A.5: Ecosistema para gestión de baterías
[102]

■ Normativa de conectores vehiculares:

Para cuidar la promoción de la electromovilidad se requiere establecer una accesibilidad a la red de recarga en vía pública apuntando a cuidar la calidad de oferta de VE disponibles con conectores que sean compatibles a lo que ofrece el mercado.[98]

A.0.2. Programa Subite

Un programa lanzado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) cuyo objetivo específico es fomentar la adopción de movilidad eléctrica por parte de los mypimes y usuarios. El programa apoyará la adquisición de 1000 motos eléctricas y 100 triciclos de carga eléctricos.[103]



Figura A.6: Logo de programa Subite
[103]

A.0.3. Beneficios en el pago de energía por cargar el VE

Para la carga de los ómnibus eléctricos hay un beneficio según el descuento R19.-3066 en el costo de la energía: 50 % en valle, 20 % llano y 20 % punta.

Para el caso de la carga en la red pública según R 20.-1818 se hace una reducción del 50 % en el horario valle. Mientras que en el caso de suministro de energía eléctrica particular se realiza una reducción del 50 % del valor de la energía asociada al vehículo eléctrico en horario fuera de punta.[104]

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Apéndice B

Ciclos de conducción

Apéndice B. Ciclos de conducción

Como fue comentado en el Capítulo 2, a los vehículos se les hacen ciertas pruebas para estimar las condiciones más representativas posibles del consumo y las emisiones de contaminantes. Las pruebas realizadas consisten en simular distintos perfiles de conducción tratando de aproximarse a un ciclo real. Se consideran distintas velocidades, momentos en el cual el VE esta detenido, y también se diferencian ciclos en ciudad y autopista. Para el caso de los VE solamente se estudia el consumo de los mismos ya que no emiten gases contaminantes.

Los procedimientos son llamados NEDC y WLTP. Cabe destacar que el ciclo NEDC ha quedado ya obsoleto, el cual fue sustituido por el ciclo WLTP a partir del 1 de setiembre de 2019. Si bien esto es así, todavía hay VE que son identificados por el ciclo NEDC por lo tanto se explicarán los dos. Además de estos ciclos, Estados Unidos tiene su propio test llamado EPA (Environmental Protection Agency), el cual también será analizado. Según los expertos este último es el que da resultados más acercados a la realidad.[105][106]

B.0.0.1. NEDC - New European Driving Cycle

Este ciclo fue creado en el año 1980 en Europa. Principalmente se divide en 2 partes, una parte del ciclo refleja la conducción en un medio urbano (repetido 4 veces), mientras que otra parte simula la conducción extra urbano. En la figura B.1 se muestra la velocidad en función del tiempo para este ciclo, y en la tabla B.1 las principales características del mismo.

Para el caso de este procedimiento de testeo de la autonomía de los VE el mismo se encuentra alejado de la realidad.[105]

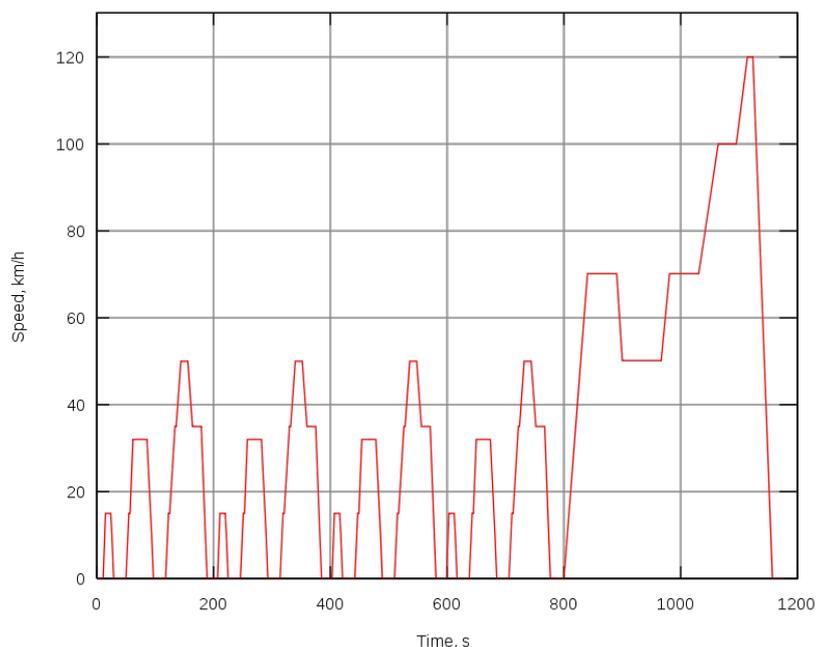


Figura B.1: Gráfica velocidad en función del tiempo ciclo NEDC [107]

Duración (s)	1.180
Distancia total(m)	11.007
Velocidad media(Km/h)	33.6
Velocidad máxima(km/h)	120

Tabla B.1: Características del ciclo NEDC

B.0.0.2. WLTP - World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure

La traducción al español de este ciclo es Procedimiento Armonizado para el Ensayo de Vehículos Ligeros.

En este ciclo se definen 3 tipos de clases de vehículos, a los cuales se les realizan pruebas distintas. Para ello se define el PMr(Power Weight Ratio) que es el cociente entre la potencia del motor del VE en Watts(W) dividido el peso del vehículo sin carga alguna en Kg . Dependiendo la clase se realizan pruebas distintas. Los test realizados tienen una determinada duración y dependiendo la clase se realizan a distintas velocidades: baja, media, alta y muy alta.[106]

Clase 1

En esta categoría están incluidos los vehículos tal que $PWr \leq 22W/Kg$ y las velocidades que se utilizan son baja y media. En la gráfica B.2 se muestra la velocidad en función del tiempo en este ciclo. Mientras que en la tabla B.2 se muestran las características del ciclo.[106]

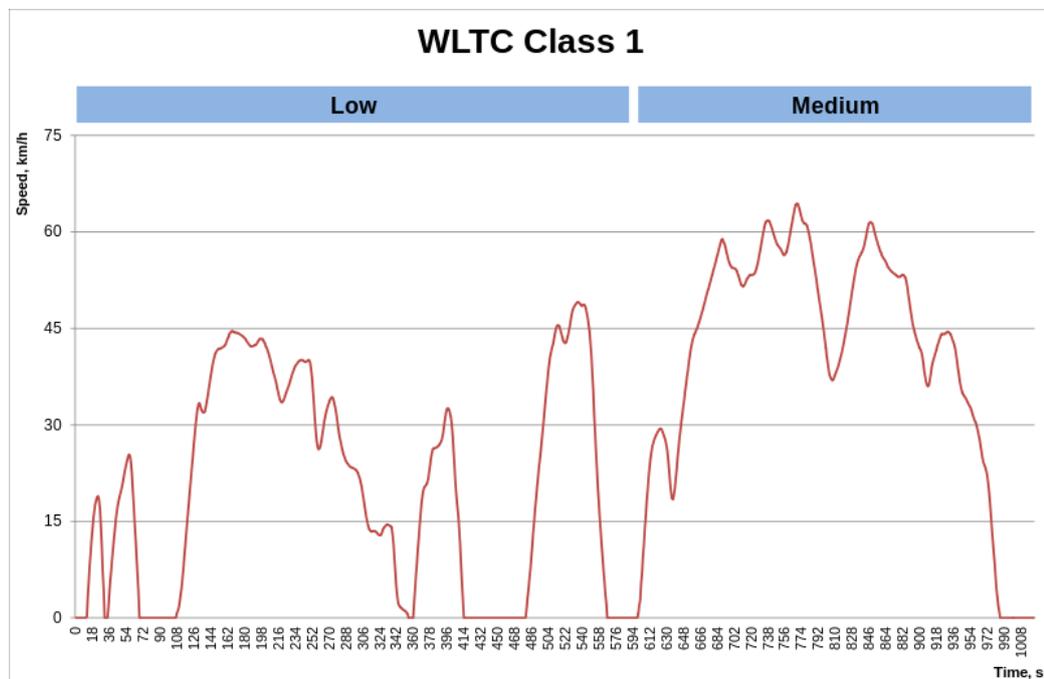


Figura B.2: Gráfica velocidad en función del tiempo ciclo WLTP clase 1 [108]

Apéndice B. Ciclos de conducción

	Baja	Media	Total
Duración(<i>s</i>)	589	433	1022
Duración de paradas(<i>s</i>)	155	48	203
Distancia(<i>m</i>)	3324	4767	8091
Velocidad máxima(<i>Km/h</i>)	49.1	64.4	-

Tabla B.2: Características ciclo condición WLTP clase 1
[108]

Clase 2

Los vehículos que pertenecen a esta clase son aquellos que cumplen con $22W/Kg < PWR \leq 34W/Kg$. A estos además de ensayarlos a velocidades bajas y medias, también se los ensaya a velocidades altas. En la gráfica B.3 se muestra la velocidad en función del tiempo para este ciclo y en la tabla B.3 las principales características.[106]

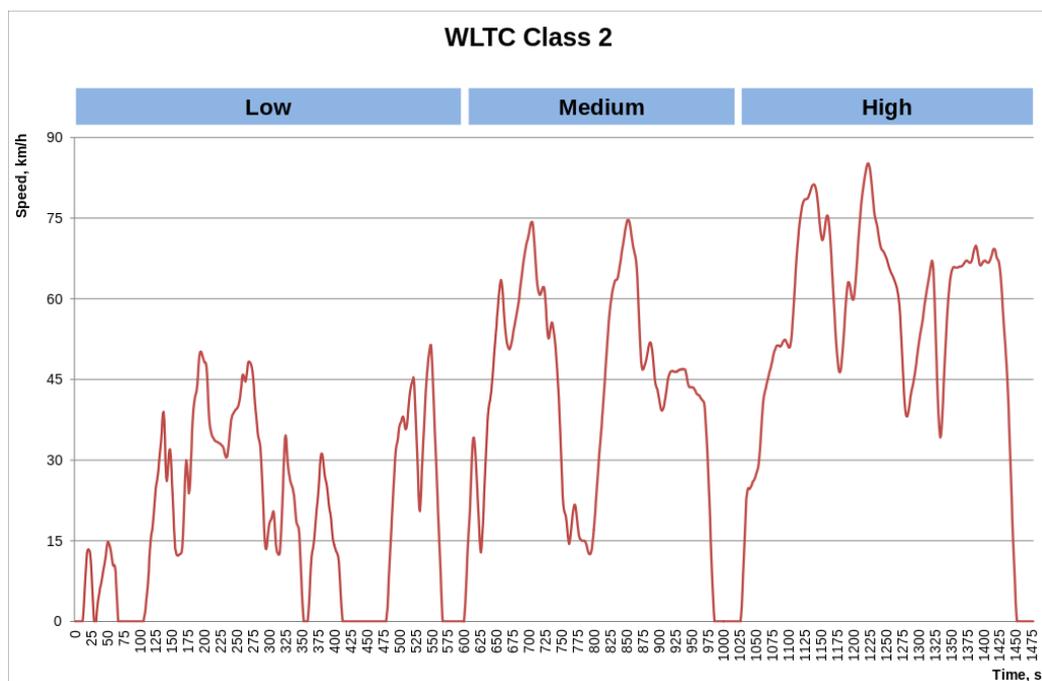


Figura B.3: Gráfica velocidad en función del tiempo ciclo WLTP clase 1
[108]

	Baja	Media	Alta	Total
Duración(s)	589	433	455	1477
Duración de paradas(s)	155	48	30	203
Distancia(m)	3132	4712	6820	14664
Velocidad máxima(Km/h)	51.4	47.7	85.2	-

Tabla B.3: Características ciclo conduccion WLTP clase 2
[108]

Clase 3

Finalmente los vehículos que corresponden a esta clase son los que cuentan con $PWr > 34W/Kg$. A estos se les agrega una parte en que la velocidad es muy alta. Las características aparecen en la gráfica B.4 y la tabla B.4.[106]

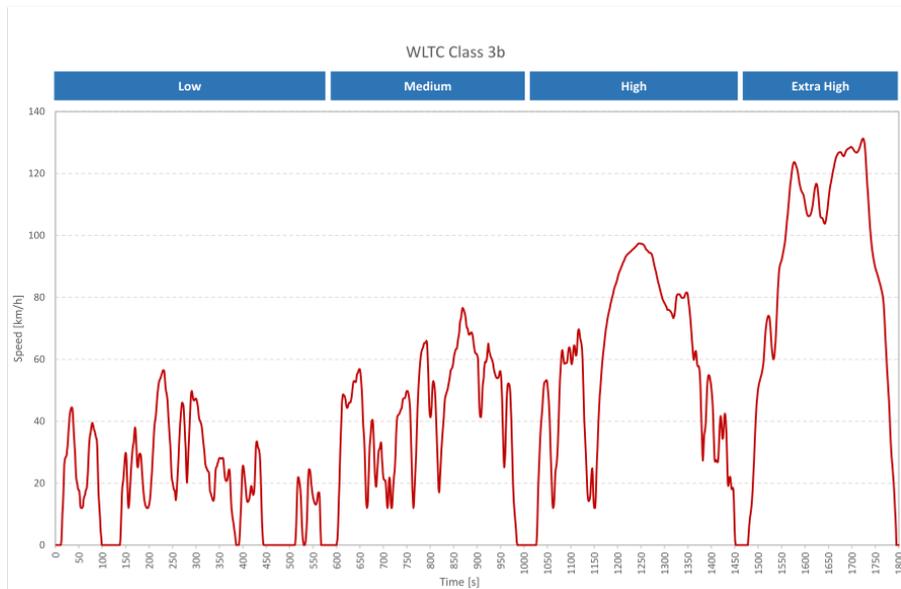


Figura B.4: Gráfica velocidad en función del tiempo ciclo WLTP clase 3
[108]

Apéndice B. Ciclos de conducción

	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total
Duración(s)	589	433	455	323	1477
Duración de paradas(s)	150	49	31	8	235
Distancia(m)	3095	4756	7162	8254	23266
Velocidad máxima(Km/h)	56.5	76.6	97.4	131.3	-

Tabla B.4: Características ciclo conducción WLTP clase 2
[108]

B.0.0.3. EPA - Environmental Protection Agency

Según los expertos es el que mejor se ajusta a la realidad. Los ciclos más importantes que se le realizan a los vehículos son el programa de conducción con dinamómetro urbano (UDDS) y el programa de conducción con ahorro de combustible en autopista (HWFET). El primero es utilizado para evaluar la conducción en ciudad, mientras que el segundo simula la conducción en autopista.[109]

En el caso de los VE se carga completamente la batería del mismo y luego se le aplican los ciclos múltiples veces hasta que la batería se descargue completamente. Finalmente se recarga la batería y se obtiene la eficiencia de la recarga, llegando así al valor de autonomía. Las pruebas se realizan en un lugar cerrado y a cierta temperatura que está controlada, por lo tanto al resultado final se le aplica un factor de 0.7, con el fin de estar más cerca de la realidad. [109]

En la imagen B.5 aparece la gráfica del ciclo de conducción UDDS y en la imagen B.6 el correspondiente a el ciclo HWFET. Se observa que los mismos aparecen expresados en millas por hora ya que es la unidad de velocidad que se usa en Estados Unidos.[109]

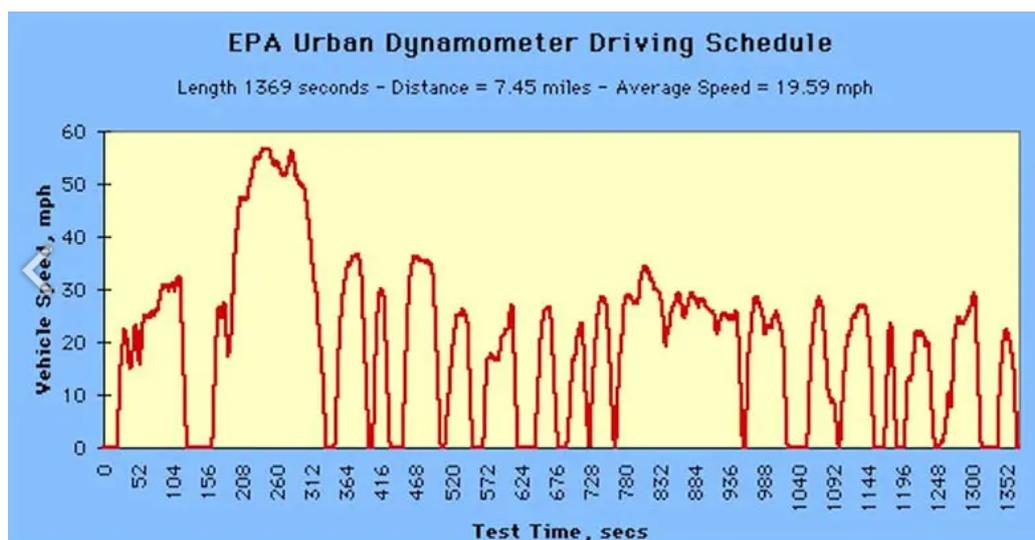


Figura B.5: Gráfica velocidad en función del tiempo para ciclo UDDS
[109]

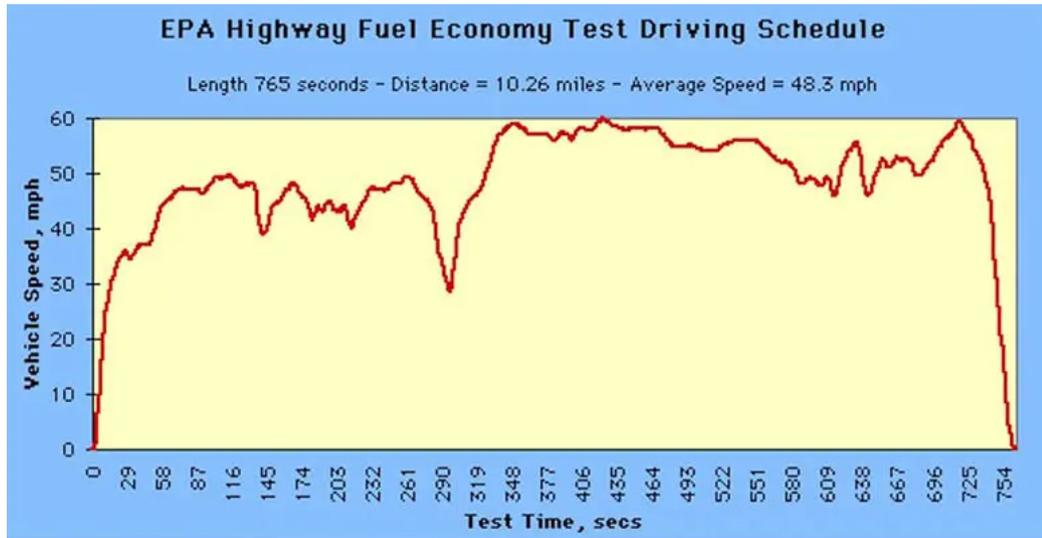


Figura B.6: Gráfica velocidad en función del tiempo para ciclo HWFET
[109]

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Apéndice C

Ejemplo de simulación

Apéndice C. Ejemplo de simulación

Se presenta un ejemplo de una simulación. En primera instancia se abre la aplicación, que como fue visto en el Capítulo 8, se despliega la primera pantalla. Por ejemplo se selecciona la opción “Centro Comercial”, ver Figura C.1.

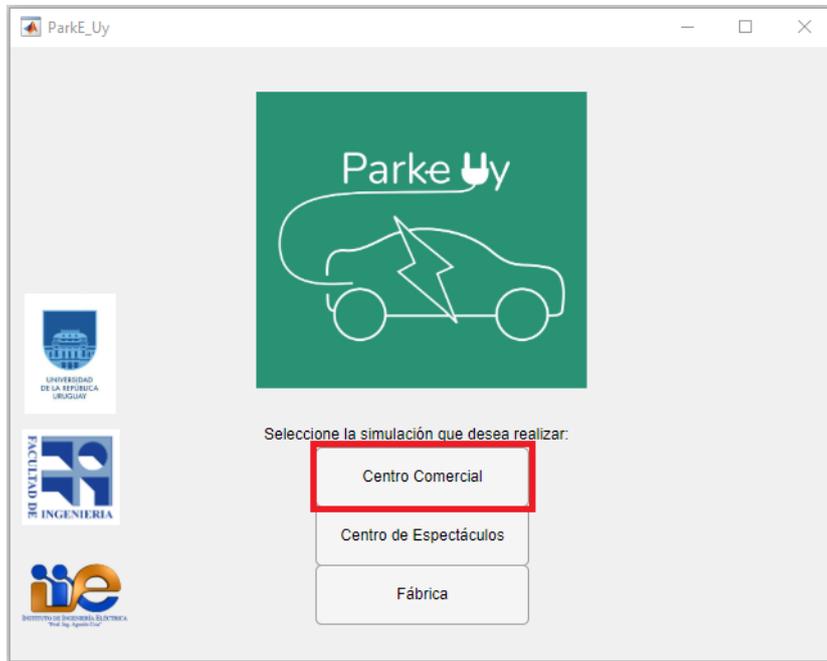


Figura C.1: Ejemplo primera pantalla de la interfaz

Luego se despliega la segunda pantalla con datos predeterminados. Se elegirán los parámetros de la siguiente forma:

- SAVE: $7,4kW$
- V2G: On
- Tarifa: GC3
- P Valle: $1000kW$
- P Llano: $1000kW$
- P Punta: $1000kW$
- Factor Ganancia Valle: 120 %
- Factor Ganancia Llano/Punta: 20 %
- P. Objetivo: $800kW$
- Tiempo estadía: $1,5hs$
- Carga Noche: On

- Carga Punta: On
- Cargadores Óptimos: On

En la Figura C.2 se muestra la pantalla 2 con los datos seleccionados pero aún sin simular.

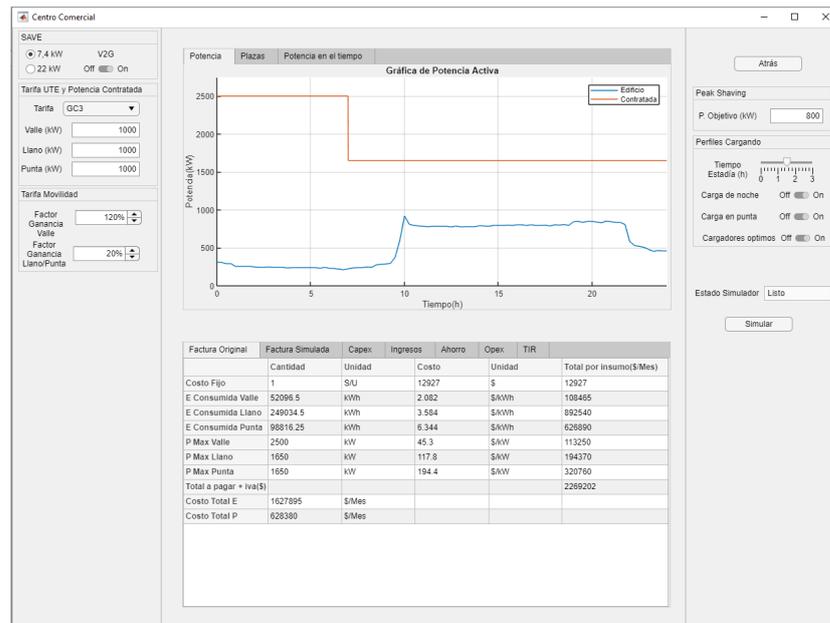


Figura C.2: Ejemplo segunda pantalla de la interfaz con determinados datos elegidos

Apéndice C. Ejemplo de simulación

Finalmente, se presiona el botón simular. Para este ejemplo particular se presentan las siguientes Figuras con las tablas y gráficas correspondientes a la simulación.

Factura Original	Factura Simulada	Capex	Ingresos	Ahorro	Opex	TIR	
	Cantidad	Unidad	Costo		Unidad		Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	12927		\$		12927
E Consumida Valle	91742	kWh	2.082		\$/kWh		191007
E Consumida Llano	256840	kWh	3.584		\$/kWh		920515
E Consumida Punta	96834	kWh	6.344		\$/kWh		614315
P Max Valle	1000	kW	45.3		\$/kW		45300
P Max Llano	1000	kW	117.8		\$/kW		117800
P Max Punta	1000	kW	194.4		\$/kW		194400
E comprada VE Valle	0	kWh	2		\$/kWh		0
E comprada VE Llano	14254	kWh	3		\$/kWh		42762
E comprada VE Punta	6861	kWh	5		\$/kWh		34305
Total a pagar + iva(\$)							2173330
Costo Total E	1802904	\$/Mes					
Costo Total P	357500	\$/Mes					

Figura C.3: Factura simulada del ejemplo

La tabla de la Figura C.3 permite ver el cambio en la factura del edificio luego de la instalación del parking.

Factura Original	Factura Simulada	Capex	Ingresos	Ahorro	Opex	TIR		
	Materiales y mano de obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales (US\$)	
CAPEX	Interruptor	1000A	1	un	2000	US\$	2000	
	Cable alimentacion tablero Gral	2x(3x300+1x150)	20	m	192.5	US\$/m	3850	
	Cable tierra	1x300	20	m	27.5	US\$/m	550	
	Cable alimentacion SAVEs	3x35	940.2	m	13	US\$/m	12223	
	Montaje Cable	Costo por metro	1000.2	m	12.5	US\$/m	12503	
	SAVE	7.4kW Bireccional Monofásico	74	un	3440	US\$	254560	
	Tablero General	1000A	1	un	20000	US\$	20000	
	Bandeja	400x65	322.6	m	15	US\$/m	4839	
	Montaje Bandeja	Costo por metro	322.6	m	12.5	US\$/m	4033	
	Total CAPEX (US\$)						314557	

Figura C.4: CAPEX del ejemplo

La tabla de la Figura C.4 desglosa la inversión necesaria para la implementación del parking.

Las siguientes Figuras C.5, C.6, C.7 y C.8 muestran el detalle del flujo de caja del escenario simulado.

Factura Original	Factura Simulada	Capex	Ingresos	Ahorro	Opex	TIR	
	Detalle	Cantidad Anual	Unidad	Costo	Unidad	Totales (US\$/Mes)	Totales (US\$/Año)
INGRESOS	Energia vendida Valle	482348	kwh	0.18497	US\$/kWh	7333	89217
	Energia vendida Llano	268385	kwh	0.18759	US\$/kWh	4138	50346
	Energia vendida Pu...	59354	kwh	0.49005	US\$/kWh	2391	29086
	Total Ingresos(US\$)					13862	168649

Figura C.5: Ingresos del ejemplo

Factura Original	Factura Simulada	Capex	Ingresos	Ahorro	Opex	TIR	
	Detalle						Monto Anual(US\$)
Ahorro	Por Costo Fijo						0
	Por Energia						894.25
	Por Potencia						8832.3529
	Total(US\$)						9726.6029

Figura C.6: Ahorros del ejemplo

Factura Original	Factura Simulada	Capex	Ingresos	Ahorro	Opex	TIR	
	Detalle						Monto Anual(US\$)
OPEX	OyM SAVE						44400
	Pago E a UTE						34127.5
	Pago E VE Descargando						23360
	Total OPEX(US\$/Año)						101887.5

Figura C.7: OPEX del ejemplo

Factura Original	Factura Simulada	Capex	Ingresos	Ahorro	Opex	TIR	
	Cantidad						
Inversión(US\$)							314557
Neto 1er año(US\$)							76488
Neto 2do año(US\$)							76488
Neto 3er año(US\$)							76488
Neto 4to año(US\$)							76488
Neto 5to año(US\$)							76488
Neto 6to año(US\$)							76488
Neto 7to año(US\$)							76488
Tasa de descuento(%)							10
VAN(US\$)							57820
TIR(%)							15

Figura C.8: TIR del ejemplo

Finalmente, en las pestañas correspondientes a las gráficas, se pueden observar las Figuras C.9, C.10 y C.11.

Apéndice C. Ejemplo de simulación

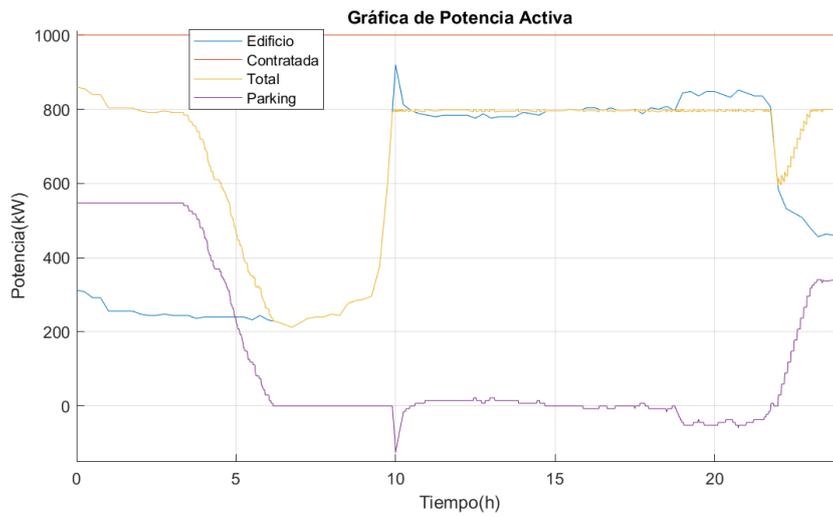


Figura C.9: Gráfica de potencia del ejemplo

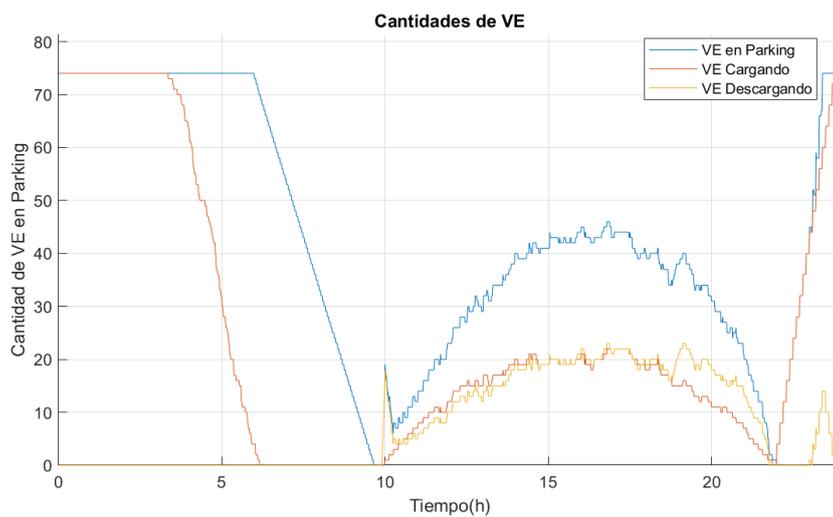


Figura C.10: Gráfica de plazas del ejemplo

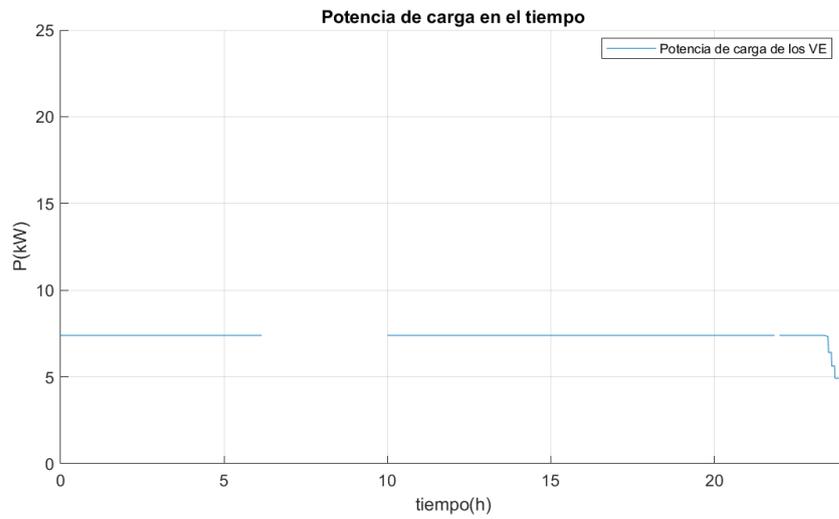


Figura C.11: Gráfica de potencia en el tiempo del ejemplo

Estas gráficas permiten analizar el comportamiento del parking. Se puede observar para todo instante, la modificación en la curva de demanda del edificio, el flujo de VE simulado, y la potencia asignada a la carga de los VE.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Apéndice D

Sistema Eléctrico de Potencia

D.1. Generación por fuente y curva de demanda

Como en todo sistema, se necesita tener un control sobre las variables que influyen en el mismo. Para esto existe una entidad que se encarga de recabar todos los datos del sistema eléctrico, como lo son la potencia generada, consumida, el valor de la frecuencia en todo momento y además de acuerdo a ciertos algoritmos se encarga de pronosticar posibles situaciones del sistema eléctrico en el futuro. En Uruguay la persona pública no estatal que se encarga de esto es la Administración del Mercado Eléctrico (ADME).

En particular ADME brinda cuánta potencia se consumió en determinado día del año y cuánta potencia fue generada en cada momento. Para esto muestra un gráfico en el cual aparece la variable potencia en función del tiempo. La curva asociada al consumo se llama curva de demanda, mientras que las curvas asociadas a la generación son denominadas generación por fuente. En la figura D.1 se muestra un ejemplo de dichas curvas del día 11 de Junio de 2022 según ADME.

La forma que tiene la curva de demanda, como es de esperarse, está muy relacionada a la rutina de la población promedio. Si bien los consumidores son variados, como lo pueden ser fábricas que trabajan durante todo el día, el comportamiento está bien marcado por la movilidad de la población durante el día. Es por esto que durante el horario de la noche hay poco consumo, mientras que al comienzo del día la demanda sube, debido a que la gente se prepara para ir al trabajo y también comienza el día laboral. También la demanda sube a las 18 horas aproximadamente que es cuando la población retorna del trabajo a sus casas.

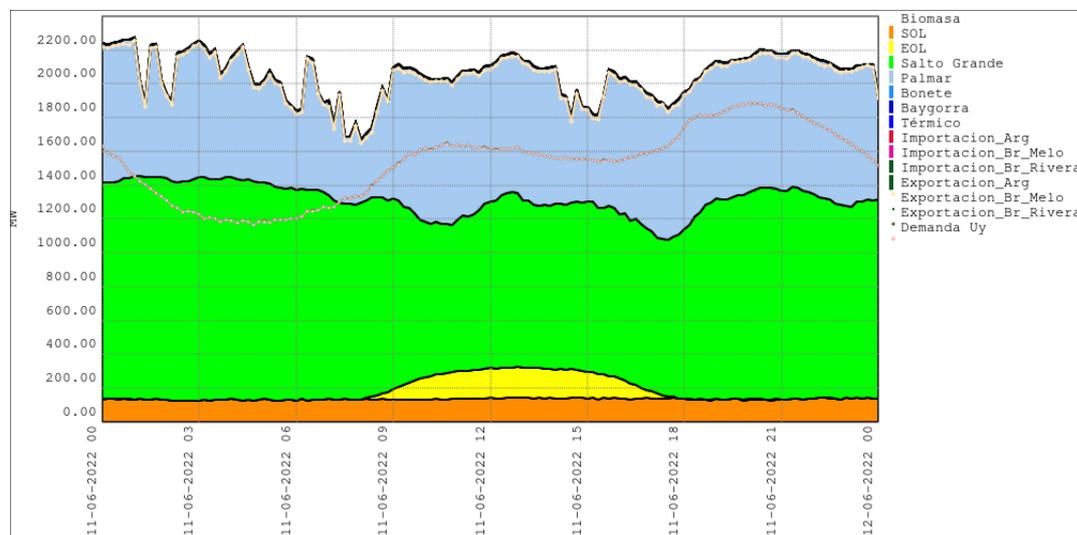


Figura D.1: Curva de Demanda Uruguay 16-06-2022 según ADME

Si bien esta curva de demanda hace referencia al consumo del país, si se viese esta curva pero a nivel micro, por ejemplo en un edificio particular, como lo pueden ser un establecimiento de viviendas, un centro comercial o una fábrica, cada una tendrá su curva de consumo particular. En la cual pueden haber picos de consumo,

momentos donde se consuma menos y otros momentos donde el consumo sea aproximadamente constante. En el presente documento se estudiarán algunas cosas particulares de los anteriores edificios, con sus respectivas curvas de demanda.

D.2. Problemas técnicos

Tanto a nivel macro como a nivel micro, se presentan ciertos problemas técnicos que deben tenerse en cuenta a la hora de operar en la red. Se estudiarán a continuación algunos de ellos.

y distintos métodos de resolución de los mismos. Se destacará en particular los métodos en los cuales se usen baterías para paliar dichos problemas.

D.2.1. Picos de consumo

Cuando se habla de picos de consumo en una red o en un establecimiento particular, se trata de intervalos determinados en el tiempo en el cual la demanda de energía eléctrica es mayor comparada con otros intervalos. Esto puede ocasionar problemas, ya que en estos períodos de tiempo al ser mayor el consumo, también lo será la corriente que va por las líneas, pudiendo dilatar las mismas o elevar la temperatura de equipos como pueden ser transformadores.

Estos picos de consumo provocan en parte el aumento del costo de la energía eléctrica por varios motivos. Uno de ellos es que la red debe estar preparada para transportar y distribuir mayor cantidad de potencia en estos intervalos de tiempo, aumentando el costo de los equipos y materiales que componen la misma. Otro motivo es que muchas veces los picos de consumo no pueden ser abastecidos por las energías renovables y se deben encender centrales térmicas u otro tipo de generadores no renovables que contaminan el medio ambiente.

Una de las estrategias para reducir los picos de consumo se llama peak shaving. Este proceso consiste en almacenar energía cuando la demanda no representa un problema para los generadores en servicio, y cuando la demanda aumente, liberar la energía almacenada sin necesidad de encender un generador por ejemplo, térmico. La idea de peak shaving puede llevarse a cabo por ejemplo con represas hidroeléctricas, haciendo un embalse de agua y teniendo energía acumulada en el agua en reserva. El proyecto de parkings con tecnología V2G puede apoyarse en esta idea y almacenando energía en las baterías de los VE cuando la demanda no es un problema para luego devolverla a la red cuando es necesaria puede utilizarse para realizar el proceso de peak shaving. Esta idea ya fue presentada en la Sección 5.3.4 y la Figura 5.4

D.2.2. Compensación de reactiva

En general para los edificios con grandes maquinarias inductivas este tipo de problema se encuentra presente, así pues, se opta por llevar a cabo el sistema para compensar el factor de potencia en las instalaciones.

Apéndice D. Sistema Eléctrico de Potencia

Siguiendo el mismo razonamiento de D.2.1 una estrategia que se podría utilizar para compensar reactiva, sería utilizando los mismos vehículos eléctricos junto con los cargadores V2G utilizarlos como herramienta de compensación.

Al ser el cargador un rectificador cuando el VE se carga o inversor cuando el VE entrega energía a la red o rectificador dependiendo de la tecnología y su control podrían existir la posibilidad de compensar reactiva de la instalación independientemente de si el VE se encuentra cargando, descargando o incluso conectado. O aún más ofrecer el uso de la batería como un compensador local de reactiva, sabiendo que la misma no se va a deteriorar o ver afectada.[110]

D.2.3. Oscilaciones en frecuencia

Las ondas implicadas en un SEP, por ejemplo el voltaje o la corriente, son periódicas en el tiempo, por lo tanto las mismas tienen cierta frecuencia determinada. Como es de esperarse, en un sistema dinámico, como lo es un SEP, las variables involucradas cambian en el tiempo. Es así que el encargado de la distribución de energía debe asegurar que la frecuencia este siempre dentro de un cierto rango. En Uruguay el rango es de $(50 \pm 0,2)Hz$ [111].

Para realizar el control de la frecuencia, lo que se hace es controlar el flujo de potencia activa. Por un lado están los consumidores y por otro los generadores. El distribuidor incide directamente sobre los generadores, haciendo que los mismos varíen la cantidad de potencia, con el fin de que haya un equilibrio con la potencia consumida. Lo que sucede es que por momentos pueden haber cambios en la potencia consumida, generando cambios en la frecuencia de red. Una analogía a esto es la fuerza ejercida sobre los pedales de una bicicleta a la hora de hacerla andar. En caso de ir en una superficie plana se debe pedalear con cierta fuerza, generando una cierta frecuencia de pedaleo. Ahora, en caso de ir por una subida si se ejerce la misma fuerza que antes, la frecuencia de pedaleo baja, y para lograr la misma frecuencia que antes se debe ejercer mayor fuerza en los pedales. Caso contrario pasa si la pendiente de la calle disminuye, lo que sucederá es que la frecuencia de pedaleo aumenta. En el caso de los SEP, la fuerza es la energía generada, la frecuencia de pedaleo la frecuencia de la red y cuán empinada es la calle es la energía consumida.

Cabe destacar que para realizar el control de frecuencia se hace en tres niveles, en los cuales se diferencia el tiempo de acción y qué dispositivos del SEP están involucrados.

- Control primario: este control actúa en un tiempo de entre 2 y 20 segundos. Se afecta de forma local y automática a cada generador síncrono, modificando su velocidad de giro.
- Control secundario: el rango de tiempo de actuación es de 20 segundos a 2 minutos. Este actúa a nivel de la zona de control donde se monitorea la frecuencia y el flujo de potencia respecto a los nodos vecinos.
- Control terciario: el tiempo de actuación es superior a 2 minutos. Se establece a nivel más amplio de un sistema eléctrico, distribuyendo las cargas

D.2. Problemas técnicos

de forma óptima tal que se asegure potencia en reserva que permita actuar ante variaciones. Por lo tanto para este caso los SEP tienen generadores reservados para actuar.

Se muestra en la figura D.2 un ejemplo de control de frecuencia ante la variación de la potencia demandada, en este caso la frecuencia nominal es de 60Hz .

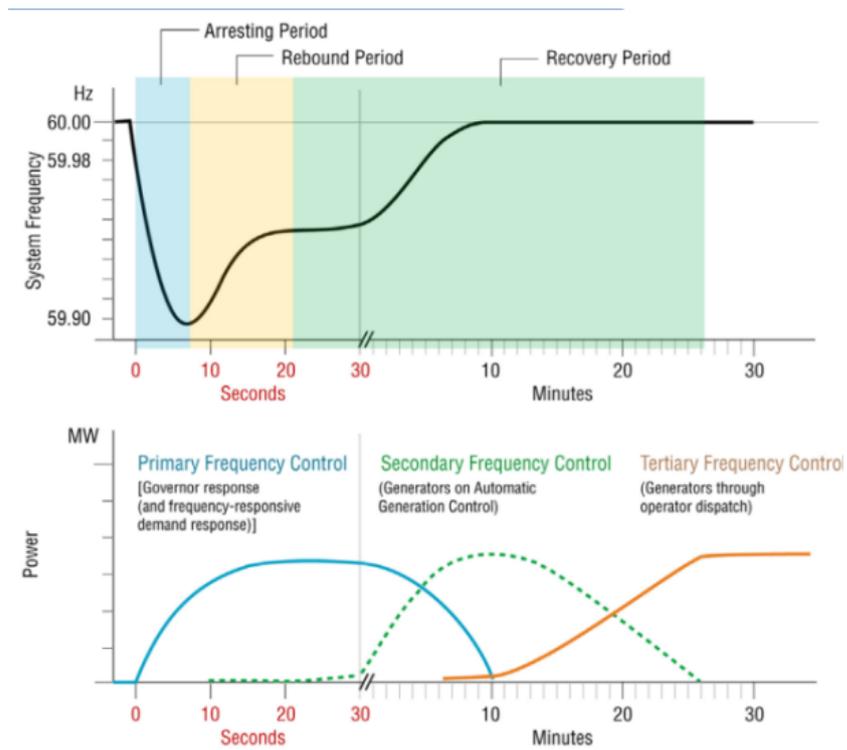


Figura D.2: Control de frecuencia
[112]

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Bibliografía

- [1] *Balance Energético Nacional (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://ben.miem.gub.uy/caracteristicas3.php>.
- [2] *Unite Nations Climate Change, Acuerdo de Paris (Fecha: 04/11/2022)*. dirección: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>.
- [3] *Parque automotor — Ministerio de Industria, Energía y Minería (Fecha: 04/08/2022)*. dirección: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/datos-y-estadisticas/estadisticas/parque-automotor>.
- [4] *Importación de vehículos eléctricos en Uruguay (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://www.pwc.com.uy/es/acerca-de-nosotros/publicaciones/analisis-comex-pwc/ediciones-antteriores/importacion-vehiculos-electricos-uruguay.html>.
- [5] *Renault entrega 30 Kangoo ZE eléctricas a UTE – Motorsports (Fecha: 08/08/2022)*. dirección: <https://motorsports.com.uy/2014/07/renault-entrega-30-kangoo-ze.html>.
- [6] *Lanzamiento: Mitsubishi i-MiEV : Autoblog Uruguay — Autoblog.com.uy (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://www.autoblog.com.uy/2015/06/lanzamiento-mitsubishi-i-miev.html>.
- [7] *Montevideo cuenta con 100 taxis eléctricos en circulación — Intendencia de Montevideo. (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://montevideo.gub.uy/noticias/movilidad-y-transporte/montevideo-cuenta-con-100-taxis-electricos-en-circulacion>.
- [8] *Todo más verde: el transporte colectivo de Montevideo incorporó 30 buses eléctricos : Autoblog Uruguay — Autoblog.com.uy (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://www.autoblog.com.uy/2020/05/todo-mas-verde-el-transporte-colectivo.html>.

Bibliografía

- [9] *Ómnibus eléctricos de Montevideo sustituyeron consumo de 300.000 litros de gasoil durante los primeros seis meses* — *Ministerio de Industria, Energía y Minería (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/omnibus-electricos-montevideo-sustituyeron-consumo-300000-litros-gasoil>.
- [10] *Cutcsa convoca privados para renovar el 100 % de su flota con buses eléctricos - Portal Movilidad: Noticias sobre vehículos eléctricos (Fecha: 10/08/2022)*. dirección: <https://portalmovilidad.com/cutcsa-convoca-privados-para-renovar-el-100-de-su-flota-con-buses-electricos/>.
- [11] *Ya se anuncian los BYD e6 eléctricos como taxi montevideano : Autoblog Uruguay* — *Autoblog.com.uy (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://www.autoblog.com.uy/2015/01/ya-se-anuncian-los-byd-e6-electricos.html>.
- [12] *Primeros taxis eléctricos en Montevideo - AIRBAG (Fecha: 09/08/2022)*. dirección: <https://www.airbag.uy/Airbag/Primeros-taxis-electricos-en-Montevideo-uc281253>.
- [13] *Taxi Eléctrico BYD alcanza medio millón de kilómetros en Uruguay - Portal Movilidad: Noticias sobre vehículos eléctricos (Fecha: 10/08/2022)*. dirección: <https://portalmovilidad.com/taxi-electrico-byd-alcanza-medio-millon-de-kilometros-en-uruguay/>.
- [14] *Movilidad Eléctrica - UTE (Fecha: 21/08/2022)*. dirección: <https://movilidad.ute.com.uy/vehiculos.html>.
- [15] *Nissan Leaf Intelligent Mobility (Fecha: 03/11/2022)*. dirección: <https://www.nissan.com.uy/vehiculo/nuevos-vehiculos/nissan-leaf/intelligent-mobility.html>.
- [16] *Movilidad Eléctrica - UTE (Fecha: 14/06/2022)*. dirección: <https://movilidad.ute.com.uy/carga.html?tab=red-de-carga>.
- [17] *UTE proyecta incrementar a 300 los puntos de carga de movilidad eléctrica* — *Uruguay Presidencia (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://www.gub.uy/presidencia/comunicacion/noticias/ute-proyecta-incrementar-300-puntos-carga-movilidad-electrica>.
- [18] *Viajar en auto eléctrico en Uruguay (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://turismo.gub.uy/index.php/component/k2/item/2999-viajar-en-auto-electrico-en-uruguay>.
- [19] *Movilidad Eléctrica - UTE (Fecha: 05/08/2022)*. dirección: <https://movilidad.ute.com.uy/vehiculos.html?tab=lista-de-vehiculos>.

- [20] UTE, *Mitos y verdades sobre los vehículos eléctricos (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: <https://movilidad.ute.com.uy/faq.html>.
- [21] *Pliego Tarifario UTE*. dirección: <https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/docs/Pliego%20Tarifario%20Vigente%20desde%201%20de%20Enero%20de%202022.pdf>.
- [22] ANCAP, *Precios Combustibles (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: <https://www.ancap.com.uy/2093/1/precios-combustibles.html>.
- [23] *El coche eléctrico — Rincón Educativo (Fecha: 08/08/2022)*. dirección: <https://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/el-coche-electrico>.
- [24] M. 'Ehsani, Y. 'Gao y A. 'Emadi, “Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles,” en *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*, 2.^a ed., 2009, págs. 106-106.
- [25] *El rol de la Electrónica de Potencia en la electromovilidad - Tecnología (Fecha: 17/08/2022)*. dirección: <https://www.electromov.cl/2019/10/08/el-rol-de-la-electronica-de-potencia-en-la-electromovilidad/>.
- [26] *La carga bidireccional será tendencia entre los dueños de VE (Fecha: 18/08/2022)*. dirección: <https://blog.wallbox.com/es/carga-bidireccional/>.
- [27] —, “Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles,” en *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*, 2.^a ed., 2009, págs. 168-176.
- [28] —, “Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles,” en *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*, 2.^a ed., 2009, págs. 375-390.
- [29] D. Linden y T. B. Reddy, *Handbook of batteries*. McGraw-Hill, 2002, ISBN: 0071359788.
- [30] *BU-301a: Types of Battery Cells - Battery University (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://batteryuniversity.com/article/bu-301a-types-of-battery-cells>.
- [31] Jonathan Acosta Canavese, Alejandro Gigena Fernández y Agustín Mosto Silvestri, “Baterías en Vehículos Eléctricos conectados a la Red,” Tesis doct., 2019.
- [32] *Funcionamiento de una batería de ion-litio - El Blog de Ignacio Mártel (Fecha: 22/09/2022)*. dirección: <https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio/2019/02/21/funcionamiento-de-una-bateria-de-ion-litio-pros-y-contras/>.

Bibliografía

- [33] S. Habib y M. Mansoor, “A comprehensive Study of Implemented International Standards, Technical Challenges, Impacts and Prospects for Electric Vehicles,” 2018. dirección: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8307044>.
- [34] P. Keil, “Aging of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles,” inf. téc.
- [35] Michael Heck, Stephan Lux, Matthias Vetter y Julius Schmitt, “Impedance change and capacity fade of lithium nickel manganese cobalt oxide-based batteries during calendar aging,” 2017.
- [36] J. 2018, A. Conde Velasco, J. R. Arribas, J. Nájera y Aitor, “DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MODELO DE BATERÍAS DE ION-LITIO. APLICACIÓN AL ESTUDIO DE SU ENVEJECIMIENTO LIGADO AL TIPO DE RECARGA,” inf. téc.
- [37] Tendencias Tecnológicas, *Los mayores avances en BATERÍAS para coches eléctricos 2022 (Fecha: 25/10/2022)*. dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=hLYwMfVcfgA>.
- [38] *Enovix — 3D Silicon Lithium-ion Battery (Fecha: 25/10/2022)*. dirección: <https://www.enovix.com/>.
- [39] *StoreDot — Charging the EV lifestyle (Fecha: 25/10/2022)*. dirección: <https://www.store-dot.com/>.
- [40] *Group14 — Lithium-Silicon Battery Materials (Fecha: 25/10/2022)*. dirección: <https://group14.technology/en/>.
- [41] *Cuberg — Home (Fecha: 25/10/2022)*. dirección: <https://cuberg.net/>.
- [42] H. Zhang, L. K. Ono, G. Tong, Y. Liu e Y. Qi, “Long-life lithium-sulfur batteries with high areal capacity based on coaxial CNTs@TiN-TiO₂ sponge (Fecha: 25/10/2022),” *Nature Communications*, vol. 12, n.º 1, dic. de 2021, ISSN: 20411723. DOI: 10.1038/S41467-021-24976-Y. dirección: <https://www.oist.jp/news-center/press-releases/speed-and-absorption-key-optimizing-new-type-rechargeable-battery>.
- [43] M. Wang, A. E. Emre, J. Y. Kim y col., “Multifactorial engineering of biomimetic membranes for batteries with multiple high-performance parameters,” *Nature Communications*, vol. 13, n.º 1, dic. de 2022, ISSN: 20411723. DOI: 10.1038/S41467-021-27861-W. dirección: <https://news.umich.edu/1000-cycle-lithium-sulfur-battery-could-quintuple-electric-vehicle-ranges/>.

- [44] *Un caso peligroso. El ánodo de litio metálico se deforma tras varios usos (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Un-caso-peligroso-El-anodo-de-litio-metalico-se-deforma-tras-varios-usos-Las_fig2_340798227.
- [45] *BATERÍAS DE ESTADO SÓLIDO son mejores que las BATERÍAS DE IONES DE LITIO???* - YouTube (Fecha: 25/10/2022). dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=W6Fh7D6mYQ&t=281s>.
- [46] *Finalmente las baterías de estado sólido de TOYOTA llegaron al MERCADO* - YouTube (Fecha: 25/10/2022). dirección: https://www.youtube.com/watch?v=VDc_OTRDm-0.
- [47] *Movilidad Eléctrica - UTE (Fecha: 17/08/2022)*. dirección: <https://movilidad.ute.com.uy/carga.html?tab=que-es-un-save>.
- [48] Schneider, *Soluciones para la E-Mobility (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: <https://www.se.com/es/es/work/products/product-launch/evlink/cargadores-vehiculo-electrico.jsp>.
- [49] H. Louie, “Off-Grid Electrical Systems in Developing Countries,” en *Off-Grid Electrical Systems in Developing Countries*, 2018, págs. 131-131.
- [50] ‘Federico Arismendi’, ‘Pablo Balliva’ y ‘Gonzalo Ermida’, “Baterías de litio en redes de distribución,” Tesis doct., 2015, págs. 61-61.
- [51] *Instalaciones para la carga de vehiculos electricos capitulo 30 (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/docs/C-30.pdf>.
- [52] LugEnergy, *Modos de recarga de vehículos eléctricos (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: <https://www.lugenergy.com/modos-de-recarga-vehiculos-electricos/>.
- [53] *Qué necesito saber sobre modos y tipos de carga de un vehículo eléctrico (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://movilidadelectrica.com/modos-y-tipos-de-carga-de-un-vehiculo-electrico/>.
- [54] Cambio Energetico, *Cargadores de vehículo eléctrico (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: <https://www.cambioenergetico.com/blog/cargador-vehiculo-electrico/>.
- [55] Electromovilidad, *Conectores para la recarga del vehículo eléctrico (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: <http://electromovilidad.net/conectores-para-la-recarga-del-vehiculo-electrico/>.
- [56] *Tipos de Conectores para Coches Eléctricos — Tipo 1 o 2 (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://www.lugenergy.com/tipo-de-conectores-vehiculo-electrico/>.

Bibliografía

- [57] *Guía básica para carga de vehículos eléctricos - tipo 1, 2 y 3 (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: <https://www.electricaplicada.com/guia-basica-carga-vehiculos-electricos/>.
- [58] *CHAdEMO - Wikipedia, la enciclopedia libre (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://es.wikipedia.org/wiki/CHAdEMO>.
- [59] Smart Wallboxes, *Los conectores de carga EV: toda la información que necesitas saber. (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: <https://www.smartwallboxes.com/conectores-de-carga-ev/>.
- [60] *GB/T Standard Fast DC Charging Products for China - Phoenix Contact — Mouser (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://uy.mouser.com/new/phoenix-contact/phoenix-contact-gb-t-fast-dc-china/>.
- [61] *Estos son los principales tipos de conector de carga de coches eléctricos (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://blogthinkbig.com/estos-son-los-principales-tipos-de-conector-de-carga-de-coches-electricos>.
- [62] *Tipos de Conectores para Carros Eléctricos y Dónde encontrarlos en Colombia (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://www.evsy.app/post/tipos-de-conectores-para-evs-colombia>.
- [63] *Movilidad Eléctrica - UTE (Fecha: 23/08/2022)*. dirección: <https://movilidad.ute.com.uy/carga.html?tab=tipos-de-conectores>.
- [64] A. Khaligh y M. D'antonio, "Global Trends in High-Power On-Board Chargers for Electric Vehicles," inf. téc., 2015.
- [65] *SOAP (protocolo de acceso a objetos simples) (Fecha: 18/08/2022)*. dirección: https://www.f5.com/es_es/services/resources/glossary/simple-object-access-protocol-soap.
- [66] OCA, *Open Charge Point Protocol 1.6*. 2017, págs. 8-12.
- [67] —, "Open Charge Point Protocol 1.6," págs. 20-26, 2017.
- [68] *Parking: It's what your car does 90 percent of the time - Autoblog (Fecha: 24/10/2022)*. dirección: <https://www.autoblog.com/2012/06/23/parking-its-what-your-car-does-90-percent-of-the-time/>.
- [69] *Regulación de las tarifas de energía para la movilidad eléctrica en Uruguay - YouTube (Fecha: 29/08/2022)*. dirección: https://www.youtube.com/watch?v=z01Aa7agzAk&t=285s&ab_channel=ProgramaEUROCLIMA%2B.
- [70] *Grupo Fiat: así es su proyecto V2G en Mirafiori, Turín — SoyMotor.com (Fecha: 28/08/2022)*. dirección: <https://soymotor.com/coches/noticias/grupo-fca-v2g-turin-980391>.

- [71] *Vehicle-to-Grid: Fiat quiere convertir su fábrica de Turín en el punto de recarga más grande del mundo - Periodismo del Motor* (Fecha: 29/08/2022). dirección: <https://periodismodelmotor.com/flat-vehicle-to-grid-fiat-turin-punto-recarga-mas-grande-mundo/271132/>.
- [72] Fully Charged Show, *Largest Vehicle-To-Grid Charging Project On The Planet?* (Fecha: 29/08/2022). dirección: https://www.youtube.com/watch?v=L_BYDKz3_Jg&ab_channel=FullyChargedShow.
- [73] O. Ouassama, E. Elhoussin, A. Yassine y G. Edhsan, “Optimal Sizing and Energy Management of Microgrids with Vehicle-to-Grid Technology: A Critical Review and Future Trends,” 2021. dirección: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/14/4166>.
- [74] Chenye Wu, Hamed Mohsenian-Rad, Jianwei Huang y Juri Jatkevich, “PEV-Based Combined Frequency and Voltage Regulation for Smart Grid,” Washington DC, 2012.
- [75] *Peak Shaving: métodos de almacenamiento de energía solar para reducir los picos de carga - Elum Energy*. dirección: <https://elum-energy.com/es/2021/08/25/que-es-el-peak-shaving/>.
- [76] *Qué es el VAN y cómo se calcula - Explicado para principiantes! - YouTube* (Fecha: 25/10/2022). dirección: https://www.youtube.com/watch?v=nv4TQShwdSo&ab_channel=KotaroenEspa%C3%B1ol.
- [77] R. d. L. Franc Buve Paul Klapwijk, *Changelog OCPP 2.0 -2.0.1*. 2020, págs. 28-28.
- [78] L. D. Paul Klapwijk, “Exploring the public Key Infrastructure for ISO 15118 in the EV Charging ecosystem,” inf. téc., 2019, págs. 3-3.
- [79] R. d. L. Franc Buve Paul Klapwijk, *Changelog OCPP 2.0 -2.0.1*. 2020, págs. 204-212.
- [80] OCA, *OSCP 2.0 - Specification*. 2020, págs. 6-8. dirección: <https://www.openchargealliance.org/protocols/oscp-20/>.
- [81] ———, *OSCP 2.0 - Specification*. 2020, págs. 10-17.
- [82] S. Habib, M. Kamran y U. Rashid, “Impact analysis of vehicle-to-grid technology and charging strategies of electric vehicles on distribution networks - A review,” *Journal of Power Sources*, vol. 277, págs. 205-214, mar. de 2015, ISSN: 03787753. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2014.12.020.
- [83] S. Montes de Oca, “Estudio de la gestión de la demanda bajo el paradigma de smart grid,” Tesis doct., 2017. dirección: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20174/1/Mon17.pdf>.

Bibliografía

- [84] *Los Agentes del Mercado Electrico (Fecha: 04/11/2022)*. DOI: LosElectrico. dirección: <https://blog.crea-energia.com/luz/mercado-electrico-espanol/>.
- [85] ADME, *ADME SPOT sancionado horario Julio 2019 (Fecha: 04/11/2022)*. dirección: https://adme.com.uy/mme_admin/sancionado.php.
- [86] I. Susana Bianchi, I. Carolina Pesce, I. Mario Vignolo y D. Magdalena Marinoni, “Análisis regulatorio y tarifario para la recarga de vehículos eléctricos,” inf. téc.
- [87] *Decreto N° 173/010*. dirección: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/173-2010>.
- [88] *Resolución N° 1.895/010 Requisitos generales para la conexión de instalaciones de microgeneración a la red de Baja Tensión de UTE — Ministerio de Industria, Energía y Minería*. dirección: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/institucional/normativa/resolucion-n-1895010-requisitos-generales-para-conexion-instalaciones>.
- [89] *Resolución N° 1.896/010 Requisitos generales para la conexión de instalaciones de microgeneración a la red de Baja Tensión de UTE — Ministerio de Industria, Energía y Minería*. dirección: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/institucional/normativa/resolucion-n-1896010-requisitos-generales-para-conexion-instalaciones>.
- [90] *Resolución N° 42/017 Incorporación de condiciones para el intercambio bidireccional de energía, en los casos comprendidos por el Decreto N° 173/010 — Ministerio de Industria, Energía y Minería*. dirección: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/institucional/normativa/resolucion-n-42017-incorporacion-condiciones-para-intercambio-bidireccional>.
- [91] *Decreto N° 277/002*. dirección: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-reglamento/277-2002>.
- [92] *Decreto N° 27/020*. dirección: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/27-2020>.
- [93] *Normativa Departamental (Fecha: 02/11/2022)*. dirección: <https://normativa.montevideo.gub.uy/articulo/82364>.
- [94] *Normativa departamental - Intendencia de Maldonado (Fecha: 02/11/2022)*. dirección: http://miportal.maldonado.gub.uy/digesto/index.php/detalle_articulo/desplegar_detalle_articulo/3950.
- [95] *Neorol (Fecha: 17/10/2022)*. dirección: <https://www.neorol.com.uy/>.

- [96] *Que es la TIR y cómo se calcula - Explicado para principiantes! - YouTube (Fecha: 25/10/2022)*. dirección: https://www.youtube.com/watch?v=C5SU0xpqHgM&ab_channel=KotaroenEspa%C3%B1ol.
- [97] *Prospectiva de la demanda energética (Fecha: 08/10/2022)*, 2018. dirección: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/publicaciones/estudios-prospectiva-energetica>.
- [98] *Iniciativas - Proyecto MOVÉS (Fecha: 06/08/2022)*. dirección: <https://moves.gub.uy/iniciativas/>.
- [99] *T3 – BYD Auto Uruguay (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://www.byd.com.uy/vehiculos/t3/>.
- [100] *Renault Kangoo ZE (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://renault.com.uy/CountriesData/Uruguay/images/catalogos/Renault-KangooZE.pdf>.
- [101] *The e-up! — Models — Volkswagen UK (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://www.volkswagen.co.uk/en/new/e-up.html>.
- [102] *Ecosistema de capacidades para la gestión de baterías - Proyecto MOVÉS (Fecha: 07/08/2022)*. dirección: <https://moves.gub.uy/iniciativa/ecosistema-de-capacidades-para-la-gestion-de-baterias/>.
- [103] MIEM, *Programa de incorporación de vehículos eléctricos - Convocatoria para todo el país (Fecha: 07/08/2022)*, 2022. dirección: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/convocatorias/programa-incorporacion-vehiculos-electricos-convocatoria-regiones-norte>.
- [104] Ing. Fernando Ron, “UTE y la Movilidad Eléctrica en Uruguay,” dirección: <https://moveatam.org/wp-content/uploads/2021/02/MOVE-UTE-Intro-23-02-2021.pdf>.
- [105] Wikipedia, *New European Driving Cycle (Fecha: 29/10/2022)*. dirección: https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle.
- [106] —, *Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure (Fecha 29/10/2022)*. dirección: https://en.wikipedia.org/wiki/Worldwide_Harmonised_Light_Vehicles_Test_Procedure.
- [107] *File:New European Driving Cycle.svg - Wikimedia Commons (Fecha: 10/08/2022)*. dirección: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:New_European_Driving_Cycle.svg.
- [108] *WLTP - Wikipedia, la enciclopedia libre (Fecha: 09/08/2022)*. dirección: <https://es.wikipedia.org/wiki/WLTP>.

Bibliografía

- [109] *WLTP contra EPA, ¿qué diferencia los ciclos de homologación de autonomía de los coches eléctricos? - Actualidad - Híbridos y Eléctricos — Coches eléctricos, híbridos enchufables (Fecha: 05/08/2022).* dirección: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/wltp-epa-diferencia-ciclos-homologacion-autonomia-coches-electricos/20200820211715037575.html>.
- [110] F. Arismendi, P. Balliva y G. Ermida, “Smartae,” inf. téc., págs. 69-73.
- [111] “ENERGÍA ELÉCTRICA Texto Compilado de Normativas de UR-SEA,”
- [112] S. Arnaltes y M. García Plaza, “IX Asamblea General de REOLTEC Sistemas de Almacenamiento Energético Aplicaciones de Potencia para Eólica,”

Lista de Acrónimos

AC Corriente Alterna. 17

ADME Administración del Mercado Eléctrico. 71, 190

BMS Battery Management System, Sistema de Gestión de Baterías. 16, 17

EMU Energy Management Unit, Unidad de Gestión de Energía. 16

HEV Hybrid Electric Vehicle, Vehículo Híbrido Eléctrico. 168

IMG Instalación de Micro-Generación. 77

MIEM Ministerio de Industria, Energía y Minería. 6, 77, 166, 170

OBC On Board Charger, Cargador a Bordo. 17, 39

SAVE Sistema de Alimentación de Vehículos Eléctricos. 11, 12, 17, 38, 48, 77

SEP Sistema Eléctrico de Potencia. 70, 192

SOC State of Charge, Estado de Carga. 16, 25, 33, 94

SOH State of Health, Estado de Salud. 16

UTE Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas. 7, 9, 11, 12, 38, 72, 73, 77

V2G Vehicle To Grid, Vehículo a la Red. 17

VE Vehículo Eléctrico. 6, 7, 11, 14, 16, 17, 19, 27, 38, 39, 48, 73, 94, 166, 168

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

Índice de tablas

2.1. Evolución en el tiempo de la cantidad de VE en Uruguay	6
2.2. VE en Uruguay [14]	10
3.1. Distintos tipos de compuestos utilizados para el electrodo positivo de las baterías de iones de litio	28
4.1. Potencia y conexión según carga	41
5.1. Ejemplo de valores de previsión de capacidad	62
7.1. Cantidad de SAVEs en circuitos colectivos	83
7.2. Cotizaciones obtenidas	86
7.3. Ejemplo flujo de caja	88
7.4. Ejemplo cálculo de VAN	89
7.5. Relación entre costo de tarifas y neto del proyecto	91
7.6. Ejemplo despliegue de factura edificio	100
7.7. Ejemplo despliegue de factura edificio más el pago a los VE descargando	101
9.1. Detalle de facturación mensual centro comercial	118
9.2. Detalle de facturación mensual centro comercial	121
9.3. Detalle de inversión para Parking Escenario 1	122
9.4. Flujo de caja, cálculo de TIR y VAN del escenario 1	122
9.5. Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN del escenario 1 con tarifa al 90%	123
9.6. Detalle de inversión para Parking Escenario 1 con cargadores óptimos.	123
9.7. Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN del escenario con cargadores óptimos	124
9.8. Costo VE cargando en llano o punta durante 1,5hs	124
9.9. Energía vendida por tramo horario en el primer escenario de la sección 9.2.1.3	126
9.10. Flujo de caja, cálculo de TIR y VAN del escenario 2.	127
9.11. Resultados de los escenarios con parking nocturno	130
9.12. Detalle de inversión para Parking con cargadores óptimos de 22kW.	131
9.13. Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN del escenario con cargadores optimos 22kW.	132

Índice de tablas

9.14. Flujo de caja, cálculo de TIR y VAN del escenario nocturno 22kW.	134
9.15. Flujo de caja, cálculo de TIR y VAN del Escenario 5	136
9.16. Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN del escenario con parking bidireccional 7.4kW	139
9.17. Comparación de la rentabilidad de distintos escenarios en base a la tarifa	140
9.18. Detalle de facturación mensual centro de espectáculos	142
9.19. Detalle de inversión para Parking en Centro de espectáculos	145
9.20. Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN	146
9.21. Detalle de facturación mensual centro comercial con parking instalado	147
9.22. Flujo de caja y cálculo de TIR y VAN	150
9.23. Detalle de facturación mensual de la fábrica	151
9.24. Cálculo de TIR y VAN del parking variando tarifa y factor de re- petición	155
B.1. Características del ciclo NEDC	175
B.2. Características ciclo condición WLTP clase 1	176
B.3. Características ciclo conducción WLTP clase 2	177
B.4. Características ciclo conducción WLTP clase 2	178

Índice de figuras

1.1. Histórico de emisiones de CO2 en Uruguay	2
2.1. Gráfica de barras cantidad de VE en Uruguay por año	7
2.2. Primeros VE en Uruguay	8
2.3. Ómnibus eléctricos en Uruguay	8
2.4. Primer taxi eléctrico en Uruguay	9
2.5. Ruta eléctrica Uruguay Agosto 2022	11
2.6. SAVE en estación ANCAP	12
3.1. Componentes básicos de un VE	15
3.2. Esquema básico del tren eléctrico de un VE	16
3.3. Esquema del Sistema de Gestión de Baterías	17
3.4. Carga AC y Carga DC	18
3.5. Topología Inversor principal de un EV	19
3.6. Esquema de una celda	22
3.7. Descarga de una celda	23
3.8. Carga de una celda	23
3.9. Curva de descarga de una batería	24
3.10. Curvas de descarga a distintos C_{rates}	25
3.11. Comparación entre distintas composiciones de las baterías de litio .	28
3.12. Valores típicos de las distintas baterías de iones de litio según su química	29
3.13. Representación de una celda de una batería de litio	30
3.14. Diagrama físico interno de una batería de ion litio cilíndrica	31
3.15. Carga CC-CV	32
3.16. Descarga de celdas de litio	32
3.17. Peligro de las dendritas en baterías de iones de litio	35
4.1. Distintos tipos de SAVE en Uruguay	38
4.2. Conversor Bidireccional de IGBT's con diodos antiparalelos	39
4.3. Tipos de Conexión	40
4.4. Modos de carga de un VE	42
4.5. Conector Schuko	43
4.6. Conector Tipo 1 o Yasaki	44
4.7. Conector Tipo 2 o Mennekes	44

Índice de figuras

4.8. Conector Tipo 3 o Scame	45
4.9. Conector Tipo 4 o CHAdeMo	45
4.10. Conectores CCS2 y CCS1	46
4.11. Conector GB/T	47
4.12. Conector Tesla	47
4.13. Conectores funcionamiento en DC y AC	48
4.14. Comunicación entre punto de carga y el centro de control para realizar una sesión de carga a un VE	50
4.15. Topología de equilibrio de carga	51
4.16. Topología de la carga inteligente a través del centro de control	52
4.17. Topología de carga inteligente local	52
5.1. Red de distribución con tecnología V2G	55
5.2. Aplicación V2H	57
5.3. Diagrama PQ de un VE	58
5.4. Gráfica de control de picos de consumo	59
5.5. Modelo definido por OSCP 2.0	61
5.6. Gráfica en el tiempo del ejemplo de valores para la previsión de capacidad	63
5.7. Diagrama de comunicación en donde CP distribuye capacidades a FP	64
5.8. Diagrama de comunicación cuando el CO genera un óptimo	66
6.1. Mercado eléctrico	70
6.2. Tarifa UTE Medianos Consumidores	73
6.3. Tarifa UTE Grandes Consumidores	74
6.4. Rangos horarios de tarifas UTE para MC y GC	75
6.5. Tarifa UTE Movilidad Eléctrica vía pública	76
7.1. Unifilar del Modelo utilizado	82
7.2. Unifilar del Parking	83
7.3. Bosquejo de vista aérea del Parking	84
7.4. Gráfica de ejemplo de la curva de carga de un edificio más un parking V2G	87
7.5. Diagrama de flujo de la aplicación	92
7.6. Flujo parabólico	97
7.7. Flujo rectangular	98
7.8. Ejemplo gráfica generada por la función tabla costos	101
8.1. Primera pantalla de la interfaz gráfica	104
8.2. Segunda pantalla	105
8.3. Parámetros a elegir dentro en la segunda pantalla	106
8.4. Ejemplo gráfica potencia	107
8.5. Ejemplo gráfica plazas	108
8.6. Ejemplo gráfica potencia en el tiempo	108
8.7. Tabla Factura Original en la segunda pantalla de la interfaz	109
8.8. Tabla Factura Simulada en la segunda pantalla de la interfaz	110

8.9. Tabla de capex en la segunda pantalla de la interfaz	110
8.10. Tabla de ingresos en la segunda pantalla de la interfaz	111
8.11. Tabla de ahorro en la segunda pantalla de la interfaz	111
8.12. Tabla de OPEX en la segunda pantalla de la interfaz	112
8.13. Tabla de rentabilidad en la segunda pantalla de la interfaz	112
8.14. Botones segunda pantalla de la interfaz	113
9.1. Curva de Demanda Centro Comercial	117
9.2. Horario de concurrencia al Centro Comercial	119
9.3. Potencia activa considerando Parking	120
9.4. Flujo de VE - Escenario 1	121
9.5. SOC representativos - Escenario 1	125
9.6. Potencia activa considerando Parking - Escenario 2	126
9.7. Flujo de VE - Escenario 2	127
9.8. Potencia activa considerando Parking - Escenario 3	128
9.9. Plazas ocupadas en Escenario 3	129
9.10. Potencia activa consumida en un parking con SAVE 22kW	131
9.11. Flujo de VE - Escenario 4	132
9.12. Flujo de VE - Escenario 4	133
9.13. Potencia de carga de los VE - Escenario 4	134
9.14. Gráfica de potencia en el tiempo Escenario 5	136
9.15. Ocupación del parking en el tiempo Escenario 5	137
9.16. Potencia de carga de los VE en el tiempo Escenario 5	137
9.17. Gráficas de simulación solo compra energía a los VE	138
9.18. Comparación de la rentabilidad de distintos escenarios en base a la tarifa	140
9.19. Curvas de Demanda Centro de Espectáculos	141
9.20. Curva de Demanda en día de Espectáculos con parking instalado .	143
9.21. Curva de Demanda en día sin Espectáculos con parking instalado	144
9.22. Flujo de VE en centro de espectáculos	145
9.23. Potencia en el tiempo del centro de espectáculos con V2G	148
9.24. VE en el tiempo del centro de espectáculos con V2G	149
9.25. Curva de demanda de la fábrica	151
9.26. Gráfica de potencia con SAVES de 22kW	153
9.27. Cantidades de VE en parking	153
9.28. Tarifas utilizadas para la Fábrica	154
9.29. Resultados obtenidos para la Fábrica	156
A.1. BYD T3	166
A.2. Renault Kangoo ZE	167
A.3. VW e-Up!	167
A.4. JAC e-S1	168
A.5. Ecosistema para gestión de baterías	170
A.6. Logo de programa Subite	170
B.1. Gráfica velocidad en función del tiempo ciclo NEDC	174

Índice de figuras

B.2. Gráfica velocidad en función del tiempo ciclo WLTP clase 1	175
B.3. Gráfica velocidad en función del tiempo ciclo WLTP clase 1	176
B.4. Gráfica velocidad en función del tiempo ciclo WLTP clase 3	177
B.5. Gráfica velocidad en función del tiempo para ciclo UDDS	178
B.6. Gráfica velocidad en función del tiempo para ciclo HWFET	179
C.1. Ejemplo primera pantalla de la interfaz	182
C.2. Ejemplo segunda pantalla de la interfaz con determinados datos elegidos	183
C.3. Factura simulada del ejemplo	184
C.4. CAPEX del ejemplo	184
C.5. Ingresos del ejemplo	185
C.6. Ahorros del ejemplo	185
C.7. OPEX del ejemplo	185
C.8. TIR del ejemplo	185
C.9. Gráfica de potencia del ejemplo	186
C.10. Gráfica de plazas del ejemplo	186
C.11. Gráfica de potencia en el tiempo del ejemplo	187
D.1. Curva de Demanda Uruguay 16-06-2022 según ADME	190
D.2. Control de frecuencia	193

Estudio de la Rentabilidad de Instalar Parkings de Vehículos Eléctricos en Uruguay

1^{er} Agustín Borrell
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República
Montevideo, Uruguay

2^{do} Santiago Deana
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República
Montevideo, Uruguay

3^{er} Manuel Hernández
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República
Montevideo, Uruguay

Resumen—Este artículo se abordan posibles aplicaciones de parkings con cargadores de vehículos eléctricos en Uruguay. Se analizan las opciones unidireccionales y bidireccionales de los mismos como agentes de un nuevo mercado de negocio con la energía eléctrica.

Se evalúa la viabilidad de este tipo de proyectos mediante la observación de diversas simulaciones.

Se aborda el concepto de V2G y su aplicación al proceso de peak shaving en distintos tipos de edificios como centros comerciales, lugares de espectáculos o fábricas industriales.

Se mencionan los aspectos legales que actualmente involucran la instalación de baterías en la red de distribución eléctrica y se analiza posibles cambios que pueden sufrir las normativas vigentes con el surgimiento de este tipo de proyectos.

Durante las simulaciones realizadas los edificios serán beneficiados mediante la venta del servicio de carga a los usuarios de los vehículos eléctricos y también mediante el ahorro de energía, comprándole a los vehículos que se descarguen a través del parking. Por otro lado se verá reflejada la oportunidad que tendrá el usuario de poder elegir el uso de su batería como otro medio de remuneración.

Index Terms—Vehículo eléctrico, V2G, Peak Shaving, Rentabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

I-A. Motivación

La necesidad del uso de nuevas fuentes de energías eléctrica viene tomando cada vez más relevancia e incidiendo en la economía mundial. Las energías renovables más utilizadas en la actualidad son las ya conocidas: hidráulica, eólica y solar. Sin embargo, todas presentan una gran desventaja; su dependencia con el clima y la aleatoriedad que este presenta. Sin importar si el viento está soplando o si el sol está brillando la red necesita ser abastecida. De no tener estos recursos renovables en el momento, la energía necesita ser comprada a plantas de reserva, por ejemplo, las que funcionan a base de combustibles fósiles, lo que significa mayor contaminación e incremento de los precios de la energía durante las horas pico.

En Uruguay la mayor emisión de CO_2 proviene en primer lugar del sector transporte y en segundo lugar de las centrales eléctricas de combustibles fósiles. [1]

II. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es analizar la incorporación de cargadores de vehículos eléctricos unidireccionales y bidireccionales en edificios que ya cuenten con un parking como estacionamiento.

Además crear un software como herramienta para enriquecer el estudio con una mejor interacción a través de simulaciones. Recreando el comportamiento diario de un parking con cargadores y representando el flujo de vehículos entrando, saliendo y su disposición de cargar o descargar.

A partir de las simulaciones, determinar posibles escenarios de rentabilidad del proyecto y obtener los factores clave para que el mismo pueda partir de una base sólida. Encontrar los principales aspectos que se deben de cumplir a nivel global para que se pueda llevar a cabo.

III. CONTEXTO ACTUAL DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN URUGUAY

La flota de vehículos eléctricos está creciendo en todas partes del mundo, y Uruguay no es la excepción. En la tabla I se muestra la evolución de la cantidad de VE en Uruguay a partir de 2017 hasta 2021, diferenciados según tipo de vehículo definidos por el Ministerio de Industria, Energía y Minería(MIEM), de donde fueron extraídos los datos. [6] Por otro lado se muestra la Figura 1 de barras con estos datos, donde se ve claramente el crecimiento exponencial.

	Autos	Utilitarios	SUV	Taxis	Camiones	Ómnibus	Total
2017	14	64	2	21	0	1	102
2018	14	112	5	44	0	1	176
2019	30	136	10	61	0	2	239
2020	51	167	37	76	1	32	364
2021	231	295	243	88	51	32	940

Cuadro I

EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO DE LA CANTIDAD DE VE EN URUGUAY

A modo de comparación con el resto del mundo, se muestra en la Figura 2 la cantidad de vehículos por punto de carga de acceso público en los principales países.

En la actualidad en Uruguay hay unos 1.500 vehículos eléctricos y 150 cargadores aproximadamente. Por lo tanto

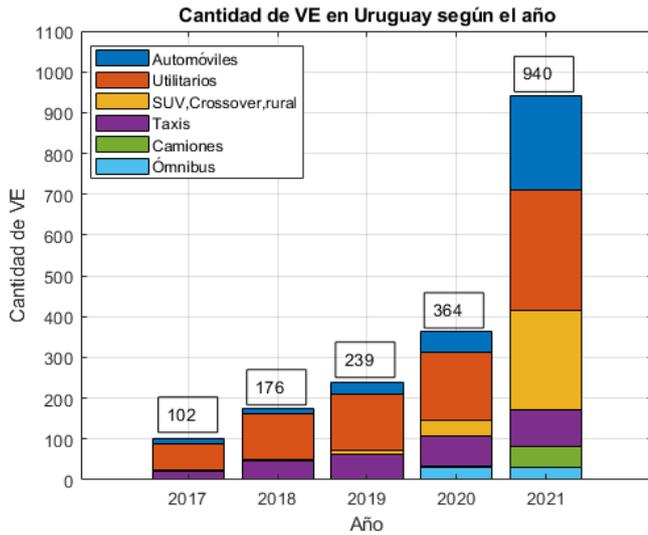


Figura 1. Gráfica de barras cantidad de VE en Uruguay por año

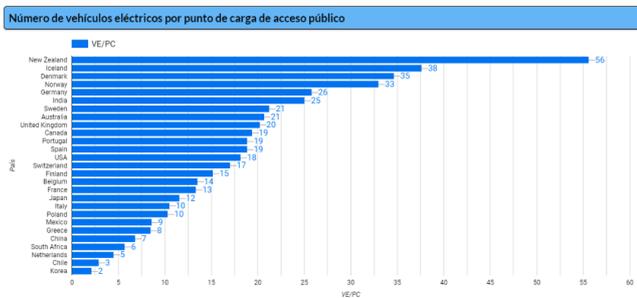


Figura 2. Gráfica de número de vehículos eléctricos por punto de carga de acceso público

[7]

esta tasa en Uruguay es de 10. Por lo tanto Uruguay esta al nivel de las grandes potencias.

IV. MERCADO ELÉCTRICO

Un mercado es el lugar donde se encuentra la oferta y la demanda de productos y servicios y se determinan los precios. Para el caso de un mercado eléctrico el producto es la energía y el servicio asociado son todas las actividades que requiere desde su generación al consumidor final. En el caso de los mercados eléctricos las actividades económicas correspondientes refieren a generación, transmisión, distribución y comercialización. Cada una aporta al mercado sus costes asociados a los servicios que conlleva y da forma a agentes que participan en esos servicios. [8]

IV-A. Mercado eléctrico en Uruguay

El mercado mayorista eléctrico uruguayo, tiene como comprador principal a UTE. Los grandes consumidores podrían optar por comprar energía a otros actores pagando determinados costos a UTE por el uso de la red.

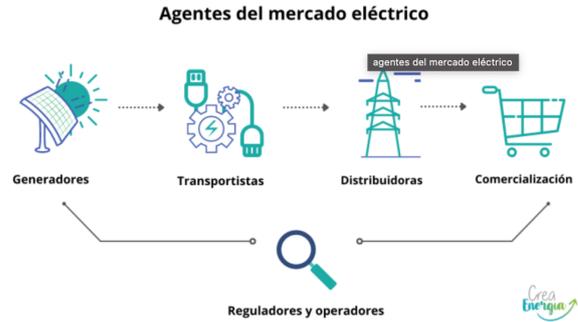


Figura 3. Mercado eléctrico [9]

Como UTE termina siendo el comprador principal y en algunos casos exclusivo, las generadoras terminan entrando en competencia, no por generación en sí misma, sino por la construcción y operación de las plantas.

Por otro lado también es el único agente de comercialización con los usuarios finales, dando como resultado el completo monopolio del mercado minorista.

IV-B. Smart Grid - Red inteligente

La recopilación de datos en tiempo real con medidores inteligentes (Smart meters), ha brindado a los usuarios la información relevante de su consumo energético. Esto motiva a que los consumidores tiendan a tener un mayor control de sus consumos, lo que ayuda en mejorar la gestión energética de cada uno. La micro-generación comienza a tener un rol más importante donde los usuarios conociendo el momento cuando tienen un excedente de su generación pueden optar por brindarlo a la red. De igual forma en aquellos usuarios que cuentan con almacenamiento de energía como por ejemplo la batería de un VE puedan dar uso de una red eléctrica de manera bidireccional.

Para que este plano sea real es necesario un nuevo tipo de agente. Este debe ser capaz de coordinar las decisiones de los usuarios en cuanto a la entrega o consumo de la red. También es necesario desarrollos de plataformas que brinden a los usuarios la opción de tener una planificación de uso de sus cargas. Genera la posibilidad de decidir con mayor facilidad si volcar o consumir energía de la red. Estos agentes deben facilitar la intermediación de venta y consumo de la energía y proporcionar a los usuarios tarifas razonables a la escala del mercado minorista de energía.

Esto último daría lugar a nuevas alternativas de negocio y rompería el actual esquema de la red eléctrica. Smart grid conlleva a una descentralización de la generación donde no exista un camino lineal de consumo de energía, sino que los mismos usuarios puedan ser generadores y a las vez consumidores. [8]

V. DECRETOS Y NORMATIVAS

La instalación de un parking de VE involucra cambios en el esquema eléctrico del edificio inversor. Estos cambios

conlleven el hecho de considerar los aspectos económicos y legales. Esta sección presenta los principales aspectos a tener en cuenta para la instalación del parking.

Teniendo en cuenta este punto de vista, un parking con cargadores de VE eléctricos que brinde el servicio bidireccional de energía, de fácil acceso para los usuarios, es uno de los tantos agentes que podría tener una smart-grid. [8]

V-A. Tarifas

Para poder realizar un estudio sobre el impacto de los parking de VE en la facturación mensual de energía eléctrica de distintos tipos de edificios se presentan los esquemas tarifarios de medianos y grandes consumidores.

UTE clasifica a los medianos consumidores como aquellos que poseen una potencia contratada mayor o igual a 10kW, y las tarifas específicas que ofrece son opcionales. Las tarifas MC2 y MC3 sólo pueden ser solicitadas si el consumidor tiene una potencia contratada por debajo de 250kW.

Para los grandes consumidores pasa de manera similar salvo que la potencia contratada debe ser mayor o igual a 200kW.

La facturación se da de acuerdo al siguiente esquema:

- **Por energía:** Se mide mes a mes el consumo de energía eléctrica en kWh. Se registran tres valores distintos, uno por tramo horario. Se multiplican cada uno de ellos por el valor correspondiente a la tarifa contratada.
- **Por potencia máxima medida:** Se registra el valor máximo de potencia tomada de la red en cada uno de los tres tramos horarios. Se aplica el valor correspondiente a cada uno. Existe la posibilidad de que el pico de potencia esté por debajo o por encima de la potencia contratada, y son tratados de distinta manera. Si se pasa de la contratada, existe un recargo por potencia excedentaria que se suma a la facturación. En cambio si está por debajo, puede que no se cobre el valor del 100% de la potencia contratada, sino un porcentaje de la misma con la condición de que el pico estuvo por debajo de este valor. Pero esto depende de la tarifa contratada y se detallará más adelante.
- **Cargo fijo:** Se cobra un costo fijo mensual, independientemente de la potencia y energía consumidas. Este cargo contempla entre otras cosas el mantenimiento de la red eléctrica.

UTE tiene establecida una tarifa específica para la carga de VE en vía pública. La misma está detallada en el pliego tarifario y se presenta en la Figura 4.

TARIFA de MOVILIDAD ELÉCTRICA

Para la carga de energía a vehículos eléctricos en puestos de carga ubicados en la vía pública. La habilitación para utilizar el puesto de carga requiere tramitar tarjeta de identificación específica.

1. Cargos por consumo de energía:

Punta	\$/kWh	16,335
Llano	\$/kWh	6,253
Valle	\$/kWh	3,363

2. Periodos horarios:

Los cargos por energía se distribuyen en tres periodos horarios, durante todos los días que integran la factura mensual, de acuerdo al siguiente detalle.

- horas Punta: de 18:00 a 22:00 hrs.
- horas Llano: de 07:00 a 18:00 y de 22:00 a 24:00 hrs.
- horas Valle: de 00:00 a 07:00 hrs.

Figura 4. Tarifa movilidad eléctrica

V-B. Aspectos legales

Al momento de instalar un parking de VE es natural que surjan muchas dudas sobre el alcance que se puede llegar a tener sobre el manejo de energía.

En la actualidad, está permitida la venta de energía a través de la inyección a la red, como lo hacen por ejemplo las instalaciones de micro-generación. El decreto N° 173/010 avala la instalación de plantas generadoras a partir de energías renovables como por ejemplo solar, eólica, biomasa o mini-hidráulica. [?] Las resoluciones ministeriales N° 1895/010, N° 1896/010 y posteriormente N° 42/017 efectuadas por el MIEM establecen las condiciones generales que deben cumplir estas instalaciones. [?] [?] [?] Los fundamentos claramente son el fomento del uso de este tipo de energías, el aprovechamiento de los recursos renovables que posee Uruguay distribuidos a lo largo de todo el territorio, y que la generación para autoconsumo tiene beneficios importantes para la economía y el medio ambiente.

En primera plana aparece la pregunta: *¿se puede vender energía eléctrica a los usuarios de VE?* La realidad es que todavía no hay ningún decreto que avale esto. Hace falta regulación a este punto, y como bien nombran en el decreto N° 42/017: *“...las diferentes etapas de la curva de aprendizaje hacen necesario adecuar la normativa vigente”*. Hoy en día, las empresas que tratan con cargadores de VE legalmente no están vendiendo energía, sino que están ofreciendo un servicio de carga al cliente. Existen contratos en que los SAVES instalados son propiedad de UTE, por lo tanto se aplica la tarifa de movilidad eléctrica para la venta de energía y el edificio no percibe beneficio alguno. Solamente es una estrategia de marketing. Distinto es el caso en que un privado decida instalar SAVES en su establecimiento, en este punto el precio de venta queda a criterio de la empresa. Esto refuerza la idea de que se necesita una regulación a esta actividad. Los privados no se atreven a invertir en cargadores para ofrecer el servicio de cargar energía, por el hecho de que pueda surgir una norma que no les permita realizar esta actividad.

Puede que la carga de VE no tenga mayores cuestionamientos, pero *¿qué sucede con la descarga? ¿es posible comprar energía a los usuarios?, la energía comprada, ¿puede ser revendida a la red buscando beneficios económicos?*

Como primer pensamiento, tal vez la inyección de potencia por parte de un parking de VE podría tratarse como una especie de micro-generación, pero esto actualmente tiene ciertas limitantes.

Como primer punto, la micro-generación tiene establecida una potencia máxima de 150kW. Como se verá más adelante en el presente trabajo, se tratará con parkings de potencias mayores a esta.

Como segundo punto, la instalación de los edificios a estudiar se considera en la red de Distribución de UTE con conexión a media tensión, que varía en ciertos aspectos con la micro-generación en baja tensión. Si se participa del Mercado Mayorista, existe la posibilidad de trabajar como autoprodutor y formar parte de la generación distribuida. El Artículo 41 del Decreto N° 277/002 establece que podrán comercializar, a un precio libremente convenido, su producción con otros Participantes del Mercado Mayorista incluido el Distribuidor a cuya red están conectados. [?] Sin embargo, si se participa del Mercado Mayorista, se queda excluido del pliego tarifario de UTE. Por lo tanto el edificio no podría participar del Mercado Minorista.

Un punto clave a tener en cuenta sobre estas preguntas es que en el presente trabajo se van va estar utilizando baterías en la instalación. El Decreto N° 27/020 autoriza a generar energía eléctrica a partir de una instalación de baterías (sistema de acumulación) a aquellos que operen en paralelo y que no inyecten energía a la red. [?] De manera que queda establecido no poder vender la energía a la red, pero sí autoconsumirla. Aunque como se ha nombrado, las normativas y los decretos requieren a veces de modificaciones para adecuarse a las nuevas circunstancias. Se cita el Artículo 4 del Reglamento de Distribución Eléctrica que define los motivos de modificaciones al reglamento: "a) Existen situaciones que afectan a la actividad de distribución y que no fueron previstas en el Reglamento de Distribución vigente. b) La experiencia en la aplicación del Reglamento demuestra que es posible realizar cambios que mejoren significativamente el logro de los objetivos regulatorios o es necesario eliminar distorsiones o resultados contrarios a los objetivos de la Ley o inconsistencias entre Reglamentos. c) En la aplicación e implementación del Reglamento surgen conflictos por diferencias de interpretación y es necesario dar mayor claridad o detalle."

También es una realidad que el modelo de generación en Uruguay está cambiando con respecto a la estructura clásica que se conoce de Generación/Trasmisión/Distribución. Cada vez más está presente el concepto de generación distribuida, dónde los consumidores finales tienen su propia generación en el lugar de consumo. Esto aprovecha la red de forma diferente, donde no hay un solo punto de generación lejano, sino varios más pequeños pero más cercanos. Esto ayuda, entre otras cosas, a reducir pérdidas y mejorar los perfiles de tensión en algunas zonas.

Ya que el uso de baterías en la instalación no permite la inyección de energía a la red, *¿qué sucede con la compra de energía a los VE? ¿es posible comprar energía para su uso*

local? La respuesta es que desde el punto de vista tecnológico están las condiciones dadas. Como se mencionó en capítulos anteriores, la instalación de cargadores bidireccionales ya está siendo implementada y los protocolos de comunicación están en el auge de su desarrollo. Lamentablemente se termina en la misma conclusión que para la carga de los VE. No existe regulación alguna de esta actividad ni tampoco ningún decreto o normativa que la avale. Hoy en día es posible alquilar un generador a combustible, o poseer uno, y alimentar cargas sin necesidad de la red de UTE, entonces, *¿por qué no lo sería para los VE?* Podría tratarse la compra de energía a los usuarios de VE como el "alquiler" de su servicio de generación. Esto no quita la idea de que es necesaria una regulación de este escenario.

Esto se debe a que si en algún momento sucede que a gran escala, muchos edificios comienzan a utilizar la tecnología V2G, generaría un impacto en la red. La misma tendría una curva de demanda menor. El despacho de carga de Uruguay debería tener esto en cuenta. El Decreto N° 277/2002 artículo 39, obliga a los autoprodutores a informar al DNC sobre su consumo propio y generación para el día siguiente. [?]

Siguiendo la línea de lo descrito, otro punto a tener en cuenta en este análisis es que las baterías no son del propietario de la instalación, por lo tanto, *¿cómo se maneja esta situación?* No se tiene control sobre la energía disponible ni del uso de la misma, por lo que no podría considerarse que disponga de una acumulación de energía. Esta situación no quita la idea de que el uso de esta energía es una posible manera de crear un nuevo esquema de comercio, que a su vez ayude a resolver problemas técnicos en la red.

VI. MODELO ELÉCTRICO

A continuación se presenta el modelo del parking utilizado para el análisis del proyecto.

La Figura 5 muestra el unifilar general de la instalación.

Como se puede observar, el parking es una carga adicional al edificio. Cada edificio cuenta con un tablero general en donde se encuentra un interruptor general y otros interruptores que van a distintos tableros de distribución. En dicho tablero general se debe agregar un nuevo interruptor, que irá al tablero de distribución del parking. Por lo tanto se genera el nodo Edificio/Parking del lado de baja tensión del transformador de potencia. La tensión de alimentación en media tensión dependerá del tipo de edificio a analizar, pudiendo ser la misma en 6,4kV, 22kV o 31,5kV.

La distribución de energía para el parking se presenta en la Figura 6. De acuerdo al capítulo 30 del reglamento de baja tensión para instalación de SAVEs de UTE indica que los circuitos colectivos, es decir, una línea repartidora que alimenta varios cargadores, tiene una cantidad límite según el modo de carga que utilicen los SAVE. En el caso del presente estudio el modo de carga es modo 3, por lo tanto los circuitos colectivos deben tener 3 cargadores por rama.

La disposición física que se consideró para los cargadores y las canalizaciones se representa en una vista aérea en la Figura 7.

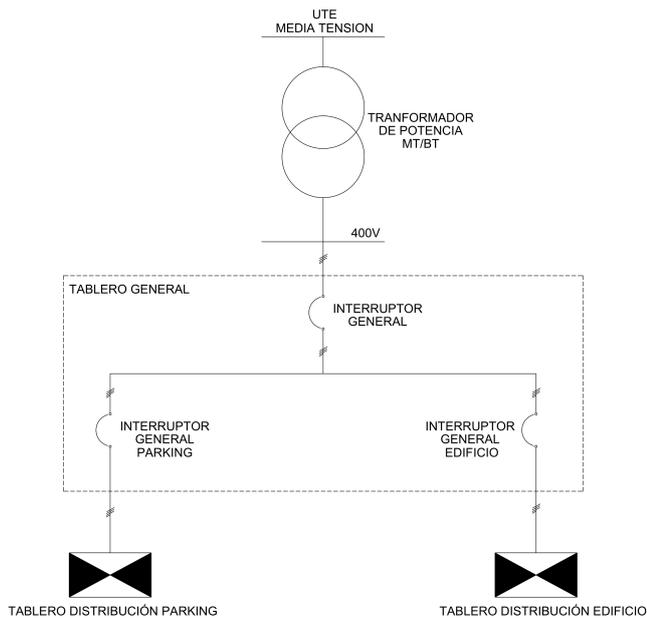


Figura 5. Unifilar del Modelo Utilizado

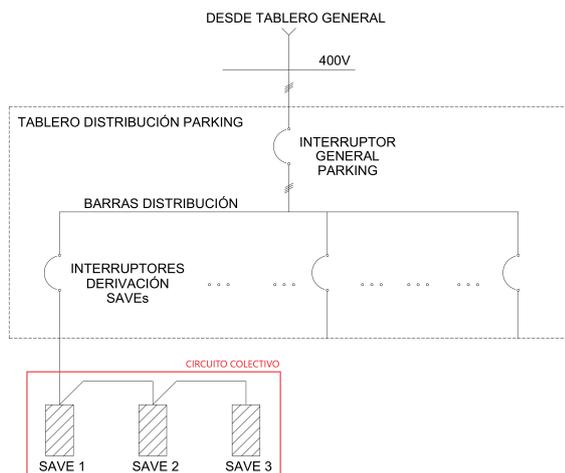


Figura 6. Unifilar del Modelo Utilizado

El bosquejo de la figura 7 representa un “bloque”. En el mismo se encuentra una calle para la circulación en ambos sentidos de los vehículos, 12 plazas de estacionamiento y 12 SAVEs repartidos en 4 circuitos colectivos. El ancho de la calle se consideró de 6m, y las dimensiones de cada plaza se consideraron: Largo = 4.85m, Ancho = 2.45m y Alto = 2.40m. [10] [11] Este bloque será la base para calcular la inversión en canalizaciones y conductores. Si el parking necesitase más de 12 SAVEs, se repite este bloque de forma vertical. Se continúa la secuencia calle-plazas de forma de ir agrupando varios bloques hasta llegar a la cantidad de SAVEs necesarios. A modo de ejemplo si se necesitan 28 SAVEs, se considerará la unión de 3 bloques.

El dimensionado eléctrico del parking fue pensado para un

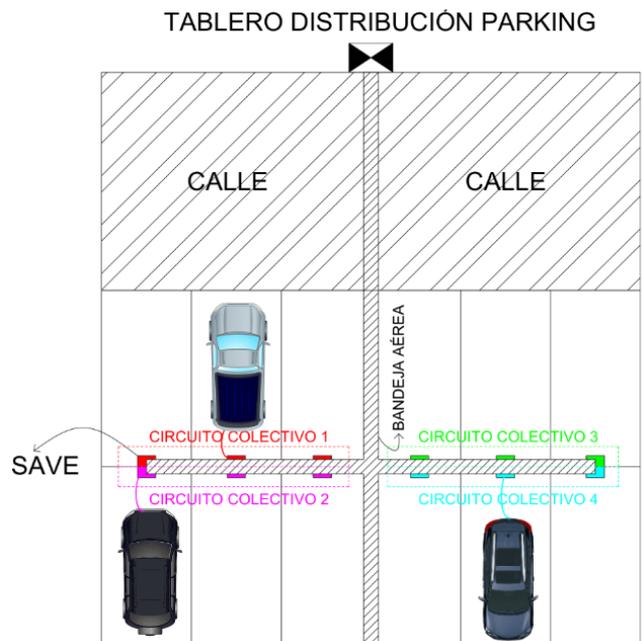


Figura 7. Vista aérea del parking

tablero distribución de baja tensión de 1000A, en 400V. Siendo conservadores se utilizaron 800A destinados al parking, lo que se traduce en 555kW aproximadamente y otros 200A como reserva. La hipótesis de la potencia del parking se hizo teniendo en cuenta que los edificios que se consideran para el estudio soportan esta potencia.

VII. MODELADO ECONÓMICO

VII-A. Inversión

En base al modelo eléctrico se calcula la inversión de la instalación del parking. Cabe destacar que se tuvo en cuenta los grandes costos que tiene la misma. No se hizo un análisis riguroso, ya que lo que se pretende es obtener a grandes rasgos la rentabilidad de la misma. Por lo tanto la inversión considera los siguientes materiales:

- Interruptor general de 1000A añadido al tablero existente del edificio
- Tablero de distribución con interruptores secundarios para cada línea repartidora, de 700kW(1000A).
- SAVEs: pueden ser unidireccionales o bidireccionales. De potencias 7,4kw o 22kw, monofásicos o trifásicos respectivamente. Se consideró oportuno tener en cuenta dos tipos de cargadores con potencias distintas para evaluar diferencias a la hora de realizar las simulaciones.
- Conductores.

Los primeros conductores a dimensionar son los que van desde el nuevo interruptor hasta el tablero del parking. Al tener una corriente de 1000A, según el catálogo de cables [12] un conductor unipolar de 300mm soporta 780A, se propone por lo tanto instalar 2 cables unipolares por fase.

Además se instalan dos cables unipolares de la mitad de sección, 300mm uno para el neutro y otro para la tierra. Para el cálculo de la sección de conductores se tuvo en cuenta un factor de simultaneidad 1 entre SAVES. Como fue mencionado los tipos de SAVES a utilizar son de 7,4kW o 22kW. Se analizará su desempeño y se evaluarán las inversiones correspondientes para ver la rentabilidad de la instalación. Por lo tanto, para las distintas configuraciones se necesitan distintas secciones de conductores.

Para una agrupación de 3 SAVES de 22kW se considera el tendido de un conductor 5x35mm² (3F+N+T). La potencia demandada por la derivación en este caso es de 66kW. Estos cargadores son trifásicos por lo que a una tensión de 400V, circulará una corriente máxima de 96A. Según catálogos de fabricantes este conductor soporta hasta 100A en las condiciones de instalación dadas.

Para el caso de cargadores de 7,4kW, se tiene una demanda de 22,2kW por bloque de a 3. Considerando que estos cargadores son monofásicos, la corriente necesaria a una tensión de 230V es nuevamente de 96A. Por lo tanto el conductor utilizado es de 3x35mm² (2F+T).

- Canalizaciones: se consideraron bandejas de 400mm de ancho por 65mm de alto. Se eligió este tipo de bandeja ya que es una medida standard y además ajusta bien para los cables a transportar. En el caso de que los SAVE son de 7.4kW, la cantidad máxima de cargadores a instalar será de 74, donde se considero simultaneidad 1 y una corriente de 800A(555kW aprox). El conductor, en este caso, tiene un radio exterior de 25,8mm [?] por lo tanto en este caso se instalan 25 cables, y la bandeja soporta 15. Entonces se instala una bandeja encima de otra, para poder transportar todos los cables.

Para el caso de instalar SAVE de 22kW, el radio exterior de los cables es de 31,9mm [?], la cantidad máxima de SAVES a instalar es de 25, entonces la cantidad máxima de conductores será de 9 y la bandeja soporta 12 con este radio. Por lo tanto se instala 1 bandeja sola.

A la inversión considerada anteriormente resta sumarle el costo por mano de obra de la instalación de las canalizaciones, los conductores y la conexión de los mismos. Para esto fue considerado el costo de hora hombre por metro de bandeja/conductor.

Para conseguir los costos de los materiales y la mano de obra, se pidió cotización a proveedores del mercado uruguayo. La Tabla II muestra los costos obtenidos.

Materiales y mano de obra	Costo unitario(US\$)
Interruptor 1000 A	2.000
Cable 1x300 mm ²	27.5
Cable 3x35 mm ²	13
Cable 5x35 mm ²	21
Montaje Cable	12.5
SAVE 7.4 kW Unidireccional monofásico	980
SAVE 7.4 kW Bidireccional monofásico	3.440
SAVE 22 kW Unidireccional trifásico	2.620
SAVE 22 kW Bidireccional trifásico	5900
Tablero distribución parking	20.000
Bandeja 400 mm x 65 mm	15
Montaje bandeja	12.5

Cuadro II
COTIZACIONES OBTENIDAS

VII-B. Ingresos

Los ingresos percibidos por instalar un parking de VE tanto si es unidireccional como bidireccional, se deben a la venta de energía. Esta venta se da cuando hay VE cargando. Para determinar la tarifa a la cual se venderá energía, se toma como referencia la tarifa actual de movilidad eléctrica que se explicó en la sección V-A del capítulo ???. Esta se encuentra dentro del pliego tarifario de UTE. El único cuidado a tener para el cálculo es diferenciar bien el tramo horario en el cual el parking se encuentra consumiendo energía, ya que tendrá distinto costo. Como se verá más adelante esta será la tarifa base en las simulaciones, pero en algunas se le agregará un porcentaje por encima para evaluar distintos escenarios.

La ecuación a utilizar para calcular los ingresos será la siguiente:

$$I(\$) = C_{valle}(\$/kWh) * E_{valle}(kWh) + C_{llano}(\$/kWh) * E_{llano}(kWh) + C_{punta}(\$/kWh) * E_{punta}(kWh)$$

Donde C_x corresponde a la tarifa que se aplica en cada tramo horario x , y E_x corresponde a la energía vendida en cada tramo horario x .

VII-C. Ahorro

El ahorro por energía que genera el parking se da solamente cuando hay VE descargando. Este se da cuando la potencia neta del parking es negativa, es decir, cuando se está entregando energía al edificio. Cabe señalar que pueden haber VE cargando, pero el neto debe ser negativo. En los momentos donde se dé esta situación, se traduce que en el nuevo escenario (con parking instalado), la porción de energía que entrega el parking se está pagando a los VE que descargan, a un costo menor que si se le pagase a UTE. Es por esto que para calcular el ahorro percibido se utiliza la ecuación $E_{Parking}^-(Costo_D - Costo_U)$, donde $E_{Parking}^-$ refiere a los períodos en que la potencia neta del parking es negativa. $Costo_D$ refiere al costo que se le paga a los VE en descarga y $Costo_U$ refiere al costo de la energía de la tarifa de UTE. En la Figura 8 el períodos de tiempo t_3 corresponden a este caso.

También puede haber un ahorro si al instalar el parking V2G permite bajar la potencia contratada. En este caso se puede controlar con los VE descargando la máxima potencia del edificio y de esa manera reducir el pago por este motivo.

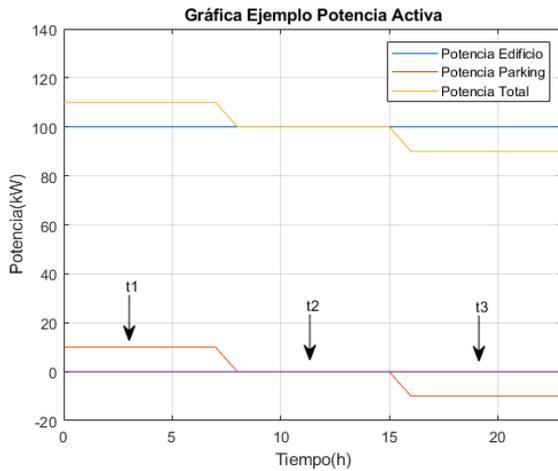


Figura 8. Gráfica de ejemplo de la curva de carga de un edificio más un parking V2G

Finalmente si es posible que el edificio se alimente en otra tensión, se podría cambiar la tarifa a una más barata y ahorrar dinero en el gasto fijo mensual, aunque podría haber diferencia desfavorable en la energía.

VII-D. OPEX

El OPEX referido a la instalación del parking, primeramente se debe a los gastos por operación y mantenimiento de los SAVE. Este costo fue averiguado y se obtuvo una respuesta de que es de US\$50 por mes. Luego los egresos se deben al pago de la energía consumida por el parking a UTE. Para el caso en que el parking sea solamente unidireccional toda la energía correspondiente a la carga de los VE debe ser pagada a UTE. Se recuerda que esta energía se paga al costo de la tarifa del proveedor, y que igualmente se recibe una ganancia, ya que la tarifa de la energía vendida es mayor que la comprada.

Por otra parte cuando el parking cuenta con cargadores bidireccionales hay un gasto extra que es el pago por la energía que entregan los VE que se encuentran descargando. Obviamente el pago a estos es a un costo menor del que se le paga a UTE.

Haciendo referencia una vez más a la figura 8, el período de tiempo donde hay egresos es el t1. En dicho período el costo esta dado por $E_{Parking} * Costo_U$ y si hay VE descargando se suma $E_{VEDescargando} * Costo_D$, siendo $Costo_D$ la tarifa de descarga. Si bien en el período de tiempo t2 el neto del parking es nulo, podría darse el caso en que toda la energía que consumen los VE que se encuentran cargando se provea por los VE que se encuentran descargando. Por lo tanto en ese caso el egreso corresponde solamente a la energía entregada por los VE.

VII-E. Definición y cálculo de TIR

La tasa interna de retorno es otro indicador de la rentabilidad de la inversión. Una forma de definirla es, la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Por lo tanto viene dada

en porcentaje y se puede relacionar con el factor de riesgo de la inversión. Cuanto mayor sea la misma significa que el riesgo será menor. [13]

Como fue mencionado el cálculo se realiza igualando el VAN a cero, por lo tanto se consideran los mismos parámetros que para calcular el VAN. La ecuación sera por lo tanto:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{Neto_t}{(1+k')^t} = 0 \quad (1)$$

Con I_o la inversión, n la cantidad de años a considerar y k' la TIR.

Definiendo nuevamente k como la tasa de descuento, los criterios para decidir la rentabilidad del proyecto son:

- $TIR > k$: El proyecto es rentable.
- $TIR = k$: El proyecto no tendrá ganancias ni pérdidas en el periodo considerado.
- $TIR < k$: El proyecto no será rentable

VII-F. Aplicación al proyecto

Finalmente con todos los costos hallados en las partes anteriores se puede construir el flujo de caja de la inversión. El neto responde a la siguiente ecuación:

$$Neto = Ingresos + Ahorros - Egresos \quad (2)$$

Es importante señalar en este punto que las simulaciones a realizar corresponden al consumo/generación de energía durante un día típico anual. Por lo tanto para hallar todos los costos se extrapoló el día simulado a un año, para poder realizar los cálculos correspondientes al recobro de la inversión. Por este motivo fue considerado un factor de 0.5 para la energía consumida/generada. Una manera de ver este factor es que el comportamiento del parking se da exactamente en la mitad de los días del año. En los demás días es como si el mismo no estuviera funcionando.

En el análisis se tuvo en cuenta que el neto fue igual para todos los años a considerar. Por lo tanto el flujo de VE se considera igual, al costo de las tarifas no se le agrega una tasa de aumento y al OYM de los SAVE tampoco. La decisión de considerar estas hipótesis es la de obtener números conservadores.

Retomando los cálculos, para obtener la TIR se consideraron 7 años. Este es un número conservador ya que la vida útil de los cargadores se estima en 10 años. Finalmente para el cálculo del VAN se tomó una tasa de descuento del 10%. Con estos indicadores se analizará la conveniencia de invertir o no.

Se cree importante en este punto realizar un análisis sobre el efecto que tienen las tres tarifas involucradas en el proyecto sobre el neto. Se recuerda que las mismas están separadas en los tres tramos horarios descritos en el capítulo ??, estas son: tarifa a pagar por consumo a UTE (T_U), tarifa a cobrar a los VE que se encuentran cargando (T_C) y tarifa a pagar a los VE que se encuentran descargando (T_D). En la Tabla III y haciendo referencia a los tiempos definidos en la Figura 8 se analizará el neto percibido en cada caso. En cuanto a la relación entre T_C Y T_U se sabe que en todos los casos se cumple la relación

$T_C > T_U$. Ahora bien en cuanto a T_D la condición que debe cumplir es que $T_D < T_U$, ya que no tendría sentido comprar energía a los VE más caro que a UTE. Se define E_C y E_D , como la energía consumida por los VE y la energía entregada por los VE respectivamente.

Intervalo	Ingresos	Ahorro	Egresos	Neto
t1	$E_C * T_C$	0	$E_D * T_D + (E_C - E_D) * T_U$	$E_C * (T_C - T_U) + E_D * (T_U - T_D)$
t2	$E * T_C$	0	$E * T_D$	$E * (T_C - T_D)$
t3	$E_C * T_C$	$(E_D - E_C) * (T_U - T_D)$	$E * T_D$	$E_C * (T_C - T_U + T_D) + E_D(T_U - 2 * T_D)$

Cuadro III

RELACIÓN ENTRE COSTO DE TARIFAS Y NETO DEL PROYECTO

Con las condiciones anteriormente mencionadas en t1 y t2 el neto da siempre positivo. Ahora bien en el intervalo t3 el primer término da positivo mientras que el segundo depende de la relación específica entre T_U y T_D . Lo que se concluye es que para que dicho término sea positivo $T_D < \frac{1}{2}T_U$. De esta manera en t3 el neto da positivo. Sin embargo esto no es tan lineal ya que al usuario puede no servirle dicho intercambio. Por ejemplo si este carga su VE con la tarifa movilidad en valle, lo hace a un costo de $3,363\$/kWh$. Al edificio le cuesta $6,344\$/kWh$ en punta (que es cuando sale más cara la energía), con una tarifa GC3. Entonces en el caso límite de pagarle la mitad de la tarifa, haciendo el cálculo $\frac{1}{2}6,344 - 3,363 = -0,191\$/kWh$ es lo que recibiría el usuario, reflejando una pérdida para el usuario. Sin embargo al contar con VE descargando se puede lograr bajar la potencia contratada del edificio, generando una ganancia para el edificio. Por lo tanto hay que evaluar caso a caso, evaluando la ganancia para el usuario como para el edificio.

Podría tomarse la opción que durante algunos intervalos de tiempo perder dinero por energía comprada, incentivando al usuario a descargar, pero que en el total por bajar la potencia en el neto de dinero recibido tener una ganancia.

VIII. MODELADO DEL VE

Las hipótesis tomadas para modelar a los VE dentro del simulador fueron las siguientes:

- Cargando
 - Una vez que se conecta comienza la carga.
 - Tiempo de estadía definido una vez que se conecta.
 - Batería comprendida dentro del rango $60kWh - 100kWh$. Esta consideración fue hecha en base a las baterías que hay actualmente.
 - Consume potencia constante.
 - SOC Variable al conectarse en el rango 30%-75%. Si la carga se efectúa en la noche el rango considerado es 30% - 40%.
 - Cuenta con conector compatible con el SAVE instalado y se puede cargar a la potencia nominal del cargador ($7,4kW$ o $22kW$)
 - Al llegar al 80% del SOC deja de cargar.
- Descargando
 - Una vez que se conecta comienza a descargarse.
 - Tiempo de estadía definido una vez que se conecta.

- Batería comprendida dentro del rango $80kWh - 100kWh$. Para los VE en descarga se consideró baterías con más capacidad.
- Entrega potencia constante.
- SOC Variable al conectarse en el rango 60%-80%.
- Cuenta con conector compatible con el SAVE instalado y se puede descargar a la potencia nominal del cargador ($7,4kW$ o $22kW$)
- Al llegar al 20% del SOC deja de descargarse.

IX. ESCENARIOS ESTUDIADOS

IX-A. Parking de un Centro Comercial

IX-A1. Características del edificio: Este edificio tiene contratada una potencia de $2500kW$ en valle y $1650kW$ en llano y punta. La tarifa contratada es GC3. La curva de demanda de un día promedio se muestra en la Figura 9. Como se puede observar el consumo del edificio es bastante parejo en las horas que está abierto al público (10hs a 22hs) y su demanda baja considerablemente en el resto de las horas en donde se encuentra cerrado.

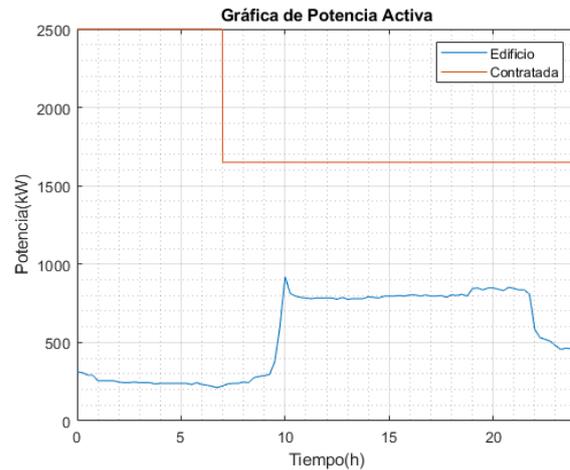


Figura 9. Curva de Demanda Centro Comercial

A primera vista llama la atención de esta figura la potencia contratada, ya que está muy por encima de la potencia consumida por el edificio. El pico de consumo es $920kW$, lo que representa apenas un 56% de la potencia contratada. Además, por la tarifa que se utiliza, en todos los tramos horarios se paga por el 100% de la contratada. Esto induce a un gasto innecesario por potencia máxima medida.

El pago por potencia máxima medida es del 100% de la contratada (en caso de no sobrepasar la misma). En este escenario se puede ver que instalar un parking eléctrico unidireccional para aprovechar la potencia contratada sobrante, es la mejor opción. Por lo tanto no tendría sentido instalar un parking con SAVE bidireccionales.

Distinto sería el caso si se considerara que la tarifa cambie y/o se baje la potencia contratada. En este caso sí podría ser útil que el parking cuente con la tecnología V2G. De esta

manera se podría realizar peak shaving para no sobrepasar el límite de potencia.

IX-A2. Flujo de VE: Para modelar el flujo de VE se consideran las predicciones del MIEM [14] para el caso NDC-Condiciona, el cual es el escenario más favorable. Este estima que habrá aporte del exterior para llevar a cabo las metas de reducción de emisiones. Se predice que en 2030 habrá un 8% de VE de la cantidad total de automóviles en el país. Por lo que Uruguay tendrá aproximadamente unos 60.000 VE. También predice que en 2035 habrán 85.000 VE aproximadamente, que es un 10% del total en ese año.

No se pudo obtener datos estadísticos del ingreso de vehículos en el parking del centro comercial, pero sí acerca de la estadía promedio y ocupación. En promedio el parking cuenta con 564 plazas ocupadas en un total de 1200, y la estadía promedio es de 90 minutos. Considerando los valores mencionados anteriormente, se asumió que el parking dispondrá de 45 VE en promedio a lo largo del día.

Información estadística extraída de Google presenta que el horario de mayor concurrencia, del centro comercial específico a estudiar, es a las 16hs. El comportamiento a lo largo del día se presenta en la Figura 10.

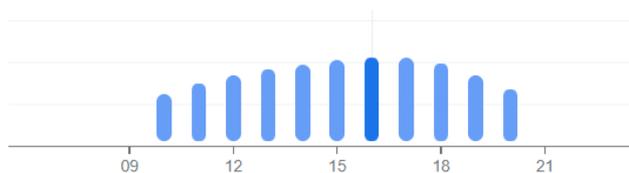


Figura 10. Horario de concurrencia al Centro Comercial

Se cree conveniente aproximar este comportamiento a una curva parabólica de concavidad negativa con vértice a las 16hs. La misma representa el flujo de VE en el parking. Dicha curva tiene sus raíces en las 10:00 hs y 22:00 hs, horario en que el centro comercial tiene sus puertas abiertas. Para llegar a la ecuación de dicha curva lo que se buscó fue mantener el área debajo de la curva de 45 vehículos promedio en el horario de apertura del centro.

Si bien el flujo de VE cargando no es necesariamente igual al flujo de vehículos que ingresan al centro comercial, se consideró que el flujo planteado es un buen primer modelo aplicando un factor de seguridad de 1/3 de la cantidad total.

Como se verá más adelante, en algunas simulaciones se considerará un flujo de VE que cargarán en la noche. Primeramente se cree conveniente ya que en el horario nocturno es cuando la energía demandada por el edificio es más baja y en dicho rango horario el costo es el menor. Se asumirá entonces que los usuarios comenzarán a llegar a partir de las 22:00 hs para dejar su VE cargando toda la noche y retirarlo a partir de las 6:00 hs. La hipótesis a considerar es que el parking se encuentra con todas sus plazas ocupadas, durante dicho período. Entonces para el caso de instalar SAVE de 7.4kW las plazas ocupadas serán 74, mientras que para el caso de SAVES de 22kW serán 50 simultáneamente. Para este último escenario los SAVE a considerar son de 2 mangueras, para

aprovechar el tiempo de estadía de los VE ya que los mismos se cargan más rápido. Por lo tanto, permanecerán conectados 50 VE y se aplica smart charging. Debido a que si cargaran todos a 22kW sobrepasarían la potencia máxima del parking.

Con las hipótesis anteriormente mencionadas y sabiendo que los VE se cargan 1 vez por semana, se puede decir que al haber 74 VE (caso en que el parking tiene mayor cantidad de plazas ocupadas) todas las noches de cada semana, el centro comercial necesitará al menos 518 clientes. Una vez más, haciendo referencia a las predicciones para 2030 y considerando que los VE se distribuyen en 20 barrios de Montevideo, induce a 3.000 VE por barrio. Por lo tanto, es razonable considerar que al menos un 17,3% cargarán en el centro comercial. Esto se sustenta también en que no en todos los edificios y/o casas cuentan con un lugar físico donde cargar su VE.

IX-A3. Escenario 1 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4kW: El primer escenario refleja el comportamiento de un parking unidireccional que posee el flujo de VE mencionado en la sección anterior. La potencia contratada no fue modificada en este escenario.

Como fue explicado, existe una tarifa de movilidad eléctrica que ofrece U.T.E, para que los VE se recarguen en la vía pública. En base a esto, se consideró el costo de recarga en el parking privado, en un principio, al mismo valor que esta tarifa.

Para la inversión del parking, en un principio se consideran 74 cargadores, más allá del flujo de VE que pueda presentar. Esto habilita a observar cómo varía el recobro de la inversión en caso de que se desconozca el flujo de VE. Si el flujo de VE es conocido, el número de cargadores puede ser optimizado y por lo tanto la rentabilidad del proyecto aumenta considerablemente. Este ejemplo será tratado más adelante.

En la Figura 11 se puede observar el impacto en la curva de demanda del edificio con la instalación de un parking con las características mencionadas.

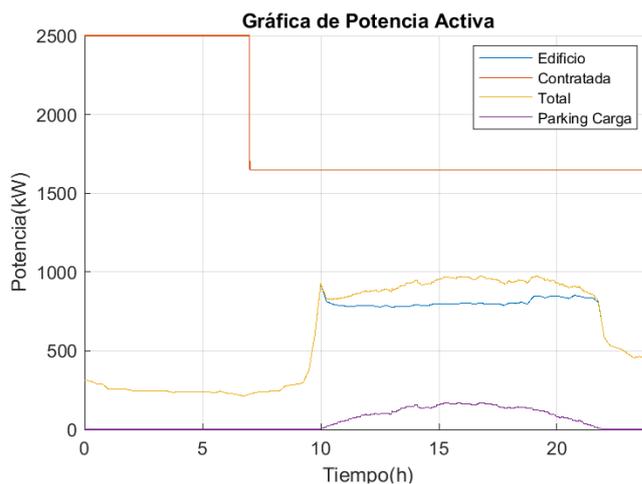


Figura 11. Potencia activa considerando Parking

La Figura 12 presenta el comportamiento del flujo anterior-

mente mencionado de VE conectados, y cuáles se encuentran cargando.

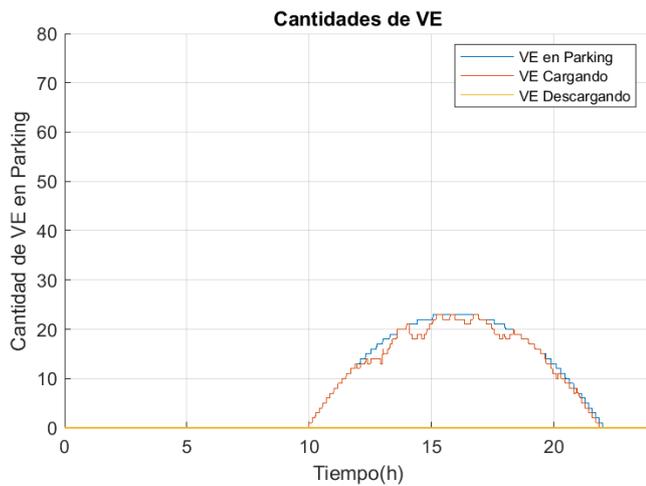


Figura 12. Flujo de VE - Escenario 1

En esta figura se puede notar que por momentos hay VE que se encuentran conectados pero no están cargando. Esto refleja una pérdida de dinero, ya que dicho VE se encuentran simplemente ocupando una plaza. Se destaca entonces, que las plazas que cuentan con cargadores, son especiales, en ellas se debe cargar. Por lo tanto para estas plazas, una posible solución es cobrarle al usuario el tiempo que se encuentra conectado sin cargar como si estuviese cargando.

La Tabla IV muestra un detalle de los costos asociados a la energía eléctrica del edificio con el modelo de parking visto.

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	12.927	\$	12.927
E Consumida Valle	52.097	kWh	2.082	\$/kWh	108.465
E consumida Llano	263.532	kWh	3.584	\$/kWh	944.500
E Consumida Punta	103.833	kWh	6.344	\$/kWh	659.036
P Max Valle	2500	kW	45.3	\$/kW	113.250
P Max Llano	1650	kW	117.8	\$/kW	194.370
P Max Punta	1650	kW	194.4	\$/kW	320.760
Costo Total + iva (\$)					2.353.309
Costo Total Energía	1.712.001	\$			
Costo Total Potencia	628.380	\$			

Cuadro IV
DETALLE DE FACTURACIÓN MENSUAL CENTRO COMERCIAL

Como ya fue mencionado, el costo por potencia máxima medida no varía, sin embargo al vender energía el costo de la misma naturalmente aumenta. La energía correspondiente al parking es vendida a los usuarios a un precio mayor del que se paga al distribuidor, por lo tanto se genera una ganancia.

La Tabla V muestra el detalle de la inversión a realizar para instalar el parking. En la Tabla VI se presenta el flujo de caja junto con el cálculo de la TIR y el VAN del proyecto.

En cuanto a la TIR se puede notar que tiene un valor muy negativo de -170% . Esto se explica muy fácilmente ya que en la inversión se consideró una instalación de 74 cargadores cuando solamente se utilizan 23 al mismo tiempo en el momento pico.

Al obtener este resultado tan negativo se optó por cambiar dos variables por separado. La primera fue la tarifa de venta

Materiales y Mano de Obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales(US\$)
Interruptor	1000A	1	un	2000	US	20000
cable de Alimentación	2(3x300+1x150)	20	m	192,5	US\$/m	3850
Cable tierra	1x300 mm	20	m	27,5	US\$/m	550
Cable	3x35 mm	940	m	13	US\$/m	12.223
Montaje Cable	Costo por Metro	1000	m	12,5	US\$/m	12.503
SAVE	7,4kW Unidireccional	74	un	980	US\$	72.520
Tablero General	Imax = 1000A	1	un	20.000	US\$	20.000
Bandeja	400x65	323	m	15	US\$/m	4639
Montaje Bandeja	Costo por Metro	323	m	12,5	US\$/m	4.033
Total CAPEX(US\$)						132.517

Cuadro V
DETALLE DE INVERSIÓN PARA PARKING ESCENARIO 1

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-132.517	
41cmOPEX	OyM		44.400
	Pago E a UTE		25.550
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		69.950
Ingresos	Energía Vendida		52.750
41cmAhorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			-17.200
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-216.253		
TIR(%)	-170		

Cuadro VI
FLUJO DE CAJA, CÁLCULO DE TIR Y VAN DEL ESCENARIO 1

de energía. Se aumentó la misma en pasos de 10% de la tarifa de movilidad, en llano-punta. Recién al 90% se obtuvo una TIR por encima de 10% . Se muestra la tabla obtenida a partir de la simulación en este último caso, ver Tabla VII.

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-132.517	
41cmOPEX	OyM		44.400
	Pago E a UTE		25.550
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		69.950
Ingresos	Energía Vendida		100.158
41cmAhorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			30.208
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	14549		
TIR(%)	13		

Cuadro VII
FLUJO DE CAJA Y CÁLCULO DE TIR Y VAN DEL ESCENARIO 1 CON TARIFA AL 90%

La segunda variable a modificar fue la cantidad de cargadores instalados. Como fue visto en el flujo la cantidad máxima de cargadores usada en conjunto es de 23. Instalar 74 no tiene sentido ya que la mayoría de los cargadores instalados no se utilizan. Además del costo de los mismos, se agregan los egresos por operación y mantenimiento. Por lo tanto se propuso simular con 23 cargadores.

La nueva tabla de inversión resultó:

Lógicamente la inversión bajó a más de la mitad. Esto se debe a que al instalar menor cantidad de cargadores también se necesitan menor cantidad de metros de cable y bandeja. Bajo estos supuestos el proyecto es rentable, pero al límite.

Se presenta el resultado de la simulación en la Tabla IX.

Materiales y Mano de Obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales(US\$)
Interruptor	1000A	1	un	2000	US	20000
cable de Alimentación	2(3x300+1x150)	20	m	192.5	US\$/m	3850
Cable tierra	1x300 mm	20	m	27.5	US\$/m	550
Cable	3x35 mm	940	m	13	US\$/m	12.223
Montaje Cable	Costo por Metro	1000	m	12.5	US\$/m	12.503
SAVE	7.4kW Unidireccional Monofásico	23	un	980	US\$	22.540
Tablero General	Imax = 1000A	1	un	20.000	US\$	20.000
Bandeja	400x65	323	m	15	US\$/m	4.639
Montaje Bandeja	Costo por Metro	323	m	12.5	US\$/m	4.033
Total CAPEX(US\$)						61.458

Cuadro VIII

DETALLE DE INVERSIÓN PARA PARKING ESCENARIO 1 CON CARGADORES ÓPTIMOS.

CAPEX	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
	Total	-61.458	
41cmOPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		24.455
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		38.620
Ingresos	Energía Vendida		51.312
41cmAhorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			12.692
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	332		
TIR(%)	10		

Cuadro IX

FLUJO DE CAJA Y CÁLCULO DE TIR Y VAN DEL ESCENARIO CON CARGADORES ÓPTIMOS

El simple hecho de optimizar la cantidad de cargadores dio lugar a un proyecto rentable(aunque una pequeña desviación podría hacer que el mismo no lo sea) sin la necesidad de subir la tarifa. Esta situación indica la importancia de hacer la inversión en base al flujo de VE que se tendría promedio al día.

Ahora bien se realizó una simulación combinando las dos últimas variables modificadas. Se obtuvo como resultado que aumentando la tarifa un 10% el proyecto devuelve una TIR de 22%. Por consiguiente el precio de venta de energía es una variable a tener en cuenta. Además que es natural que el centro, siendo un privado, aumente el coste de la tarifa respecto a cargar en vía pública, por el servicio brindado.

Es notorio que el monto en punta es mucho mayor que en llano, por lo tanto podría ser que la carga en horario punta no sea utilizada por los usuarios. El escenario a evaluar en la sección IX-A4 contempla este supuesto.

IX-A4. Escenario 2 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4 sin Carga en Punta: Observando el escenario 1, quedó reflejado la importancia de conocer el comportamiento de los usuarios la hora de instalar un parking. La pregunta que se busca responder es *¿qué sucede si en el horario donde el parking obtiene mas ingresos, el usuario decide no cargar?*

Extrayendo los datos del simulador, del primer escenario planteado en la sección anterior, se puede ver que la energía vendida en punta corresponde a un 48% del total vendido, ver tabla X. Se hace notar que el horario punta dura 4 horas, mientras que el resto de la energía, vendida en llano, se hace durante 8 horas.

Las Figuras 13 y 14 muestran las gráficas que despliega el simulador. La primera correspondiente a la curva de carga del edificio con el parking y la segunda corresponde a la cantidad

Detalle	Cantidad(kWh)	Costo(US\$/kWh)	Total anual(US\$)
Energía vendida en llano	176.275	0.156	27.499
Energía vendida en punta	61.890	0.408	25.251
Total(US\$)			52.750

Cuadro X

ENERGÍA VENDIDA POR TRAMO HORARIO EN EL PRIMER ESCENARIO DE LA SECCIÓN IX-A3

de plazas ocupadas por los VE.

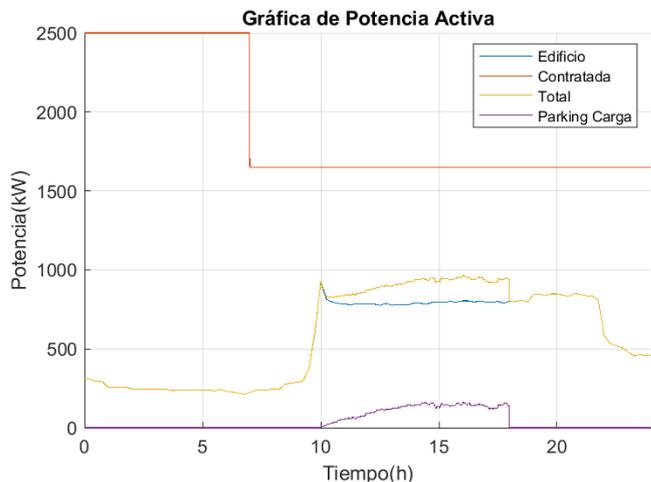


Figura 13. Potencia activa considerando Parking - Escenario 2

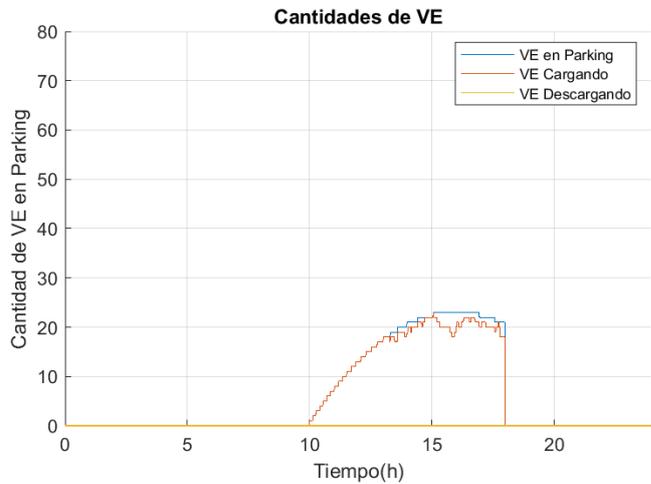


Figura 14. Flujo de VE - Escenario 2

Se hace notar que para este escenario el número de cargadores es el óptimo, ya que al vender menor cantidad de energía los ingresos serán inferiores que en los casos anteriores. Dicho esto se calculó el nuevo flujo de caja, ver Tabla VIII.

Al igual que en la primera simulación realizada en el escenario 1, para el nuevo caso planteado la inversión en un parking con cargadores no es prometedora.

En busca de encontrar una solución se procedió a aumentar el costo de venta de energía en llano. El resultado obtenido fue que subiendo la tarifa un 60% por encima de la tarifa de

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-61.458	
41cmOPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		14965
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		38.620
Ingresos	Energía Vendida		51.312
41cmAhorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			12.692
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-294362		
TIR(%)	-177		

Cuadro XI
FLUJO DE CAJA, CÁLCULO DE TIR Y VAN DEL ESCENARIO 2.

movilidad, la inversión comienza a dar rentabilidad. Tomando como referencia que los usuarios cargarían durante una hora y media, este sobrecosto genera \$28 de diferencia con la carga en vía pública. Al día de hoy este monto de dinero es bajo por lo tanto, con este comportamiento de los usuarios la inversión es rentable.

Con la vista de resultados de este escenario se puede ver que aunque los consumidores finales no carguen en punta, el proyecto puede ser rentable.

IX-A5. Escenario 3 - Parking Unidireccional, SAVE 7.4kW con Carga Nocturna: Un escenario importante a estudiar es el caso donde los usuarios cargan en la noche, momento en el cual la energía eléctrica tiene el valor más barato.

Como fue comentado en la sección IX-A2, se supuso en este escenario que los VE cargan toda la noche con factor de simultaneidad 1. Nuevamente se consideró la inversión de 74 cargadores (ver Tabla V).

Las gráficas de este escenario se prestenan en las Figuras 15 y 16.

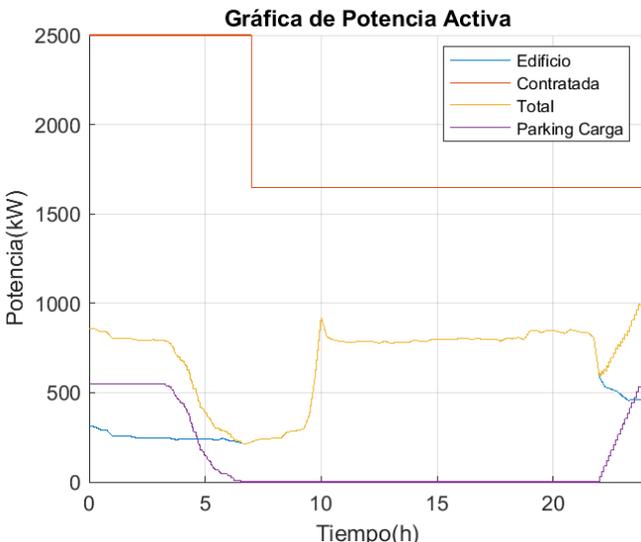


Figura 15. Potencia activa considerando Parking - Escenario 3

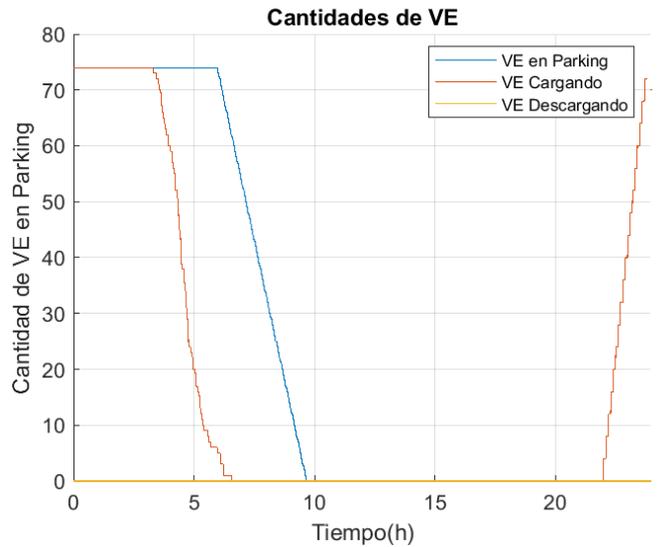


Figura 16. Plazas ocupadas en Escenario 3

Observando la figura 15 el parking nocturno presenta la misma desventaja mencionada anteriormente. Cuando los VE se encuentran estacionados durante un largo período de tiempo y la batería se carga mucho antes del que el VE se desconecte, el resto del tiempo significa una pérdida para el uso del cargador. Por lo tanto esto refleja un problema para la venta de energía. Una solución posible a este problema, es aceptar la pérdida de dinero y obligar al usuario a retirarse antes de las 10:00hs, horario en que el centro abre las puertas. De esta manera el SAVE queda disponible para una nueva venta de energía.

Se varió porcentualmente el precio de la tarifa en valle a 0%, 50%, 100%, 120% y 150% a partir de la tarifa de movilidad eléctrica para evaluar la rentabilidad en los distintos casos. Se resumen los resultados obtenidos en la Tabla XII.

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-132.517	
41cmOPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		14965
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		78.527
Tasa de descuento(%)	10		Tarifa (%)
VAN(US\$)	-240389		0
TIR(%)	-173		
VAN(US\$)	-135301		50
TIR(%)	-144		
VAN(US\$)	-36156		100
TIR(%)	1		
VAN(US\$)	8624		120
TIR(%)	12		
VAN(US\$)	52401		150
TIR(%)	21		

Cuadro XII
RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS CON PARKING NOCTURNO

Para superar una TIR de 10% la tarifa tuvo que ser aumentada mínimo un 120%, donde la TIR resultante que se obtuvo fue de 12%.

Aumentar 120 % es excesivo visto desde el tarifado que propone UTE, pero la realidad plantea que el cobro de una carga completa podría valer menos que estacionar el vehículo por la noche en un parking. Este porcentaje en pesos uruguayos por kilowatt hora refleja un valor de $4\$/kWh$.

Para un VE de alta gama por ejemplo Tesla Model 3 con capacidad de 79kWh y autonomía de 576km, la carga completa costaría \$316. Hoy en día dejar una noche un vehículo en un parking cuesta alrededor de \$500. Se observa entonces que incluso cobrando un 63 % de lo que hoy en día cuesta la estadía del vehículo, el proyecto es rentable. Es probable que este costo sea mayor a lo planteado y por lo tanto la rentabilidad aumente.

El uso de cargadores en los parkings por la noche en las condiciones presentadas, propone una inversión prometedora y realista. En primer lugar por los buenos resultados presentados en la Tabla XII, y en segundo lugar por los bajos precios de tarifa que tendrían los usuarios.

IX-A6. Escenario 4 - Parking Unidireccional, SAVE 22kW: Es notable que la ganancia respecto a la inversión aumenta a medida que el centro comercial vende energía a los VE. Entonces, ¿que sucede si se instalan SAVES de mayor potencia?

Los VE cargan más rápido y realizando una correcta rotación de los mismos se puede vender mucho más energía en el mismo lapso de tiempo. Sin embargo, el tiempo de estadía del vehículo conectado ocupando un cargador, queda determinado al tiempo de estadía del usuario en el centro comercial. Por lo tanto, se evaluará en este escenario un parking con SAVES de mayor potencia y el mismo flujo de VE que en el escenario 1.

Se hace notar también que por más de que fuera posible vender más energía siempre hay un límite, ya que el tablero del parking soporta una potencia determinada.

La simulación se realizó con cargadores óptimos. Esto fue simplemente una elección. Igualmente en este caso el costo de la inversión no variará mucho ya que los cargadores máximos considerados son 25. Ver Tabla XIII.

Materiales y Mano de Obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales(US\$)
Interruptor	1000A	1	un	2.000	US	2.000
Cable de Alimentación	2(3x300+1x150)	20	m	192,5	US\$/m	3.850
Cable tierra	1x300 mm	20	m	27,5	US\$/m	550
Cable	4x35 mm	940	m	13	US\$/m	4.675
Montaje Cable	Costo por Metro	1.000	m	12,5	US\$/m	3.533
SAVE	22kW Unidireccional Trifásico	23	un	2.620	US\$	60.260
Tablero General	Imax = 1000A	1	un	20.000	US\$	20.000
Bandeja	400x65	323	m	15	US\$/m	1023
Montaje Bandeja	Costo por Metro	323	m	12,5	US\$/m	853
Total CAPEX(US\$)						96.743

Cuadro XIII

DETALLE DE INVERSIÓN PARA PARKING CON CARGADORES ÓPTIMOS DE 22kW.

Se presentan las Figuras 17 y 18 correspondientes a este escenario.

Se puede observar de esta figura que a simple vista la energía vendida fue mayor que en el escenario 1.

Observando esta figura se comprobó que si bien los VE permanecen la misma cantidad de tiempo conectados, que en el escenario 1, el tiempo de carga es menor. Es por esto que hay un uso más ineficiente del SAVE.

En la Tabla XIV se muestran los resultados obtenidos de la simulación.

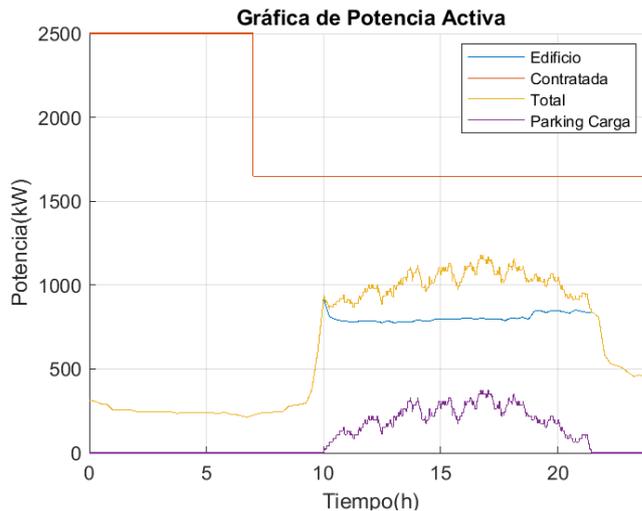


Figura 17. Potencia activa consumida en un parking con SAVE 22kW

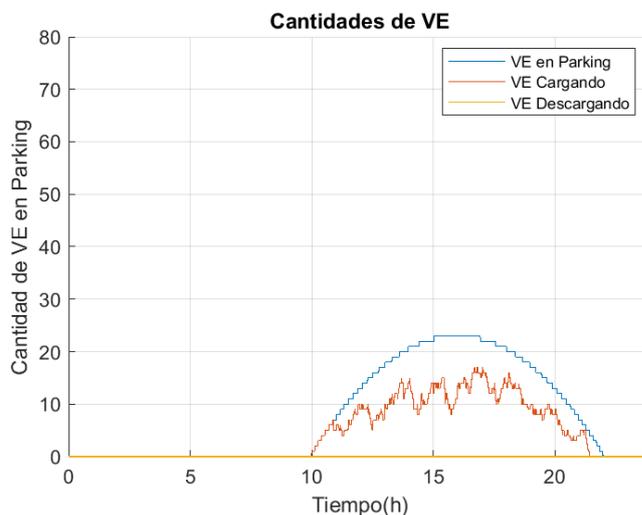


Figura 18. Flujo de VE - Escenario 4

Los resultados obtenidos muestran que en estas condiciones se obtiene una mayor rentabilidad que en el escenario 1. En comparación a la tabla IX, los ingresos por venta de energía son un 86 % mayores. La inversión es un 57 % más grande. En base a estos resultados en este escenario, se obtiene una TIR de un 31 %. Mientras que en el escenario 1 se obtuvo 10 %. Se concluye entonces que bajo estas hipótesis, instalar SAVES de 22kW es más conveniente.

VE cargando en la noche

Se simula el caso de tener VE cargando en la noche, se recuerda que en este escenario se utilizarán SAVES que cuentan con dos mangueras. Por lo tanto se considera un 30 % más en el costo del SAVE. La Figura 19 representa la ocupación del parking.

Se puede ver que aunque los VE carguen a una potencia menor que la nominal del SAVE, igualmente se cargan completamente aproximadamente 1.5hs antes de retirarse.

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-96.743	
41cmOPEX	OyM		13.800
	Pago E a UTE		46.537
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		60.337
Ingresos	Energía Vendida		95.298
41cmAhorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			35.355
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	73460		
TIR(%)	31		

Cuadro XIV

FLUJO DE CAJA Y CÁLCULO DE TIR Y VAN DEL ESCENARIO CON CARGADORES OPTIMOS 22kW.

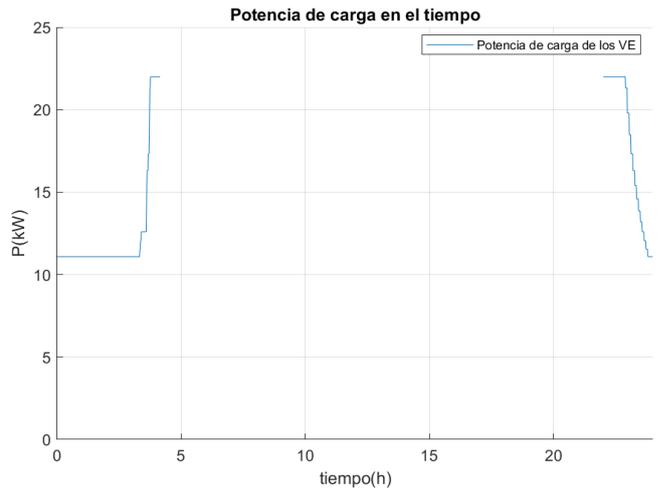


Figura 20. Potencia de carga de los VE - Escenario 4

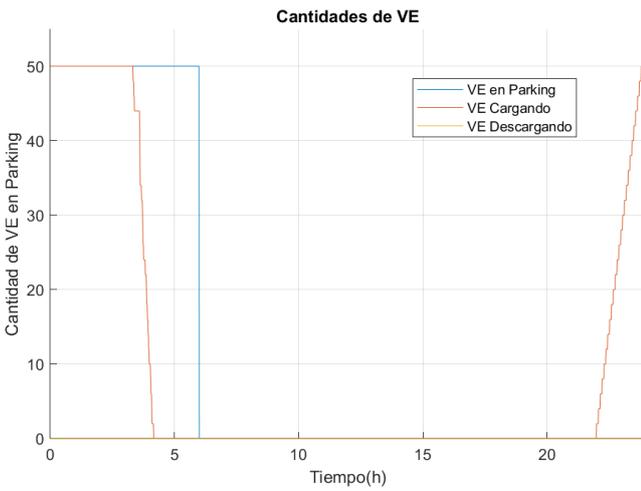


Figura 19. Flujo de VE - Escenario 4

En la figura 20 se muestra una gráfica con la potencia de carga en el tiempo de los VE.

Se ve claramente que a medida que empiezan a llegar más VE al parking la potencia de carga comienza a bajar. Lo mismo sucede a medida que se van cargando.

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-126.805	
41cmOPEX	OyM		15.000
	Pago E a UTE		31.573
	Pago E a VE Descargando		0
	Total OPEX		46.573
Ingresos	Energía Vendida		73.320
41cmAhorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		0
	Por Potencia		0
	Total Ahorro		0
Neto			35.355
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	3.413		
TIR(%)	11		

Cuadro XV

FLUJO DE CAJA, CÁLCULO DE TIR Y VAN DEL ESCENARIO NOCTURNO 22kW.

Los resultados para este caso arrojaron una TIR negativa, considerando la tarifa de movilidad. De la misma forma que

se hizo en el escenario 3, se procedió a aumentar el costo de venta de energía porcentualmente. El resultado obtenido fue que al elevar un 60% la tarifa (en las tres franjas horarias), respecto a la de movilidad, se obtuvo una TIR de 11%. Ver Tabla XV.

Se concluye entonces que al instalar un parking para uso nocturno, conviene más instalar SAVES de 22kW. Ya que con una tarifa menor se obtiene una misma rentabilidad. Por lo tanto el usuario asumirá un costo menor para la misma carga. Además el costo por operación y mantenimiento de los SAVES disminuye a gran escala. Exactamente se instalan 49 SAVES menos.

IX-B. Centro de Espectáculos

IX-B1. Características del edificio: Se centra ahora el estudio en un centro de espectáculos. Este tiene una potencia contratada de 1500 kW en las tres franjas horarias. Cuenta con una tarifa contratada GC2.

Se obtuvo una curva de demanda del edificio un día en el que hubo un espectáculo y un día sin espectáculo. Sobre la distribución de estos días en el mes es de 10 días en los que hay espectáculo en el horario de 20:00 hs a 00:00 hs y los restantes 20 no. Se muestran en las Figuras 21 y 22 las curvas obtenidas.

Un análisis de estas curvas permite notar rápidamente que la potencia contratada del edificio resulta sobredimensionada para los días que no hay espectáculo, ver Figura 22. Ya que solamente se necesita para los días de espectáculo. En cuanto a la instalación de un parking de VE parecería óptimo instalar uno que contenga SAVE bidireccionales para poder bajar la potencia contratada y así ahorrar por este motivo. Esto se evaluará en el análisis.

IX-B2. Flujo de VE: En cuanto al flujo de VE el único dato que se pudo obtener fue sobre los días en que hay espectáculos. Este fue que el estacionamiento cuenta con 1.000 plazas para vehículos y que los días de espectáculo se ocupa

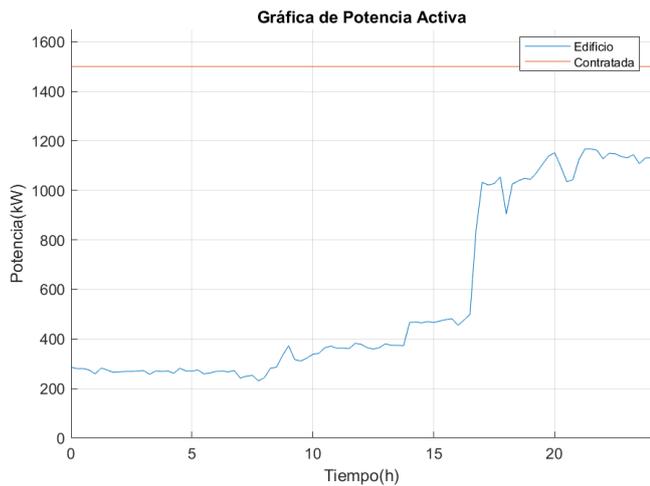


Figura 21. Curva de Demanda Centro de Espectáculos, Día de Espectáculo

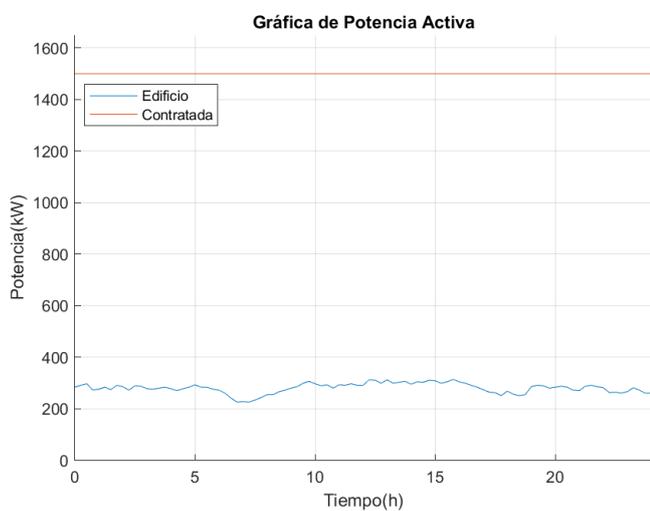


Figura 22. Curva de Demanda Centro de Espectáculos, Día SIN Espectáculo

totalmente. Los días que no hay espectáculos, al día de hoy esas plazas no se utilizan.

Es entonces que el flujo de VE fue supuesto de la siguiente forma: durante la noche el centro contará con parking nocturno y la suposición es la misma que para el centro comercial. La única salvedad es que los días de espectáculo en el horario de 22:00 hs a 00:00 hs no cargarán VE. Esta suposición se hace debido a que en el horario de espectáculo se buscará que los VE descarguen la energía de su batería hacia el edificio. En cuanto al flujo de VE durante el día se tomó la hipótesis de que los mismos ingresan al parking a cargar a partir de las 6:00hs y se mantiene un flujo parejo de VE hasta las 18:00 hs o hasta las 16:45 hs, dependiendo si se trata de un día sin espectáculo o con espectáculo. Se toma esta suposición ya que se considerará que los usuarios no cargan en punta debido a que es el horario donde la energía es más cara. Los días en que hay espectáculo se asume que los VE dejan de cargar antes, ya que se buscará bajar los picos de potencia en cada

tramo horario y es en ese momento donde comienza a subir la potencia demandada por el edificio.

En el día se tomó que en promedio el parking tendrá un 25% de plazas ocupadas. Por lo tanto si se cuenta con 74 plazas, significa que 19 de ellas estarán ocupadas en promedio en el día. Esto se cree posible ya que estas plazas podrían ser ocupadas por usuarios que trabajen en el centro, usuarios que trabajen cerca del mismo o taxis que necesiten cargar.

Es entonces que se considerarán VE descargando solamente los días de espectáculo y en el horario donde comienza a subir la demanda de potencia del edificio. Se hace esto ya que lo que se desea es que los VE compensen en gran parte el consumo debido al espectáculo. Las hipótesis a considerar no se sustentarán en predicciones, lo que se busca responder es: *¿Cuántos VE se necesitan descargando para cumplir determinada consigna de funcionamiento?* Por lo tanto, como ya fue explicado en el capítulo ??, los mismos serán introducidos a partir de cálculos que involucren el consumo del edificio y los VE que se encuentran cargando.

IX-B3. Escenario - V2G en horario de espectáculo: Como fue mencionado anteriormente el escenario a analizar es con SAVE bidireccionales. Se eligieron así y además de 7,4kW, por el motivo de que para realizar peak shaving en los días de espectáculo es preferible disponer de mucha energía(más VE) y que se descarguen lento, a diferencia de tener poca energía(menos VE) y que se descarguen rápido, como lo sería el caso de instalar SAVE de 22kW.

Se muestra en las Figuras 23 y 24 cómo se modifican las curvas de demanda del edificio a raíz del flujo de VE introducido.

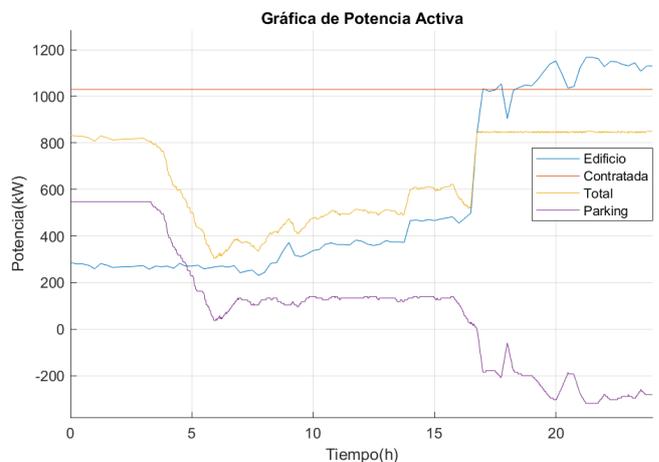


Figura 23. Curva de Demanda en día de Espectáculos con parking instalado

Se puede ver en las Figuras el gran aumento de energía demandada durante la noche debido a los VE que se encuentran cargando. Es por este motivo que a la hora de bajar la potencia contratada hubo que tener muy en cuenta el consumo nocturno. En ambos días el pico de consumo fue de 850kW aproximadamente. Por lo tanto considerando la tarifa que utiliza el centro, como potencia límite podría contratarse 1000kW. Sin embargo se elige dejar un margen del 3% por

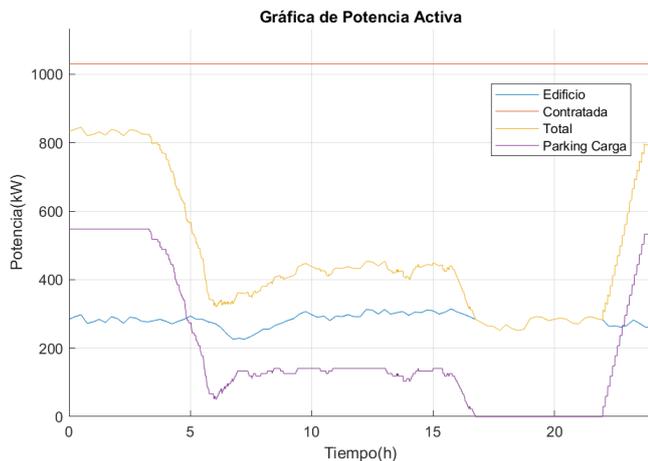


Figura 24. Curva de Demanda en día *sin* Espectáculos con parking instalado

seguridad. Se propone bajar la potencia contratada a $1030kW$, que es el valor que se aprecia en la figura. Igualmente la condición de peak shaving se mantiene en $850kW$.

Una hipótesis fundamental para que en el horario del espectáculo los VE puedan mantener la consigna de potencia, es incentivar a los usuarios a que vayan con su VE cargado al máximo. Para las simulaciones se consideró un SOC del 80% y una batería de $100kWh$. Se ve entonces en la Figura 23 que hay una buena respuesta de los VE durante el espectáculo. Como contrapartida los mismos se van con SOC mínimo del 20%, aunque a los mismos se les efectúa un pago por la energía brindada. Considerando entonces que la tarifa de descarga en punta es de $5 \$/kWh$ y que los mismos descargan durante 7 horas a $7,4kW$ significa que entregan $51,8 kWh$ lo que se traduce en un pago de $\$259$ al usuario.

En la figura 25 y 26 se muestra la ocupación del parking en ambos días.

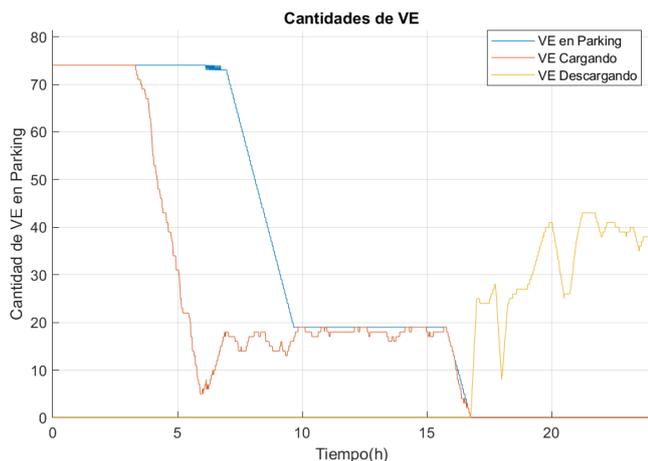


Figura 25. Flujo de VE en centro de espectáculos, Día *con* Espectáculo

Se puede ver en la Figura 25 que se necesitan 43 VE descargando en el punto máximo para cumplir con la consigna de potencia límite. Sabiendo que el parking cuenta con 1000

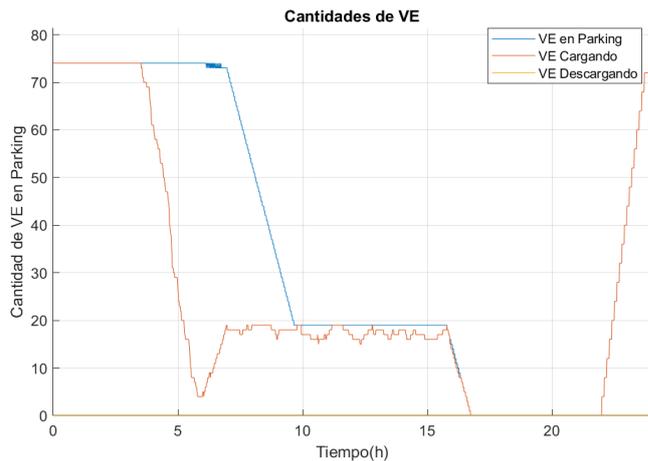


Figura 26. Flujo de VE en centro de espectáculos, Día *sin* Espectáculo

plazas ocupadas por vehículos y que un 8% son eléctricos, da un escenario razonable.

Ahora bien se analizará qué resultados arroja este escenario en cuanto al aspecto económico. Primeramente se verá la inversión a realizar, ver Tabla XVI.

Materiales y Mano de Obra	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Unidad	Totales(US\$)
Interruptor	1000A	1	un	2.000	US\$	2.000
cable de Alimentación	2(3x300+1x150)	20	m	192,5	US\$/m	3.850
Cable tierra	1x300 mm	20	m	27,5	US\$/m	550
Cable	3x35 mm	940	m	13	US\$/m	12.223
Montaje Cable	Costo por Metro	1000	m	12,5	US\$/m	12.503
SAVE	7,4kW Bidireccional	74	un	3440	US\$	254.560
Tablero General	Imax = 1000A	1	un	20.000	US\$	20.000
Bandeja	400x65	323	m	15	US\$/m	4.639
Montaje Bandeja	Costo por Metro	323	m	12,5	US\$/m	4.033
Total CAPEX(US\$)						314.557

Cuadro XVI

DETALLE DE INVERSIÓN PARA PARKING EN CENTRO DE ESPECTÁCULOS

Se muestra a continuación la tabla del flujo de caja correspondiente al escenario estudiado. Se decidió en este escenario contemplar la tarifa de movilidad eléctrica tal cual y pagarle a los VE descargando $5\$/kWh$, por más que esto pueda provocar una pérdida por compra de energía como fue comentado en VII-F.

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-314.557	
41cmOPEX	OyM		44.400
	Pago E a UTE		48.250
	Pago E a VE Descargando		10.889
	Total OPEX		103.539
Ingresos	Energía Vendida		78.586
41cmAhorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		5.226
	Por Potencia		49.953
	Total Ahorro		55.179
Neto			30.226
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-167.405		
TIR(%)	-9		

Cuadro XVII

FLUJO DE CAJA Y CÁLCULO DE TIR Y VAN

Se ve claramente con la TIR que el proyecto en estas condiciones no es rentable. Lo que más pesa en la inversión

son los cargadores bidireccionales, representando un 80,93 % de la misma.

Ahora bien, merece la pena analizar cuál fue el ingreso obtenido por vender energía, comparado al ahorro generado por disminuir la potencia contratada. De la tabla XVII se observa lo siguiente.

- Ganancia por venta de energía:

Ingresos por E vendida – Pago a UTE por E parking

$$US\$ 78.586 - US\$ 48.250 = US\$ 30.336$$

- Pérdida por compra de energía:
De la Tabla III se recuerda:

$$Neto = E_C(T_C - T_U + T_D) + E_D(T_U - 2T_D)$$

Como en el escenario simulado se considera $E_C = 0$, dado el precio de compra $T_D = 5\$/kWh$, existirá la siguiente pérdida:

$$Ahorro por E - Pago a VE descargando$$

$$US\$ 5.226 - US\$ 10.889 = US\$ - 5.663$$

- Ahorro por disminuir la potencia contratada:

$$US\$ 49.953$$

Por lo tanto, por contar con la carga de VE se reciben $US\$ 30.336$ anualmente, cuando por contar con VE descargando solamente los días del espectáculo se genera un ahorro de $US\$ 44.290$. En este punto se puede ver un ejemplo de que tener VE descargando genera pérdida por energía comprada, pero en el neto se obtiene una ganancia por disminuir la potencia y esta es mayor. Exactamente se recibe un 45 % más por bajar la potencia que por vender energía.

Para que esta inversión sea rentable se pueden mover varias variables, sobre todo las tarifas. Sin embargo en este análisis se opta por saber qué porcentaje del precio actual de los SAVE deberían tener los mismos para que la TIR sea mayor al 10%. El resultado obtenido fue que los SAVE deben tener un costo del 34 % del monto actual. Considerando una devaluación del 5 %, en este escenario sería rentable en 13 años aproximadamente. Viendo que en 2030 habrán 60.000 VE, o sea en 8 años, en ese año todavía no es una inversión rentable.

Si bien este caso no es rentable tal cual fue simulado, se muestra el costo que tendría el edificio por el pago de energía y potencia mensual en la Tabla XVIII.

Finalmente se simuló también un escenario similar al anterior pero con el fin de explotar al máximo el parking los días de espectáculo, para evaluar la rentabilidad del proyecto. Los días que no hay espectáculos se simularon igual que en el escenario anterior.

	Cantidad	Unidad	Costo	Unidad	Total por insumo(\$/Mes)
Costo Fijo	1	un	8.618	\$	8.618
E Consumida Valle	97.994	kWh	2,14	\$/kWh	209.510
E consumida Llano	166.238	kWh	3,693	\$/kWh	613.916
E Consumida Punta	60.980	kWh	7,989	\$/kWh	487.167
P Max Valle	876	kW	34,2	\$/kW	29.942
P Max Llano	876	kW	174,8	\$/kW	153.037
P Max Punta	876	kW	207,8	\$/kW	181.929
E comprada Valle	0	kWh	2	\$/kWh	0
E comprada Llano	3.852	kWh	3	\$/kWh	11.555
E comprada Punta	4.856	kWh	5	\$/kWh	24.278
Costo Total + iva (\$)					1.719.952
Costo Total Energía	1.346.426	\$			
Costo Total Potencia	364.908	\$			

Cuadro XVIII

DETALLE DE FACTURACIÓN MENSUAL CENTRO COMERCIAL CON PARKING INSTALADO

Para hallar la potencia mínima en la que se puede hacer peak shaving, se calculó el pico máximo de potencia consumida por el centro y se restó la potencia total que puede entregar el parking:

$$1.185kW - 555kW = 630kW$$

Se asignó entonces este valor como consigna para realizar peak shaving. Para calcular la potencia nueva a contratar se dividió dicho valor por el factor 0,85, debido a la tarifa GC2. Se dejó un margen de un 10 %, obteniendo $815kW$ de potencia a contratar en llano y punta. Para calcular la potencia a contratar en valle y cumpliendo la consigna del pliego tarifario ($P_{Llano-Punta} \leq P_{Valle}$), se asignó la suma de la potencia pico en valle y la potencia máxima del parking, que corresponde a la potencia consumida en la noche.

$$285kW + 555kW = 840kW$$

Una vez más dividiendo entre el factor 0,85 se obtiene una potencia de $988kW$, redondeando se asignó una potencia contratada en valle de $1000kW$.

Se muestra en las Figuras 27 y 28, la potencia y la cantidad de VE en el tiempo respectivamente.

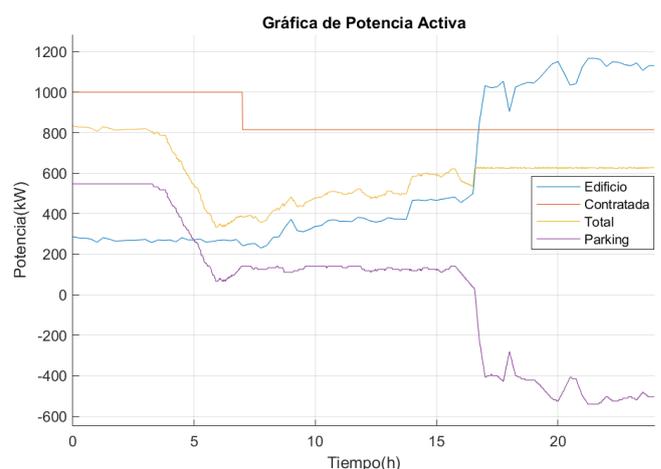


Figura 27. Potencia en el tiempo del centro de espectáculos con V2G

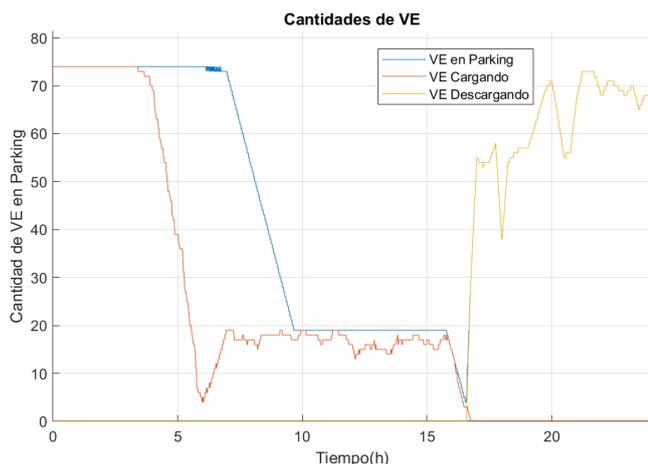


Figura 28. VE en el tiempo del centro de espectáculos con V2G

En un principio se simuló con la tarifa de venta de la energía al mismo costo que la tarifa de movilidad, el proyecto sigue sin dar rentabilidad. Como fue realizado en el centro comercial se aumentó la misma por el servicio brindado. En valle se aumentó a 150% lo que se explica en cobrar dentro del costo de la energía la estadía en el parking. Como ya fue comentado este aumento igualmente lleva a un valor menor que aparcar un vehículo por la noche en un parking convencional. Para el costo de la tarifa en llano se propone aumentarla un 20%. En este caso tampoco se llegó a la rentabilidad de la inversión.

Los resultados que arroja esta simulación son los siguientes:

	Detalle	Año 0(US\$)	Annual(US\$)
CAPEX	Total	-314.557	
41cmOPEX	OyM		44.400
	Pago E a UTE		43.635
	Pago E a VE Descargando		18.128
	Total OPEX		106.3164
Ingresos	Energía Vendida		70.641
41cmAhorro	Por Costo Fijo		0
	Por Energía		12.818
	Por Potencia		71.162
	Total Ahorro		83.980
Neto			48.457
Tasa de descuento(%)	10		
VAN(US\$)	-78.647		
TIR(%)	2		

Cuadro XIX
FLUJO DE CAJA Y CÁLCULO DE TIR Y VAN

Realizando cálculos análogos a los del escenario anterior se obtienen los siguientes resultados:

- Beneficio neto por tener VE cargando: US\$ 27.006
- Beneficio neto por tener VE descargando: US\$ 65.852

Si bien en este escenario la tarifa por vender energía fue aumentada, la ganancia obtenida por bajar la potencia es 2.5 veces mayor que por vender energía.

Se concluye entonces con estos dos escenarios que si bien el V2G produce un gran beneficio económico para el edificio, no es rentable hacerlo. En un escenario donde el costo de los cargadores baje, sí es viable instalar un parking con SAVE bidireccionales.

IX-C. Fábrica

IX-C1. Características del edificio: Como último lugar de análisis se optó por una fábrica de gran porte energético. Los procesos productivos constantes y el régimen laboral de 24 horas llevan a que este edificio presente una curva de demanda pareja a lo largo de todo el día. La gráfica con los datos obtenidos se presenta en la Figura 29.

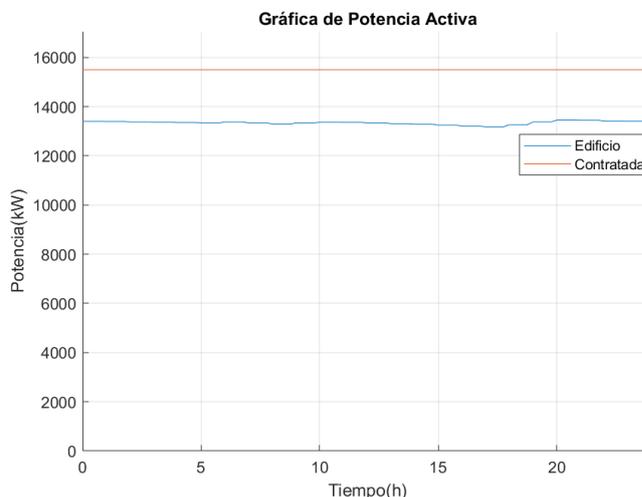


Figura 29. Curva de demanda de la fábrica

La tarifa y la potencia contratada por la fábrica es GC3 y 15.500kW respectivamente. La potencia promedio demandada es de aproximadamente 13500kW. En estos valores de potencia es claro que un parking de 555kW no es un peso importante en su demanda, como sí ocurría para los otros edificios analizados. Por este motivo y por el hecho de que la curva de demanda es casi plana se descarta la opción de estudiar peak shaving y utilizar cargadores bidireccionales. La utilidad de V2G no tiene sentido ya que no existe un pico real en el consumo y por lo tanto descargar los VE sería en vano. En cambio, la carga unidireccional de los VE sí puede resultar favorable para la fábrica. Posee potencia sobrante por lo tanto puede vender energía y obtener ganancia de esto a lo largo de todo el día.

IX-C2. Flujo de VE: A diferencia de los otros dos edificios analizados, en este caso se consideró un flujo de VE mucho más estructurado. Este estará definido por tres turnos laborales de 8 horas. Si se cargaran 48 VE a lo largo de cada turno laboral, significaría un total de 144 VE por día. Se considera que una persona promedio carga su vehículo una vez por semana. Teniendo en cuenta que la semana laboral de 7 días el parking debe tener al menos 1.008 usuarios con VE para llevar a cabo el proyecto. Se obtuvo el dato de que la fábrica analizada cuenta con 3.000 trabajadores, asumiendo que todos cuentan con vehículos y que un 8% son eléctricos (por las predicciones del MIEM) da como resultado 240 VE. En el número total de clientes del parking se incluyen usuarios que vivan en los alrededores de la fábrica y también agentes externos que deseen cargar el vehículo, como por ejemplo

trabajadores de otras empresas. Se recuerda que el cálculo de VE por barrio fue de 3.000. Por lo tanto es un número que no excede las expectativas de crecimiento de VE mencionadas en capítulos anteriores.

No se considera la venta de energía en horario punta. Se asume que el usuario decidirá no cargar en dicho horario debido al alto costo, en comparación con la carga en llano. Se asume entonces que los que quienes trabajan en ambos horarios (llano y punta), sólo cargarán en llano.

IX-C3. Escenario 1 - Carga durante la jornada laboral:

En este escenario se considerará cargadores de 22kW debido a que los VE se encuentran cargando durante 8 horas. Como fue visto en los escenarios IX-A5 y IX-A6, utilizar SAVES de 7,4kW es menos rentable. Se recuerda que al tratarse de una estadía prolongada, la energía vendida a los VE es la misma. Sin embargo el costo por OyM será menor. Esto se fundamentó en la instalación de menor cantidad de cargadores.

En las figuras 30 y 31, se muestran las gráficas correspondientes a la potencia consumida por el edificio con el parking funcionando y los VE en el tiempo.

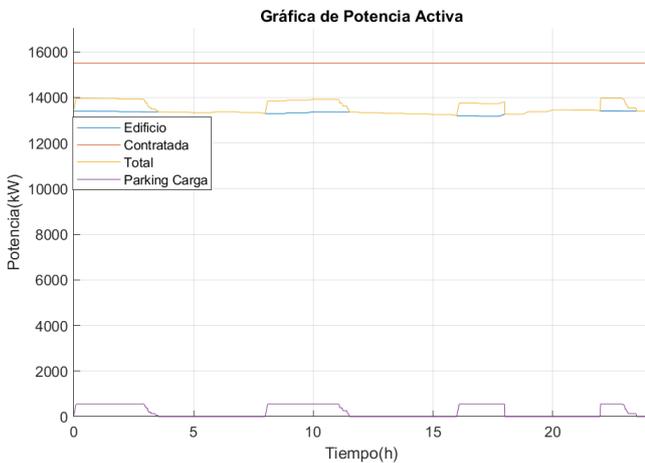


Figura 30. Gráfica de potencia con SAVES de 22kW

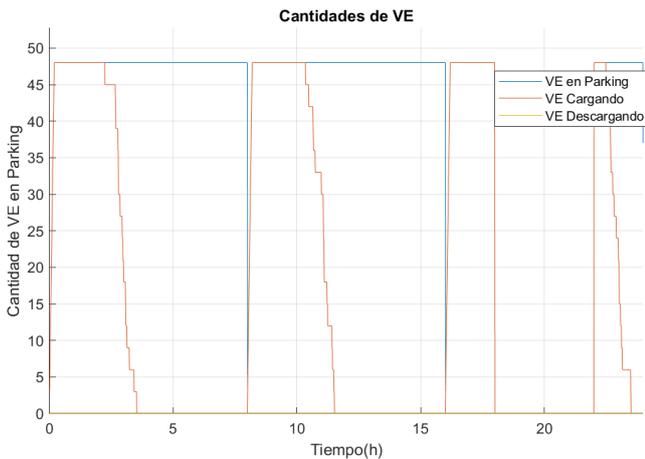


Figura 31. Cantidades de VE en parking

Se puede apreciar que la potencia consumida por el parking no implica grandes cambios en la potencia demandada por el edificio. Mientras tanto en la Figura 31 se ve claramente la velocidad de carga de los VE. La mayor cantidad del tiempo están simplemente conectados y no cargando. Esto se aplica para los primeros dos tramos horarios. En el último tramo si bien, no se carga en punta, los VE logran irse con carga completa.

Se evalúa la TIR del proyecto en base a dos factores. Primero el precio de venta de la energía, y segundo el factor de repetición del escenario durante el mes. Para el precio de venta se considera un rango entre el precio que le cuesta la energía a la fábrica y el precio de la tarifa de movilidad eléctrica de UTE. Se aplican márgenes para evitar la no ganancia de la fábrica, y para beneficiar al usuario con respecto a si la carga se realizase en la vía pública. La Figura 32 muestra un diagrama con el rango de tarifas utilizadas.

El segundo punto considera que el escenario se lleve a cabo durante distintas cantidades de días durante el mes. Se evalúan los casos de 5 a 30 días.

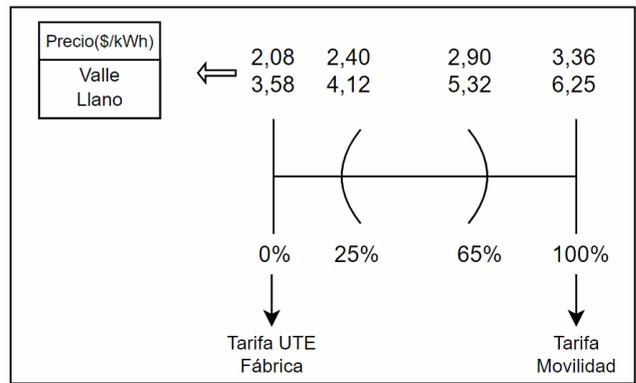


Figura 32. Tarifas utilizadas para la Fábrica

	Detalle	Año 0(US\$)	Anual(US\$)
CAPEX	Total	-126.805	
31cmOPEX	OyM		15.000
	Pago E a UTE		74.095
	Total OPEX		89.095
Tasa de descuento(%)	10	Tarifa (\$/kWh)	Días al mes
VAN(US\$)	-182135	Valle \$ 2,4	5
TIR(%)	-166	Llano \$ 4,12	
VAN(US\$)	-32124	Valle \$ 2,9	15
TIR(%)	2	Llano \$ 5,32	
VAN(US\$)	5027	Valle \$ 2,9	19
TIR(%)	11	Llano \$ 5,32	
VAN(US\$)	115491	Valle \$ 2,9	30
TIR(%)	34	Llano \$ 5,32	
VAN(US\$)	52241	Valle \$ 3,363	15
TIR(%)	22	Llano \$ 6,253	
VAN(US\$)	299138	Valle \$ 3,363	30
TIR(%)	67	Llano \$ 6,253	

Cuadro XX

CÁLCULO DE TIR Y VAN DEL PARKING VARIANDO TARIFA Y FACTOR DE REPETICIÓN

Como resultado de este análisis, se puede observar que utilizando una tarifa del 25% el proyecto no es rentable.

Sin embargo si se aumenta la misma al 65 %, y se aumenta la cantidad de días en que se da el escenario, el proyecto se vuelve rentable. Esta última situación es beneficiosa para ambas partes. El usuario al realizar la carga de su VE a la hora de trabajar abona un monto menor a que si lo cargase en la vía pública, y el edificio obtiene un ingreso de la venta de energía.

A modo de comparación, se simularon dos escenarios adicionales en los que se evalúa la rentabilidad como si se aplicase la tarifa de movilidad. Es fácil notar que esta situación da una rentabilidad mucho mayor.

Como complemento a la tabla, se muestra en la Figura 33 los datos simulados. Cada curva representa una tarifa fija. Por otra parte, el eje de las abscisas representa los días de repetición del escenario. Finalmente en el eje de las ordenadas se representa la TIR. También se grafica una recta constante representando una TIR del 10 % para ver claramente cuándo el proyecto es rentable.

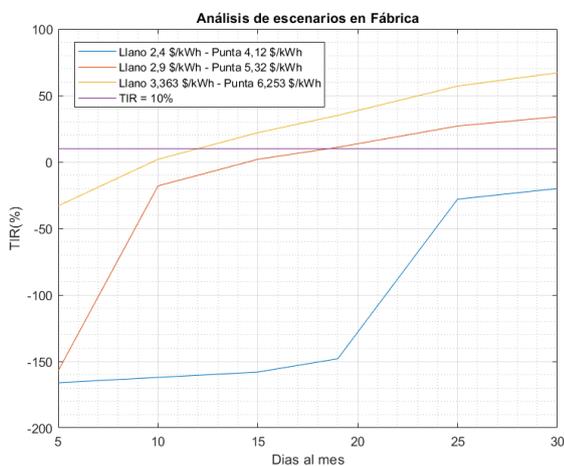


Figura 33. Resultados obtenidos para la Fábrica

Se puede apreciar que para la primera tarifa propuesta, el proyecto nunca es rentable. Para la segunda tarifa propuesta, el proyecto se vuelve rentable a partir de repetir el escenario al menos 19 días al mes. Si se emplease la tarifa de movilidad eléctrica, el proyecto se vuelve rentable a partir de los 13 días de repetición aproximadamente.

Este análisis muestra otro punto de vista a la hora de instalar un parking. Por medio de un flujo marcado previamente, se puede delimitar un objetivo de venta al mes según la cantidad de días.

X. CONCLUSIONES

■ Conclusiones generales:

- Para cada edificio en particular se simularon flujos de entrada y salida de VE acordes a la función social que el lugar representa. Una de las conclusiones que podemos extraer de este análisis es la importancia de conocer el flujo de VE que tiene el edificio. La

inversión principal dependerá fuertemente de la cantidad de VE conectados simultáneamente. Es posible que estos datos sean desconocidos para el edificio, en este caso se debe parar desde un punto de vista conservador y realizar una inversión con un número reducido de cargadores, intentando estimar el flujo de VE en su instalación.

- El hecho de que un VE esté conectado a un SAVE pero sin cargar o descargar su batería, simplemente ocupando el lugar, representa pérdidas para la inversión del parking. Es necesario tener un control sobre esta clase de actividades, y cada instalación debe optar por la manera más eficiente de hacerlo. Ya sea cobrar el tiempo que permanecen conectados aún si no utilizan las funciones del cargador, o aplicar algún tipo de sanción monetaria.
- Ciertos escenarios de trabajo no son rentables a menos que la tarifa de cobro por la carga a los VE se aumente. Si bien esto resulta alarmante, dicho aumento es comparable con el costo que tiene dejar un vehículo estacionado, al día de hoy, sin cargar.
- La carga de VEs en horario punta representa el mayor ingreso en caso de que el flujo de VE se respete. Sin embargo, siendo conservadores y previendo que ningún usuario querrá cargar en horas más caras, los escenarios de todas maneras pueden ser rentables aumentando el precio de la energía cierto porcentaje sobre la tarifa de movilidad. Para el caso de instalar cargadores de 7,4kW, el porcentaje es de 60 %, mientras que para el caso de SAVES de 22kW, 30 %.
- Como complemento a cualquier parking diurno, la carga de VE por la noche representa un aumento de los ingresos. Esta actividad es la más viable y segura, ya que la energía durante este horario es más barata y los usuarios necesitan igualmente resguardar sus vehículos.

■ Centro Comercial:

- Además de las conclusiones generales para todos los escenarios, particularmente en este edificio se puede concluir que el uso de cargadores de mayor potencia proporciona mayor rentabilidad al proyecto. En la carga durante el día, al utilizar cargadores de 22kW en lugar de 7,4kW se vende más energía y por lo tanto los ingresos aumentan. Si bien, como ya se mencionó durante el análisis, la inversión inicial es mayor, la rentabilidad del proyecto también lo es.
- En cuanto a la carga nocturna se concluye que instalar cargadores de 22kW la inversión es más rentable. En este caso la energía vendida es aproximadamente igual que al usar cargadores de 7.4kW. Sin embargo al instalar menor cantidad de SAVES, el costo por operación y mantenimiento es mucho menor. Para los casos instalados es 3 veces menor aproximadamente y es lo que más afecta en los cálculos.
- Si el centro comercial no contase con la amplia dis-

ponibilidad de potencia sobrante como en el ejemplo, y tuviese menor margen para el consumo de energía eléctrica, la aplicación de smart charging le permite optimizar esta energía sobrante. Aprovechando vender la mayor cantidad posible de energía sin tener que excederse de la potencia contratada.

- El uso de la tecnología V2G no es útil en este caso, a menos que se baje la potencia contratada del edificio. Con la tarifa aplicada, no se genera un ahorro por disminuir la potencia consumida, la inversión en cargadores bidireccionales es mucho mayor y se desaprovecha la oportunidad de vender energía que es donde se saca el mayor provecho.

■ Centro de Espectáculos:

- Para este tipo de edificio se enfocó el estudio en la tecnología V2G. Uno de los beneficios de esta es obtener un ahorro a través de la disminución de la potencia contratada. Con las hipótesis planteadas, se llegó a la conclusión de que el edificio saca mayor provecho por disminuir la potencia contratada que por vender energía.
- Por otra parte, la rentabilidad no fue suficiente debido al costo de la inversión inicial, afectada principalmente por el costo de los SAVE bidireccionales. Se concluye que para que la inversión sea viable es necesario que el costo de los mismos disminuya al menos un 66% respecto al valor actual.
- Con respecto a la descarga de los VE. Se concluye que es conveniente tener una gran cantidad de VE descargando a baja potencia, antes que, una menor cantidad de los mismos descargando a potencias mayores.

■ Fábrica:

- El flujo de VE en la fábrica fue adecuado al horario de los trabajadores. Al igual que en el escenario de carga nocturna en el Centro Comercial, se concluyó que es más conveniente instalar menor cantidad de cargadores y de mayor potencia, realizando smart charging. El peso del costo de operación y mantenimiento de los cargadores juega un papel importante a la hora de evaluar la rentabilidad del escenario.
- En cuanto a las tarifas, se concluyó que es posible generar un beneficio al trabajador, ofreciéndole una carga a menor precio que la tarifa de movilidad, y a su vez obtener una inversión rentable.
- Si se evalúa la rentabilidad del proyecto dependiendo de la cantidad de días en los que se repite el flujo de autos propuesto para cierta tarifa, se puede determinar un objetivo de días por mes, para lograr que el proyecto sea rentable.

REFERENCIAS

- [1] Balance Energético Nacional, <https://ben.miem.gub.uy/caracteristicas3.php>
 [2] Parque automotor, Ministerio de Industria, Energía y Minería,
 [3] [www.fisica.cubaeduca.cu-On-line-Fuerza elástica](http://www.fisica.cubaeduca.cu-On-line-Fuerza%20el%C3%A1stica)
 [4] [www.fisicalab.com -On-line-Fuerza elástica o restauradora](http://www.fisicalab.com -On-line-Fuerza%20el%C3%A1stica%20o%20restauradora)

- [5] [www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu-On-Line- Air Friction](http://www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu-On-Line-Air%20Friction)
 [6] Parque automotor — Ministerio de Industria, Energía y Minería. URL: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/ datos-y-estadisticas/estadisticas/parque-automotor>
 [7] <https://datastudio.google.com/u/0/reporting/4a522b4d-2073-49ea-8720-9fdae7904eb6/page/p-7dpj98tmsc>
 [8] Sebastian Montes de Oca. Estudio de la gestion de la demanda bajo el paradigma de smart grid. PhD thesis, 2017. URL: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20174/1/Mon17.pdf>
 [9] Los Agentes del Mercado Electrico. URL: <https://blog.crea-energia.com/luz/mercado-electrico-espanol/>, doi:LosElectrico
 [10] Normativa Departamental. URL: <https://normativa.montevideo.gub.uy/articulo/82364>
 [11] Normativa departamental - Intendencia de Maldonado. URL: <http://miportal.maldonado.gub.uy/digesto/index.php/detalle-articulo/desplegar-detalle-articulo/3950>
 [12] Neorol. URL: <https://www.neorol.com.uy/>
 [13] Que es el VAN y como se calcula - Explicado para principiantes! - YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=nv4TQShwdSo&ab_channel=KotaroenEspa%C3%B1ol
 [14] PROSPECTIVA DE LA DEMANDA ENERGETICA, 2018. URL: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/publicaciones/estudios-prospectiva-energetica>.
 [15] Decreto No 173/010. URL: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/173-2010>
 [16] Resolucion No 1.895/010 Requisitos generales para la conexion de instalaciones de microgeneracion a la red de Baja Tension de UTE — Ministerio de Industria, Energía y Minería. URL: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/institucional/normativa/resolucion-n-1895010-requisitos-generales-para-conexion-instalaciones>
 [17] Resolucion No 1.896/010 Requisitos generales para la conexion de instalaciones de microgeneracion a la red de Baja Tension de UTE — Ministerio de Industria, Energía y Minería. URL: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/institucional/normativa/resolucion-n-1896010-requisitos-generales-para-conexion-instalaciones>
 [18] Resolucion No 42/017 Incorporacion de condiciones para el intercambio bi- direccional de energia, en los casos comprendidos por el Decreto No 173/010 — Ministerio de Industria, Energía y Minería. URL: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/institucional/normativa/resolucion-n-42017-incorporacion-condiciones-para-intercambio-bidireccional>
 [19] Decreto No 27/020. URL: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/27-2020>
 [20] Decreto No 277/002. URL: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-reglamento/277-2002>

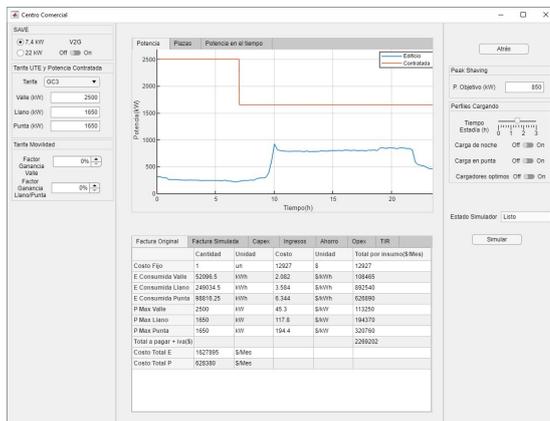
Estudio de la Rentabilidad de Instalar Parkings de Vehículos Eléctricos en Uruguay

Agustín Borrell, Manuel Hernández, Santiago Deana

IIE

Ingeniería de Muestra

2019 ★ Vení a conocer el futuro



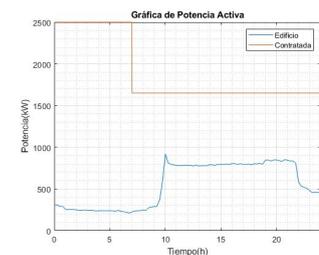
Resumen

En esta tesis de grado se abordan posibles aplicaciones de parkings con cargadores de vehículos eléctricos. Se analizan las opciones unidireccionales y bidireccionales de los mismos como agentes de un nuevo mercado de negocio con la energía eléctrica. Se aborda el concepto de V2G y su aplicación al proceso de peak shaving en distintos tipos de edificios como centros comerciales, lugares de espectáculos o fábricas industriales. Durante las simulaciones realizadas los edificios serán beneficiados por ofrecer un servicio de carga a los usuarios de los vehículos eléctricos y también mediante el ahorro de energía, comprándole a los vehículos que se descarguen a través del parking.

Centro Comercial

Particularmente en este edificio se puede concluir que el uso de cargadores de mayor potencia proporciona mayor rentabilidad al proyecto. En la carga durante el día, al utilizar cargadores de 22 kW en lugar de 7,4 kW.

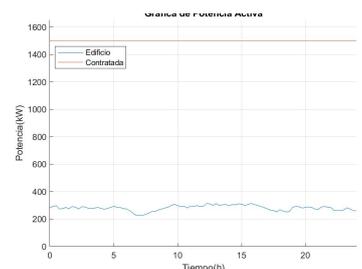
El uso de la tecnología V2G no es útil en este caso, a menos que se baje la potencia contratada del edificio. Con la tarifa aplicada, no se genera un ahorro por disminuir la potencia consumida, la inversión en cargadores bidireccionales es mucho mayor y se desaprovecha la oportunidad de vender energía.



Centro de Espectáculos

Para este tipo de edificio se enfocó el estudio en la tecnología V2G. Se llegó a la conclusión de que el edificio saca mayor provecho por disminuir la potencia contratada que por vender energía.

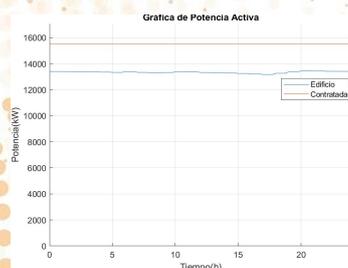
La rentabilidad no fue suficiente debido al costo de la inversión inicial, afectada principalmente por el costo de los SAVE bidireccionales. Para que la inversión sea viable es necesario que el costo de los mismos disminuya al menos un 66% respecto al valor actual.



Fábrica

Se concluyó que es posible generar un beneficio al trabajador, ofreciéndole una carga a menor precio que la tarifa de movilidad, y a su vez obtener una inversión rentable.

Es posible explotar el potencial de Smart Charging. Es más conveniente instalar menor cantidad de cargadores y de mayor potencia, realizando esta estrategia de carga. El costo de operación y mantenimiento de los cargadores juega un papel importante a la hora de evaluar la rentabilidad del escenario.



Esta es la última página.
Compilado el martes 18 abril, 2023.
<http://iie.fing.edu.uy/>