

Relevamiento para el diseño de un sistema de estacionamiento y carga de vehículos eléctricos ligeros para la Facultad de Ingeniería de la UNMDP

N. Toda

Laboratorio de Inst. y Control
ICYTE (UNMDP-CONICET)
Mar del Plata, Argentina
natan.toda@gmail.com

P. Cervellini

Laboratorio de Inst. y Control
ICYTE (UNMDP-CONICET)
Mar del Plata, Argentina
paulacervellini@fi.mdp.edu.ar

N. Wassinger

Laboratorio de Inst. y Control
ICYTE (UNMDP-CONICET)
Mar del Plata, Argentina
nwassinger@fi.mdp.edu.ar

R. García Retegui

Laboratorio de Inst. y Control
ICYTE (UNMDP-CONICET)
Mar del Plata, Argentina
rgarcia@fi.mdp.edu.ar

M. Funes

Laboratorio de Inst. y Control
ICYTE (UNMDP-CONICET)
Mar del Plata, Argentina
mfunes@fi.mdp.edu.ar

Resumen—Los vehículos basados en combustibles fósiles han prevalecido desde sus orígenes. Sin embargo, su impacto ambiental negativo ha impulsado la transición hacia la movilidad eléctrica destacando, además, su eficiencia energética. Los vehículos eléctricos ligeros (VELs) son un elemento clave en la micro-movilidad urbana, donde viajes cortos predominan. En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, la popularidad de estos vehículos ha aumentado, pero la falta de estacionamientos seguros plantea desafíos. Diseñar un sistema de carga y estacionamiento seguro para VELs en esta comunidad no solo resolvería problemas logísticos, sino también fomentaría la adopción de transportes sostenibles, mejorando la imagen institucional y promoviendo la innovación tecnológica en Mar del Plata. Un objetivo adicional de este sistema se relaciona con actividades de investigación, utilizando y pensando el sistema como un prototipo de microrred que, adicionalmente integraría proyectos finales de distintas ingenierías, siendo este primer trabajo parte de un proyecto final de la carrera de ingeniería electromecánica. Es por eso que en este trabajo se realiza un relevamiento para establecer los requerimientos necesarios para el diseño del sistema.

Index Terms—Relevamiento, Micro-movilidad, Vehículos Eléctricos Ligeros, Estacionamiento seguro, Recarga

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad, ha existido una imperiosa necesidad de desarrollar medios de transporte que faciliten desplazamientos de larga distancia con un mínimo esfuerzo físico, impulsando la creación de sistemas de transporte aéreo, marítimo y terrestre. A pesar de que los vehículos propulsados a partir de combustibles fósiles, han sido la forma de transporte más extendida para desplazamientos terrestres, su impacto ambiental ha sido sumamente

negativo. La emisión de contaminantes atmosféricos asociados a este tipo de vehículos contribuye de manera sustancial al calentamiento global mediante el efecto invernadero. Sumado a esto, en el contexto de las zonas urbanas, han contribuido al incremento de la congestión vehicular. En un esfuerzo por abordar esta problemática, se ha intensificado la labor dirigida a la transición del paradigma de transporte actual hacia un enfoque más respetuoso con el medio ambiente. En este contexto adquieren interés los vehículos eléctricos [1], [2]. Contrario al vehículo convencional, donde gran parte de la energía generada por la combustión se disipa en forma de calor, ruido, vibraciones y residuos emitidos a la atmósfera; los vehículos eléctricos presentan un mejor rendimiento en términos de aprovechamiento de la energía suministrada [3]. Dentro de los vehículos eléctricos existe un subgrupo, los vehículos eléctricos ligeros (VELs), ampliamente utilizados para la denominada micro-movilidad. La micro-movilidad es aquella movilidad en la que el transporte se desarrolla en distancias cortas, principalmente en el centro de las ciudades [4]. Según un estudio de McKinsey Center for Future Mobility, alrededor del 60 % de los viajes en automóvil que se realizan en todo el mundo son de menos de 8 kilómetros, y en ellos se podrían aplicar soluciones de micro-movilidad [5]. La micro-movilidad facilita el transporte diario de las personas, ya que en la mayoría de las ocasiones (menos de 10 km), es más rápido que el automóvil al proporcionar mayor libertad para alcanzar su destino y evitar atascos. La micro-movilidad también es percibida como una “movilidad intuitiva” por el propio diseño de los vehículos y su manejo muy sencillo [6]. En este contexto se ha visto un incremento de este tipo de vehículos entre la población de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FI-UNMDP). Sin embargo, dado que no existe un espacio específico en el que se

Este trabajo fue financiado por el la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) (PIP2643).

puedan estacionar de forma segura, se ha observado el ingreso de VELs al interior de las aulas u oficinas, lo cual, en la medida que aumente la cantidad de personas que utilicen este medio, se va a volver insostenible.

Entre las soluciones comerciales existentes para el estacionamiento y recarga de VELs se pueden encontrar una variedad de opciones, como las que se incluyen en los Cuadros I y II.

A partir del relevamiento realizado, se identifica que en su gran mayoría son estaciones de recarga con características modulares. Sin embargo, no todas son flexibles y aquellas que los son requieren del uso de los cargadores propios de cada vehículo, con lo cual se espera que la persona vaya con el mismo a todos lados. Además, se puede observar que no todas las estaciones poseen cierres seguros ni sistemas inteligentes que permitan monitoreo y control por parte del usuario. Por otra parte, ninguna plantea un sistema de gestión de la carga inteligente a excepción de la estación diseñada por la Universidad Nacional de San Juan y CONICET. Aunque esta última estación de carga tiene características que la vuelven

muy interesante como lo son la modularidad, la flexibilidad y la posibilidad de funcionar tanto ON-grid como OFF-grid, la misma no cuenta con la funcionalidad de estacionamiento seguro y requiere que el usuario lleve consigo su cargador.

Además de resolver un problema de logística y de contribuir con los temas de investigación, la incorporación de este tipo de estacionamiento en la universidad promovería la adopción de medios de transporte sustentables entre los estudiantes, los profesores y el personal. Adicionalmente, al proveer de puntos de carga dedicados, contribuiría al aumento de su popularidad y conveniencia. En definitiva, en términos generales, incrementaría la imagen institucional de la universidad como un espacio comprometido con la sostenibilidad y la innovación tecnológica, estando a la vanguardia ya que no existen espacios así en la ciudad de Mar del Plata.

En este trabajo se presenta un relevamiento destinado a identificar los requerimientos necesarios para el diseño y dimensionamiento de una plataforma para estacionamiento seguro y carga de vehículos eléctricos ligeros (ESyC-VELs),

Fabricante	Modelo	Tipo de VEL admitido	Modularidad	Flexibilidad	Método de sujeción	Recarga
SOLUM	Helios-G	Bicicletas y Monopatines	SI	NO	SI	SI
VÉLOGALAXIE	TrotFix Elec	Monopatines	SI	SI	NO	SI
SEEDIA	jCharge	Bicicletas y Monopatines	SI	NO	SI	SI
YUP / BICITAVIS	Trap Lock	Monopatines	SI	SI	NO	SI
YUP / BICITAVIS	Trap keypad	Monopatines	SI	SI	SI	SI
BIKEEP	Smart Bike Dock	Bicicletas	SI	SI	SI	SI
BIKEEP	Smart Bike Locker	Bicicletas	SI	NO	SI	SI
BIKEEP	Smart Scooter Station	Monopatines	SI	SI	SI	SI
KNOT	V6 station	Bicicletas y Monopatines	Si	SI	SI	SI
M4M	Parking Station	Monopatines	SI	NO	NO	NO
BOLT	CHarging dock	Monopatines y bicicletas	NO	NO	SI	SI
SCAME	Serie CA	Bicicletas	SI	SI	NO	SI
UNSJ y CONICET	ECSAVE-I	Monopatines, bicicletas y motos	SI	SI	NO	Si
SWIFTMILE	Swiftmile	Monopatines, bicicletas y motos	SI	NO	SI	SI
ADVANSOLAR	SunPod	Vehículos de 2 y 4 ruedas	SI	NO	NO	SI

Cuadro I: Soluciones comerciales de estacionamiento y carga de vehículos (TABLA 1 de 2). [7]–[19]

Fabricante	Modelo	Conexión	Inteligencia	ON-grid OFF-grid	Ubicación	Observaciones
SOLUM	Helios-G	Directa a la batería. Sólo 1 conector posible	Monitoreo y control a través de app y plataforma.	ON	Apto exterior sin techo	Se pueden conectar cierto tipo de VELs.
VÉLOGALAXIE	TrotFix Elec	Por cargador	NO	ON	Apto exterior sin techo	
SEEDIA	jCharge	Directa a la batería. Sólo 1 conector posible	Recarga y bloqueo de VEL con APP	Ambas	Apto exterior con techo	Se pueden conectar cierto tipo de VELs.
YUP / BICITAVIS	Trap Lock	Por cargador	NO	ON	Apto exterior sin techo	
YUP / BICITAVIS	Trap keypad	Por cargador	NO	ON	Apto exterior sin techo	
BIKEEP	Smart Bike Dock	Por cargador	Apertura y bloqueo APP y RFID	ON	Apto exterior sin techo	
BIKEEP	Smart Bike Locker	Por cargador	Apertura y bloqueo APP y RFID	ON	Apto exterior. Locker rectangular cerrado	
BIKEEP	Smart Scooter Station	Por cargador	Apertura y bloqueo APP y RFID	ON	Apto exterior sin techo	
KNOT	V6 station	A tensión DC ajustada por software	SI	ON	Apto exterior sin techo	
M4M	Parking Station	NO	NO	No aplica	Apto exterior sin techo	Estacionamiento o sin recarga
BOLT	CHarging dock	Directa a la batería. Sólo 1 conector posible	SI	ON	Apto exterior sin techo	
SCAME	Serie CA	Por cargador	NO	ON	Apto exterior sin techo	
UNSJ y CONICET	ECSAVE-I	Por cargador	SI	Ambas	Apto exterior con techo	Carga de PCs y CELs.
SWIFTMILE	Swiftmile	No especifica	SI	ON	Apto exterior sin techo	
ADVANSOLAR	SunPod	Por cargador	NO	OFF	Apto exterior con techo	

Cuadro II: Soluciones comerciales de estacionamiento y carga de vehículos (TABLA 2 de 2). [7]–[19]

como monopatines y bicicletas, utilizados por la comunidad de la facultad de ingeniería. Para el sistema se tienen en cuenta características como: modularidad, flexibilidad, seguridad, monitoreo y control remoto por parte del usuario, carga independiente del uso de cargador, gestión inteligente de la carga de VELs e incorporación de generación fotovoltaica para reducir el impacto en la red eléctrica. Como objetivos específicos se plantea:

- Evaluar los requerimientos eléctricos, conectores y seguridad de los VELs disponibles en el mercado local.
- Analizar soluciones para la implementación de los cierres electromecánicos, considerando las características de cada tipo de VEL.
- Identificar el mejor lugar de la Facultad de Ingeniería para emplazar el sistema de estacionamiento.

II. RELEVAMIENTO

Con el objetivo de identificar los requerimientos del sistema ESyC-VELs es necesario relevar los VELs existentes en el mercado local, de manera de individualizar qué tipo de vehículos utiliza la población de la facultad. Dado que se pretende diseñar un espacio seguro para los vehículos, se requiere realizar un relevamiento de cierres electromecánicos existentes. Por otra parte, resulta necesario identificar cuáles son los espacios disponibles de la facultad en los cuales se podría instalar el sistema ESyC-VELs. En este sentido, la Facultad de Ingeniería cuenta con un espacio en el cual, en la actualidad, se estacionan las bicicletas convencionales, propulsadas por los usuarios y las motos a combustión. Dado que las motos eléctricas tienen una autonomía tal, que para las distancias a recorrer en esta ciudad requieren una recarga por día y que en la actualidad no representan un problema

de logística porque son estacionadas en el mismo espacio que las de combustión, las mismas no son tenidas en cuenta para el sistema a diseñar. En este sentido, de aquí en adelante los denominados VELs incluyen bicicletas y monopatinés eléctricos.

II-A. Relevamiento de VELs existentes en el mercado local

Para el diseño del sistema es necesario conocer, para las marcas y modelos de VELs que pueden comprarse en la Argentina, sus dimensiones y los requerimientos eléctricos como: tipo de conector de carga y tensión y capacidad de la batería. En el Cuadro III se presenta una comparativa que incluye las características mencionadas para distintos monopatinés. Lo que se denomina como costo Bajo incluye el rango de monopatinés de 300 a 500 dólares, el costo Medio refiere al rango de 500 a 1000 dólares y el Alto es para los monopatinés de más de 1000 dólares. A partir del relevamiento realizado se identifica que, en relación con la tensión de batería, tal como se muestra en la Fig. 1 la gran mayoría de los monopatinés cuentan con baterías de 36V o 48V, el 60 % y el 30 % respectivamente; y existen proporcionalmente muy pocos vehículos de 24V o 52V. Además, en la misma figura se observa que existen 3 tipos de conectores, los GX16-3P, los DC 8mm y en menor proporción los DC 5.5mm/2.1mm. Teniendo en cuenta las dimensiones de los vehículos se observa un largo máximo de 1220mm, un ancho máximo de 600mm y una altura entre 1100mm y 1290mm.

Al igual que para los monopatinés, en el Cuadro IV se muestra el relevamiento realizado para las bicicletas eléctricas, identificando que se tienen dos tipos de conectores, los cuales coinciden con dos de los conectores de los monopatinés, tal como se muestra en la Fig. 2. En relación a la tensión, se identifican dos posibles valores de tensión de batería, 36 V en mayor proporción y unas pocas bicicletas con 48V. Respecto de las dimensiones, este tipo de vehículos tiene como máximo 2030mm de largo, 700mm de ancho y 1560mm de altura. Para el caso de las bicicletas, el rango de precios como costo Bajo ronda entre 300 y 800 dólares, el Medio va entre 800 y 1200 dólares y el Alto es para aquellas bicicletas de más de 1200 dólares.

II-B. Relevamiento de cierres electromecánicos

Con el objetivo de lograr que el sistema sea un estacionamiento seguro, hay que relevar distintos tipos de sujeciones. Dado que además de seguridad se pretende tener la capacidad de monitoreo y control de forma remota, por parte del usuario, es necesario contar con un mecanismo de cierre apropiado. En este contexto los mecanismos de cierre puramente mecánicos, es decir cierre con candado o cadena, quedan descartados. Por ende, es necesario relevar qué tipo de cierres electromecánicos pueden ser utilizados para cumplir con los objetivos de diseño del sistema. Respecto del sistema de accionamiento del cierre se pueden encontrar principalmente 3 mecanismos diferentes: cierre con electroimán, cierre con solenoide y cierre con motor eléctrico. Respecto de la forma en que se traban se pueden encontrar trabas flexibles, trabas rígidas o jaulas.

II-B1. Cierre según sistema de accionamiento:

- **Cierre con electroimán:** Los cierres con electroimán abarcan una variedad de dispositivos que utilizan la fuerza magnética generada por un electroimán para mantener un cierre en su posición bloqueada o liberada. Este tipo de cierre puede incluir desde las clásicas cerraduras de chapa magnética hasta pestillos y otros mecanismos de bloqueo que emplean electroimanes. Cuando se aplica corriente eléctrica al electroimán, se genera un campo magnético que atrae una pieza metálica, manteniendo el cierre en su lugar. Al cortar la corriente, el campo magnético desaparece y el cierre se libera. Entre sus ventajas se pueden mencionar el bajo costo, en comparación con otro tipo de cierre. Además, al no tener partes móviles complejas, es más simple y rápido en su operación. En relación con las desventajas, este tipo de cierre requiere alimentación eléctrica continua para mantener el bloqueo, lo que puede ser un problema en el caso de cortes de energía. Sumado a esto, comparado con cierres que usan motores eléctricos, la fuerza de retención puede ser limitada, lo que los vuelve menos adecuados para aplicaciones donde se requiere un cierre robusto.
- **Cierre con solenoide:** Los cierres con solenoide utilizan un dispositivo electromecánico que convierte energía eléctrica en movimiento lineal para activar o desactivar un cierre. Este tipo de cierre es común en sistemas donde se requiere un accionamiento rápido y directo. El solenoide consiste en una bobina de alambre que, al ser energizada, genera un campo magnético. Este campo magnético mueve un núcleo metálico dentro del solenoide, lo que a su vez acciona un pestillo o cerrojo. El movimiento es lineal y generalmente de corto alcance, lo que lo hace adecuado para cierres que requieren un accionamiento rápido y sencillo. Como ventajas se identifica que son muy rápidos en su operación, lo que los hace ideales para aplicaciones donde la velocidad es importante. Además, pueden soportar un uso continuo y repetitivo. Son constructivamente menos complejos que los cierres con motores eléctricos lo que los hace más económicos. Como desventaja se identifica que al igual que los cierres con electroimán, requieren una fuente de energía constante para funcionar y no pueden hacer tanta fuerza como los motores eléctricos.
- **Cierre con motor eléctrico:** Un motor eléctrico proporciona un control preciso en su posición y una fuerza significativa en el accionamiento de un cierre. Son adecuados cuando se requiere un accionamiento robusto y un control más detallado del movimiento. El motor eléctrico convierte la energía eléctrica en movimiento rotativo, que a través de engranajes, husillos u otros mecanismos, se transforma en movimiento lineal o rotativo para accionar el cierre. Este tipo de cierre es capaz de manejar sistemas más complejos y pesados, y su funcionamiento puede ser controlado con alta precisión. Sin embargo, este mecanismo es más complejo y costoso de fabricar e instalar

Marca	Modelo	Conector	Tensión [V]	Capac. [Ah]	Peso [Kg]	Dimensiones (LxWxH)[mm]	Costo
Clap	Clap	gx16-3p	48	10.5	22	1150x500x1290	Medio
Dualtron	Mini	gx16-3p	52	13	22	1115x600x1170	Alto
Foston	S08 pro	DC 8mm	36	7.8		-	Bajo
Futecher	Gun	gx16-3p	48	15.6	19.2	1040x545x1160	Alto
Go smart	XP10	DC 8mm	36	10.4	18	1220x460x1200	Medio
Howard	MK7	DC 5.5mm /2.1mm	24	6	14	1100x430x1140	Bajo
Kany	t10	DC 5.5mm /2.1mm	48	13	25	-	Medio
Kany	C85	DC 5.5mm /2.1mm	36	10	13	1090x470x1180	Bajo
Max you	S1	gx16-3p	36	6.6		-	Bajo
Max you	M6	DC 8mm	36	10	29	1100x300x1200	Medio
Max you	S3	gx16-3p	48	12.5	18.5	-	Alto
Peabody	Pe-me02	DC 5.5mm /2.1mm	36	6.4	12	1070x430x1100	Bajo
Philco	S90	DC 8mm	36	6	15.4	-	Bajo
Segway / ninebot	g30p	DC 8mm	36	16.3	19	1167x472x1203	Medio
Segway / ninebot	ES1/ES2	DC 8mm	36	5.2	11.3	1020x430x1130	Bajo
Segway / ninebot	F40	DC 8mm	36	10.2	18	1200x480x1160	Medio
Segway / ninebot	F25	DC 8mm	36	5.1	15	1143x480x1160	Bajo
Segway / ninebot	D18/D28/ D38	DC 8mm	36	5.1/7.65/10.2	15	1160x480x1150	Bajo/Me dio
Speedway	Mini 4 Pro	gx16-3p	48	13	16	1020x530x1180	Medio
Vsett	8/9//10+	gx16-3p	48	15.6/16/26	21	1135x600x1210	Alto
Xiaomi	M365	DC 8mm	36	7.8	12.5	1080x430x1140	Bajo
Xiaomi	Pro 2	DC 8mm	36	12.8	14.2	1130x430x1180	Medio
Zero	9	gx16-3p	48	13	18	-	Alto

Cuadro III: Tabla de monopatines existentes en el mercado local.

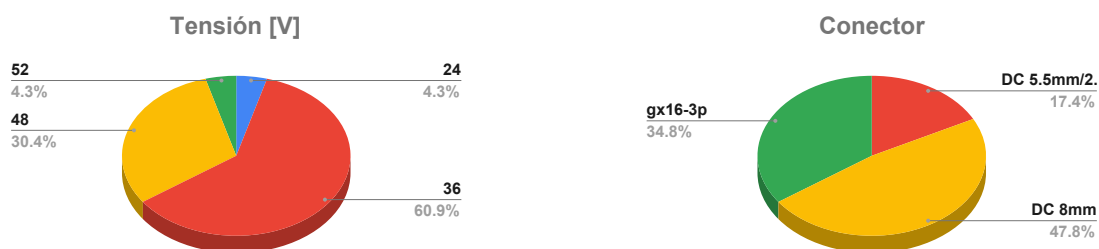


Figura 1: Porcentaje de casos de tensión de baterías y conectores de carga de los monopatines relevados.

Marca	Modelo	Conector	Tensión [V]	Capacidad [Ah]	Peso [Kg]	Dimensiones(LxWxH) [mm]	Tipo	COSTO
Arbike	D1	DC 5.5mm/2.1mm	36	6	15.7	1020x505x940	-	Bajo
E-mov	2fold	GX16-3p	36	6.4	17	1500x580x1100	plegable	Alto
E-trotter	Rolling v3	DC 5.5mm/2.1mm	36	7.8	19	-	paseo	Bajo
E-trotter	Queen V2.0	DC 5.5mm/2.1mm	36	7.8	19	-	plegable	Medio
Elpra	Mountain cross	DC 5.5mm/2.1mm	48	15	38	2030x680x1210	todoterreno	Alto
Elpra	Slim	DC 5.5mm/2.1mm	36	10	26	1800x650x1100	paseo	Bajo
Elpra	Urban 2	DC 5.5mm/2.1mm	36	6	22	1530 x700 x 1110	plegable	Bajo
Enerby	Magnet	GX16-3p	36	10	23	-	todoterreno	Alto
Enerby	Ave	GX16-3p	36	10.4	21	-	paseo	Medio
Enova	ENV-EFP-DK	DC 5.5mm/2.1mm	36	10.4	19	1400x680x1070	plegable	Medio
GTC	JT-20-LI-N	DC 5.5mm/2.1mm	48	8	28	1530x580x1120	plegable	Medio
Hybridcity	S5	GX16-3p	36	13	24	-	todoterreno	Alto
Hybridcity	Tourism	DC 5.5mm/2.1mm	36	13	20	-	plegable	Medio
Kany	c20	DC 5.5mm/2.1mm	36	7.8	19	-	plegable	Medio
Momo design	Verona 26	DC 5.5mm/2.1mm	36	7.8	17	1100x485x1060	paseo	Alto
Momo design	Ibiza r20	DC 5.5mm/2.1mm	36	9.6	21	-	plegable	Medio
Randers	Ecotrail 29	DC 5.5mm/2.1mm	36	13	25.5	1770x630x1110	todoterreno	Medio
Randers	Okologi	DC 5.5mm/2.1mm	36	10.4	25	1850x600x1100	paseo	Medio
Rodar	VR	GX16-3p	48	20	32	1860x630x1560	todoterreno	Alto
Rodar	Timbo	DC 5.5mm/2.1mm	36	10	25	-	paseo	Medio

Cuadro IV: Tabla de bicicletas existentes en el mercado local.

comparado con los otros sistemas. Además, debido a las partes móviles y la complejidad del motor, requiere de más mantenimiento.

II-B2. Trabas: En el ámbito de la seguridad y la sujeción de vehículos eléctricos ligeros, se utilizan varios tipos de trabas para garantizar la fijación. A continuación se describen los tres tipos principales de trabas utilizadas para asegurar vehículos eléctricos ligeros.

- **Trabas rígidas:** Las trabas rígidas son mecanismos estructurales sólidos que se utilizan para fijar partes del vehículo de manera segura durante el transporte o el

almacenamiento. Estas trabas suelen ser componentes robustos que proporcionan una sujeción firme y resistente. Ejemplos de trabas rígidas incluyen , barras de bloqueo y dispositivos de fijación que aseguran componentes específicos del vehículo en su lugar para evitar movimientos no deseados.

- **Trabas flexibles:** Los cierres flexibles como cadenas, cables de acero y otros mecanismos, que pueden adaptarse a diferentes formas y tamaños, ofrecen una forma versátil de asegurar VELs. Estos cierres se adaptan a diferentes tamaños y formas de vehículos y proporcionan

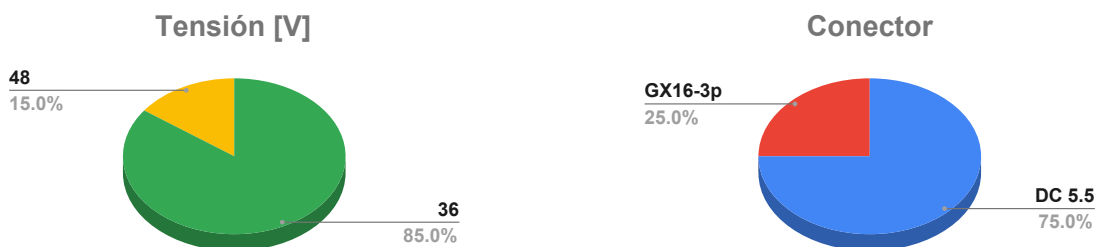


Figura 2: Porcentaje de casos de tensión de baterías y conectores de carga de las bicicletas relevadas.

una sujeción segura con cierta flexibilidad. Se utilizan para envolver y asegurar partes críticas del vehículo, como el chasis o las ruedas, ofreciendo una sujeción efectiva que puede ajustarse según sea necesario.

- **Jaulas de protección:** Las jaulas de protección son estructuras de seguridad diseñadas para rodear completamente el vehículo eléctrico ligero y proporcionar una capa adicional de protección durante el transporte. Estas jaulas suelen estar fabricadas con materiales resistentes, como acero reforzado, y protegen el vehículo de impactos, golpes y daños.

II-C. Relevamiento de espacios disponibles en la Facultad de Ingeniería de la UNMdP

Aunque se pretende proyectar un sistema de estacionamiento y recarga de vehículos eléctricos que pueda ser emplazado en cualquier espacio, el diseño final para el cual se está realizando este relevamiento tiene como ubicación la FI-UNMDP. La misma está situada en la Av. Juan B. Justo intersección con la calle Ing. Ratero como se observa en la Fig. 3. Es por esto que resulta de interés identificar cuáles son los espacios, disponibles en el predio, que permitan cumplir con las siguientes características esperadas para este diseño:

- **Modularidad:** flexibiliza las exigencias en cuanto a las dimensiones del espacio a utilizar ya que tiene que demanda como mínimo el tamaño de un módulo.
- **Seguridad:** es necesario contar con un espacio en el que puedan instalarse cámaras de seguridad y además sea cerrado, sin poner en riesgo la seguridad del edificio.
- **Monitoreo, control por parte del usuario y gestión de energía:** se requiere alguna forma de comunicación y conectividad.
- **Carga ON-grid y OFF-grid con energía solar fotovoltaica:** implica que se tenga posibilidad de conexión a la red eléctrica y disponibilidad de recurso solar.



Figura 3: Ubicación de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP.

- **Impacto social:** se necesita que el espacio sea visible no sólo para la comunidad de la facultad sino también para las personas que circulan por los alrededores.

Para la evaluación del punto de ubicación de la ESyC-VEL, se analizan 5 zonas posibles. Estas zonas se encuentran marcadas en rojo en la Fig. 4, donde se visualiza el plano de la planta baja de la facultad. Tal como se identifica en el plano, los posibles espacios de emplazamiento del sistema se encuentran lindero o dentro de la facultad con lo cual en todos los casos se tiene conexión a la red eléctrica y conectividad o posibilidades de comunicación. Además, en todos los espacios es posible la ubicación de cámaras de seguridad de forma directa.

La ZONA 1 marca el área donde se encuentra actualmente el ciclero. Tal como se observa en la Fig. 5 este espacio está protegido por rejas y al encontrarse adyacente a la entrada principal de la facultad, el personal de guardia puede vigilar la entrada y salida de personas en esta zona. Sin embargo, no se tiene visión directa de la totalidad del ciclero y al atardecer o a la noche, cuando no hay tanta circulación de personas, el espacio se presenta más vulnerable. Sumado a esto, construir la estación de carga inteligente aquí implica una reducción en los espacios disponibles donde actualmente los estudiantes y profesores estacionan sus bicicletas convencionales o motocicletas. Además, este espacio no tiene mucha visibilidad desde la Av. Juan B. Justo que es la calle de mayor circulación de personas. Respecto de la disponibilidad de recurso solar, es una zona que se encuentra sombreada la mayor parte del día con lo cual no es apta para colocar paneles a menos que se ubiquen paneles solares en el techo.

La ZONA 2 corresponde a un patio interno dentro de la facultad. Tiene la ventaja de que al encontrarse dentro del complejo, la probabilidad de ocurrencia de un hurto por una persona ajena a la universidad es muy baja. No obstante, su ubicación hace que sea complejo colocar los vehículos en la estación de carga, ya que para llegar a esa zona se debe ingresar a la facultad y atravesar todo el bloque principal para acceder al patio interno. A su vez, al ser un patio interno ubicado en la planta baja de un complejo que posee 3 pisos, existen pocas horas de luz solar disponible, con lo cual la única posibilidad sería evaluar la colocación de paneles en el techo. Sumado a esto, el impacto social es mínimo porque ni siquiera es un espacio por el que circulan todos los integrantes de la facultad.

En cuanto a la ZONA 3, la cual también corresponde a un patio interno dentro del complejo, tiene las mismas ventajas y desventajas que la ZONA 2 con la diferencia de que tiene un poco más de visibilidad entre de la población de la facultad.

Por su parte, la ZONA 4 se encuentra cerca de una entrada secundaria al complejo. Esta entrada se halla cerrada por rejas. Esta superficie corresponde a un corredor que desemboca en una puerta que lleva al interior de la facultad. Es un área que al estar enrejada brinda cierta seguridad y comodidad pero como es una salida de emergencia no podría destinarse el espacio sólo para los usuarios de VELs, debiendo permitir el acceso a todos los miembros de la facultad. Sumado a eso, como

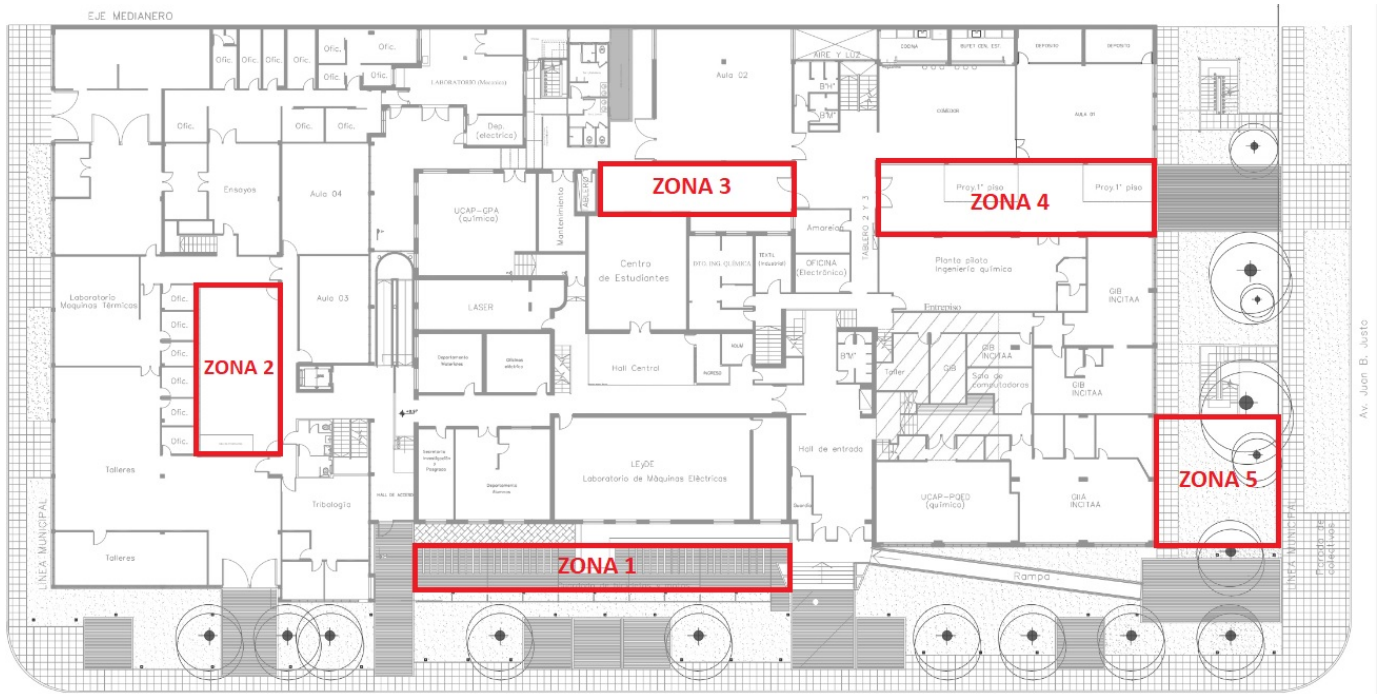


Figura 4: Plano de planta baja de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

se puede ver en la figura, existen proyecciones del primer piso que generan sombras sobre el área, lo que perjudica la disponibilidad del recurso solar.

Finalmente, la ZONA 5 se encuentra en el frente del complejo sobre la avenida Juan B. Justo, al lado de la parada de colectivos. El área se encuentra cerca de una entrada secundaria al complejo y está cerrada mediante rejas. Esto le provee mayor seguridad y comodidad para hacer uso de la estación. Si se examina el plano presentado en la Fig. 4 se puede observar que la zona 5 queda ubicada en la esquina. Esto genera que la luz que le incide a los paneles solares de la estación es mucho mayor, originando mayor eficiencia. Además, al encontrarse en el frente del complejo, no tiene paredes circundantes que puedan disminuir el tiempo en el que incide la energía solar.



Figura 5: Bicicletero actual de la FI-UNMDP.

III. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

A partir de los objetivos planteados para el diseño del sistema ESYC-VELs y del relevamiento realizado, se identifica que para que el sistema sea modular tiene que pensarse en un esquema escalable pero sin una modularidad excesiva porque puede generar un aumento de costos y una complejidad adicional en la gestión de cada módulo y del conjunto. En este sentido se tiene que tener en cuenta que para estacionar cada vehículo se tiene que contar con un volumen (largo x ancho x altura) de 1220mm x 600mm x 1290mm como máximo para el caso de los monopatines y para las bicicletas de 2030mm x 700mm x 1560mm.

Para que el sistema sea flexible, se tiene que diseñar un sistema de cierre seguro y un sistema de recarga que no sólo incluya a la mayor cantidad de VELs del mercado sino que, además, permita la recarga sin la necesidad de que el usuario utilice su cargador. A partir de esto y como resultado del relevamiento de VELs existentes en el mercado local, surge como requerimiento que el estacionamiento tiene que ser compatible con los conectores que se observan en la Fig. 6. Sumado a esto, el sistema tiene que poder cargar baterías de 24V, 36V, 48V y 52V.

Respecto a la seguridad se identifica que, por las características electromecánicas que posee, el mejor tipo de sujeción en relación al sistema que la acciona es el cierre por solenoide pero con la necesidad de diseñar un sistema de retención del mecanismo de cierre de forma de que se utilice de forma indirecta, es decir que el sistema permanezca bloqueado y que se requiera energizarlo para liberar la traba. Respecto de la traba electromecánica, se identifica que por las características



Figura 6: Conectores relevados

de los monopatines puede llegar a ser una buena opción contar con un tipo de traba rígida mientras que para el caso de las bicicletas resulta más adecuado algún tipo de traba flexible.

A partir del relevamiento realizado de los espacios de la facultad que son factibles de ser utilizados para emplazar el sistema ESYC-VELs se identifica que aquel que permite mayor visibilidad, acceso a la red eléctrica, conectividad, y mejor disponibilidad de recurso solar es el denominado ZONA 5 en la Fig. 4 . El arbolado asociado a este espacio es bajo y susceptible de ser podado de forma periódica. Incluso es posible pensar en ubicar los paneles solares con una estructura a mayor altura o en el techo teniendo una buena disponibilidad de horas de sol. Además, para cerrarlo completamente sólo se requiere ubicar una reja que separe el espacio de la escalera de emergencia brindando una superficie total de $60m^2$, tal como se observa en las medidas acotadas en la Fig. 7. Sumado a esto, dicho espacio en la actualidad cuenta con una puerta de reja con la que se puede tener acceso y, si se lo separa de la escalera de emergencia, queda desconectado completamente de la facultad, evitando el ingreso al lugar de personas de la institución que no estacionen VELs. El espacio linda con la parada de colectivos con los cual representa una ubicación con mucho impacto social. En la Fig. 8 se observa la zona elegida vista desde la Av. Juan B. Justo.

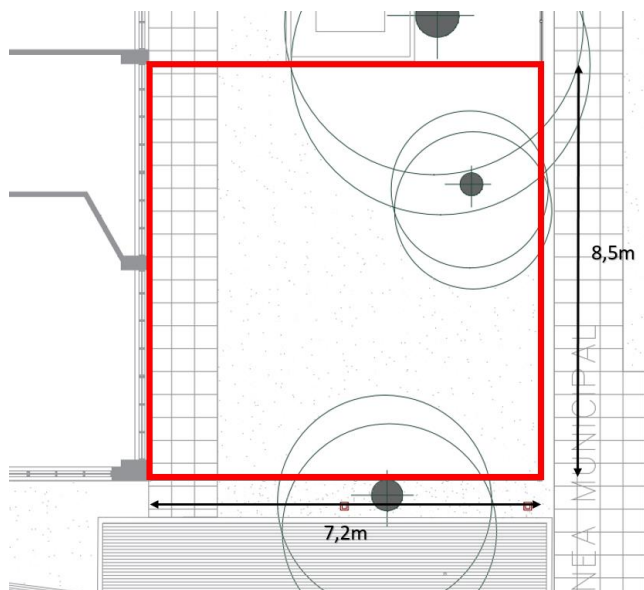


Figura 7: Zona 5 con medidas.

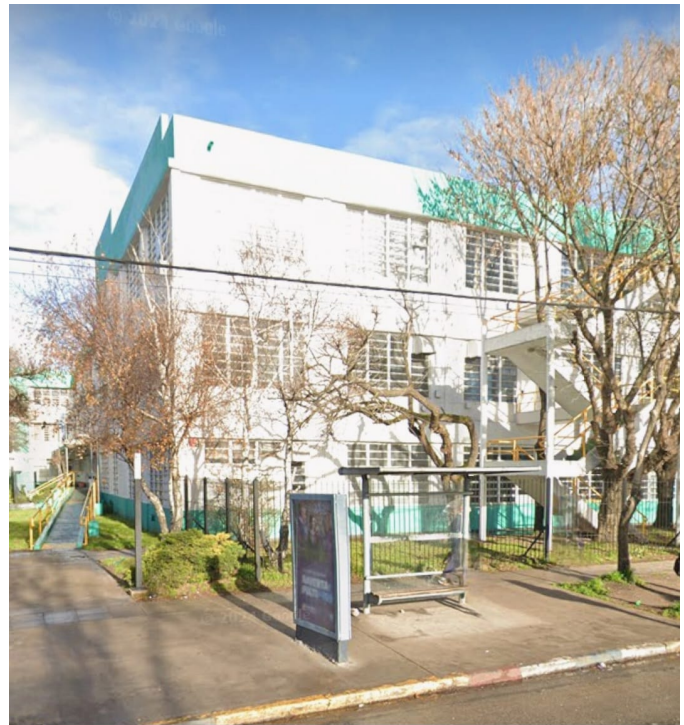


Figura 8: Vista de la zona elegida para los VELs.

IV. CONCLUSIONES

A partir del relevamiento de sistemas de estacionamiento seguro y/o de recarga de vehículos eléctricos ligeros se identificaron las características más interesantes con las que debería contar el diseño a realizar. Se llevó adelante un estudio de los monopatines y bicicletas eléctricas disponibles en el país y se identificaron requerimientos eléctricos, dimensiones máximas y características para elegir el cierre electromecánico más adecuado para contar con un mecanismo de estacionamiento seguro. Adicionalmente, se realizó un sondeo de los espacios disponibles en la FI-UNMDP, encontrando uno apto para emplazar el sistema ESYC-VELs.

Este relevamiento no solo permitió establecer los requerimientos básicos para el diseño del sistema sino que, sumado a esto, formó parte del proyecto final de tesis de grado del alumno Natan Toda. Esta tesis es el punto de partida de proyectos finales de otras carreras, como ingeniería electrónica e ingeniería en computación, en relación con las siguientes temáticas: diseño de las etapas de conversión de energía del sistema y de gestión de energía, dimensionamiento del almacenamiento y el arreglo fotovoltaico, diseño de la interfaz con el usuario y del procesamiento informático de los datos, entre otras temáticas. Asimismo, todo el sistema está pensado como un prototipo de microrred de corriente continua que será utilizado con fines de investigación.

REFERENCIAS

- [1] J. Sanguesa, V. Torres-Sanz, P. Garrido, F. J. Martínez and J. M. Marquez-Barja, "A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges," *Smart Cities*, vol. 4, pp. 372–404, March 2021.

- [2] F. Alanazi, "Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation.," Applied Sciences, vol. 13, pp. 6016–6039, April 2023.
- [3] G. Baruj, F. Dulcich, F. Porta and M. Ubogui, "La transición hacia la electromovilidad: panorama general y perspectivas para la industria argentina," Serie de Documentos para el Cambio Estructural, vol. , pp. , March 2021.
- [4] F. Corti, S. Dello Iacono, D. Astolfi, M. Pasetti, A. Vasile, A. Reatti and A. Flammini, "A comprehensive review of charging infrastructure for Electric Micromobility Vehicles: Technologies and challenges," Energy Reports, vol. 12, pp. 545–567, 2024.
- [5] , McKinsey, "Micromobility's 15,000-Mile Checkup," McKinsey Center for Future Mobility, vol. , pp. , 2019.
- [6] R. L. Abduljabbar, S. Liyanage, H. Dia, "The role of micro-mobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review," ransportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 92, pp. , 2021.
- [7] Estación de carga comercial de empresa SOLUM. <https://solumpv.com/movilidad/>
- [8] Estación de carga comercial de empresa VéloGalaxie. <https://www.velogalaxie.com/es/produit/trotfix-elec-range-et-recharge-trottinettes-electriques/>
- [9] Estación de carga comercial de empresa jCharge. <https://jcharge.eu/>
- [10] Soluciones de estacionamiento de distintas empresas. <https://bicitavis.com>
- [11] Distintos tipos de estaciones de carga de empresa YUP. <https://www.yupcharge.com/es/parkings-vmp/>
- [12] Sistema de estacionamiento inteligente de la marca Bikeep. <https://bikeep.com/>
- [13] Estación de carga para monopatines y bicicletas de la empresa Knot. <https://www.knotcity.com/en/>
- [14] Variedad de monopatines y estacionamiento de la empresa M4M. <https://more4motion.com/>
- [15] Estaciones de carga exclusivas para la industria de la marca Bolt. <https://bolt.eu/en/cities/charging-docks/>
- [16] Estación de carga para bicicleta eléctrica de empresa SCAME. <https://www.scame.com/es/web/scame-global/g/estaciones-de-carga-para-e-bike-638300>
- [17] Estación de Carga Solar de Vehículos Eléctricos diseñada por la Universidad Nacional de San Juan. <https://iee-unsjconicet.org/estacioncarga/>
- [18] Estacionamiento y carga de VELs de la empresa swiftmile. <https://swiftmile.com/>
- [19] Soluciones de estacionamiento y carga de VELs de la empresa ALAIN WAGENER GREEN. <https://alainwagenergreen.wordpress.com/2014/06/29/advansolar-des-solutions-innovantes-vitrines-de-la-mobilite-electrique/>



Nicolas Wassinger nació en Buenos Aires, Argentina, en 1984. Recibió el título de Ingeniero Electrónico y de Doctor en Ingeniería, Orientación Electrónica, de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Mar del Plata, Argentina, en 2008 y 2012, respectivamente. Es investigador del Laboratorio de Instrumentación y Control (LIC), ICYTE. Desde 2013 es docente del Curso de Sistemas de Control en la UNMdP. Desde 2014 es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET), Buenos Aires.



Rogelio García Retegui nació en Tandil, Argentina, en 1977. Recibió el título de Ingeniero Electrónico y de Doctor en Ingeniería, Orientación Electrónica, de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Mar del Plata, Argentina, en 2002 y 2009, respectivamente. Es investigador del Laboratorio de Instrumentación y Control (LIC), ICYTE. Desde 2003 es docente de Teoría de Control y Sistemas de Control en la UNMdP. Desde 2011 es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.



Marcos Funes nació en Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, en 1974. Recibió el título de Ingeniero Electrónico y de Doctor en Ingeniería, Orientación Electrónica, de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Mar del Plata, Argentina, en 1999 y 2007, respectivamente. Desde 2009 es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET), Buenos Aires.



Natan Toda nació en Mar del Plata, en 1989. Está realizando el proyecto final de grado para complementar con los requisitos para recibir el título de Ingeniero Electromecánico otorgado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.



Paula Cervellini nació en Santa Rosa, La Pampa, Argentina, en 1985. Recibió el título de Ingeniera en Electrónica y de Doctora en Ingeniería orientación Electrónica, otorgado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata en 2014 y 2019, respectivamente. Es investigadora del Laboratorio Instrumentación y Control (LIC), ICYTE y docente desde el 2011. Desde el año 2022 es investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET).