

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

MONITOREO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA
EN VEHÍCULO ELÉCTRICO RENAULT FLUENCE
UBICADO EN UTFSM SEDE VIÑA DEL MAR.

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:

Vicente Alonso Navarro Farías

Profesor Guía:

Martín García Gutiérrez

Profesor Correferente

Franz Yurjevic Perin



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: MONITOREO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN VEHÍCULO ELÉCTRICO RENAULT FLUENCE UBICADO EN UTFSM SEDE VIÑA DEL MAR

Nombre del candidato(a): VICENTE ALONSO NAVARRO FARÍAS.

Carrera / Grado: INGENIERÍA DE EJECUCIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Campus: Sede Viña del Mar Departamento: ELECTROTECNIA E INFORMÁTICA (ELINF)

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, **MARTÍN GARCÍA GUTIÉRREZ**, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

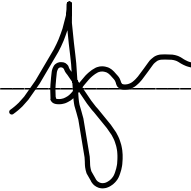
Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 21 de octubre 2026. Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 21 de octubre 2026. Firma: 

DEDICATORIA

En estas sencillas líneas quiero agradecer a aquellas personas que han sido partícipes de este proceso que hoy finalizo. Sin duda los tiempos de Dios son perfectos y hay personas que hoy no me acompañan en vida, pero atesoro sus consejos de seguir desarrollándome como profesional y así también como persona.

Soy evangélico y agradezco a Dios sobre todos y todas, al permitirme lograr concretar esta etapa universitaria de manera satisfactoria.

Agradezco profundamente a mis padres, que con su trabajo y amor me abrieron las puertas a la universidad, regalándome la oportunidad que la vida les negó a su edad.

Agradezco a cada profesora y profesor en su labor de compartir sus conocimientos y experiencias dentro y fuera de las aulas. Reconozco que interrumpía mucho sus clases, pero siempre saciaban mi sed por el aprender.

Agradezco a mis profesores guía (Martín García) y correferente (Franz Yurjevic) por el apoyo, orientación y confianza durante el desarrollo de este proyecto. Su experiencia y disposición permitieron llevar a una mayor escala el desafío de mi trabajo de título, que sin duda me dio la oportunidad de llegar más lejos de lo que yo mismo me había planteado.

Agradezco a los apoyos docentes que contribuyeron en el desarrollo de este proyecto, tales como Cristián Vásquez y Luis Retamal (Electricidad), Daniel Zapata (Mecánica) y Christopher Morales (Electrónica). Gracias por abrirme las puertas y entregarme tanto sus conocimientos como su tiempo, porque este proyecto lleva mucho de ustedes.

A quienes de alguna u otra forma vieron el desarrollo de este proyecto, también les doy las gracias. Ese saludo de pasillo, las preguntas de ¿cómo va el proyecto?, ¡si necesitas algo me dices! sentir ese apoyo reconforta mucho al ser un proceso en el que, si uno no avanza, el proyecto tampoco lo hará.

Atesoro mucho este momento, porque aquí concluye una gran etapa. El futuro solo lo conoce Dios y estoy listo para enfrentar el siguiente desafío.

Finalizo mis palabras con lo que dice en Josué 1:9 “Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas.”

Que Dios los bendiga a todos.

RESUMEN

Palabras clave: vehículo eléctrico, batería de tracción, sistema de monitoreo, adquisición de datos, PLC, Siemens, instrumentación, electromovilidad.

El presente proyecto desarrolla un sistema de monitoreo para la batería de tracción de un vehículo eléctrico Renault Fluence ZE de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar, con el fin de generar material de estudio para la enseñanza de la electromovilidad.

El sistema mide tensión y corriente de la batería de tracción mediante un transmisor de voltaje y un sensor de corriente de núcleo dividido, integrados a un PLC Siemens S7-1200 que calcula la potencia y energía, las muestra en una HMI y las registra con una tasa de muestreo de 10 Hz en archivos CSV accesibles por servidor web. Previamente, se realizan pruebas de validación para verificar el correcto funcionamiento de los sensores y la interpretación de las señales por parte del sistema.

La solución desarrollada es evaluada mediante un freno dinamométrico de rodillos, donde se efectúa un ciclo de conducción estandarizado NEDC y una prueba de potencia.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	2
1 ANTECEDENTES GENERALES	3
1.1 UTFSM	3
1.1.1 Departamento ELINF.....	4
1.1.2 Departamento de Mecánica.....	5
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	5
1.2.1 Planteamiento del problema.....	7
1.2.2 Definición del problema	8
1.2.3 Importancia de resolverlo.....	9
1.2.4 Involucrados	9
1.2.5 Solución del problema	9
1.3 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO A MONITOREAR.....	10
1.3.1 Componentes del motor eléctrico del Renault Fluence ZE	10
1.3.2 Batería de tracción (400 V, 22 kWh)	13
1.4 SELECCIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN.....	15
1.4.1 Análisis de los puntos de medición	15
1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO	18
1.5.1 Objetivo General	18
1.5.2 Objetivos Específicos	18
CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO	18
2 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO	20
2.1 REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA DESCONEXIÓN DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN ...	20
2.1.1 Elementos de protección personal (EPP).....	20
2.1.2 Protocolo para la desconexión de la batería de tracción	22
2.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA EL MONITOREO	25
2.2.1 Sensores y hardware.....	26
2.2.2 Procedimiento de instalación del sensor de voltaje en el VE	30
2.2.3 Procedimiento de instalación del sensor de corriente en el VE	33
2.3 PROGRAMACIÓN DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	35
2.3.1 Comunicación módulo alternativo de entradas analógicas SB1231.....	37
2.3.2 Registro de variables DATA LOG y Web Server	40
2.3.3 Interfaz Hombre-Máquina (HMI)	42
2.4 VALIDACIÓN OPERACIONAL DE SENSORES Y SEÑALES	44
2.4.1 Prueba de medición del sensor de voltaje.....	44
2.4.2 Prueba de medición del sensor de corriente	45
2.4.3 Confirmación de lectura e interpretación de señales del PLC en TIA Portal	46

CAPÍTULO 3: RESULTADOS DEL SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE COSTOS.....	45
3 RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS DEL PROYECTO	49
3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS	49
3.2 RESULTADOS OBTENIDOS.....	51
3.2.1 Resultados del ciclo de conducción.....	51
3.2.2 Resultados del ciclo de potencia	54
3.3 VALOR AGREGADO DEL PROYECTO	57
3.3.1 Mejoras al sistema de monitoreo	57
3.4 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO.....	58
3.4.1 Cotización de componentes del proyecto	58
3.4.2 Carta Gantt.....	59
3.4.3 Costo de mano de obra del proyecto.....	60
3.5 COSTO FINAL DEL PROYECTO	60
CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63
ANEXOS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 UTFSM Casa Central	4
Figura 1-2 UTFSM Sede Viña del Mar	4
Figura 1-3 Logo Depto. ELINF	5
Figura 1-4 Logo Depto. Mecánica.....	5
Figura 1-5 Renault Fluence ZE	6
Figura 1-6 Tablero de a bordo Renault Fluence ZE	7
Figura 1-7 Datos ambiguos en escáner automotriz	8
Figura 1-8 Anatomía de un Renault Fluence ZE	10
Figura 1-9 Despiece del grupo motor eléctrico Renault Fluence ZE	11
Figura 1-10 BCB y caja de conexiones de Renault Fluence ZE	11
Figura 1-11 Inversor PEB Renault Fluence ZE	12
Figura 1-12 Conjunto motor eléctrico y caja reductora	12
Figura 1-13 Batería de tracción Renault Fluence ZE	13

Figura 1-14 Partes internas de batería Renault Fluence ZE.....	14
Figura 1-15 Rango de operación módulos de batería	15
Figura 1-16 Tapa protectora superior de la BCB	16
Figura 1-17 Primer punto de medición.....	16
Figura 1-18 Acceso por el maletero a la batería de tracción	17
Figura 1-19 Segundo punto de medición.....	17
Figura 2-1 Guantes de algodón	21
Figura 2-2 Guantes dieléctricos.....	21
Figura 2-3 Sobreguantes	21
Figura 2-4 Zapato de seguridad dieléctrico	21
Figura 2-5A Vista del tablero de a bordo con el contacto dado	22
Figura 2-5B Vista del tablero de a bordo con vehículo apagado	22
Figura 2-6A Batería de servicio sin desconectar	23
Figura 2-6B Batería de servicio desconectada	23
Figura 2-7 Desconexión de la red de 400 [V] del VE	24
Figura 2-8 Verificación de ausencia de tensión	25
Figura 2-9 Sensor de voltaje.....	26
Figura 2-10 Sensor de corriente.....	27
Figura 2-11 PLC 6ES7214-1AG40-0XB0.....	27
Figura 2-12 Módulo de entradas analógicas ± 10 [V].....	28
Figura 2-13 HMI 6AV2123-2GB03-0AX0	29
Figura 2-14 Switch 6GK5005-0BA00-1AB2	29
Figura 2-15 Vista previa del montaje del sensor de voltaje en VE.....	30
Figura 2-16 Esquema de conexión del sensor de voltaje	31
Figura 2-17 Montaje final del sensor de voltaje	32
Figura 2-18 Diagrama eléctrico del sensor de voltaje al PLC.....	32
Figura 2-19 Esquema de conexión del sensor de corriente.....	33
Figura 2-20 Montaje final del sensor de corriente.....	34

Figura 2-21 Diagrama eléctrico del sensor de corriente al PLC	35
Figura 2-22 Diagrama de flujo de programación	36
Figura 2-23 Integración de SB1231 en TIA Portal V18	37
Figura 2-24 Selección de bloques de comunicación para SB1231	38
Figura 2-25 Programación MB_COMM_LOAD.....	39
Figura 2-26 Programación MB_SLAVE	39
Figura 2-27 Registro de variables TIA Portal.....	40
Figura 2-28 Ejemplo de registros Datalogger	41
Figura 2-29 Pantalla 1 HMI.....	42
Figura 2-30 Pantalla 2 HMI.....	42
Figura 2-31 Pantalla 3 HMI.....	43
Figura 2-32 Pantalla 4 HMI.....	43
Figura 2-33 Prueba de tensión de salida del rectificador	44
Figura 2-34 Verificación del sensor de voltaje	45
Figura 2-35 Verificación del sensor de corriente	46
Figura 2-36 Verificación e interpretación de señales en PLC	47
Figura 3-1 Renault Fluence montado en freno dinamométrico de rodillos	49
Figura 3-2 Perfil de velocidad ciclo NEDC	50
Figura 3-3 Gráfica de voltaje y corriente en ciclo de conducción	52
Figura 3-4 Gráfica de E. regenerada vs E. consumida en ciclo de conducción	53
Figura 3-5 Gráfica de voltaje y corriente en ciclo de potencia	55
Figura 3-6 Gráfica de E. regenerada vs E. consumida en ciclo de potencia	56
Figura 3-7 Programa electromovilidad USM Sede Viña del Mar	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Costo de componentes del proyecto	58
Tabla 3-2 Carta Gantt.....	59

Tabla 3-3 Costo mano de obra	60
Tabla 3-4 Costo total del proyecto	61

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

AC	: Corriente alterna
AI	: Entrada Analógica
BCB	: Battery Charger Box
.csv	: Comma Separated Values
DC	: Corriente continua
ELINF	: Departamento de Electrotecnia e Informática
EPP	: Elementos de protección personal
HMI	: Interfaz hombre-máquina
LBC	: Lithium Battery Controller
NEDC	: New European Driving Cycle
PEB	: Power Electronic Box
PLC	: Controlador lógico programable
TIA	: Totally Integrated Automation
VDC	: Voltaje en corriente continua
VE	: Vehículo eléctrico
VMR	: Valores medidos redundantes
ZE	: Zero Emission (Cero emisiones)

SIMBOLOGÍA

A	: amperio
Hz	: Hertz
V	: voltio
W	: vatio

INTRODUCCIÓN

La electromovilidad se ha consolidado como una alternativa tecnológica para reducir el impacto ambiental asociado al transporte convencional. Como consecuencia de ello, la formación de profesionales capacitados para trabajar con vehículos eléctricos se ha transformado en una necesidad para las instituciones de educación superior, las cuales requieren recursos que permitan complementar la enseñanza teórica mediante experiencias prácticas.

La Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar, dispone de un vehículo eléctrico Renault Fluence ZE destinado a actividades académicas. Sin embargo, existe una limitada disponibilidad de información técnica que permita analizar en profundidad el comportamiento de los distintos sistemas que componen el vehículo, lo que dificulta al docente al transmitir el conocimiento al alumnado en materia de electromovilidad. En este contexto, este proyecto se centra en la batería de tracción, considerando que esta constituye el elemento principal del funcionamiento de un vehículo eléctrico.

El proyecto está dividido en 3 capítulos. El primer capítulo incluye temas como la ubicación del proyecto, situación actual, las especificaciones del VE a trabajar, entre otros. En el segundo capítulo, se desarrolla la solución de ingeniería para finalizar con el capítulo tercero en el que se presentan los resultados obtenidos junto a un análisis económico del proyecto.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1 ANTECEDENTES GENERALES

En el correspondiente capítulo se expondrá el lugar de implementación del proyecto y los departamentos que contribuyeron a su desarrollo.

Se plantea la problemática actual y cómo se abordó para entregar una solución escalable en el tiempo.

1.1 UTFSM

El presente proyecto se desarrolla en la Universidad Técnica Federico Santa María, una universidad tradicional privada que forma parte del Consejo de Rectores de las universidades chilenas, la Agrupación de Universidades Regionales de Chile, la Red Universitaria Cruz del Sur y la Red Universitaria G9. Su Casa Central (Figura 1-1) se encuentra en Valparaíso, y cuenta con campus en Santiago de Chile (Vitacura y San Joaquín), además de sedes adicionales en Viña del Mar y Concepción. Su oferta académica está enfocada exclusivamente en áreas científicas y tecnológicas.

El objetivo de la USM es formar profesionales que destaquen por su excelencia y competencia en sus respectivas áreas de estudio, y que, a su vez, sean conscientes y sensibles a su entorno sociocultural. El prestigioso sello de esta casa de estudios atrae a estudiantes de alto nivel provenientes de diversas localidades, destacándose por contar con académicos y docentes de primer nivel, así como con un sólido respaldo en infraestructura y materiales de estudio.

La sede Viña del Mar (Figura 1-2), también denominada José Miguel Carrera, fue fundada en 1971 como una extensión de la Escuela de Artes y Oficios, creada por la voluntad testamentaria del filántropo Federico Santa María. Actualmente, imparte carreras de técnico universitario, programas de ingeniería y programas de postítulo.



Fuente: Usm.cl

Figura 1-1 UTFSM Casa Central



Fuente: www.usm.cl

Figura 1-2 UTFSM Sede Viña del Mar

1.1.1 Departamento ELINF

El Departamento de Electrotecnia e Informática, conocido como "ELINF" (Figura 1-3), de la Sede Viña del Mar, imparte actualmente carreras en disciplinas como Electricidad, Electrónica, Informática, Telecomunicaciones y Redes.



Fuente: elinf.usm.cl

Figura 1-3 Logo Depto. ELINF

1.1.2 Departamento de Mecánica

El Departamento de Mecánica de la Sede Viña del Mar (Figura 1-4) imparte actualmente carreras en disciplinas como Mecánica Industrial y Automotriz, Mantenimiento Industrial, Metalurgia y Energías Renovables.



Fuente: mecanica.jmc.usm.cl

Figura 1-4 Logo Depto. Mecánica

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La USM Sede Viña del Mar tiene la misión de formar a futuros profesionales en el área de la electromovilidad. Sin embargo, el acceso a la información técnica sobre cómo se realizan procedimientos, diagnósticos y/o análisis de los vehículos eléctricos resulta

difícil de conseguir de manera inmediata y/o gratuita. Por este motivo, es más efectivo generar fuentes propias de información (gracias a las capacitaciones que recibe el personal docente) para enriquecer el material educativo. Para este proyecto se tomará como ejemplo un VE Renault Fluence ZE (Figura 1-5) de la USM Viña del Mar.



Fuente: Fotografía en dependencias de la universidad

Figura 1-5 Renault Fluence ZE

Este vehículo eléctrico está bajo la custodia del Departamento de Mecánica para impartir la asignatura de electromovilidad a sus estudiantes y como herramienta de estudio para proyectos.

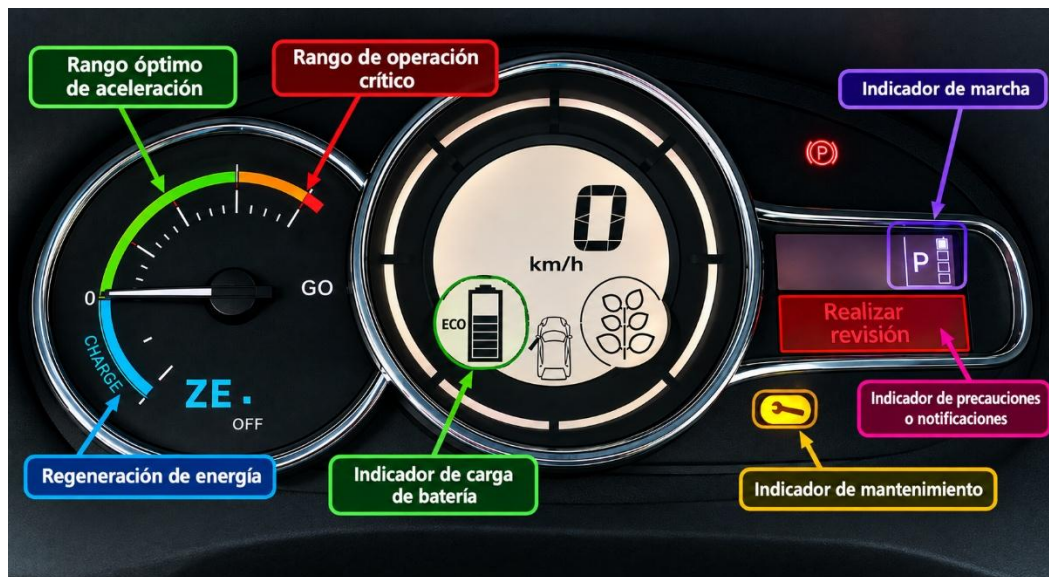
Hoy en día existen parámetros que no se han logrado medir, lo que representa un reto para fomentar el uso de este vehículo ya que fue el primer VE en ser adquirido por la sede Viña del Mar y su tecnología refuerza la base del funcionamiento de varios de los VE que hoy circulan en nuestro país.

La formación de los estudiantes en electromovilidad es de gran importancia, considerando que estas nuevas tecnologías en el mundo automotriz están ingresando a Chile fuertemente y con sistemas que, dependiendo del fabricante, pueden ser más o menos complejos.

1.2.1 Planteamiento del problema

La problemática por resolver radica en la carencia o inexistencia de datos sobre el comportamiento eléctrico de la batería de un Renault Fluence ZE. Los datos disponibles en el tablero de instrumentos (Figura 1-6) están orientados al usuario promedio y no permiten a los alumnos en formación profundizar en cómo funciona una batería de alta tensión al momento de la conducción, considerando que está sometida a diferentes demandas según lo requiera el conductor.

En vista de lo anterior, las variables de interés necesarias para evidenciar el comportamiento de la batería son, inicialmente, el voltaje y la corriente. Sin duda, pueden existir más variables de interés, sin embargo, siempre se debe considerar el riesgo asociado, especialmente al estar dirigido al alumnado.



Fuente: Elaboración propia del panel de instrumentos del VE

Figura 1-6 Tablero de a bordo Renault Fluence ZE

1.2.2 Definición del problema

El Renault Fluence ZE disponible en la universidad lleva más de una década y las fuentes de información disponibles muestran las partes del grupo motor y el banco de baterías, pero omiten los procedimientos de medición de corriente y/o voltaje con instrumentos o sistemas de telemetría, dejando únicamente la posibilidad de usar un escáner automotriz profesional para un acceso en tiempo real.

Sin embargo, para entregar el conocimiento a los estudiantes, es necesario que puedan visualizar el comportamiento en tiempo real como a nivel histórico (por ejemplo, 10 minutos de conducción). En donde, el uso de un escáner profesional no resulta efectivo, ya que no permite almacenar los datos y extraerlos para un análisis posterior. Por otro lado, la compatibilidad puede no ser completamente efectiva (Figura 1-7) y más si se aplica a la realidad de los escáneres que se tienen al momento de llevar a cabo este proyecto en la universidad. El escáner no interpreta ciertos datos y variables que se deseen conocer. Por ello, es útil contar con métodos alternativos para interactuar con este vehículo y lograr acceder a estas variables desconocidas.

Flujo de datos			
RENAULT V43.05 > Seleccionar a mano > NEW SM3/FLUENCE/MEGANE > BMS			
Nombre	Valor	Inglés	Métrico
INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS 1405	31.62	%	
INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS 1406	101	%	
INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS 1408	87.34	kW	
INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS 1409	-0.6	A	
INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS 140A	3427		
INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS 140B	(1 / 13) -4500.3	A	
Seleccione la muestra	Muestra DS	Gráfico	Informe
		Grabación	Ayuda
			Traducción

Fuente: Captura de pantalla utilizando un escáner automotriz en el Renault Fluence ZE

Figura 1-7 Datos ambiguos en escáner automotriz

1.2.3 Importancia de resolverlo

El proyecto entrega nuevas utilidades a la UTFSM con el uso del VE Renault Fluence ZE, aprovechando una serie de recursos y equipos disponibles en la Sede Viña del Mar, en colaboración con los departamentos mencionados anteriormente.

Lo anterior contribuye a los profesores y apoyos docentes con un material didáctico, complementando sus clases teóricas y prácticas favoreciendo una comprensión más profunda de la materia por parte de los futuros profesionales en el campo de la electromovilidad.

1.2.4 Involucrados

Los principales involucrados en este proyecto son los profesores, apoyos docentes y alumnos que ante el déficit de información técnica de manera unánime se plantean soluciones para abordar la problemática. En este proyecto, el foco se localiza en la falta de información del comportamiento eléctrico de la batería de tracción y el día de mañana puede ser cualquier variable o sistema de interés.

1.2.5 Solución del problema

La solución desarrollada en este proyecto consiste en diseñar e implementar un sistema de monitoreo al banco de baterías del vehículo eléctrico Renault Fluence ZE.

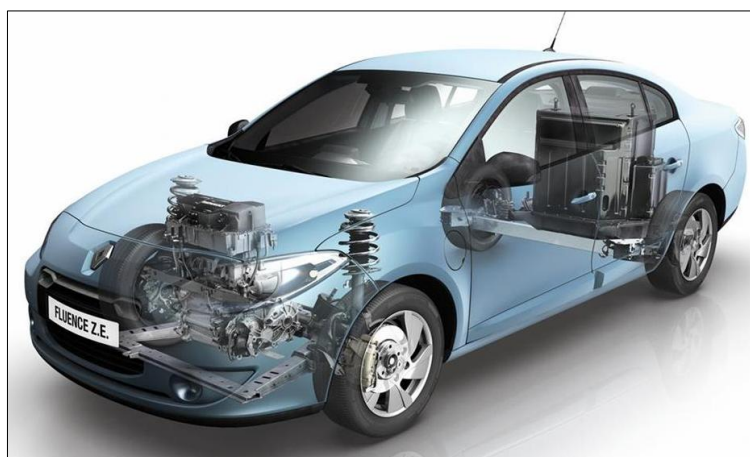
El VE por monitorear, según lo dispuesto por la universidad solo puede ser utilizado dentro de las dependencias de la sede. Por ello, para simular condiciones de manejo urbanas y extraurbanas, se utilizará un freno dinamométrico de rodillos aplicando un ciclo de conducción estandarizado, lo que permite hacer varias pruebas en igualdad de condiciones y visualizar el comportamiento eléctrico de la batería.

Se deberá usar un sensor de corriente y un sensor de voltaje, cuyas lecturas serán procesadas en un PLC y almacenadas en un datalogger a través del servidor web que incorpora el autómatas. Con la facilidad de extraer las lecturas en archivos CSV para su posterior análisis.

Para comodidad del operador se utilizará una pantalla HMI que mostrará en gráficas los valores instantáneos de las variables a monitorear, con la posibilidad de crear y cerrar los registros del datalogger. Más adelante se detallarán los puntos de medición y equipos para el desarrollo de la implementación del proyecto.

1.3 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO A MONITOREAR

El vehículo eléctrico (Figura 1-8) corresponde a un Renault Fluence ZE del año 2015; las siglas ZE hacen referencia a la inexistencia de gases contaminantes a la atmósfera. En la actualidad, quedan pocas unidades en circulación y su precio en el mercado cayó fuertemente en vista de las nuevas tecnologías y como las diversas marcas también hicieron la transición a la electromovilidad.

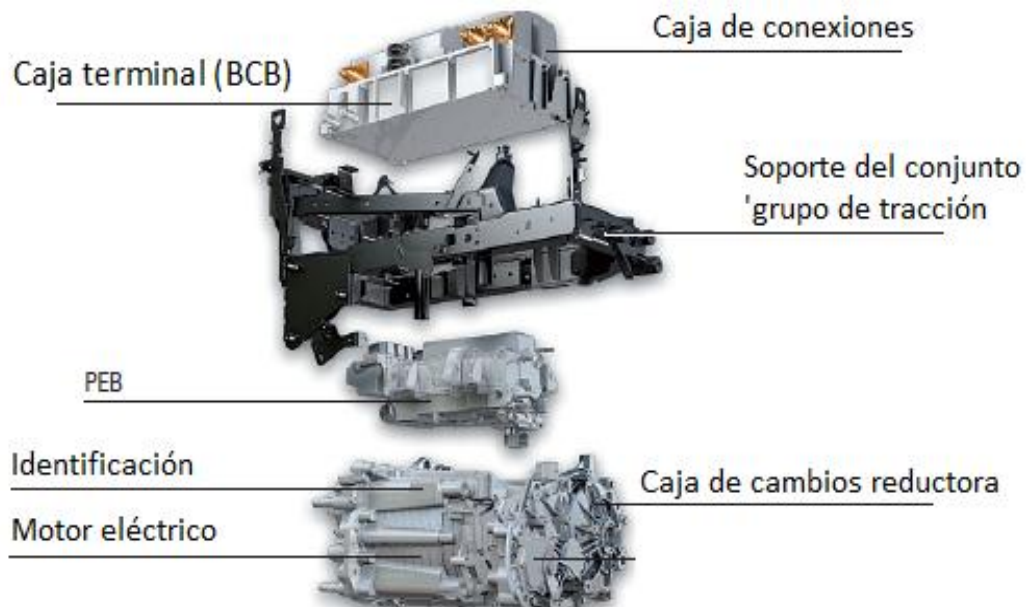


Fuente: Motorpasión.com

Figura 1-8 Anatomía de un Renault Fluence ZE

1.3.1 Componentes del motor eléctrico del Renault Fluence ZE

A continuación, se presentan los elementos del grupo-motor (Figura 1-9) los cuales poseen funciones específicas para el funcionamiento de este vehículo. Sumado a lo anterior se entrega una descripción resumida de los componentes.



Fuente: Recurso técnico de Renault Fluence ZE

Figura 1-9 Despiece del grupo motor eléctrico Renault Fluence ZE

A) BCB y caja de conexiones (Figura 1-10): Conforman un solo cuerpo dentro de la unidad del vehículo, su función principal es la de recibir y derivar la alimentación de 400 VDC de la batería de tracción, hacia el inversor PEB, compresor de A/C, la alimentación del rotor y suministrar energía a la batería de tracción (400 VDC) al usar el conector de carga o en fase de frenado (regeneración).



Fuente: electriczentrum.com

Figura 1-10 BCB y caja de conexiones de Renault Fluence ZE

B) INVERSOR (PEB) (Figura 1-11): Su función principal es convertir a través de un convertidor de potencia DC/AC los 400 VDC suministrados por la batería de tracción, en corriente alterna trifásica para alimentar el motor eléctrico del vehículo. Por otro lado, cuenta con un convertidor DC/DC, convirtiendo los 400 VDC para cargar la batería de servicio (12 VDC).



Fuente: electriczentrum.com

Figura 1-11 Inversor PEB Renault Fluence ZE

C) Motor eléctrico (trifásico / síncrono) y caja reductora (Figura 1-12): Se encuentran trabajando en conjunto, la corriente trifásica del estator genera un campo magnético giratorio que impulsa al rotor que se alimenta externamente con corriente continua, luego se transmite el movimiento a la caja reductora y se logra iniciar la marcha del vehículo.



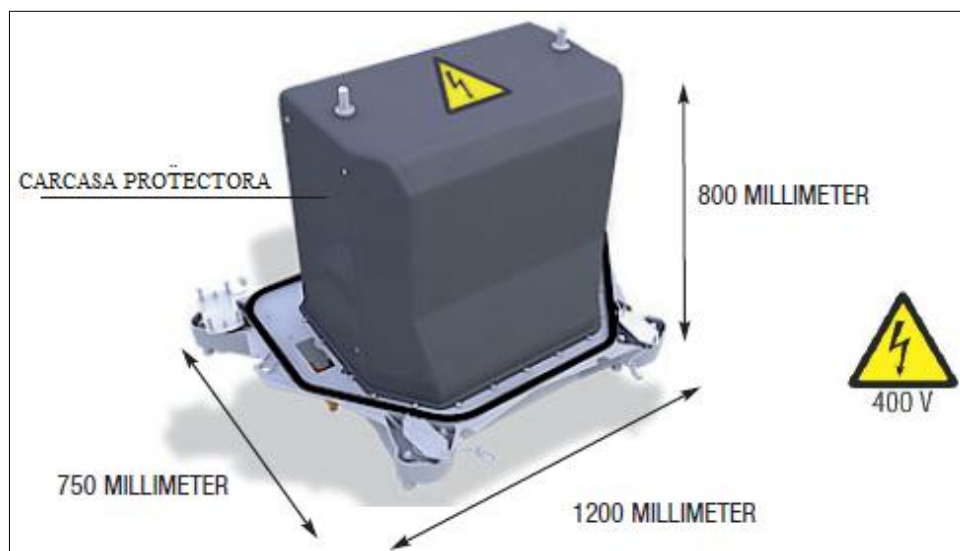
Fuente: electriczentrum.com

Figura 1-12 Conjunto motor eléctrico y caja reductora

1.3.2 Batería de tracción (400 V, 22 kWh)

La batería de tracción (Figura 1-13) se encuentra ubicada en la parte trasera del vehículo herméticamente sellada y aislada por seguridad del usuario.

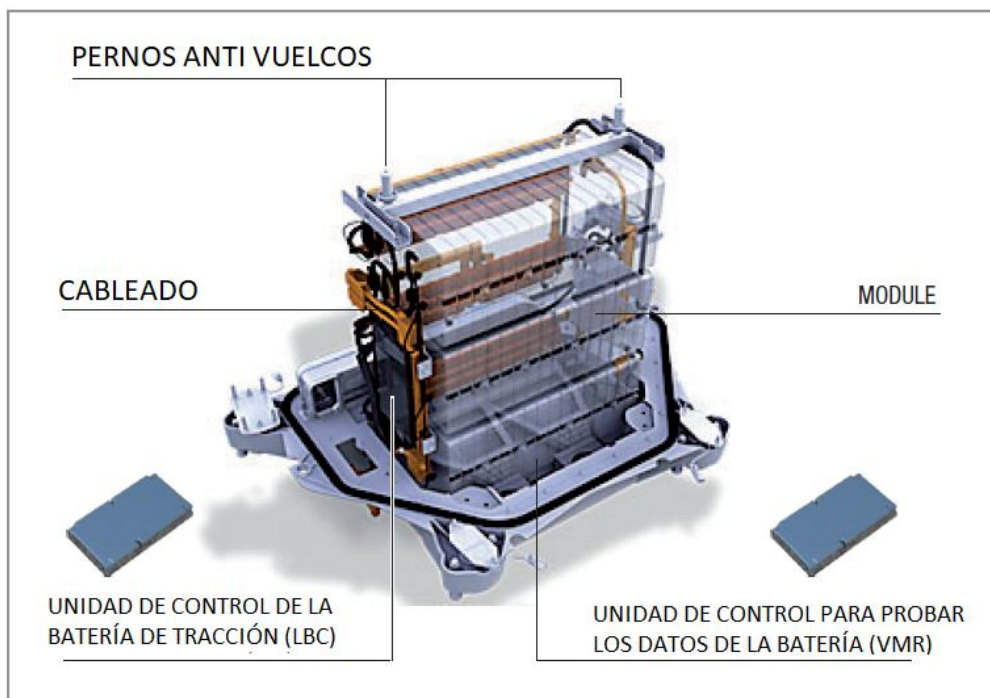
Para su ventilación, cuenta con un sistema de ventilación por aire forzado, que regula la temperatura de los módulos internos protegiendo la vida útil de la misma.



Fuente: Recurso técnico de Renault Fluence ZE

Figura 1-13 Batería de tracción Renault Fluence ZE

La Figura 1-14 muestra la disposición interna de la batería donde la unidad de control VMR monitorea los valores de voltaje, corriente y temperatura de las celdas, con el fin de que la LBC contraste estas lecturas para mantener un equilibrio dentro de cada pack de baterías. Se debe considerar que el desgaste de una batería se debe a varios factores, tales como los ciclos de carga, la temperatura ambiental y el tipo de carga, ya sea lenta o rápida.

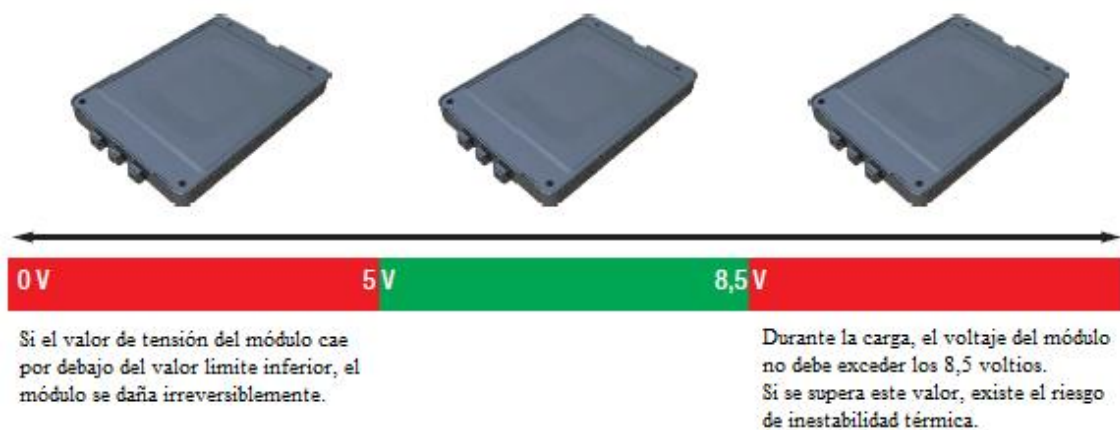


Fuente: Recurso técnico de Renault Fluence

Figura 1-14 Partes internas de batería Renault Fluence ZE

La LBC y la VMR monitorean constantemente la temperatura, el voltaje y la corriente de todos los módulos (células) de la batería de tracción (400 VDC), para mantener la vida útil de la batería en óptimas condiciones. Es fundamental conocer el estado de cada módulo para prevenir deterioros prematuros o irreversibles.

Si estos módulos (Figura 1-15) operan fuera de los umbrales adecuados, su vida útil se ve comprometida y, en casos extremos, pueden producirse inestabilidades térmicas con posibles daños colaterales graves.



Fuente: Recurso técnico de Renault Fluence

Figura 1-15 Rango de operación módulos de batería

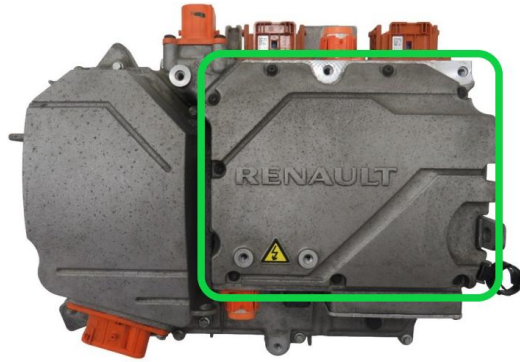
1.4 SELECCIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN

Antes de llevar a cabo la selección de los puntos de medición, es necesario tener claridad respecto a las zonas donde resulta viable realizar la medición de corriente y voltaje de la batería cumpliendo con lo dispuesto por la universidad para evitar incidentes en el proceso.

1.4.1 Análisis de los puntos de medición

Considerando que el VE del que dispone la universidad no permite la intervención directa de sus conductores eléctricos, la forma más adecuada de medir las variables de interés (corriente y voltaje) sin realizar una intervención exhaustiva ni asumir riesgos elevados consiste en acceder al conexionado interno de la BCB, desmontando su placa de protección superior, demarcada en verde (Figura 1-16).

En este punto, tomando los resguardos necesarios, se contempla la instalación tanto del sensor de voltaje como del sensor de corriente.

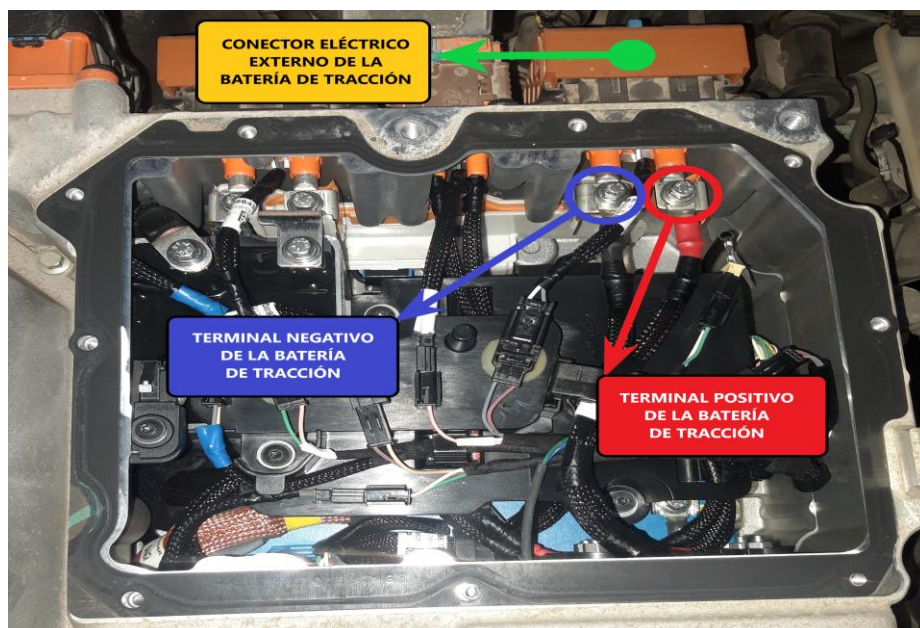


Fuente: Elaboración propia en búsqueda de puntos de medición

Figura 1-16 Tapa protectora superior de la BCB

Tras realizar el retiro de la tapa protectora superior (Figura 1-17), se aprecian los terminales de la batería de tracción. A su vez, se observa que el espacio es reducido para montar ambos sensores. Por otro lado, los cables positivo y negativo de la batería de tracción llegan apantallados hasta el conector eléctrico externo de la BCB, lo que imposibilita la instalación del sensor de corriente.

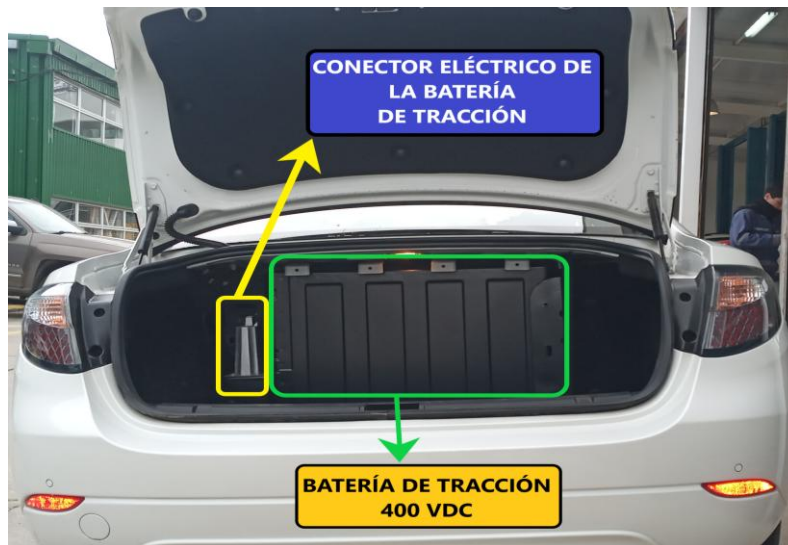
Como el sensor de voltaje requiere conectarse en paralelo a los terminales positivo y negativo de la batería de tracción, y no se dispone de otro punto donde pueda cumplirse este requisito, se define este punto de medición exclusivamente para el sensor de voltaje.



Fuente: Fotografía propia al retirar la tapa protectora superior de la BCB

Figura 1-17 Primer punto de medición

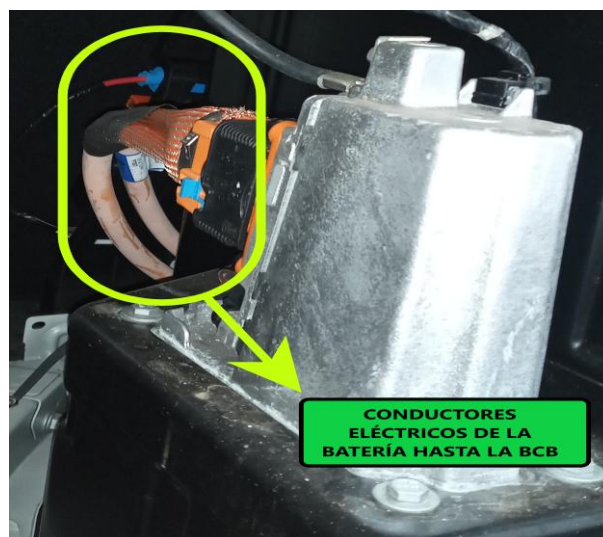
Luego de inspeccionar el VE por diferentes ángulos, se desmontan embellecedores y una placa protectora del maletero, logrando acceder a la batería de tracción del vehículo como lo muestra la Figura 1-18.



Fuente: Fotografía propia al momento de acceder a la batería de tracción

Figura 1-18 Acceso por el maletero a la batería de tracción

La particularidad de este acceso a la batería de tracción es que, los conductores positivo y negativo se encontraban sin su capa de protección externa (Figura 1-19), lo que permite definir el punto de medición del sensor de corriente.



Fuente: Fotografía propia identificando los conductores de la batería de tracción

Figura 1-19 Segundo punto de medición

Cabe resaltar que todas las maniobras realizadas para la búsqueda de los puntos de medición se ejecutaron utilizando todos los EPP correspondientes y aplicando el protocolo de desconexión de la batería de alta tensión, el cual se explicará más adelante, con el fin de evitar accidentes o mala praxis por parte de los operadores al manipular el VE.

1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO

En esta sección se presenta el objetivo general, junto con los objetivos específicos que deben cumplirse para el desarrollo del proyecto.

1.5.1 Objetivo General

Implementar un sistema de monitoreo de tensión, corriente y energía de la batería de tracción del vehículo eléctrico Renault Fluence ZE de la USM Sede Viña del Mar, que permita analizar su comportamiento en descarga y regeneración durante ensayos en freno dinamométrico.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar los puntos de medición y los requisitos de seguridad para intervenir el sistema de alta tensión del vehículo.
- Diseñar e implementar el sistema de adquisición (sensores, PLC, HMI y registro de datos).
- Realizar una evaluación económica.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO

2 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO

En el correspondiente capítulo se presenta el desarrollo del sistema de monitoreo, se expondrán los resguardos al momento de trabajar con el VE, los equipos a utilizar para extraer las variables deseadas, el proceso de diseño y posterior implementación.

2.1 REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA DESCONEXIÓN DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN

Para llevar a cabo este capítulo, es fundamental establecer las condiciones de seguridad que permitan intervenir el vehículo sin poner en riesgo al personal ni a los equipos.

Considerando que este proyecto involucra un trabajo directo con la batería de tracción, es indispensable detallar el protocolo para desenergizar por completo el VE, lo que constituye un paso previo esencial antes de manipular cualquier elemento alimentado por la red de 400 Voltios del vehículo.

2.1.1 Elementos de protección personal (EPP)

Para realizar maniobras de desconexión o mantenimiento de cualquier sistema que involucre una alimentación de alta tensión (cables naranjos), se debe contar con los EPP correspondientes. A esto se le suma la necesidad de una fiscalización periódica para evitar el uso de estos elementos cuando presenten desgaste, abrasiones u otros daños.

Los EPP básicos necesarios para un operador frente a un VE, son los siguientes:

- 1) **Guante 100 % algodón** (Figura 2-1): La finalidad de estos guantes es absorber la transpiración de las manos y mantener la higiene del guante dieléctrico.
- 2) **Guante dieléctrico** (Figura 2-2): Su función es prevenir que la corriente eléctrica fluya por el cuerpo del operador, en el caso de un contacto directo o indirecto. Existen categorías de acuerdo con la exposición de tensión que se pueda tener.

- 3) **Sobreguantes** (Figura 2-3): Protegen externamente contra abrasiones o perforaciones que pueden comprometer la integridad de los guantes dieléctricos.
- 4) **Zapatos de seguridad dieléctricos** (Figura 2-4): La particularidad de este tipo de calzado es evitar que la corriente eléctrica se descargue por el cuerpo hacia el suelo.

Para los fines de este proyecto, los elementos descritos resultan suficientes, considerando que no se realizarán reparaciones o desmontajes de componentes del VE. En situaciones que requieran este tipo de intervenciones, es indispensable contar con una infraestructura apropiada al igual que otros EPP que no fueron necesarios en esta oportunidad.



Fuente: argusoluciones.com.mx

Figura 2-1 Guantes de algodón



Fuente: kds.cl

Figura 2-2 Guantes dieléctricos



Fuente: aragcu.com

Figura 2-3 Sobreguantes



Fuente: edelbrock.cl

Figura 2-4 Zapato de seguridad dieléctrico

2.1.2 Protocolo para la desconexión de la batería de tracción

Una vez el operador se encuentre utilizando sus EPP, debe delimitar la zona de trabajo y contar con multímetro CAT 3 o superior, extintores clase ABC, herramientas dieléctricas al igual que el apoyo de un tercero ante cualquier imprevisto.

La secuencia para llevar a cabo la desconexión del VE Renault Fluence ZE es la siguiente:

- 1) Verificar el estado del VE** (Figura 2-5A y 2-5B): Antes de iniciar cualquier procedimiento se debe asegurar que el vehículo se encuentra apagado completamente y la llave de encendido debe estar fuera del alcance de activación de alarma o subsistemas (5 a 10 metros).



Fuente: Fotografía propia al interior del vehículo eléctrico

Figura 2-5A Vista del tablero de a bordo con el contacto dado



Fuente: Fotografía propia al interior del vehículo eléctrico

Figura 2-5B Vista del tablero de a bordo con vehículo apagado

- 2) **Desconexión de la red de 12 VDC** (Figura 2-6A y Figura 2-6B): La finalidad de este paso es desconectar y aislar el terminal negativo de la batería de servicio para que los módulos internos no den paso a la activación de las líneas de alta tensión. Para asegurar que este paso se ha concretado de manera eficaz, se debe abrir la puerta del piloto y no debe encenderse ninguna luz del tablero de a bordo como se muestra en la Figura 2-6B.



Fuente: Fotografía propia en desconexión de batería de servicio

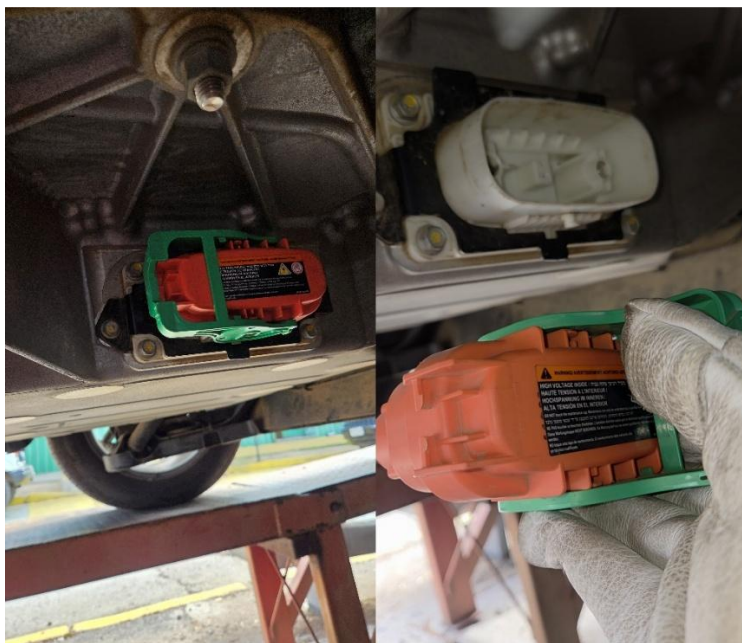
Figura 2-6A Batería de servicio sin desconectar



Fuente: Fotografía propia en desconexión de batería de servicio

Figura 2-6B Batería de servicio desconectada

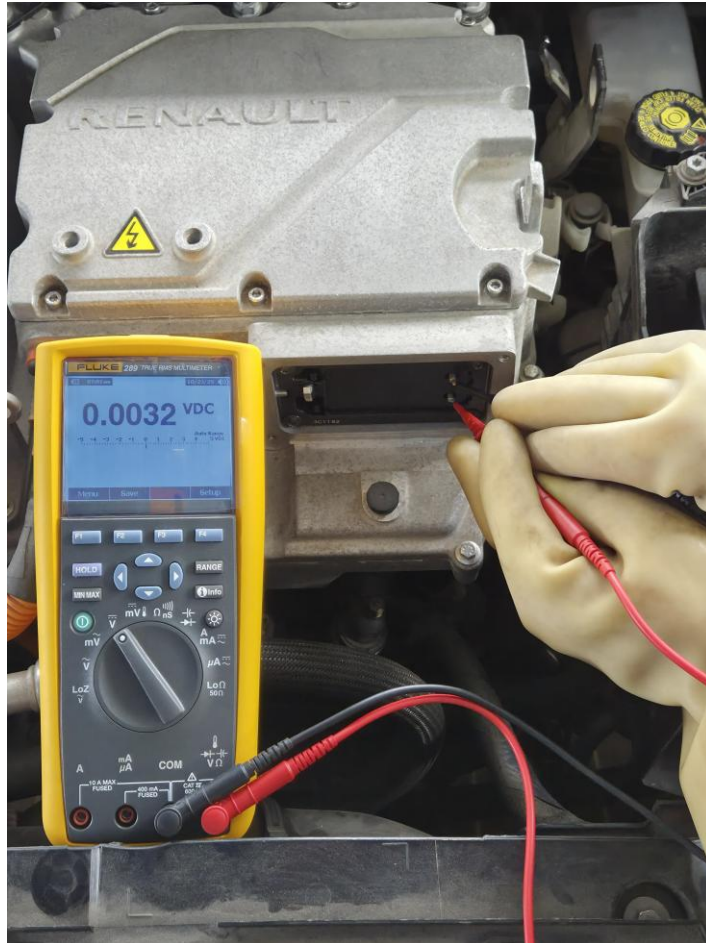
- 3) Desenergizar líneas de alta tensión del VE (Figura 2-7):** Este paso debe ejecutarse transcurridos 5 minutos después del paso 2 para lograr la descarga de los condensadores del inversor, según lo dispuesto por el fabricante. En el caso particular del VE a monitorear, cuenta con un disyuntor, ubicado por debajo cerca de la rueda trasera derecha, este elemento debe ser retirado con cuidado y utilizando siempre los EPP.



Fuente: Fotografía propia extrayendo disyuntor del VE

Figura 2-7 Desconexión de la red de 400 [V] del VE

- 4) Verificación de ausencia de tensión (Figura 2-8):** Este paso debe ejecutarse transcurridos 10 minutos después del paso 3, el Renault Fluence ZE cuenta con un punto de prueba (testpoint) de tensión ubicada en la BCB (desmontando una placa protectora), donde el operador debe comprobar la ausencia de tensión de la batería poniendo su multímetro en escala de voltaje continuo, siendo un valor cercano a los 0 [V] la lectura a esperar. Según el fabricante, siempre se debe corroborar la tensión dado que no se puede confirmar el proceso porque el vehículo esté apagado o se haya retirado el disyuntor.



Fuente: Fotografía propia midiendo voltaje en testpoint de la BCB

Figura 2-8 Verificación de ausencia de tensión

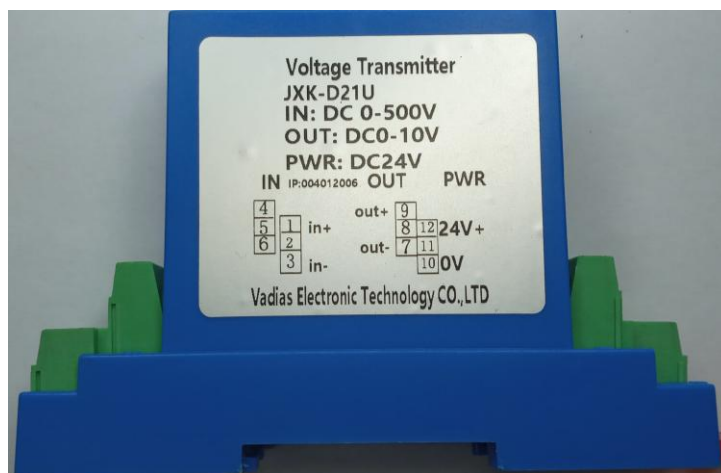
2.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA EL MONITOREO

Tomando en consideración las características que posee el Renault Fluence ZE y las variables eléctricas a medir, es vital el uso de equipos e instrumentos para hacer correctamente este monitoreo.

2.2.1 Sensores y hardware

Se indicarán los sensores y equipos para la implementación del proyecto, entregando una breve descripción de la función que desempeñan.

- 1) **Sensor de voltaje** (Figura 2-9): La batería a monitorear posee una tensión nominal de 400 [VDC]. Por este motivo, se invierte en un sensor con un rango de medición de 0 - 500 [VDC]. Este sensor entrega una señal de salida de 0–10 [V].



Fuente: Fotografía propia en dependencias de la universidad

Figura 2-9 Sensor de voltaje

- 2) **Sensor de corriente** (Figura 2-10): Se requiere un sensor de núcleo dividido para registrar la corriente de la batería del VE. Dado un leve percance en la compra, la placa del sensor indica salida ± 10 [VDC], que es un rango bipolar. El problema real es que las entradas analógicas del PLC son 0-10 [V] unipolares y no admiten tensión negativa; a pesar de esta situación más adelante se expone cómo se logra dar solución logrando usar el sensor adquirido.
El rango de medición del sensor es de ± 300 [A].



Fuente: Fotografía propia en dependencias de la universidad

Figura 2-10 Sensor de corriente

3) PLC Siemens 1214C DC/DC/DC (Figura 2-11): Este equipo se encargará de procesar los datos de las variables a monitorear y almacenarlos mediante un datalogger, que permite su descarga en archivos extensión .csv (desde el servidor web) para su visualización en diversas plataformas (p. ej., Microsoft Excel).

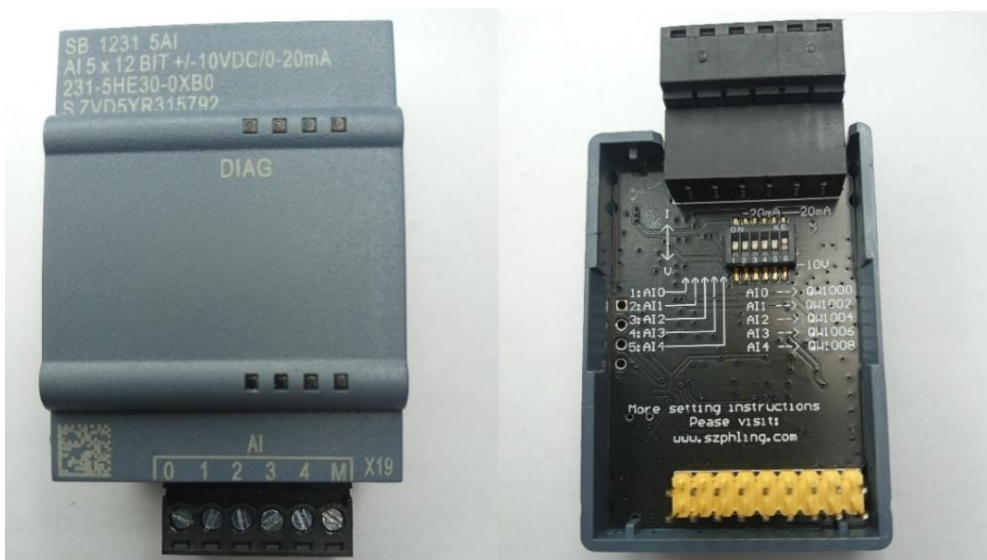
Para la alimentación de este PLC se utilizará una fuente de entrada 220 [VAC] y salida 24 [VDC]. El modelo de la fuente a utilizar será la [6EP1332-5BA00](#).



Fuente: [Siemens.cl](https://www.siemens.cl)

Figura 2-11 PLC 6ES7214-1AG40-0XB0

- 4) Módulo entradas analógicas (Figura 2-12):** Como el sensor de corriente adquirido no entrega una señal estandarizada para ser procesada por el PLC, se adquiere un módulo alternativo (no original Siemens) de entradas analógicas ± 10 [V], con esta solución se logra trabajar con el sensor de corriente y así dar solución a la situación planteada. Cabe recalcar que, de haber esperado un nuevo sensor, se habría producido un retraso mínimo de 3 semanas en la planificación del proyecto.



Fuente: Fotografía propia en dependencias de la universidad

Figura 2-12 Módulo de entradas analógicas ± 10 [V]

- 5) HMI Siemens KTP700 BASIC PN (Figura 2-13):** Se utiliza una pantalla interactiva para una visualización instantánea de las variables a monitorear junto con la creación de los registros para el datalogger.



Fuente: [Siemens KTP700](#)

Figura 2-13 HMI 6AV2123-2GB03-0AX0

- 6) **Switch Siemens XB005** (Figura 2-14): Su función es ser el punto de interconexión entre los dispositivos como la HMI, PLC y el ordenador.



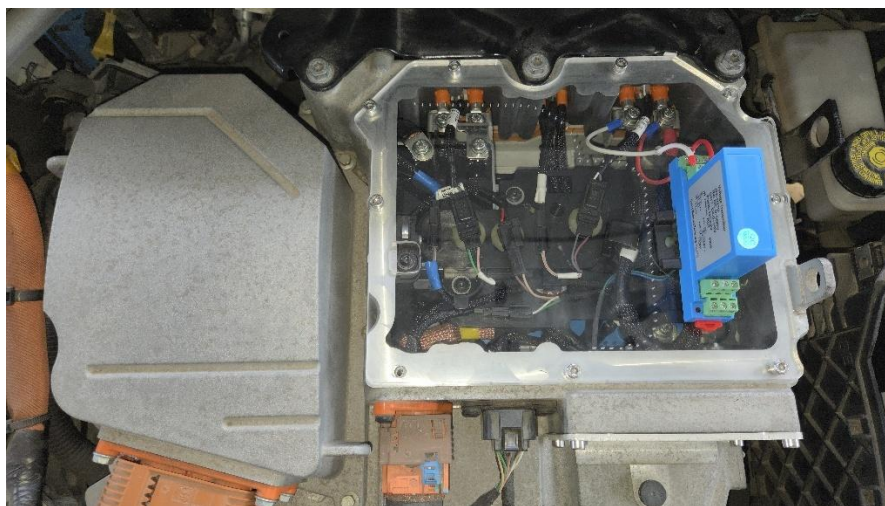
Fuente: [Siemens XB005](#)

Figura 2-14 Switch 6GK5005-0BA00-1AB2

2.2.2 Procedimiento de instalación del sensor de voltaje en el VE

Tal como se indicó al inicio de este capítulo, resulta esencial disponer de los EPP y aplicar de manera inmediata la desconexión de las líneas de alta tensión del vehículo. Esto se debe a que se estará en contacto con los conductores de la batería de tracción, los cuales, al momento de su intervención no contarán con aislación, considerando que el punto de medición definido corresponde a una zona donde se distribuye la energía de la batería hacia los distintos subsistemas que posee el VE.

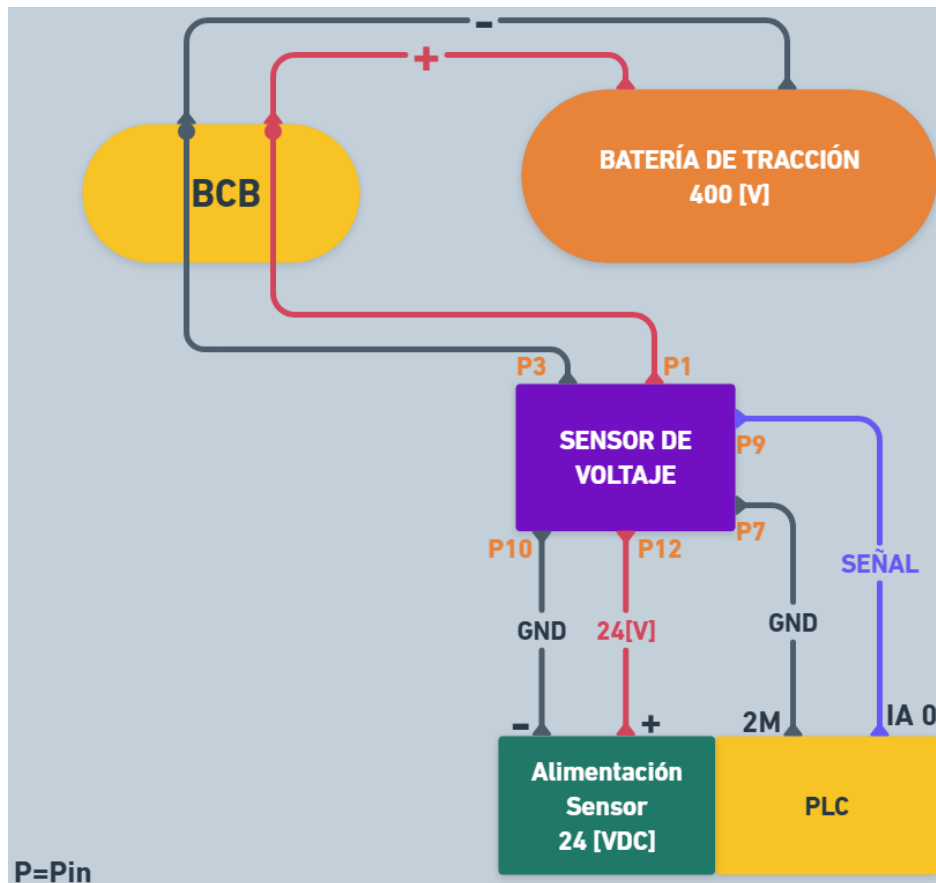
Para la instalación del sensor de voltaje en la BCB, se deben retirar los pernos de sujeción de la tapa original, la que será reemplazada por una fabricada a medida en material de acrílico. Para realizar la conexión en el punto de medición (Figura 2-15), es necesario desenroscar los pernos de sujeción de los terminales de la batería, conectando el pin 1 del sensor al terminal positivo (rojo) y el pin 3 al terminal negativo (negro).



Fuente: Fotografía propia presentando la placa acrílica con el sensor de voltaje

Figura 2-15 Vista previa del montaje del sensor de voltaje en VE

Para conectar el sensor al PLC, el pin 12 se conecta a +24 [VDC] y el pin 10 y 7 a 0 [V], por otro lado, el pin 9 (señal) a la entrada AI 0. Cómo se muestra en la Figura 2-16.

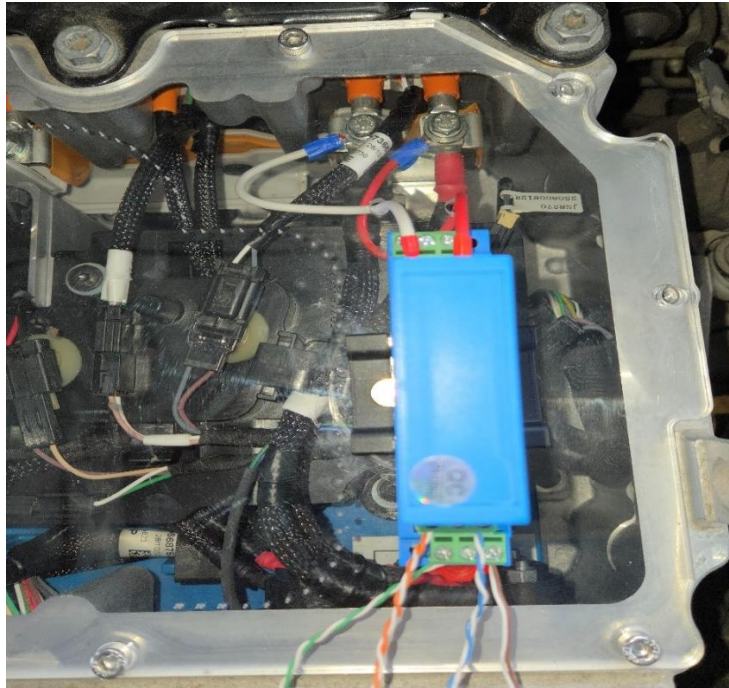


Fuente: Elaboración propia en base a conexionado de sensor de voltaje

Figura 2-16 Esquema de conexión del sensor de voltaje

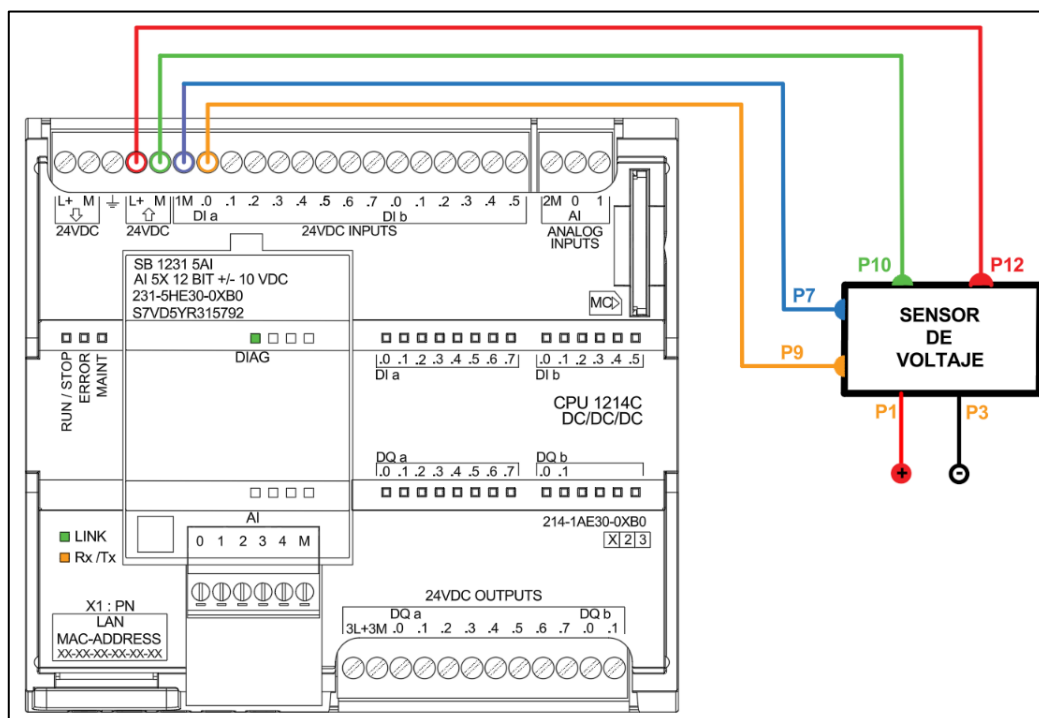
Para mayor comprensión del lector, se incluye la Figura 2-17, donde se muestra el montaje final del sensor. En la parte inferior del sensor se observan las conexiones en par trenzado hacia el PLC, mientras que, en la parte superior por debajo de la placa de acrílico se conecta a los terminales correspondientes de la batería.

Por otro lado, la Figura 2-18 un espacio adecuado muestra un diagrama de conexión eléctrico completo entre el sensor de voltaje y el PLC.



Fuente: Fotografía propia conectado el sensor del voltaje al PLC como al VE

Figura 2-17 Montaje final del sensor de voltaje



Fuente: Elaboración propia con recursos de AUTOCAD

Figura 2-18 Diagrama eléctrico del sensor de voltaje al PLC

Para una mejor comprensión del proceso de montaje del sensor en el VE, se incorpora la Figura 2-20, donde se observa el punto de medición indicado.

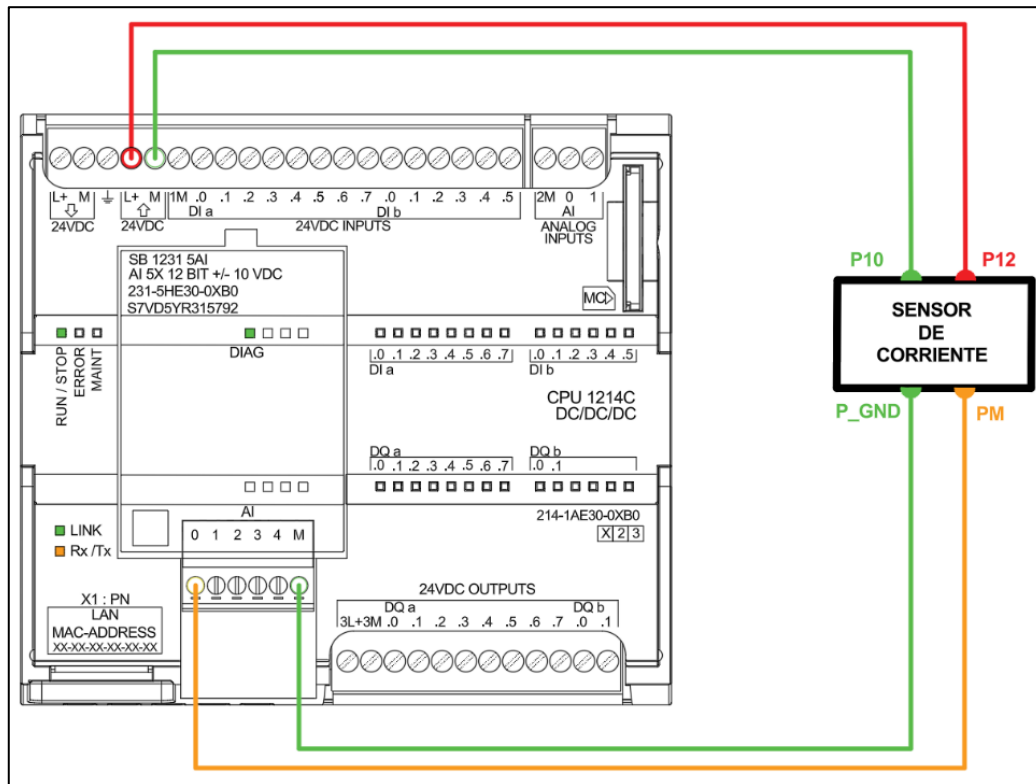


Fuente: Fotografía propia conectado el sensor de corriente al PLC y al conductor positivo de batería de tracción

Figura 2-20 Montaje final del sensor de corriente

Dado que este proyecto tuvo buena acogida por el departamento de mecánica, se determinó (al finalizar las pruebas) solo instalar la placa protectora ya que, permite un acceso sencillo a la batería para futuras demostraciones al alumnado.

Por último, la Figura 2-21 ,muestra el diagrama eléctrico completo entre el sensor de corriente, pasando por el módulo adquirido al PLC.



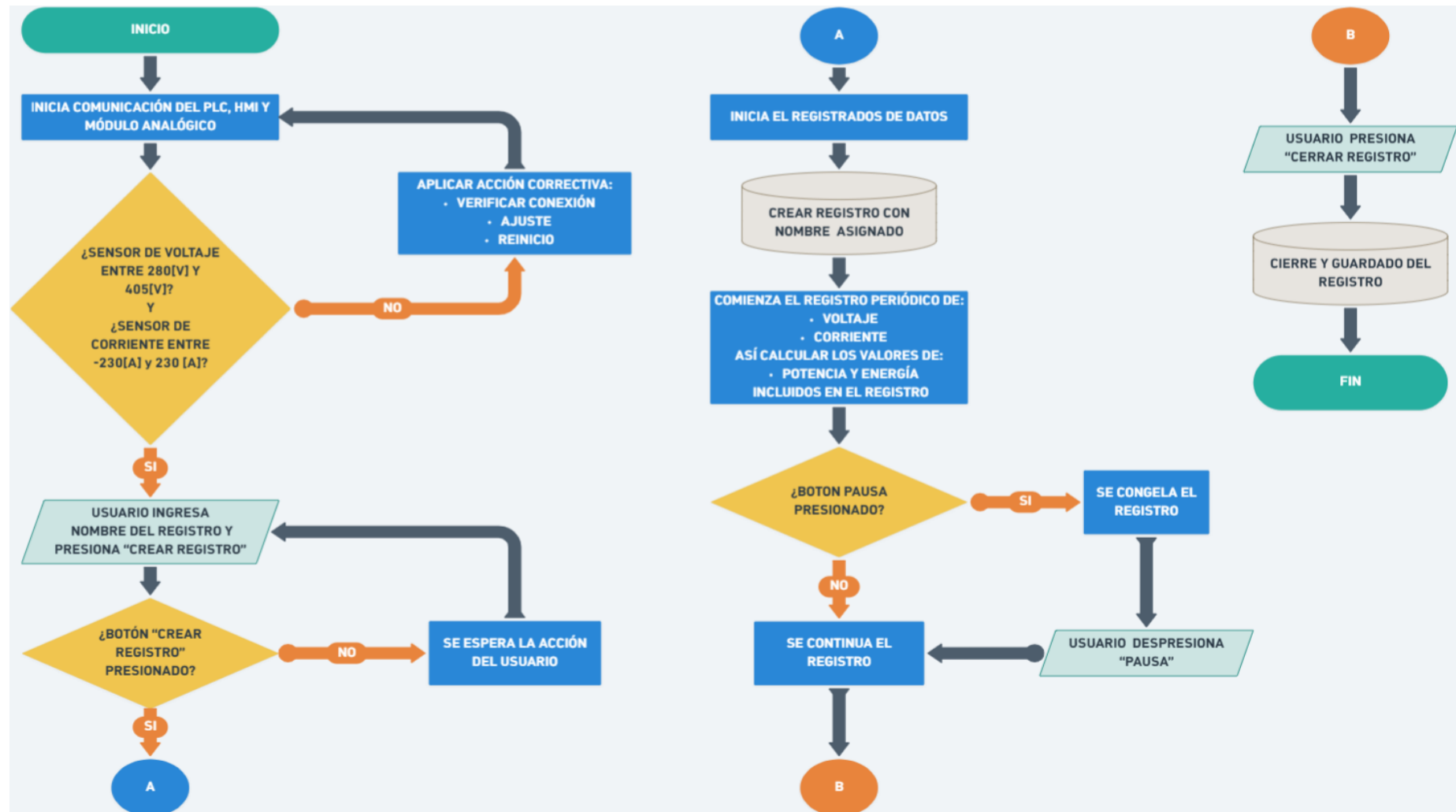
Fuente: Elaboración propia con recursos de AUTOCAD

Figura 2-21 Diagrama eléctrico del sensor de corriente al PLC

2.3 PROGRAMACIÓN DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

La programación del PLC se efectuó mediante el software TIA Portal V18, plataforma oficial para configuración y desarrollo de aplicaciones en equipos Siemens. La programación se adjunta en el [Anexo A : Programación del PLC](#) .

Por otro lado, se explica en contexto cuál es la lógica de programación (Figura 2-22) utilizada ante la necesidad de que este proyecto se replique en el futuro.



Fuente: Elaboración propia con recursos de Whimsical

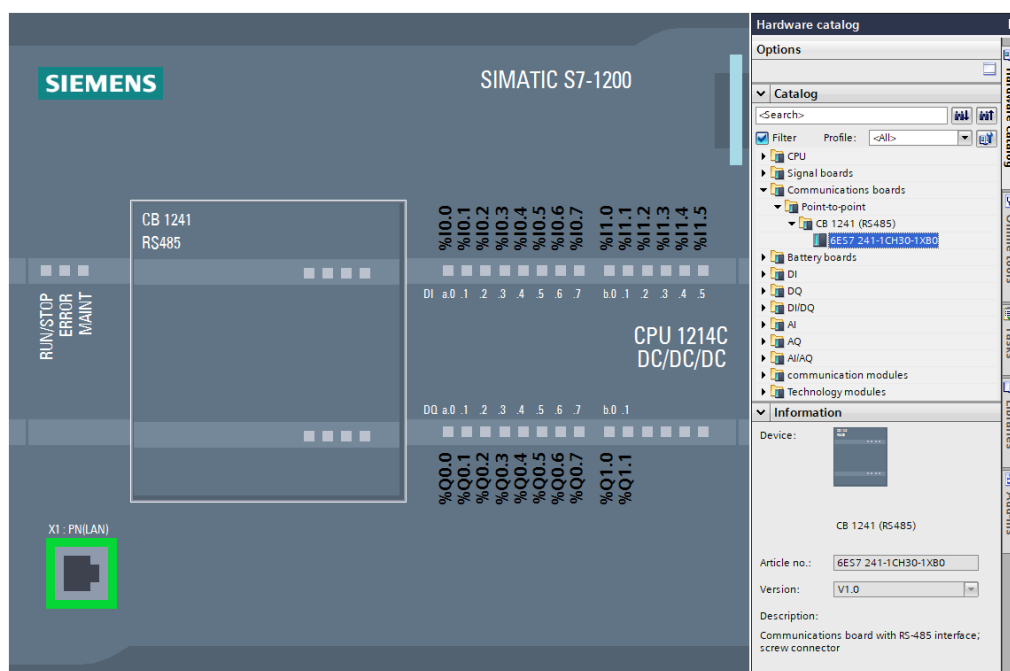
Figura 2-22 Diagrama de flujo de programación

2.3.1 Comunicación módulo alternativo de entradas analógicas SB1231

Anteriormente se presentó el módulo no original Siemens para permitir trabajar con el sensor de corriente adquirido. Por ello, en este apartado se describen los pasos necesarios para enlazar el módulo alternativo con PLC Siemens.

Como respaldo a este punto importante, en el [Anexo B : Manual del módulo SB1231](#) se expresa en mayor detalle como realizar la integración del módulo utilizado del fabricante con los productos Siemens.

- 1) Integración de SB1231 al área de trabajo (Figura 2-23):** Dado que este módulo no corresponde a un producto original Siemens, el fabricante indica que, para lograr una correcta incorporación en el PLC, debe añadirse en TIA Portal como una *CB1241 V1.0*. De este modo, el software reconoce el dispositivo y permite su parametrización.



Fuente: Captura de pantalla en TIA Portal V18

Figura 2-23 Integración de SB1231 en TIA Portal V18

2) Programación de comunicación entre PLC y SB1231: Para este fabricante no se requiere la instalación de bibliotecas adicionales, la comunicación se establece mediante dos líneas de código que permiten mapear directamente los registros internos del módulo, de modo que el PLC interpreta los datos recibidos. En el caso del módulo utilizado, este únicamente procesa señales analógicas ± 10 [V] en sus cinco entradas.

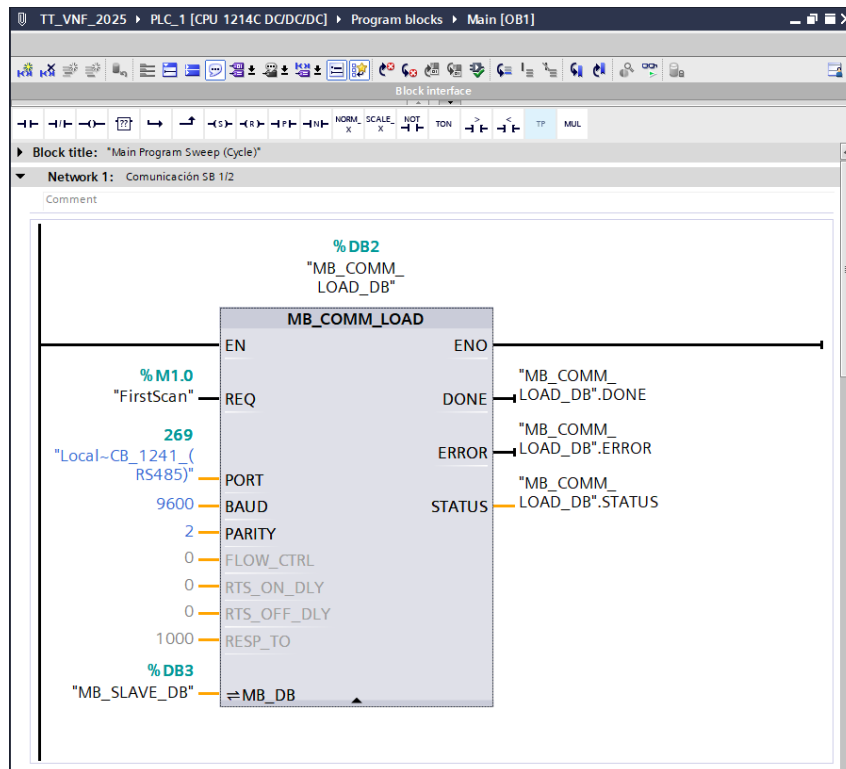
El fabricante expresa que son necesarios los bloques MB_COMM_LOAD y MB_SLAVE para establecer la comunicación entre los dispositivos. Ambos bloques se encuentran en las instrucciones de comunicación Modbus para una comunicación punto a punto como se aprecia en la Figura 2-24.

Name	Description	Version
▼ MODBUS		V2.2
■ MB_COMM_LOAD	Configure port on the PtP module for Modbus RTU	V2.1
■ MB_MASTER	Communicate via the PtP port as Modbus master	V2.2
■ MB_SLAVE	Communicate via the PtP port as Modbus slave	V2.1

Fuente: Captura de pantalla en TIA Portal V18

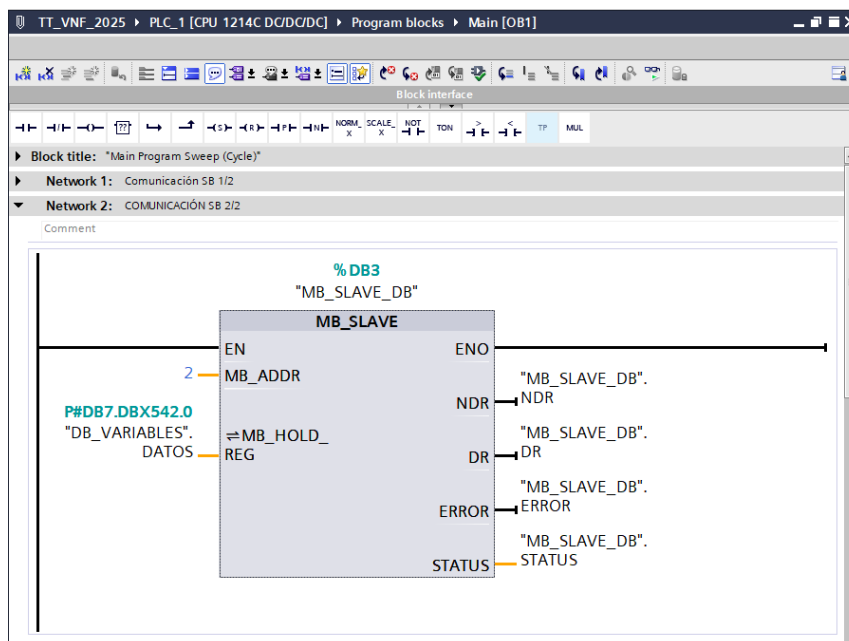
Figura 2-24 Selección de bloques de comunicación para SB1231

Los parámetros para los bloques de comunicación según el fabricante se pueden revisar en la Figura 2-25 y la Figura 2-26.



Fuente: Captura de pantalla en TIA Portal V18

Figura 2-25 Programación MB_COMM_LOAD



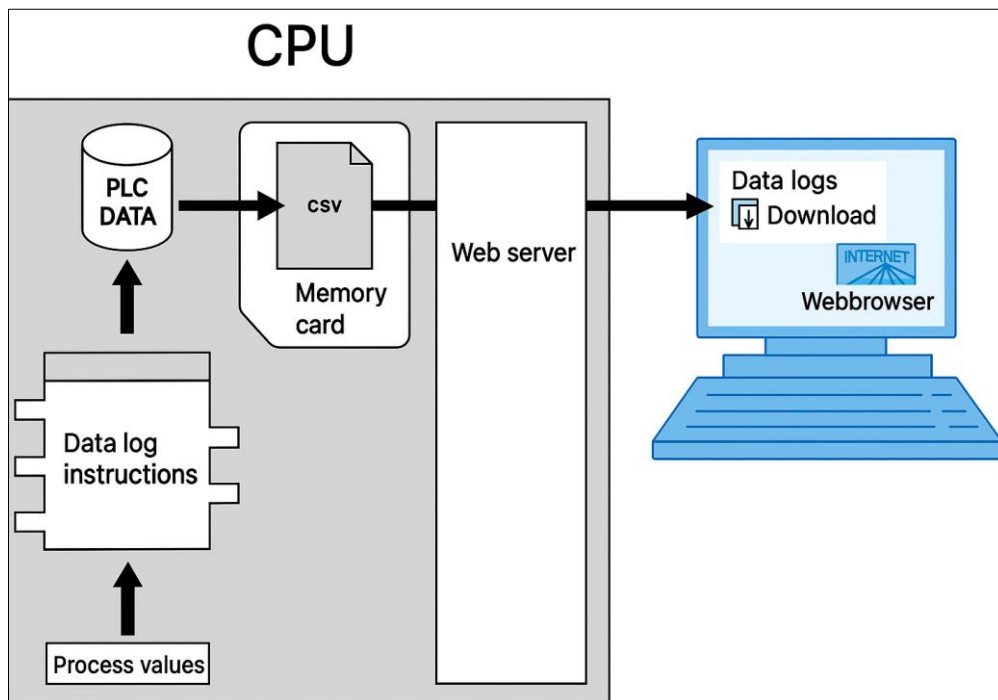
Fuente: Captura de pantalla en TIA Portal V18

Figura 2-26 Programación MB_SLAVE

2.3.2 Registro de variables DATA LOG y Web Server

Para visualizar el comportamiento de las variables se utilizaron las instrucciones Data_Log para conformar los registros de las variables a monitorear. Se accede a estos registros desde el navegador de archivos (carpeta DataLogs) a través del servidor web como lo expresa la Figura 2-27.

Al momento de concluir las pruebas realizadas, el PLC almacena los registros en archivos formato “CSV” (valores separados por comas), los que se pueden visualizar en Microsoft Excel (valor predeterminado) u otros programas al momento de su descarga.



Fuente: [Soporte Siemens](#)

Figura 2-27 Registro de variables TIA Portal

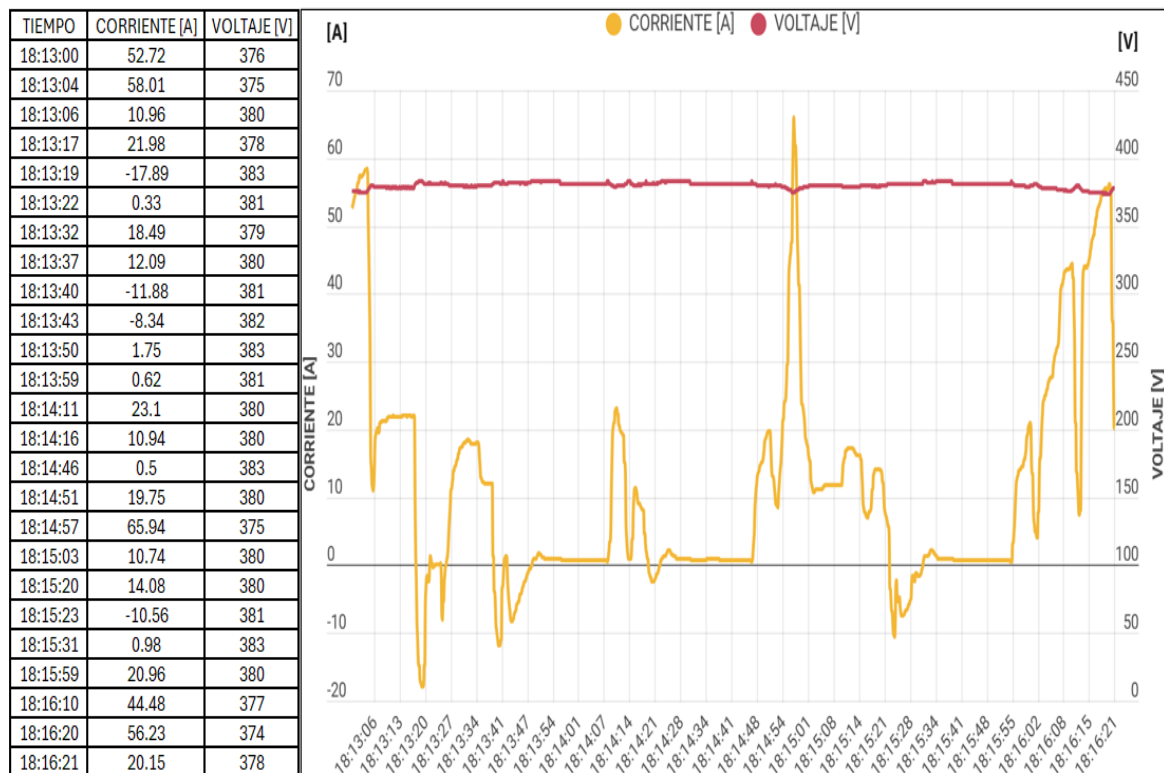
El formato de los datos almacenados se estructuró de manera secuencial, comenzando con la adquisición de las señales de la corriente y el voltaje obtenidas directamente de los sensores conectados al PLC.

A partir de estas variables se realizó el cálculo de la potencia, mediante la multiplicación de los valores instantáneos de corriente y voltaje, para posteriormente determinar los valores de energía consumida y regenerada.

La energía consumida y la regenerada se calcularon a través de la sumatoria de la potencia en función de la dirección de la corriente. Cuando la corriente circulaba hacia el motor, se interpretó como consumo de energía; en cambio, cuando la corriente fluía hacia la batería de tracción, se consideró como energía regenerada.

Para este proyecto se consideró utilizar una frecuencia de muestreo de 10 [Hz], debido a que la corriente presente en el VE experimenta variaciones constantes durante su funcionamiento. Esto permite obtener una representación más precisa del comportamiento eléctrico de la batería.

En la Figura 2-28 se aprecia un ejemplo de cómo se almacenan y visualizan los registros generados por el datalogger en archivos con extensión .csv, una vez descargados desde el servidor web del PLC.



Fuente: Captura de pantalla verificando los registros del datalogger

Figura 2-28 Ejemplo de registros Datalogger

2.3.3 Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

Para el caso de la HMI se diseñó un total de cuatro pantallas, cada una de ellas entrega información en particular donde el usuario tiene acceso en vivo del monitoreo realizado al VE como se aprecian las Figuras 2-29 a 2-32.

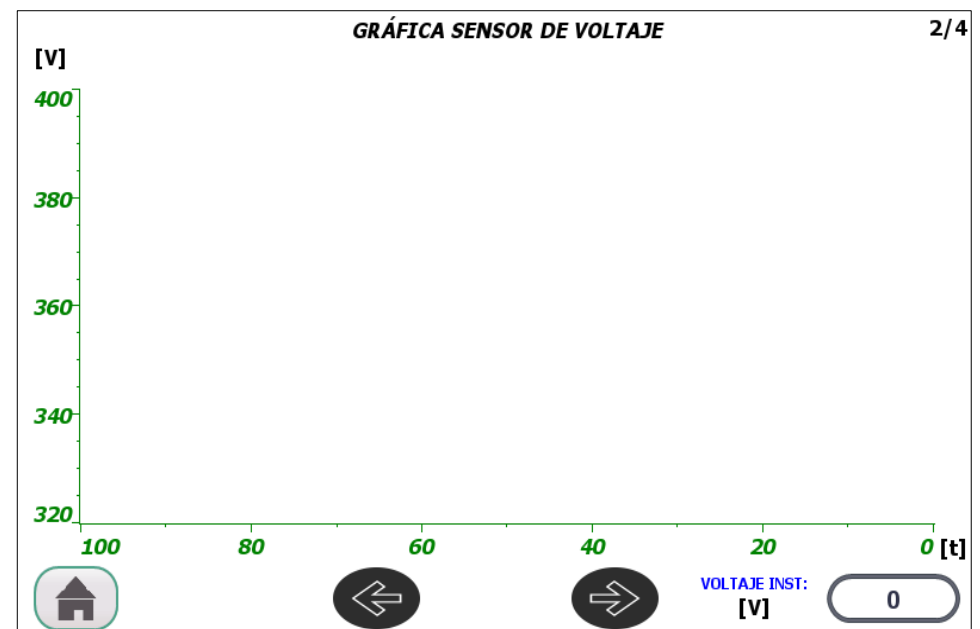
Inicio–Pausa / Creación y Cierre de registros y
Valores instantáneos de Energía



Fuente: Captura de pantalla en PLCSIM

Figura 2-29 Pantalla 1 HMI

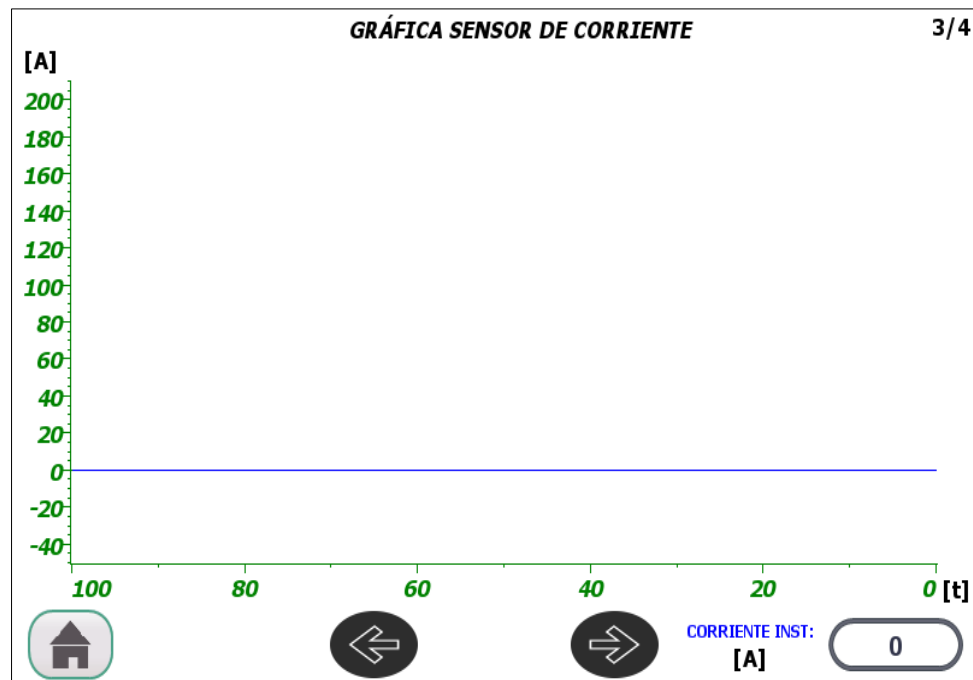
Gráfica en HMI del sensor de voltaje



Fuente: Captura de pantalla en PLCSIM

Figura 2-30 Pantalla 2 HMI

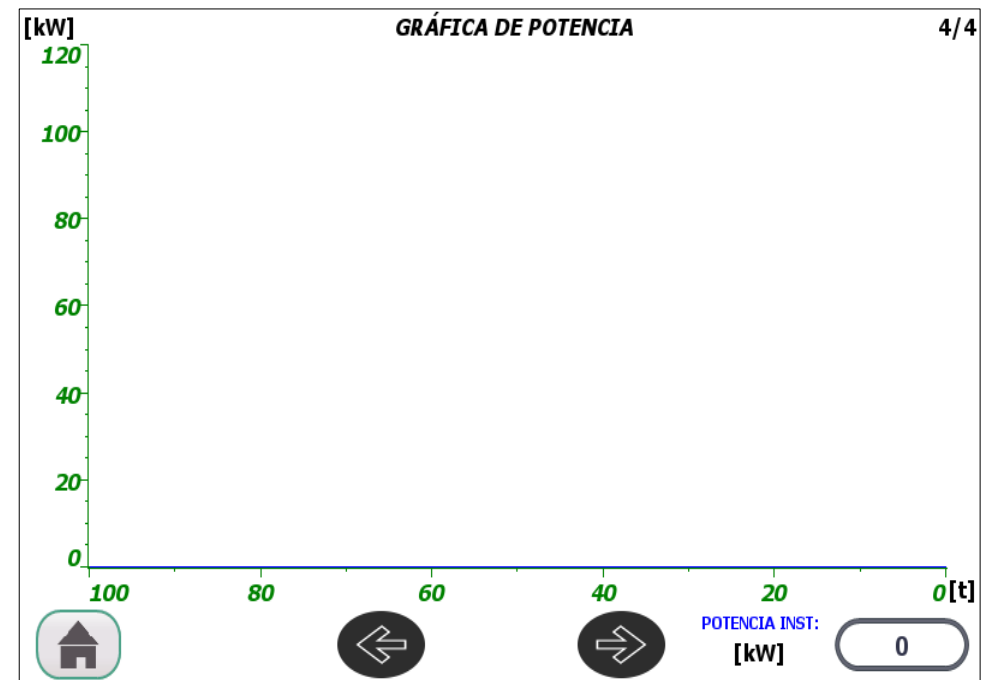
Gráfica en HMI del sensor de corriente



Fuente: Captura de pantalla en PLCSIM

Figura 2-31 Pantalla 3 HMI

Gráfica de potencia en HMI



Fuente: Captura de pantalla en PLCSIM

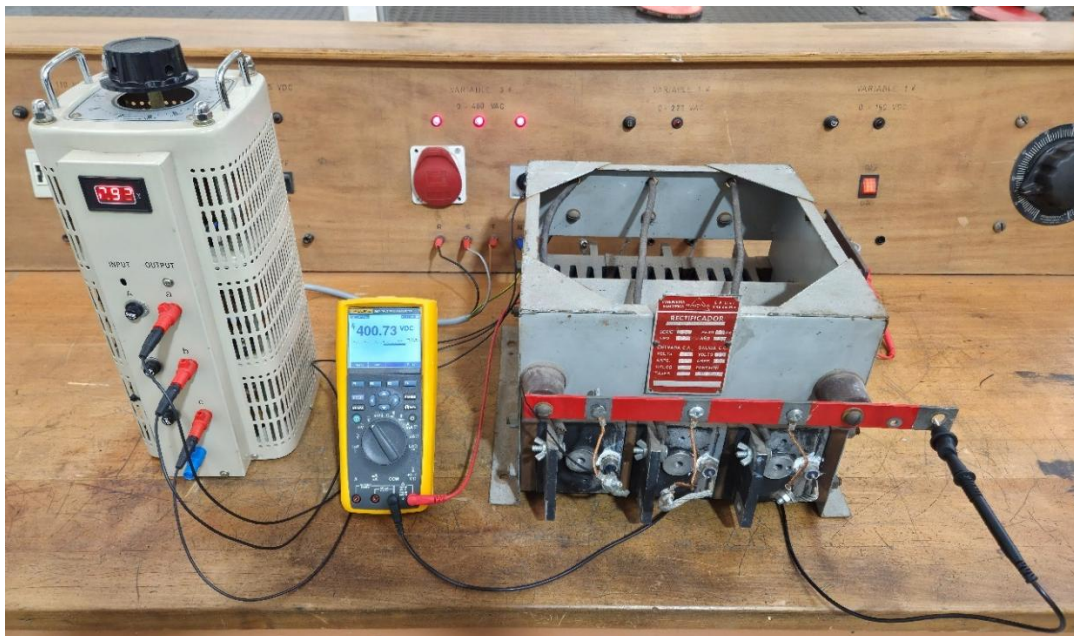
Figura 2-32 Pantalla 4 HMI

2.4 VALIDACIÓN OPERACIONAL DE SENSORES Y SEÑALES

Se utilizaron dependencias del departamento de ELINF, para verificar que los sensores estaban trabajando dentro de los rangos de operación y existiera un desempeño integral del sistema, desde la adquisición de las señales hasta la generación de los registros correspondientes en el PLC.

2.4.1 Prueba de medición del sensor de voltaje

Para verificación del correcto funcionamiento del sensor, se utilizó un variac trifásico conectado a un rectificador (Figura 2-33), con el objetivo de generar una tensión continua variable. Para validar esta prueba, se mantuvo conectado un multímetro en los terminales del rectificador para contrastar la medición del sensor.



Fuente: Fotografía propia, Laboratorios de Electricidad USM Viña del MAR, 2025

Figura 2-33 Prueba de tensión de salida del rectificador

En la Figura 2-34, el sensor se conecta en los terminales del rectificador y mediante el ajuste progresivo del variac se alcanzaron las tensiones de trabajo en la prueba final.



Fuente: : Fotografía propia, Laboratorios de Electricidad USM Viña del MAR,2025

Figura 2-34 Verificación del sensor de voltaje

2.4.2 Prueba de medición del sensor de corriente

El método que se llevó a cabo para verificar este sensor fue simular una corriente elevada mediante el enrollado del conductor a través del núcleo del sensor (como fuente se utilizó un cargador de baterías de 12 V). El resultado termina siendo que, al momento de monitorear esta variable en el PLC, dependiendo de la cantidad de vueltas y la corriente aplicada al conductor se mide una corriente dentro de los rangos de operación necesarios.

En la Figura 2-35 se evidencia el uso del sensor conectado al cable positivo del cargador de baterías junto a una pinza amperimétrica para visualizar en tiempo real los valores de corriente que serían captados por el sensor.

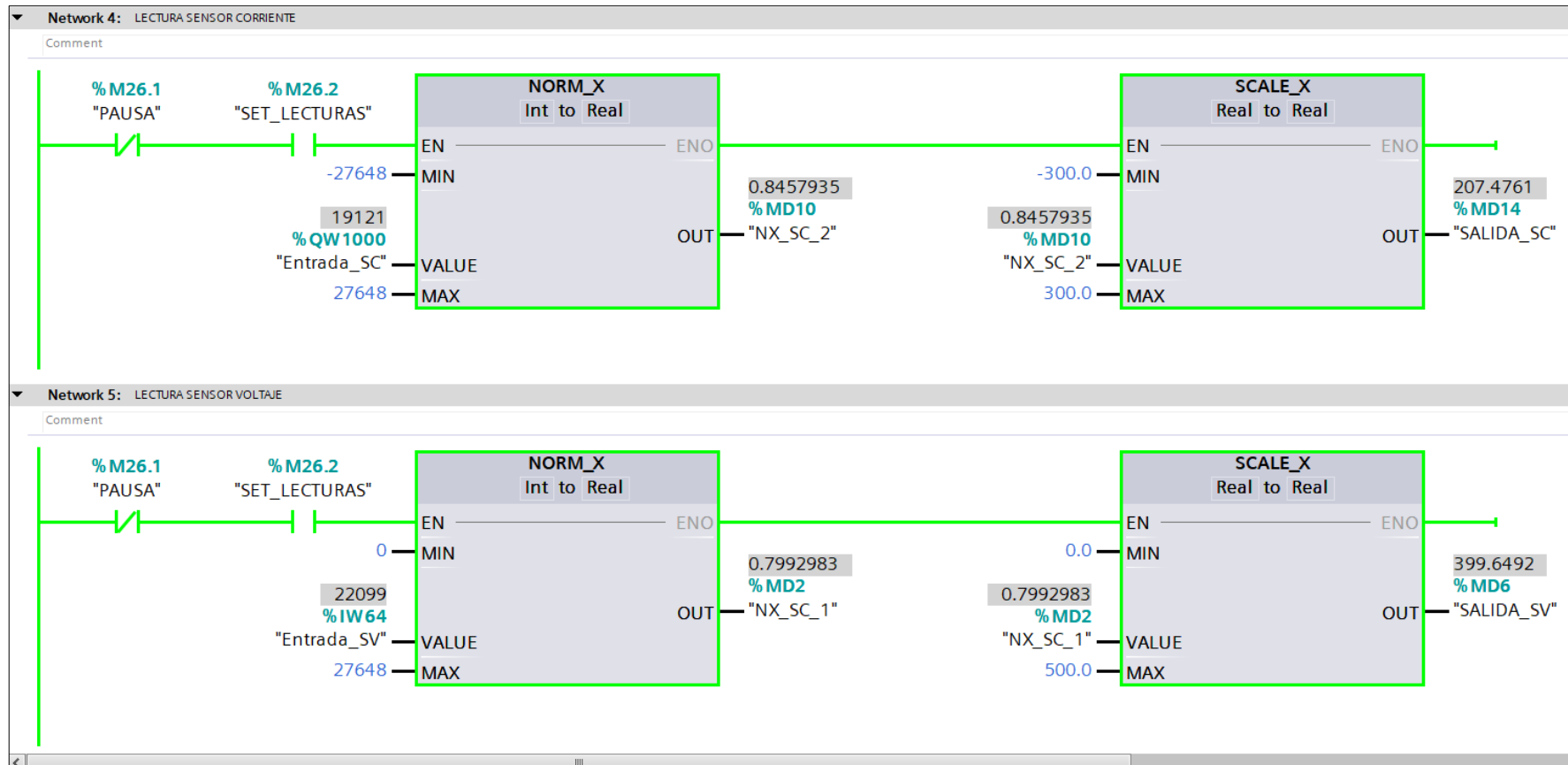


Fuente: : Fotografía propia, Laboratorios de Electricidad USM Viña del MAR,2025

Figura 2-35 Verificación del sensor de corriente

2.4.3 Confirmación de lectura e interpretación de señales del PLC en TIA Portal

La Figura 2-36 muestra parte de la programación donde se evidencia que ambos sensores se encuentran trabajando en condiciones de funcionamiento, luego de que se estuvieran aplicando distintos niveles de tensión y corriente a los sensores y siendo estos contrastados por los instrumentos de medición como se indicó anteriormente.



Fuente: Captura de pantalla en TIA Portal V18

Figura 2-36 Verificación e interpretación de señales en PLC

CAPÍTULO 3: RESULTADOS DEL SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE COSTOS

3 RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS DEL PROYECTO

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tras la implementación del sistema de monitoreo en el VE, sometido a un ciclo de conducción estandarizado y una prueba de potencia. Adicionalmente, se incluye un análisis de costos del proyecto, considerando los recursos materiales necesarios para la construcción del sistema de monitoreo, así como el recurso humano asociado a las tareas de programación y configuración del sistema.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

Para la ejecución de estas pruebas se utilizó un freno dinamométrico de rodillos (Figura 3-1) facilitado por el Departamento de Mecánica, cuyo objetivo es simular condiciones de conducción tanto urbana como extraurbana.

Dicho freno dinamométrico opera bajo el principio de las corrientes de Foucault, donde a través de un campo electromagnético se frenan los rodillos (sin contacto físico) y dependiendo si el vehículo simula ir en subida o bajada es mayor o menor la resistencia que se aplica a los rodillos. De esta manera, se analiza el comportamiento de la batería del VE bajo distintos regímenes de conducción.



Fuente: Fotografía propia al finalizar las pruebas al VE

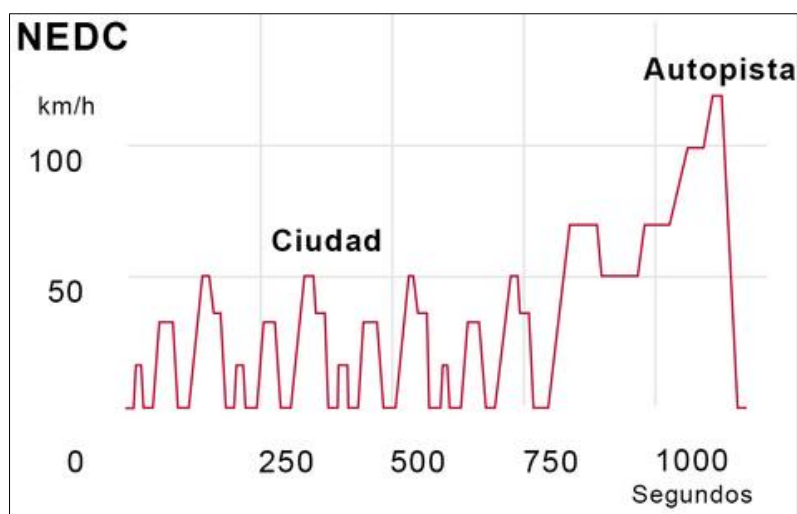
Figura 3-1 Renault Fluence montado en freno dinamométrico de rodillos

Para iniciar se aplicó el ciclo de conducción estandarizado NEDC (Figura 3-2), con el objetivo de simular escenarios reales de conducción y no para evidenciar la autonomía del VE u otros parámetros que se obtienen específicamente al momento de hacer estas pruebas.

Estos ciclos son utilizados para la evaluación y comparación de los desempeños de vehículos a combustión, híbridos y eléctricos, permitiendo analizar parámetros de consumo energético, emisiones contaminantes, autonomía, entre otros. La principal característica de un ciclo de conducción estandarizado es su reproducibilidad, ya que las condiciones de aceleración, desaceleración, detención y velocidad constante se encuentran previamente definidas. Esto permite que las mediciones obtenidas sean comparables independientemente del lugar donde se lleve a cabo la prueba.

El ciclo de conducción aplicado al Renault Fluence ZE corresponde al ciclo NEDC, el cual consiste en un ciclo urbano (repetido 4 veces) donde el vehículo mantiene bajas velocidades al igual que tiempos en ralentí (simulando una detención por semáforos) y por último una zona de baja congestión vehicular en la que alcanza los 50 km/h.

El segundo ciclo corresponde a un ciclo extraurbano, donde simula que el vehículo se dirige a una autopista en el que primeramente se mantiene a 70 km/h y paulatinamente se va integrando por una pista de aceleración llegando a la velocidad máxima de 120 km/h donde finaliza la prueba.



Fuente: www.abarth.es

Figura 3-2 Perfil de velocidad ciclo NEDC

La segunda prueba realizada corresponde a una prueba de potencia (esta no es estandarizada), donde el vehículo es llevado a voluntad del piloto hasta una velocidad de 120 km/h, permitiendo observar el comportamiento del sistema de regeneración.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS

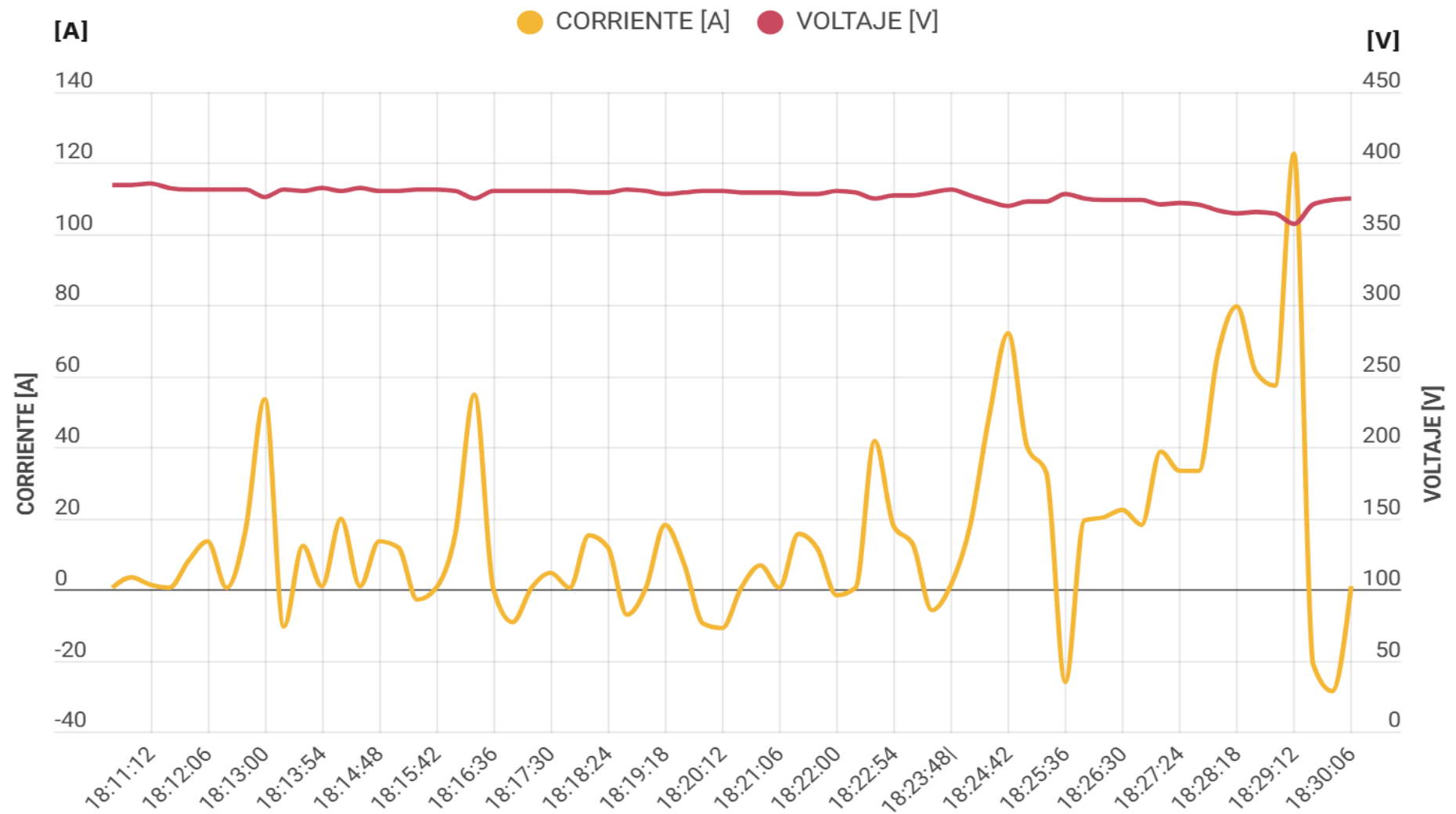
A continuación, se presentan las gráficas obtenidas a partir de los registros almacenados en el servidor web mientras se llevaron a cabo las pruebas al VE.

3.2.1 Resultados del ciclo de conducción

La Figura 3-3 presenta las variaciones del voltaje y la corriente en función del tiempo. Se observa una secuencia de disminuciones e incrementos de la corriente que reflejan las diferentes fases del ciclo de conducción. Cabe señalar que la curva de la corriente presenta valores negativos, los cuales corresponden a fases de desaceleración y recuperación de energía de la batería.

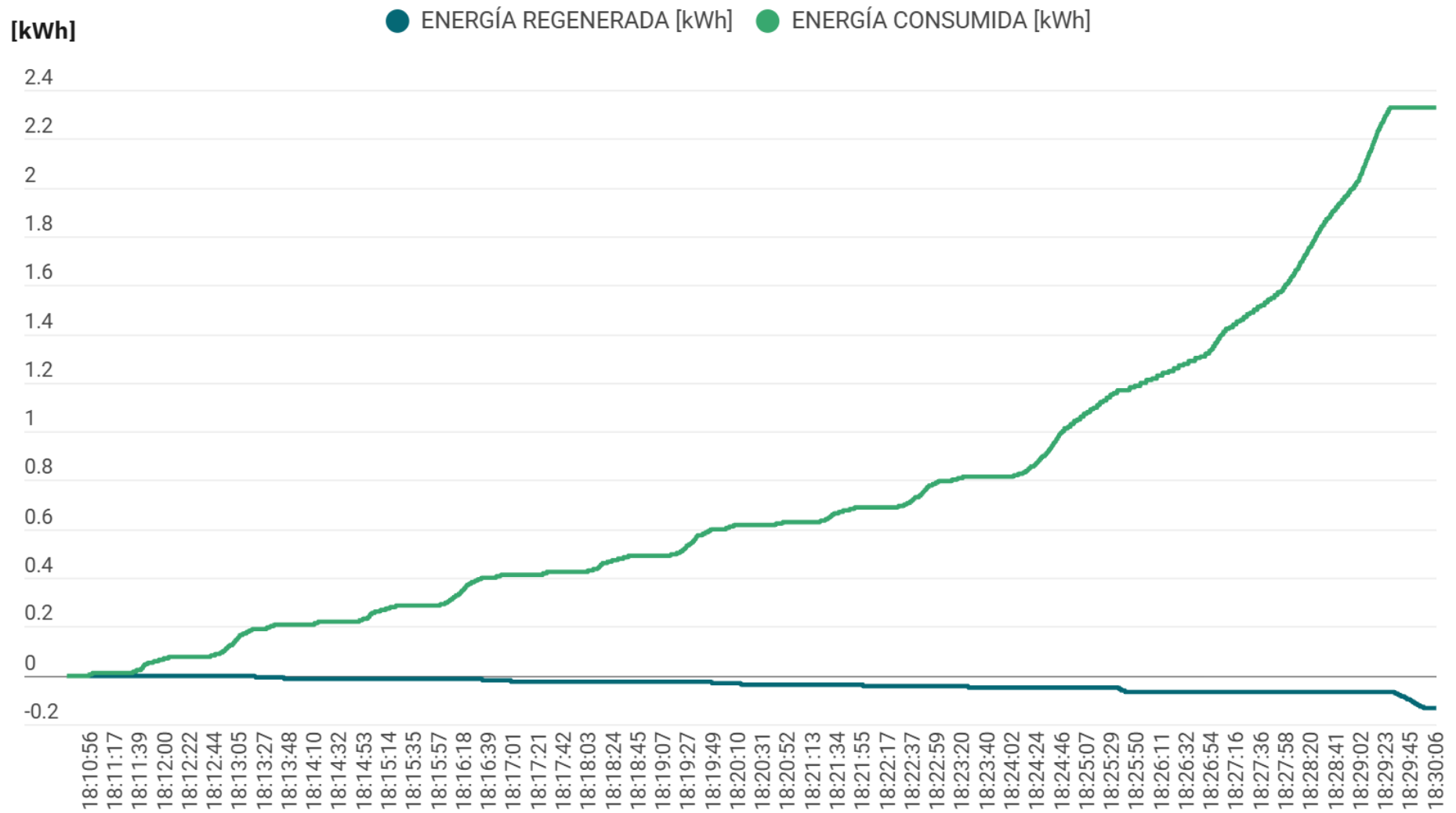
La Figura 3-4 por su parte corresponde a un cálculo aproximado de los valores de energía consumida (entregada) con respecto a la regenerada por parte de la batería mientras el VE se encontraba realizando el ciclo de conducción.

Por último, cabe considerar que siempre existe un margen de error ya que el conductor debe prestar atención a la pantalla del freno dinamométrico que le indica que acción realizar para así coordinar sus pies en caso de aceleración y frenado. Para efectos de estas pruebas se llevaron a cabo 3 ciclos de conducción conservando el más representativo.



Fuente: Elaboración propia con recursos de Microsoft Excel

Figura 3-3 Gráfica de voltaje y corriente en ciclo de conducción



Fuente: Elaboración propia con recursos de Microsoft Excel

Figura 3-4 Gráfica de E. regenerada vs E. consumida en ciclo de conducción

3.2.2 Resultados del ciclo de potencia

La prueba de potencia como tal no es una prueba estandarizada, pero dado que el sistema de monitoreo presentó buenos resultados en las lecturas del ciclo de conducción, esta prueba permitió observar otros factores importantes.

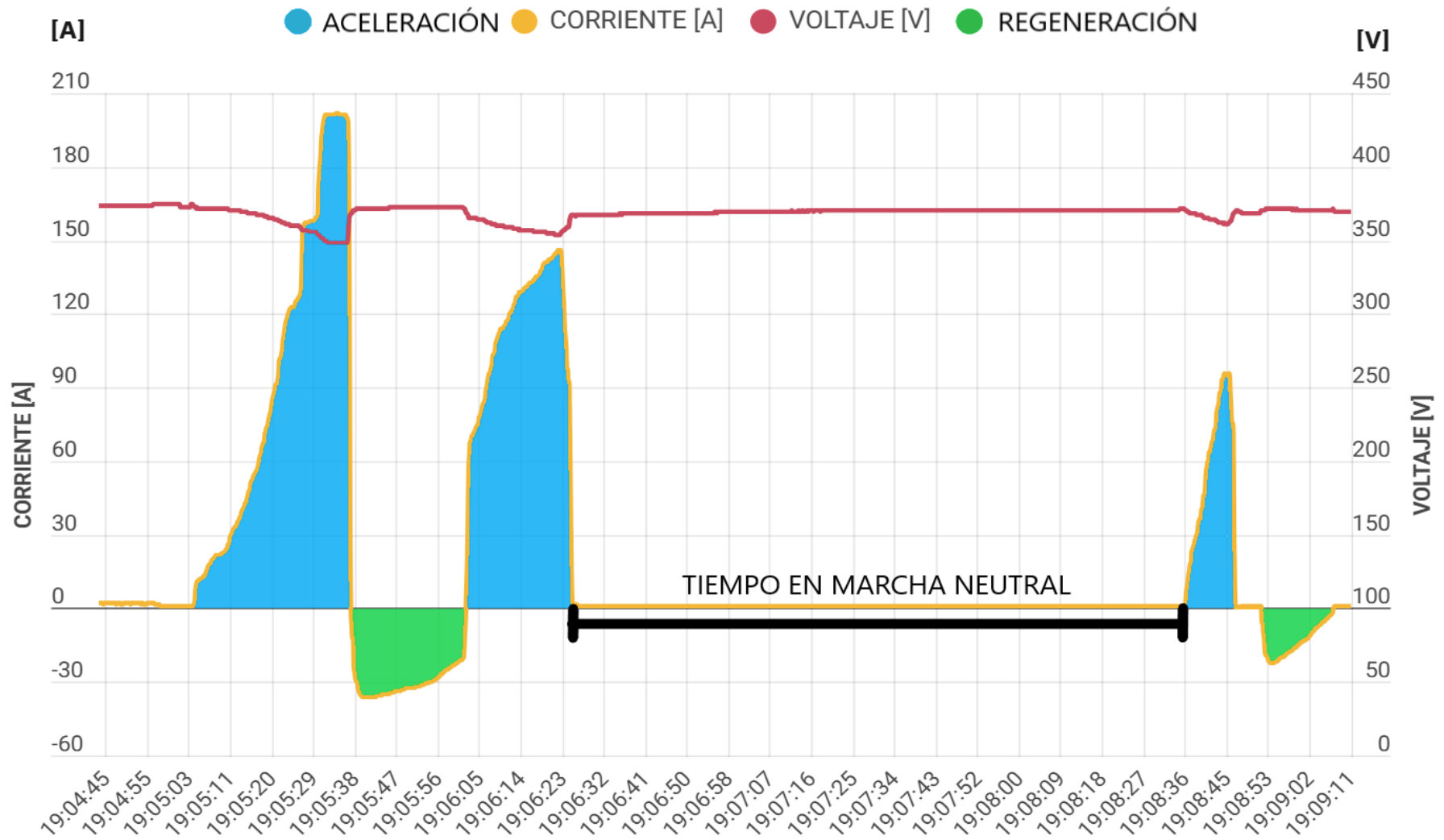
En la Figura 3-5 se aprecia cómo se parte con una aceleración continua hasta llegar a la velocidad máxima del VE (120 km/h) durante unos segundos. Luego se deja de acelerar y con la inercia se aprecia como empieza a actuar el sistema de regeneración.

En el segundo intento nuevamente se llegó hasta una velocidad considerable, pero esta vez se le indicó al conductor que soltara el acelerador y pusiera la marcha en neutral.

En el tercer intento y a una velocidad menor, se le indica al conductor que deje de acelerar, luego que pusiera neutral para nuevamente poner la marcha Directa. Con esta prueba se logra evidenciar que solo cuando el VE va en la marcha Directa es que el sistema de regeneración se activa.

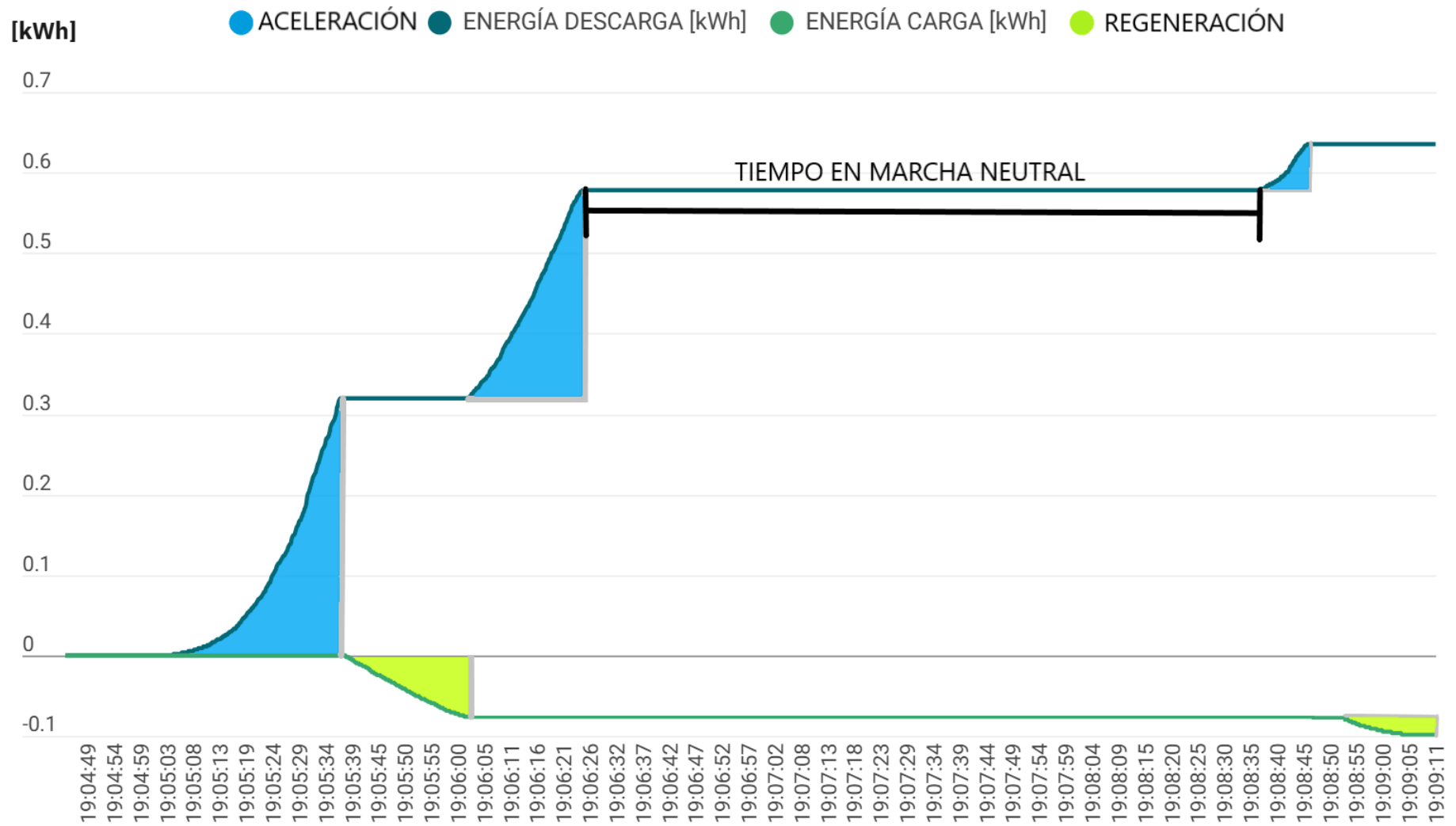
Por último, en la Figura 3-6 se aprecia también un aproximado de los valores de energía suministrada frente a consumida por la batería mientras el VE se encontraba en el ciclo de potencia.

Son estas las pruebas que se llevaron a cabo con el Renault Fluence ZE con el sistema de monitoreo desarrollado en este proyecto, que sin duda permitió adquirir nuevas curvas del comportamiento de este vehículo en particular y que pueden replicarse con otros ciclos de conducción o simplemente como un recurso didáctico pedagógico.



Fuente: Elaboración propia con recursos de Microsoft Excel

Figura 3-5 Gráfica de voltaje y corriente en ciclo de potencia



Fuente: Elaboración propia con recursos de Microsoft Excel

Figura 3-6 Gráfica de E. regenerada vs E. consumida en ciclo de potencia

3.3 VALOR AGREGADO DEL PROYECTO

Este proyecto fue revisado por el profesor Christian Ramírez, quien está encargado de impartir la asignatura de electromovilidad para los alumnos de mecánica automotriz.

El profesor indica que según el programa de la asignatura (Figura 3-7), resulta útil incorporar este proyecto como apoyo a la Unidad 2: Fundamentos para la electromovilidad, donde se profundiza en los sistemas de almacenamiento de energía en conjunto los motores eléctricos resultando en una mejor comprensión de las clases de teoría.

CONTENIDOS TEMÁTICOS

U1: Introducción a la electromovilidad.

- Clasificación de vehículos (convencionales, híbridos, eléctricos, otros).
- Configuraciones de vehículos de acuerdo al tipo (convencionales, híbridos, eléctricos, otros).
- Tendencias en el desarrollo de vehículos y sus sistemas de propulsión.

U2: Fundamentos para la electromovilidad.

- Fundamentos eléctricos: corrientes continua y alterna, medición de parámetros eléctrico, y sistemas de control.
- Máquinas eléctricas: motores y generadores eléctricos.
- Sistemas de conversión de energía: propulsión y regeneración.
- Sistemas de almacenamiento de energía: baterías, hidrógeno, otros.
- Hibridación: configuraciones en serie y/o paralelo.

U3: Vehículos eléctricos.

- Configuración de vehículos eléctricos
- Operación de vehículos eléctricos y sus medidas de seguridad
- Diagnóstico de vehículos eléctricos: sistema de baja tensión, sistema de potencia, otros sistemas.
- Mantenimiento de vehículos eléctricos
- Medidas de seguridad en el diagnóstico y mantenimiento.

Fuente: Programa de asignatura USM (SIGA), MEC244-A, 2026

Figura 3-7 Programa electromovilidad USM Sede Viña del Mar

3.3.1 Mejoras al sistema de monitoreo

Considerando que el proyecto obtuvo un buen desempeño en las pruebas realizadas en el Renault Fluence ZE, se considera como mejora el utilizar este sistema de monitoreo en otros vehículos como el Nissan Note (eléctrico) y el Toyota Corolla (híbrido) que fueron adquiridos recientemente por la universidad.

Para lograr replicar el proyecto en estos nuevos escenarios, se debe considerar si existe posibilidad de utilizar los mismos sensores del Renault Fluence ZE. Ahora bien, de no ser así se debe hacer el estudio respectivo de cada vehículo y tener en cuenta que la fuente

de alimentación de los sensores utilizados fue de 24 [V] y que sus señales de salida idealmente deberían ser estandarizadas como 0 – 10 [V] o 4 – 20 [mA]. De lo contrario habrá que hacer un acondicionamiento de la señal.

3.4 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

El presente apartado tiene como propósito identificar y cuantificar los insumos, equipos y materiales involucrados en la implementación del sistema de monitoreo.

Para complementar el análisis económico se incluye la planificación total del proyecto mediante una Carta Gantt (Tabla 3-2) para así cuantificar los recursos humanos que fueron necesarios. Esta labor se cuantifica en una estimación de horas de trabajo profesional a lo largo del proyecto.

3.4.1 Cotización de componentes del proyecto

En la Tabla 3-1 se presenta la valorización de los componentes que fueron necesarios para el sistema de monitoreo. Todos los valores son referenciales y fueron cotizados al momento de la elaboración del proyecto.

Tabla 3-1 Costo de componentes del proyecto

N°	Componentes	Cantidad	NETO	NETO + IVA	N+IVA [UF]
1	S7-1200 / 1214C DC/DC/DC	1	\$ 604.181	\$ 718.975	17,55
2	FUENTE PODER SIEMENS 24 [V]/ 2,5 [A]	1	\$ 106.313	\$ 126.513	3,09
3	SIMATIC HMI KTP700 BASIC	1	\$1.125.867	\$1.339.782	32,71
4	SWITCH SIEMENS ETHERNET	1	\$ 243.367	\$ 289.607	7,07
5	SENSOR DE CORRIENTE DC 300 [A]	1	\$ 12.204	\$ 14.523	0,35
6	SENSOR DE VOLTAJE DC 500 [V]	1	\$ 16.387	\$ 19.500	0,48
7	MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS [+/- 10 V]	1	\$ 34.711	\$ 41.306	1,01
8	TABLERO DE MONTAJE + INSUMOS	NO APLICA	\$ 420.168	\$ 500.000	12,21
TOTAL			\$2.563.198	\$3.050.206	74,47
UF	\$	40.959	20-09-2026		

Fuente: Elaboración propia con recursos de Microsoft Excel

3.4.2 Carta Gantt

Con el propósito de organizar el desarrollo del proyecto, la Tabla 3-2 muestra la planificación estructurada del proyecto mediante una Carta Gantt, en la que se distribuyen las actividades según un orden cronológico estratégico que permite avanzar paulatinamente a medida que son necesarios los diversos insumos y equipos necesarios. Cabe destacar que todas las tareas fueron realizadas por un mismo especialista (Ingeniero en Control).

Tabla 3-2 Carta Gantt

ITEM	ACTIVIDAD / TAREA	RESPONSABLE	HORAS	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4							SEMANA 5							SEMANA 6						
				L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
1	DISEÑO/ INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA	Ing. en Control	64																																										
2	SELECCIÓN DE EQUIPOS/ INSTRUMENTOS	Ing. en Control	48																																										
3	DISEÑO LÓGICO DEL SISTEMA	Ing. en Control	40																																										
4	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	Ing. en Control	48																																										
5	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	Ing. en Control	40																																										
6	DOCUMENTACIÓN FINAL	Ing. en Control	40																																										
Total horas trabajadas:			280																																										

Fuente: Elaboración propia con recursos de Microsoft Excel

3.4.3 Costo de mano de obra del proyecto

Para estimar la mano de obra involucrada en el proyecto en base a la Carta Gantt presentada, se considera la jornada laboral de lunes a viernes, trabajando 8 horas diarias.

En total, se consideraron 35 días completos de trabajo con un total de 280 horas trabajadas en todo el desarrollo del proyecto. En la Tabla 3-3 se presenta el costo asociado a las horas hombre (HH).

Tabla 3-3 Costo mano de obra

COSTOS HH DEL PROYECTO	
COSTO HH [UF]	0,24
DÍAS	35
HORAS X DÍA [hrs]	8
TOTAL HORAS [hrs]	280
COSTO TOTAL HH [UF]	67,2
UF	\$ 40.959 20-09-2026

Fuente: Elaboración propia con recursos de Microsoft Excel

3.5 COSTO FINAL DEL PROYECTO

Esta evaluación económica (Tabla 3-4) del sistema de monitoreo considera los recursos materiales e insumos utilizados junto al costo del profesional encargado de las diversas actividades mencionadas en la Carta Gantt.

A pesar de que gran parte de los equipos fueron facilitados por la universidad, para efectos del análisis económico se consideraron valores referenciales de mercado. Esto permite dimensionar el costo real en caso de replicarse en el futuro. Se añade que ante cualquier imprevisto se considera un 10% del total del proyecto.

Tabla 3-4 Costo total del proyecto

COSTO FINAL DEL PROYECTO	
COSTOS COMPONENTES NETO+IVA [UF]	74,47
COSTO TOTAL HH [UF]	67,20
IMPREVISTOS AL 10% [UF]	14,17
COSTO FINAL PROYECTO [UF]	155,84
COSTO FINAL PROYECTO [CLP]	\$ 6.382.939
UF	\$ 40.959 20-09-2026

Fuente: Elaboración propia con recursos de Microsoft Excel

CONCLUSIONES

Se implementó un sistema de monitoreo que mide, registra y visualiza la tensión, la corriente, la potencia y la energía de la batería de tracción del Renault Fluence ZE sin modificar los sistemas originales del vehículo. Los ensayos en freno dinamométrico permitieron caracterizar el comportamiento de la batería en descarga y regeneración.

Se identificaron dos puntos de medición accesibles y reversibles sin poner en riesgo la seguridad del personal como la integridad de los sistemas originales del vehículo respetando el procedimiento de desconexión de las líneas de alta tensión.

Cabe señalar que durante el desarrollo del proyecto se presentaron dificultades como la compra del sensor de corriente (señal bipolar). Esta situación obligó a evaluar diversas alternativas técnicas antes de optar por la adquisición de un módulo compatible que cumpliera con los requerimientos del sistema.

Los ensayos se realizaron utilizando solo el VE Renault Fluence ZE en el freno dinamométrico y no incluyó la carga de este conectado a la red domiciliaria. Por lo cual, se recomienda aplicar este sistema para realizar comparativas de carga lenta vs carga rápida sumando incluso otras variables de interés.

La posibilidad de replicar este sistema en otros vehículos eléctricos está limitada por el acceso a los terminales de la batería de tracción como de los conductores de esta, donde, puede ser necesario la adquisición de nuevos sensores sin necesidad de hacer grandes cambios en la programación del PLC.

Finalmente, el proyecto contempla un costo total estimado de 155.84 UF, en la cual se destinó un 47.79% en los componentes (materiales) y un 43.12% en horas de ingeniería (mano de obra).

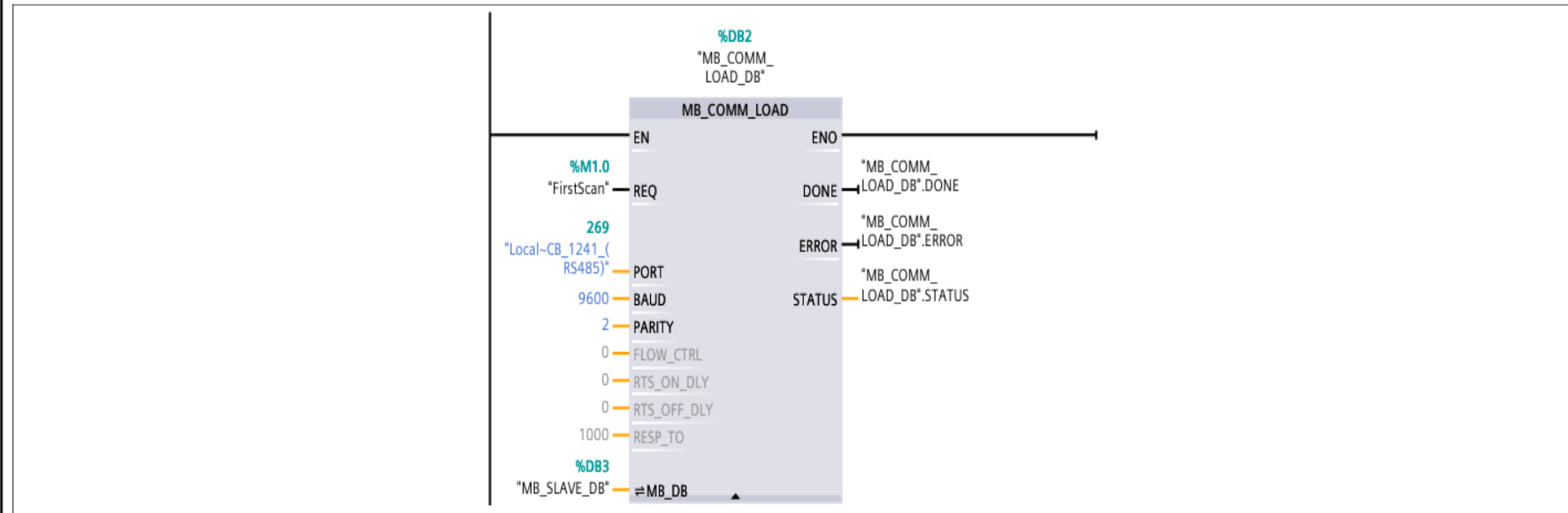
BIBLIOGRAFÍA

- Renault motors, (2012). Manual del conductor del Renault Fluence ZE,
[Fluence ZE - 914-4 ENG.pdf](#)
- Siemens, (2016). Crear Data Log (S7-1200, S7-1500),
[DataLogCreate: Crear Data Log \(S7-1200, S7-1500\) - STEP 7 Professional V14.0 - ID: 109742272 - Industry Support Siemens](#)
- SZPHLING,(s.f). Manual de módulo de entradas analógicas,
[Descargar Center Shenzhen Feiling Electronic Technology Co., Ltd. \[Página web oficial\]](#)
- MIDTRONIC, (2026). Cómo desconectar correctamente los sistemas de baterías de alto voltaje de los vehículos eléctricos,
[Cómo desconectar baterías de alto voltaje de vehículos eléctricos | Midtronics](#)
- Grup Eina Digital, (2022). Protocolo de Desconexión de Vehículos Eléctricos,
[Protocolo de Desconexión de Vehículos Eléctricos | PDF | Electricidad | Ingenieria Eléctrica](#)

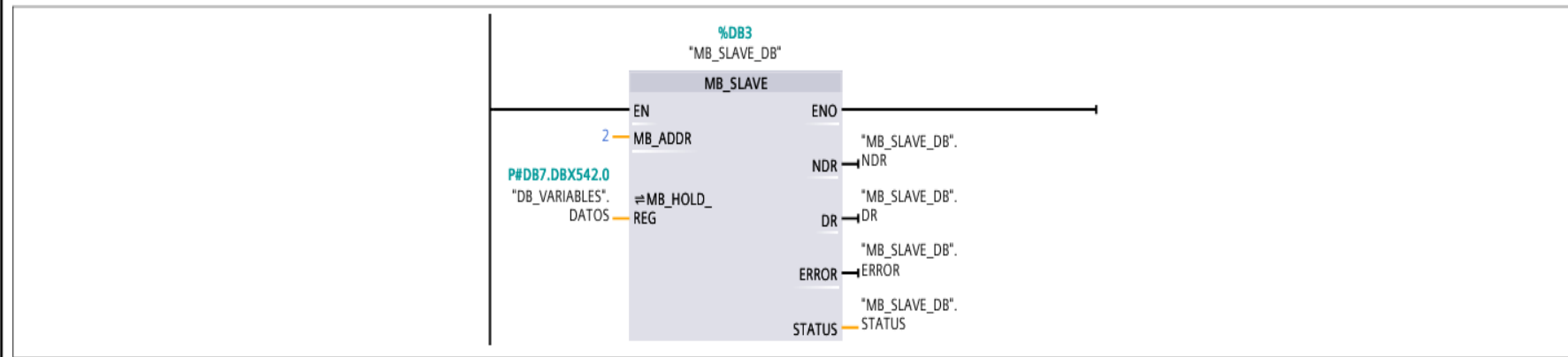
ANEXOS

Anexo A : Programación del PLC

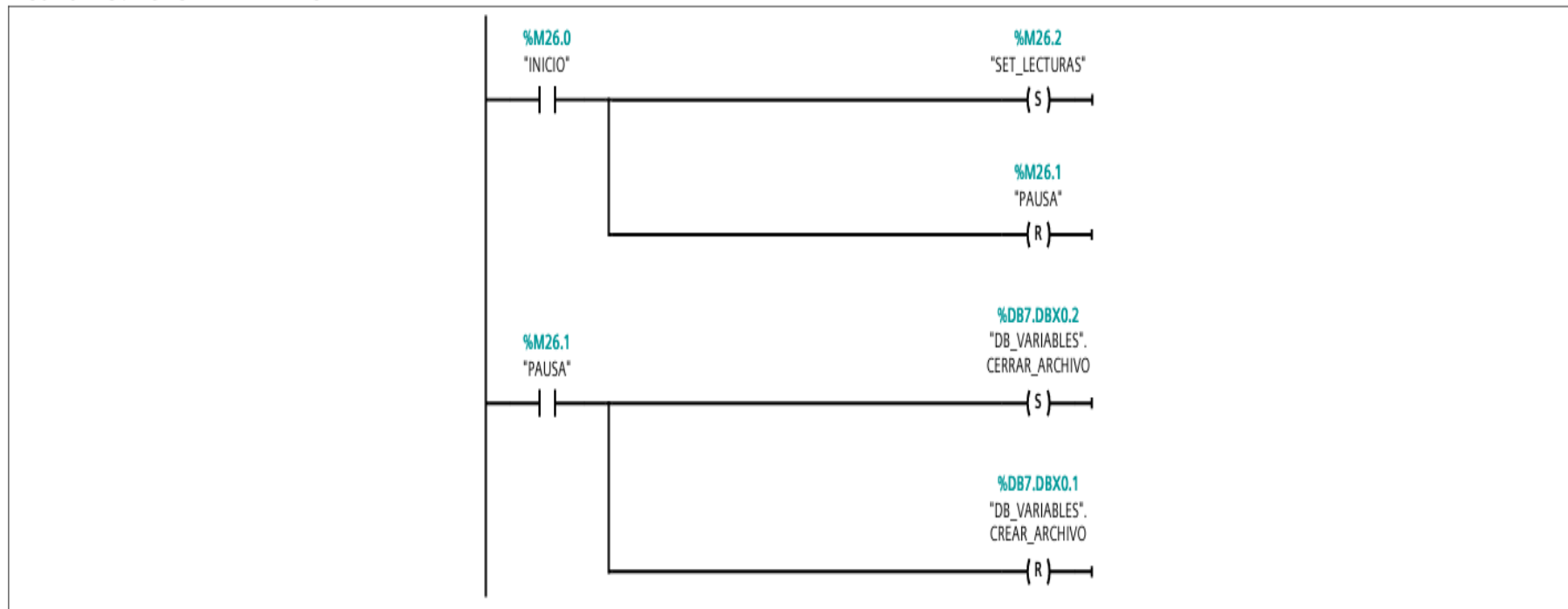
Network 1: Comunicación SB 1/2



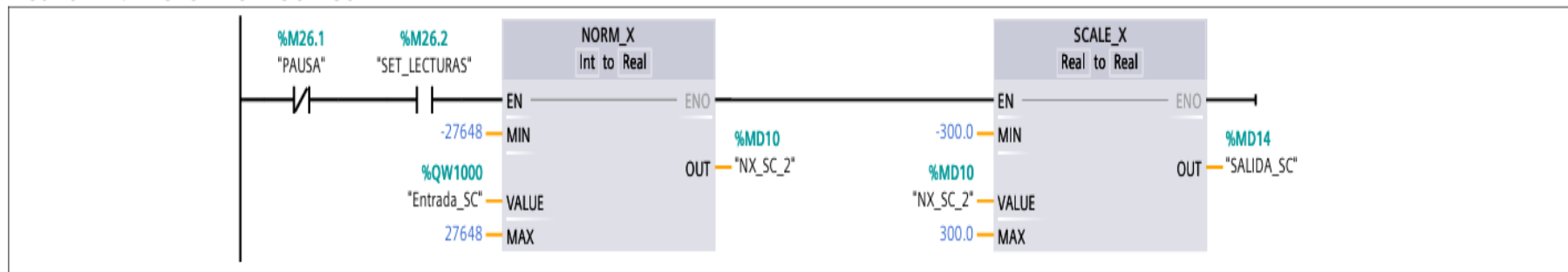
Network 2: COMUNICACIÓN SB 2/2



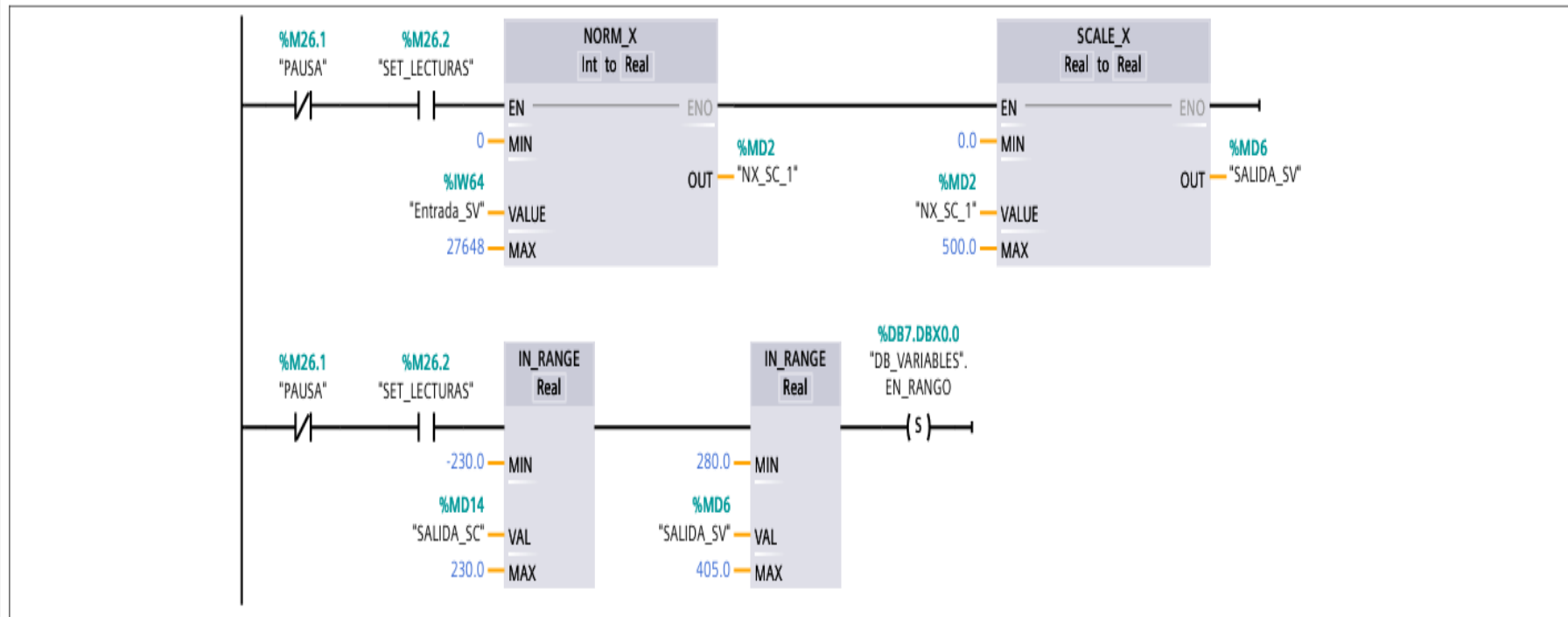
Network 3: PUESTA EN MARCHA



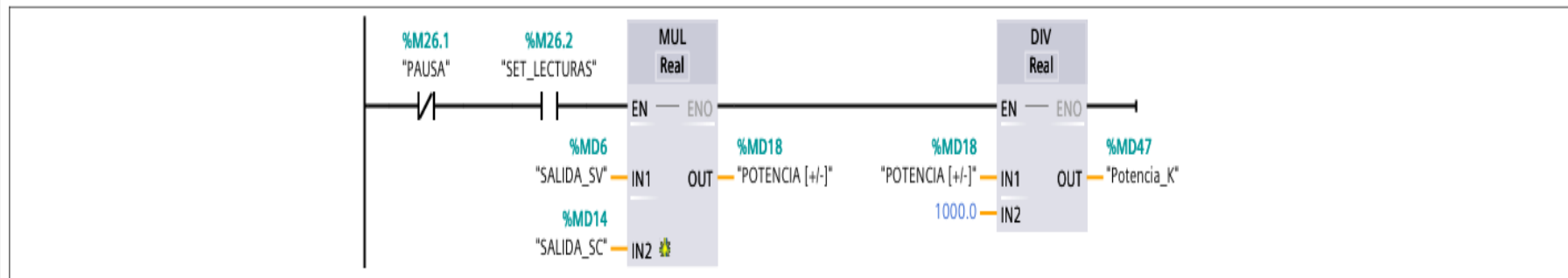
Network 4: LECTURA SENSOR CORRIENTE



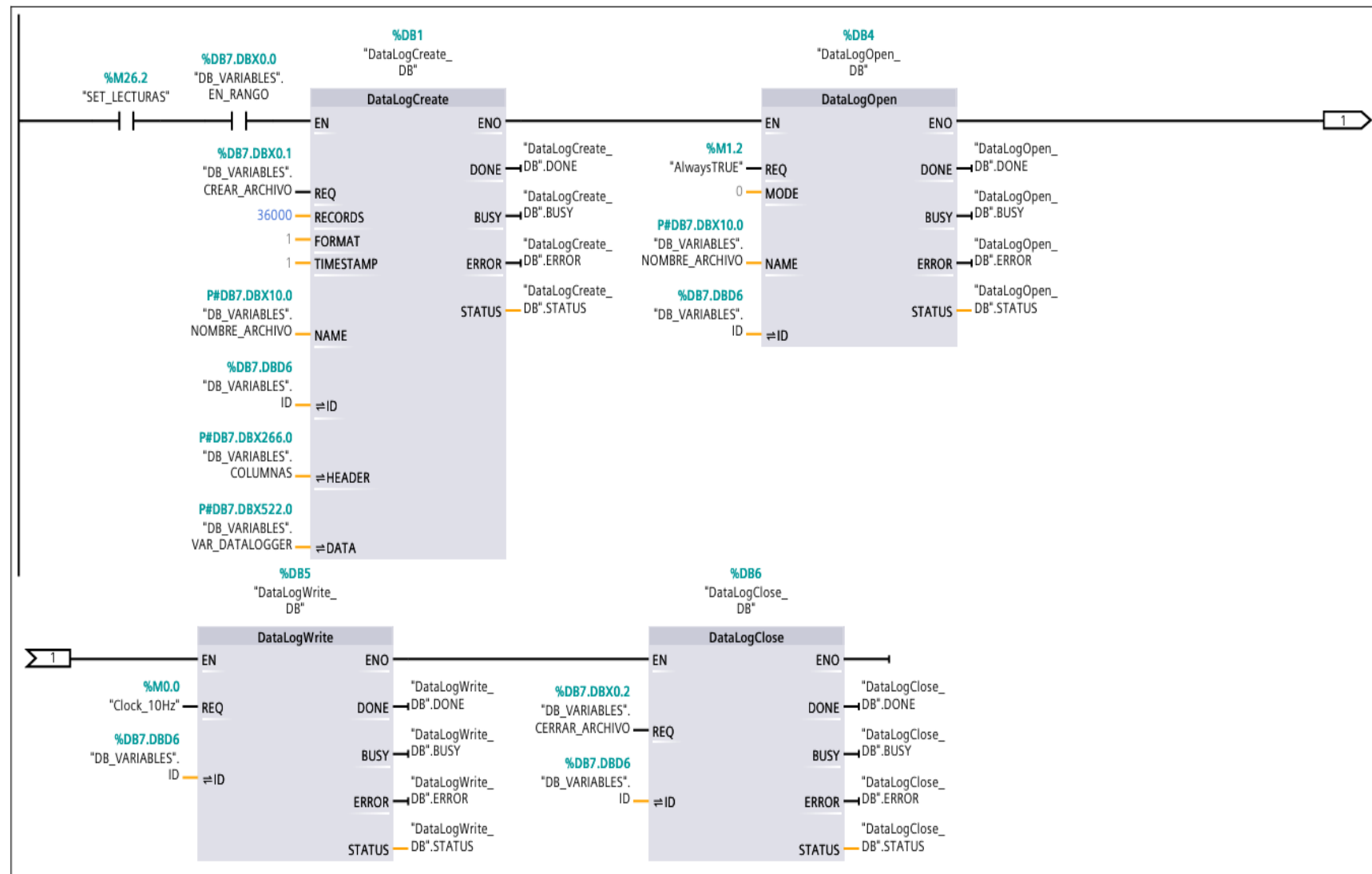
Network 5: LECTURA SENSOR VOLTAJE // RANGO DE SENSORES



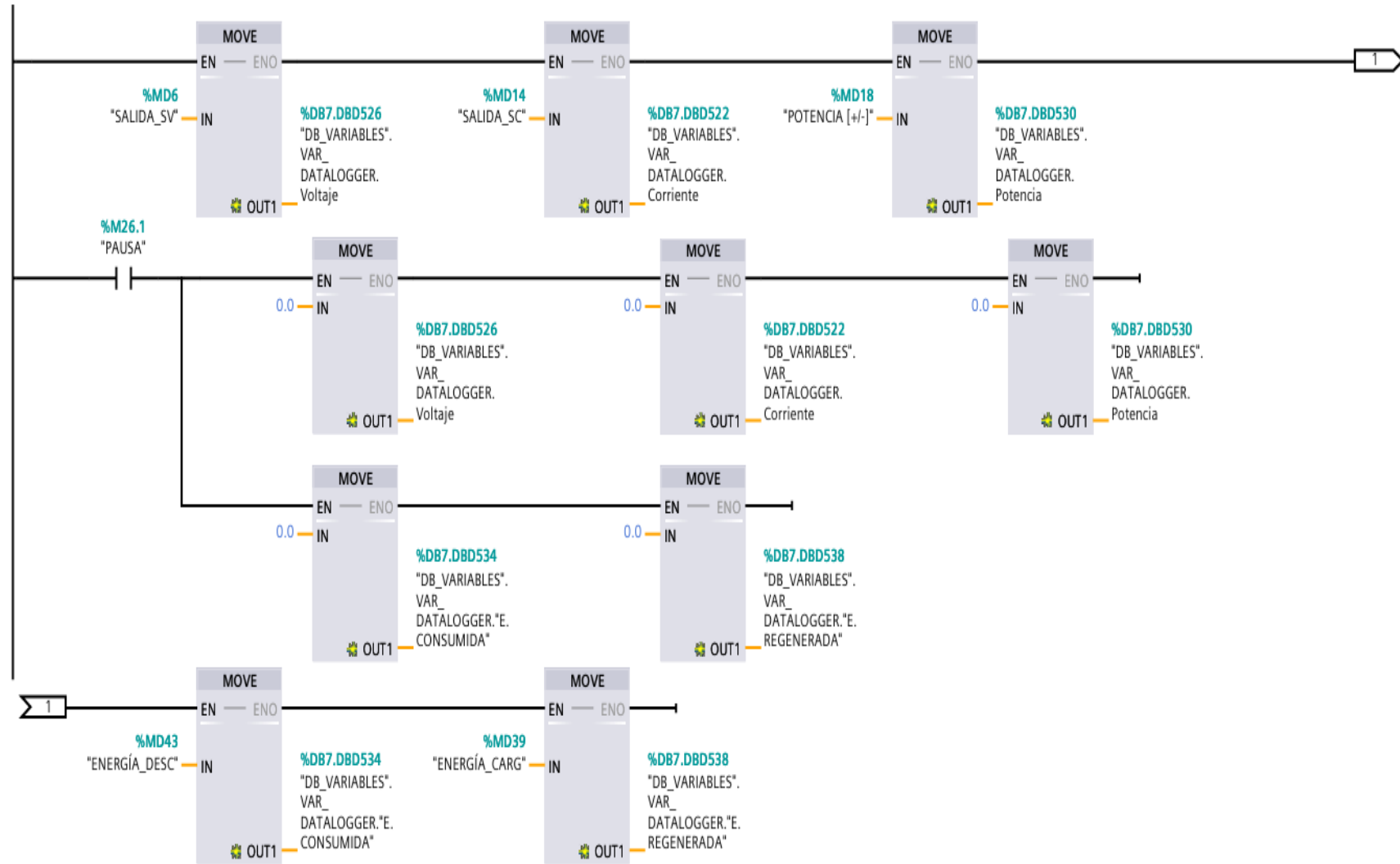
Network 6: POTENCIA



Network 7: DATALOGGER

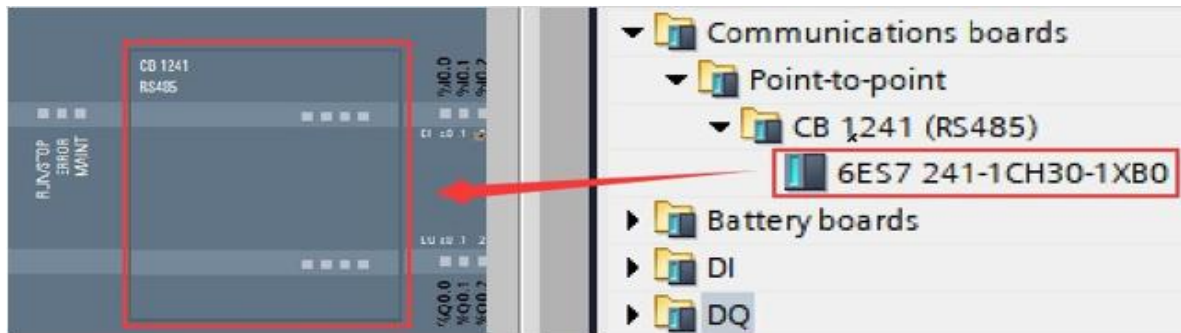


Network 8: DATALOGGER 2



Anexo B : Manual del módulo SB1231

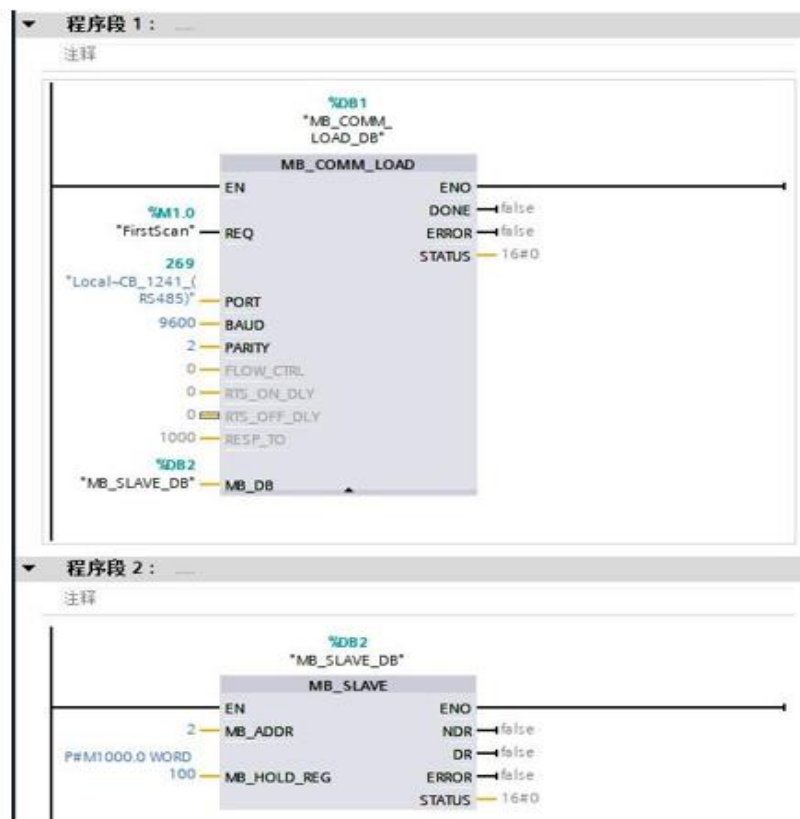
1/2



1200 主机作为 ModBus RTU 从站，需要编写 2 行程序，库程序选择 ModBus 库，如下图：



通讯程序编写如下图：



2/2

设置完成后就可以在程序中直接读写模拟量输入输出寄存器了，以 SB 1234 2AI/2AQ 为例，如下图所示：



说明：

- 1.运行完上面 2 行程序后，信号板资源就会自动映射入 1200 内部，映射地址参考下一节。
- 2.直接使用映射的寄存器就能操作信号板资源，例如使用的是 SB 1241 2AI/2AQ 信号板，模拟量输入采集值依次存放在 QW1000、QW1002 中。如果采集值是 27648，表示输入了 10V 电压或 20mA 电流。给 QW1010 赋值 27648，模拟量输出 0 通道即可输出 10V 电压或 20mA 电流。给 QW1012 赋值 13824，模拟量输出 1 通道即可输出 5V 电压或 10mA 电流。
- 3.解释一下：模拟量信号板通过 ModBus RTU 与 1200CPU 主机通讯，信号板做主站，1200 主机做从站，所以需要写 2 行 ModBus RTU 指令程序。波特率可设置为 9600、19200 或者 187500；从站地址必须为 2。信号板资源实际在 ModBus 中的地址是 0 区，0 区地址默认映射在 1200 的 Q 区，所以最终地址在 QW1000 开始的寄存器。ModBus RTU 从站指令的保持寄存器 DB 的指针“MB_HOLD_REG”表示的是 4 区起始地址，和信号板资源映射地址无关，所以可以任意填写。
- 4.模拟量信号板都带 DIGA 指示灯，在和主机通讯正常后由闪烁变为长亮。
- 5.可在飞凌的官网（<http://www.szphling.com>）中下载信号板的程序实例测试使用。