



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Departamento:
DIIT (Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas)

Programa de acreditación:
CyTMA2

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto:
C2-ING-129

Título del proyecto:
Sistema de Recolección de Datos IOT

PI Dependencia Compartida: ☐
Elija un elemento.

PI Interdepartamental: ☐
Elija un elemento.

Informe Final

Director: Mg. Ing. Alejandro Fourcade

Director externo:

Codirector:

El presente documento se propone relevar las actividades acontecidas a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, con especial foco en las transferencias producidas a los efectos de difundir los resultados alcanzados. Esto se enmarca en las Políticas de la Secretaría de CyT UNLaM, bajo el lema de que el conocimiento científico es conocimiento comunicado. En la práctica científica habitual, este es transferido mediante distintos tipos de producciones: publicaciones en eventos científicos, libros, capítulos de libros, entre otras, destacándose particularmente el Artículo Científico/paper.

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15. Acerca de los **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación UNLaM**, sugerimos consultar en el Departamento Académico correspondiente a la inscripción del proyecto.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

A. Resumen del proyecto²

Introducción

Dentro del universo IOT se encuentran sensores y dispositivos que envían información a un sistema centralizado. En general este punto se encuentra en la nube y se analizan los datos para generar decisiones tecnológicas, de negocio, logística u optimización de posicionamientos. Este proyecto trata sobre la conexión a un sistema complejo en desarrollo, la generación de interfaces de software y hardware para toma de datos y la gestión de estos datos en el contexto de la Industria 4.0. En este caso el desarrollo que implica el proyecto es el punto de inicio a un diseño global que reemplazará en corto plazo el sistema electrónico actual del prototipo, es decir este proyecto es una parte del sistema que se desarrollará para implementarlo en este diseño y será objeto de futuros trabajos de investigación.

Dentro de las necesidades relevadas se encuentran variables de transmisión periódica de control y variables que necesitan ser relevadas en tiempo real o con muy poco retraso.

Problema de investigación

El problema de investigación fue haciéndose más complejo a medida que se desarrollaba el producto base del proyecto, el prototipo del automóvil $\frac{3}{4}$ de escala. Si bien el alcance del proyecto se mantuvo inalterado, la investigación está relacionada y es de aplicación en un producto en proceso de diseño. La tecnología que rodea a la implementación fue evolucionando en el transcurso del proyecto y la investigación asociada fue sufriendo las alteraciones lógicas. Además, se sumaron requerimientos que pueden generar futuras investigaciones como por ejemplo la necesidad de generar sonido compatible con un motor a explosión en un modelo eléctrico, problema común en autos no híbridos.

Las exigencias planteadas para la elección de la aplicación de la investigación hicieron que se descartaran varios temas de investigación dentro de la incumbencia del proyecto y se seleccionara un desarrollo relacionado con un proyecto de un producto novedoso que tiene necesidad de medir, transmitir y tomar decisiones en una modalidad mixta que combina IOT con tiempo real.

El proyecto seleccionado es la telemetría mixta del modelo de $\frac{3}{4}$ de escala de una réplica de un automóvil de Fórmula 1 desarrollado por la empresa FIVEPRIX (www.fiveprix.com). Este dispositivo es un móvil eléctrico con baterías con tecnología BMS (Battery Management System) y drivers de motores compatibles con el desarrollo de código abierto VESC (<https://vesc-project.com/>). Se mencionan estas dos tecnologías específicamente porque son fuentes de datos que necesitan transmisión a un nodo central y también proceso descentralizado y transmisión asincrónica de alarmas e indicadores.

Uno de las necesidades planteadas es la comunicación con los drivers VESC del motor y la gestión y transmisión de datos junto con el procesamiento descentralizado para la generación de un tablero de control asincrónico independiente de los datos tradicionales de telemetría.

Metodología

² Actualizar todos los ítems en el **Banco de datos de actividades de CyT del SIGEVA UNLAM** (del Director y de los integrantes del Proyecto), en especial “Antecedentes y Producciones y Servicios”. Ver:  www.youtube.com/@cytunlam 



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Como se mencionó en el informe de avance, se realizaron reuniones técnicas presenciales y virtuales en forma semanal durante todo el proyecto para verificar avances y ajustar alcances. También se realizó una prueba del modelo en la Universidad (Fig. 1). La interacción con el equipo de desarrollo del modelo fue intensa y los pasos fueron:

- Familiarizarnos con el ecosistema del proyecto (VESC, drivers, sensores, mensajería, estructura funcional)
- Investigar las posibilidades que otorga la interface VESC para obtener datos del driver para transmitir a los sistemas del auto.
- Análisis de upgrade al sistema actual para ampliar las capacidades y los datos obtenidos.
- Gestionar la información y transmitirla a un nodo para su posterior análisis



Figura 1: Prototipo en test en playón de la Universidad

Durante el desarrollo del proyecto llegaron los packs de baterías definitivos para el modelo de producción, con BMS integrado via Bluetooth. Como el protocolo central del proyecto es CAN, por su robustez y amplio uso automotriz, se realizó un interfaz de Bluetooth a CAN para incorporar los datos del estado de la batería (SOH – State of Health, SOC - State of Charge, Corriente, Tensión, Potencia, entre



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

otros). Esos algunos de estos datos también están disponibles desde los drivers a través de VESC, por lo cual se pudo contrastar y corregir la medición de algunos valores. En la Fig. 2 se puede ver el pack de baterías hecho a medida para el prototipo.



Figura 2: Pack de baterías

Se adecuó un sistema gestor de carga y descarga de baterías realizado para otro proyecto para utilizarlo en esta investigación. El objetivo era obtener datos físicos y los que proporcionan los interfaces (VESC, BMS, posición de TPS de acelerador) para consolidarlo en un stack IOT tipo M.I.N.G de arquitectura distribuida (Raspberry Pi 5 – Linux – Windows).

El tablero de control se replica localmente y en la nube permitiendo acceso remoto y realizar queries a base de datos desde aplicaciones Python. El stack se compone de un servidor MQTT, un nodo de Node-Red, InfluxDB para base de datos IoT en eje temporal y Grafana para el manejo de gráficas y reportes, aunque también se utilizaron las interfaces de gráficas de InfluxDB y Node-Red.

Los datos del driver se tomaron desde un STM32 y un ESP32 y se transmitieron a una RPI5 y a un servidor local. La interface utilizada para conectarse al bus CAN fue el MCP2515 que brinda la ventaja de no necesitar conversión de niveles adicional. Se utilizó un analizador de protocolo para saber qué tipo de trama CAN maneja el driver VESC y se verificó que es una trama CAN extendida que transmite la mensajería VESC standard sin lo que la documentación denomina mensajería extendida (Fig. 3).



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Figura 3: Trama CAN extendda.

La información se consolida en la base de datos InfluxDB para el posterior análisis, en cuanto a consumo, carga, rendimiento, potencia, RPM y torque. En la Fig 4 se ve el tablero de control de Grafana.



Figura 4: Tablero de control de carga



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Grado de ejecución de los objetivos planteados

El grado de ejecución del proyecto fue cercano al 100% y se podría decir que se han completados los objetivos propuestos.

- Se investigó sobre el ecosistema del modelo eléctrico (VESC, BMS, sensores, actuadores)
- Se logró establecer comunicación con dos modelos de drivers VESC, un motor eléctrico y la batería. (Fig. 5)
- Se implementó un stack IoT M.I.N.G para gestión de datos.
- Se contrastaron valores obtenidos en mediciones contra valores suministrado por sistema VESC y BMS.
- Se transmitieron las mediciones a distancia media y en banco de trabajo en tiempo real con baja latencia, mediante un sistema cableado, Bluetooth, ESP-NOW y WIFI. Las experiencias se realizaron en banco y en pista.
- Se generaron bibliotecas personalizadas para comunicación con el sistema. Se utilizó C++ y Python.

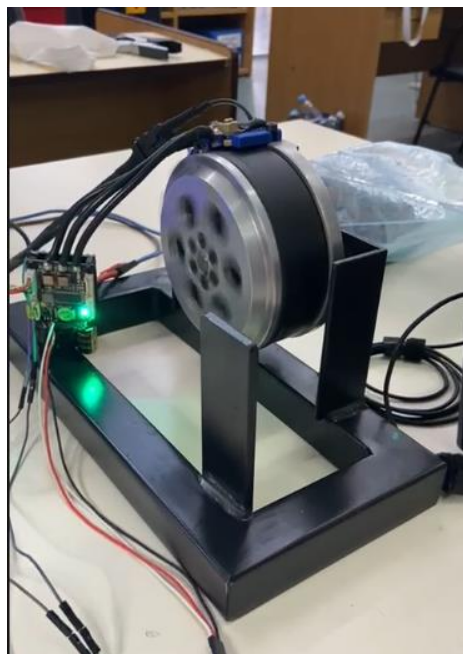


Figura 5; Motor eléctrico banqueado con driver



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Resultados

Los resultados obtenidos son los planteados en el inicio del proyecto. La investigación detectó otras vacancias que se plantearán en proyectos de investigación en el futuro, como la simulación de sonido, el control remoto y la transmisión de cámaras. Los integrantes del grupo de investigación se capacitaron profundamente en el ecosistema que propone el prototipo. Fue muy interesante verificar algunas mediciones en campo en el drive test que se realizó en el playón de la Universidad, ya que los costos del transporte y la logística que se necesitan para hacer esta prueba la hacen poco factible, pero por suerte se pudo realizar completando el panorama del equipamiento en campo.

B. Informar *cada* producción con filiación UNLaM que derive de la presente investigación (artículo de revista/papers, libro, parte de libro, trabajos en eventos publicados/ponencia, etc.).

Anexar los textos de las producciones en SIGEVA UNLAM.³

Tipo de Producción	Artículos publicados en revistas
Título	
Autor/es	
Editorial	
Fecha	
Situación	Elija un elemento.
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

C. Vinculación⁴: Indicar conformación de redes, intercambio científico con actores externos, con otros grupos de investigación; desarrollos; con el ámbito productivo o con entidades públicas, etc. Desarrolle en una página.

En la primera etapa ha generado intercambios con proveedores externos, además del propio conductor del proyecto. Se realizaron visitas al taller donde PRIX-FIVE donde se está desarrollando el prototipo del vehículo. En este desarrollo participan varias empresas y especialistas ya que involucra diseño mecánico, fabricación de autopartes a medida, baterías a medida con sistemas BMS propietarios, fabricación de chasis, implementación de sistemas de control y sonido, entre otros tópicos. Principalmente la interacción tecnológica desde el presente proyecto se presentó con el diseñador y programador de la ECU existente y con el proveedor de los drivers de los motores. En el primer caso el interés es el de reemplazar la electrónica que posee el prototipo actualmente por un desarrollo electrónico orientado al control inteligente y a la provisión de datos móviles en tiempo real, asincrónicos y estadísticos que permitan generar presentaciones de telemetría.

El desarrollador de la electrónica de control actual no previó en su desarrollo la recolección de datos y en vistas de la migración proveyó los planos eléctricos / electrónicos y el software de control y el de la pantalla

³ Los archivos deberán estar en formato PDF, a texto completo. Podrán ser publicados en el Repositorio Digital UNLaM, bajo Licencias Creative Commons. Será evaluada la inclusión en el Repositorio aquellas publicaciones que poseen una licencia diferente o declaración de copyright.

⁴ Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores en articulación con el entramado socioproductivo.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

HMI. Se ha realizado el estudio de estos módulos y se diseñó el reemplazo por un microcontrolador certificado para este tipo de tareas, escalable y que permita la conexión con un nodo de telemetría, aportando datos en movimiento y una vez que la unidad se encuentre detenida.

En la segunda etapa se realizó una vinculación con investigadores de la UBA y la UTN que trabajan en proyectos similares como la generación de automóviles eléctricos para fórmula SAE. En nuestra Universidad también hay un grupo de investigación asociado a esta categoría y se realizaron numerosas reuniones y encuentros para intercambiar experiencias. Las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica se han vinculado a través de estos proyectos.

Existe una vinculación interesante con los participantes de la Experiencia Bosch de automóviles autónomos donde la telemetría en tiempo real y la utilización de IA para la toma de decisiones conecta ambas investigaciones.

Por otro lado, la recolección de datos y el envío de comandos de control a los drivers de los motores será otra de las fuentes de información además de los sensores instalados. Se realizaron reuniones virtuales con el proveedor del sistema de drivers basado en VESC, se realizaron los primeros avances y se acordó la entrega de bibliotecas para interactuar con los drivers de forma estandarizada.

Otro punto de interacción ha sido la comunicación con el fabricante de baterías ubicado en China a través del generador del proyecto. El objetivo de esta interacción fue acordar los parámetros disponibles y los métodos de accesos a la información disponible en el BMS.

Se generó un acuerdo específico con Five Prix (pendiente de revisión al momento de realizar este informe), para formalizar la colaboración de la Universidad en el proyecto descripto.

D. Otra información. Incluir toda otra información que el Director considere pertinente.

E. Cuerpo de anexos:

- Anexo I:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (de corresponder)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (de corresponder)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación.
 - FPI-038: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto. (de corresponder)
- Anexo II: FPI 017 ⁵ Alta patrimonial de los bienes adquiridos con presupuesto del proyecto.
 - Disposición del Decano y nota de elevación del Director del Proyecto justificando “alta y/o” baja de cada integrante del equipo de investigación.

⁵ Solo ante la presentación del Informe Final.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024

Alejandro Fourcade

Fecha: 12 de febrero de 2026