

Design, Construction and Commissioning of a Data Acquisition System for Use in Vehicle Testing, Based on Free Software and Hardware

Gustavo Real, Magister en Conducción de Empresas Tecnológicas¹, Daniel Zambrano, Ingeniero Electromecánico¹, María Florencia Jauré, Ingeniera Industrial¹, Amado Vitali, Ingeniero Electromecánico¹, Gustavo Jiménez Placer, Ingeniero Electrónico¹, Daniel Monferrán, Ingeniero Mecánico¹ y Gonzalo Ribera, Estudiante Becario¹.

¹Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina, greal@campus.ungs.edu.ar, dzambrano@campus.ungs.edu.ar, fjaure@campus.ungs.edu.ar, avitali@campus.ungs.edu.ar, gplacer@campus.ungs.edu.ar, dmonferr@campus.ungs.edu.ar y gonzalo.ribera@gmail.com. ar ngs.edu.ar, mbenegas@campus.ungs.edu.ar, fjaure@campus.ungs.edu.ar

Abstract—This work describes the experience of developing a prototype data acquisition system (DAS) to be used in information gathering during the performance of certain vehicle tests. For the recognition of said system, the following acronyms SAPEV were proposed, they come from the Autonomous System for Vehicle Evaluation.

Much of this research team already had the experience of having participated in the development of two data acquisition and control systems (SADyC) for general uses, along with some reconfigurations for specific uses. In this framework, to assemble the SAPEV, a data acquisition and control board already developed by this team was adapted: it was a system based on the Arduino Due platform, the environment chosen to provide an open hardware solution to ensure the use free of any user, for which the use of free software was also defined; Thus, a system is available to be used by a large number of users, leaving the possibility for these users to propose and develop extensions to the initial design. A 32-bit microcontroller was used, which provides significant processing power and the possibility of working with the adequate number of analog and digital input and output channels.

The interest in the subject arose from the need raised by the Association of Automotive Technicians and Engineers (AITA) and the Network of Laboratories for the Automotive Industry (RELIAU), regarding having a system that allows them to overcome the obstacles generated by current systems in widespread use worldwide: tightness (closed systems), the need for highly trained personnel in its use and, mainly, the high costs for its acquisition, a highly influential problem for small testing laboratories. For this reason, initially, it was studied what the main tests that the laboratories specialized in this type of tests wanted to perform consisted of, and after analyzing them, it was determined that a sufficient response could be provided, based on the open system based on the SADyC of 32 bits. It was only necessary to condition some inputs that had been deprecated in the original system, later it was necessary to carry out the necessary reconfigurations of the system firmware; and, finally, a totally new software was made, in Python language, adapted to the needs.

Keywords: *Vehicle testing, data acquisition system, open hardware, free software*

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.627>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Diseño, Construcción y Puesta en Funcionamiento de un Sistema de Adquisición de Datos para Uso en Ensayos Vehiculares, Basado en Software y Hardware Libre

Gustavo Real, Magister en Conducción de Empresas Tecnológicas¹, Daniel Zambrano, Ingeniero Electromecánico¹, María Florencia Jauré, Ingeniera Industrial¹, Amado Vitali, Ingeniero Electromecánico¹, Gustavo Jiménez Placer, Ingeniero Electrónico¹, Daniel Monferrán, Ingeniero Mecánico¹ y Gonzalo Ribera, Estudiante Becario¹.

¹Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina, greal@campus.ungs.edu.ar, dzambrano@campus.ungs.edu.ar, fjaure@campus.ungs.edu.ar, avitali@campus.ungs.edu.ar, gplacer@campus.ungs.edu.ar, dmonferr@campus.ungs.edu.ar y gonzalo.ribera@gmail.com.ar

Resumen– Este trabajo describe la experiencia del desarrollo de un prototipo de sistema de adquisición de datos (SAD) para ser utilizado en relevamiento de información durante la realización de ciertos ensayos vehiculares. Para el reconocimiento de dicho sistema, fueron propuestas las siguientes siglas SAPEV, las mismas provienen de Sistema Autónomo para la Evaluación de Vehículos. Gran parte de este equipo de investigación, ya contaba con la experiencia de haber participado en el desarrollo de dos sistemas de adquisición de datos y control (SADyC) para usos generales, junto con algunas reconfiguraciones para usos específicos. En este marco, para el armado del SAPEV se adaptó una placa de adquisición de datos y control ya desarrollada por este equipo: se trataba de un sistema basado en la plataforma Arduino Due, entorno elegido para brindar una solución con hardware abierto para asegurar el uso libre de cualquier usuario, para lo cual, también se definió la utilización de software libre. Se utilizó un microcontrolador de 32 bits que proporciona un importante poder de procesamiento y la posibilidad de trabajar con la cantidad adecuada de canales de entradas y salidas, analógicas y digitales. El interés por la temática surgió de la necesidad planteada por la Asociación de Técnicos e Ingenieros del Automotor (AITA) y la Red de Laboratorios para la Industria Automotriz (RELIAU), respecto a disponer de un sistema que les permita sortear los obstáculos que generan los actuales sistemas de uso generalizado a nivel mundial: hermeticidad (sistemas cerrados), necesidad de contar con personal altamente entrenado en su uso y, principalmente, los elevados costos para su adquisición, problema sumamente influyente para los pequeños laboratorios de ensayos. Por esta razón, inicialmente, se realizó el análisis de qué tipo de ensayos requerían realizar los laboratorios especializados en este tipo de ensayos y, después de analizarlos, se determinó que se podría brindar una respuesta suficiente, partiendo del sistema abierto basado en el SADyC de 32 bits. Solo fue necesario acondicionar algunas entradas que habían quedado en desuso en el sistema original, posteriormente se debió realizar las reconfiguraciones necesarias del firmware del sistema; y, finalmente, se realizó un software totalmente nuevo, en lenguaje Python, adaptado a las necesidades. Este trabajo detalla todas las etapas mencionadas, incluyendo los tests que se realizaron y el trabajo futuro que nos espera.

Palabras clave– Ensayo vehicular, sistema de adquisición de datos, hardware abierto, software libre.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, a nivel mundial, existen equipamientos provistos, únicamente, por un número muy reducido de empresas, entre ellas: Bruel & Kjer, LMS y Racelogic. Estos equipos permiten realizar análisis muy vastos, con prestaciones que superan considerablemente la realización de los ensayos del tipo *pass by noise* o ensayo de ruido de paso [1][2][3]; uno de los ensayos más ampliamente requerido. Estos sistemas suelen ser extremadamente costosos (pueden variar entre los quince mil y los sesenta mil dólares) y requieren, para su uso, personal con entrenamiento específico, provisto por dichas empresas. Por otro lado, cada uno de estos equipos, se diseñaron para realizar un ensayo específico, por lo tanto, para realizar varios ensayos, será necesario adquirir varios equipamientos, incrementando aún más los costos. Estos elevados costos representan la razón principal por la cual suelen no estar al alcance de pequeños laboratorios o emprendedores que podrían querer realizar los ensayos.

En este sentido, el desarrollo de este proyecto surgió de la necesidad de reemplazar estos equipamientos preexistentes, cuyo valor es extremadamente alto para ser solventado por los laboratorios. Otra limitación significativa de estos sistemas es que los mismos están conformados por hardware y software cerrados; es decir, en dichos sistemas resulta muy difícil realizar modificaciones o adaptaciones y siempre se requiere acudir al soporte técnico oficial ante cualquier eventualidad, cuestión que genera un nuevo costo adicional.

A su vez, los equipos existentes no permiten una comunicación entre el vehículo y una base fija. Y esto es justamente uno de los aspectos que se espera solucionar con el desarrollo en el que se está trabajando.

Por otro lado, al ser una placa con hardware y software libre, permitirá el aporte de la comunidad científica que quiera aumentar sus capacidades. Se espera que esta apertura potencie el trabajo colaborativo y se logren futuras ampliaciones de las características iniciales del equipo generando, posiblemente, prestaciones más completas.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.649>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

II. SAPEV: SISTEMA AUTÓNOMO PARA LA EVALUACIÓN DE VEHÍCULOS

A. Antecedentes

Desde el año 2014 gran parte de los autores de este texto participaron en el desarrollo de un sistema de adquisición de datos y control (SADyC) con un microcontrolador de 8 bits [4], el cual se diseñó para ser utilizado como herramienta didáctica para prácticas en laboratorios de física e ingeniería. Posteriormente, las necesidades y requerimientos de los investigadores que utilizaban este desarrollo se fueron incrementando. Por esta razón, se consideró pertinente comenzar a trabajar en una nueva propuesta. En esta oportunidad, se diseñó un nuevo sistema basado en un microcontrolador de 32 bits, basado en Arduino Due [5] y la electrónica asociada para transformarlo en un sistema de adquisición de datos y control. Ambos sistemas fueron desarrollados siguiendo la tendencia mundial que indica realizar diseños cuyos software y hardware sean de uso libre y abierto.

Los intercambios de los miembros del equipo con la Asociación de Técnicos e Ingenieros del Automotor (AITA) demostraron la necesidad de contar con sistemas para la realización de ensayos, pero a un costo más bajo. El análisis detallado de los ensayos a realizar permitió descubrir que el sistema solicitado era posible hacerlo muy fácilmente realizando modificaciones al SADyC de 32 bits mencionado previamente. A continuación, se presenta un esquema conceptual (Fig. 1) que detalla las características principales del sistema base. Para conocer con mayor detalle todo su funcionamiento, se puede consultar una publicación que puntualiza su funcionamiento [6].

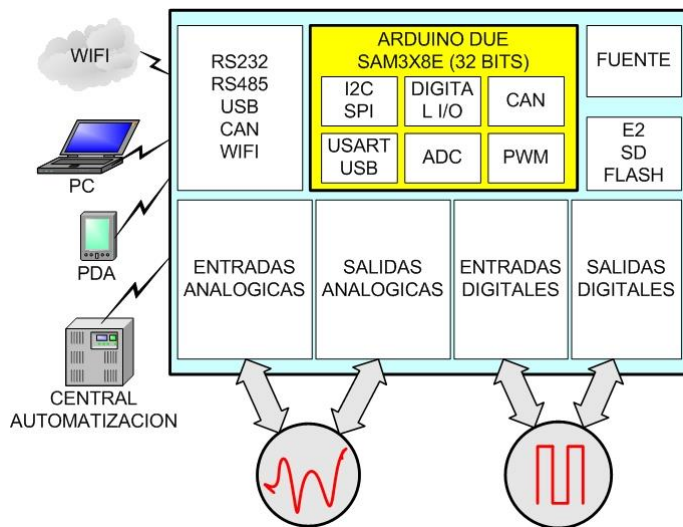


Fig. 1 Esquema conceptual del SADyC de 32 bits. Elaboración propia

B. Características requeridas al sistema

Resultaba necesario que el sistema desarrollado sea de utilidad para la realización de ensayos de acuerdo a los

parámetros establecidos por la ley 24.449 (Ley de Tránsito) [7] y su Decreto Reglamentario 32/2018 [8], que modifica los decretos 779/1995, 79/1998 y 574/2014 – referidos a la norma IRAM-AITA 9C [9] que normaliza la medición del ruido emitido por los vehículos en aceleración. A su vez, este decreto remite a muchos de los ensayos detallados en normas europeas, como, por ejemplo: el ensayo de ruido de pasaje; refiriéndose directamente a las directivas de la comunidad europea, ECE, específicamente a la ECE R51.2 y R51.3 para el denominado *pass by noise* (ruido de pasaje).

Las cantidades de entradas y salidas analógicas y digitales con las que cuenta el sistema de 32 bits (Fig. 1) resultan ser suficientes para las prestaciones requeridas.

De esta forma, se propuso el desarrollo de un sistema de adquisición de datos con procesador del tipo Cortex M (ATSAM3X8E) [10], con hardware y software libre para ser aplicado en la adquisición de datos en tiempo real y la transmisión de los mismos en forma inmediata mediante comunicación WiFi, para su posterior análisis, con el fin de realizar ensayos de frenos, de estabilidad y, en un futuro, de ruido según las normas vigentes nacionales e internacionales. El sistema desarrollado servirá para la realización de ensayos de acuerdo a los parámetros establecidos por el amparo legal ya mencionado. Dichos ensayos resultan ser requisitos indispensables para realizar la homologación de vehículos.

En lo que respecta a la selección del microcontrolador, se mantuvo la decisión de seguir con el ATSAM3X8E dado que el presente diseño se basó en el hardware que se había construido oportunamente en el proyecto SADyC de 32 bits [6], y que nos brindaba prácticamente todos los módulos que se requerían: como los que se refieren a los canales analógicos, digitales, comunicaciones, protecciones, memorias de configuración y registro; solo fue necesario incorporar los módulos del GPS y del *display* LCD, para lo cual ya existían zócalos con sus *ports* de señalización disponibles para acoplarlos sin necesidad de adaptaciones adicionales.

Dicho procesador proporciona un nivel de procesamiento por demás suficiente para las múltiples tareas a realizar: principalmente debido a que trabaja con un microcontrolador Cortex-M3 de 32 bits ejecutando a una velocidad de 84Mhz, con una cantidad importante de código ya escrito y una enorme disponibilidad de bibliotecas de uso libre, con su código fuente a disposición sin costo alguno, para los *drivers* de los elementos del hardware adicional, ya mencionado.

El desarrollo se realizó dentro del ámbito de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) y, posteriormente, se utilizará el sistema montado en vehículo, con la asistencia de AITA (Asociación de Técnicos e Ingenieros del Automotor [11]), entidad que hoy lleva a cabo estos ensayos, entre otras actividades.

Una vez desarrollado el producto podrá ser utilizado de acuerdo a las necesidades, en los ensayos mencionados, e incluso en otras aplicaciones (por ejemplo: para la prevención de vuelco en máquinas, acoplados, grúas, etcétera).

Para realizar los ensayos que sirven para la certificación de distintos aspectos de vehículos en movimiento, es necesario conocer ciertos parámetros, tales como: revoluciones del motor, velocidad, posición satelital, etcétera.

Por lo tanto, con la necesidad de medir, almacenar y procesar los datos provenientes de un vehículo en movimiento, fue necesario adaptar algunos aspectos del hardware, del firmware y del software del sistema preexistente, para lograr las prestaciones específicas necesarias.

C. Diseño SAPEV

Para lograr tomar los datos de los parámetros mencionados en los párrafos previos, fue necesario realizar distintas modificaciones al sistema, entre ellas, es importante mencionar las siguientes:

Respecto al hardware inicial, fue necesario incorporar al sistema, principalmente, dos elementos: un GPS de 5Hz y un *display* LCD de 16x2.

Adicionalmente, para facilitar el traslado del prototipo, se diseñó un gabinete y, posteriormente, se efectivizó el mismo a través de impresión en 3D (Fig. 2).

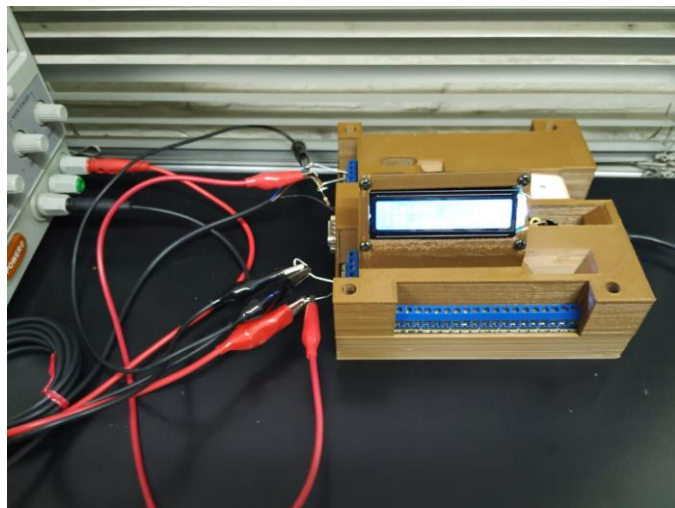


Fig. 2 Disposición del prototipo en el gabinete específico.

En lo que respecta al firmware preexistente, se incorporaron siete comandos nuevos para poder inicializar y tomar valores del GPS, y se agregó un buffer y biblioteca para manejo del LCD. Al mismo tiempo, se puso en funcionamiento la comunicación WiFi, incorporando la biblioteca y las rutinas necesarias para su utilización.

Además, se diseñó el formato del archivo de datos correspondiente a cada ensayo a realizar y se especificó que este aspecto quede guardado en la memoria SD. En la Tabla I, se pueden consultar el detalle completo de todos los aspectos incorporados en el firmware de este nuevo sistema.

TABLA I
DETALLE DE TODOS LOS ELEMENTOS INCORPORADOS AL
FIRMWARE DEL SISTEMA ORIGINAL

- Elección de la biblioteca para manejo de GPS
- Escritura y prueba de las rutinas necesarias para la adquisición de los datos de posición y velocidad del vehículo a través del GPS
- Elección de la biblioteca para manejo de WiFi
- Escritura y prueba de las rutinas necesarias para la transmisión de datos por WiFi
- Escritura y prueba de rutinas para la confección y transmisión del paquete de información y su validación
- Elección de la biblioteca para manejo de la pantalla LCD
- Escritura y prueba de las rutinas de manejo de mensajes al LCD
- Habilidad y atención de una interrupción externa para el sensor laser de identificación de posiciones reflectivas (Barreras)
- Habilidad y atención de una interrupción externa para el ingreso del tren de pulsos provenientes del motor y determinar sus revoluciones
- Incorporación de los controles de ensayo, en cuanto a su identificación y almacenamiento en memoria SD como registro de los datos obtenidos, más allá de su transmisión por WiFi
- Incorporación de los ocho canales analógicos al paquete de datos, no solo para el canal que identifica la posición del acelerador, sino también para el uso posterior de los otros siete en variables adicionales que se quieran medir

En cuanto al software, si bien hubo que escribir rutinas nuevas específicas para las funcionalidades que se implementaron en este nuevo diseño, se realizó la reutilización de códigos desarrollados previamente en el SADyC de 32 bits [6], para todos aquellos módulos que también se utilizan en este trabajo y que ya funcionaban correctamente.

De acuerdo a esta premisa, se escribió un programa para montar en PC, con sistema operativo Windows, en lenguaje Python [12][13][14]. El mismo contempla las etapas de inicialización, manejo de comandos, recepción de datos y procesamiento.

Se tomó la decisión de utilizar este lenguaje ya que se buscó mantener el desarrollo del software dentro de un lenguaje ampliamente conocido y de acceso libre. Reforzada dicha decisión, por el conocimiento previo del mismo por parte de los investigadores involucrados en este proyecto.

El software contempló, principalmente, dar respuesta a la necesidad de realizar los gráficos correspondientes a cada uno de los parámetros de las mediciones. Por lo tanto, se diseñaron gráficos para mostrar:

- la velocidad,
- la aceleración
- las revoluciones del vehículo, y
- la posición del acelerador y

Cada una de estas mediciones, se repiten para tres tomas de datos (puestos), determinados específicamente y estipulados según las normas específicas [7][8][9].

Fig. 3 Pantalla de comunicación para iniciar el ensayo.

El formulario que permite configurar los parámetros iniciales para adaptar y obtener la información de salida a partir de la señal entregada por cada sensor se puede observar en la Fig. 3; adicionalmente, en esta pantalla se configura el puerto de comunicación.

En la siguiente figura (Fig. 4) se muestran los gráficos de los diferentes parámetros censados y correspondientes a cada ensayo.

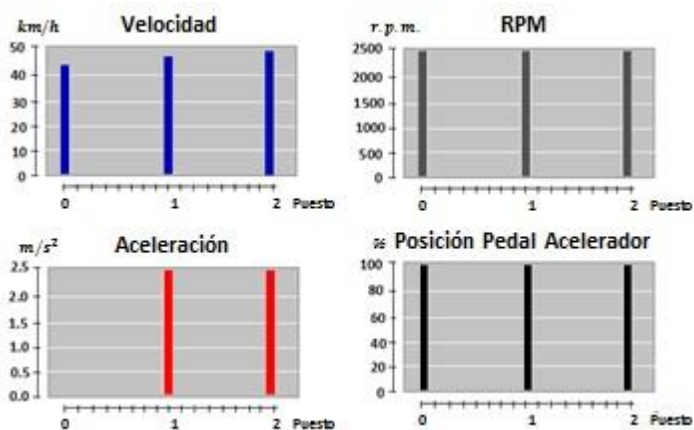


Fig. 4 Representación gráfica que entrega el sistema de los parámetros censados.

En la pantalla principal (Fig. 5), se visualiza la dirección IP y el puerto de envío. Aquí se pueden configurar la cantidad de ensayos a realizar y el modo en que se realizará cada ensayo, es decir, si se realizará en modo simulación o con alguna conexión IP.

El botón “resultados” es el que nos presentará los gráficos de los ensayos. El botón “configuración” se encuentra inicialmente habilitado para abrir el formulario de configuración de parámetros. Cómo también estará habilitado inicialmente el botón “conexión” que inicia, justamente, la conexión con la placa adquisidora de datos.

Fig. 5 Pantalla de configuración inicial, parte 1.

Una vez establecida la conexión, se habilita el botón “iniciar ensayo” (Fig. 6); así, la interfaz de usuario estará preparada para recibir la información de la placa. Al presionar este botón, se habilitará el botón aledaño: “finalizar ensayo”. Una vez finalizado, la interfaz mostrará que se puede volver a iniciar la conexión con la placa para un nuevo ensayo.

Fig. 6 Pantalla de configuración inicial para reiniciar.

D. Pruebas de funcionamiento del sistema completo

Las pruebas de funcionalidad iniciales se realizaron en un banco de prueba. Por esta razón, fue necesario realizar la simulación de cada uno de los parámetros a relevar del vehículo en movimiento.

Estos primeros ensayos incluyeron la medición de tres aspectos: la posición del acelerador, las revoluciones del motor y todos los datos de posicionamiento del GPS.

El objetivo de esta simulación fue probar el funcionamiento global del equipo y del software asociado. Para tal fin, se realizó la conexión de distintos elementos que representaron los parámetros del vehículo en movimiento. Se conectaron:

- 1) Una fuente de alimentación de continua que simula la batería del auto y de donde el equipo obtiene la energía necesaria para poder funcionar y transmitir los datos relevados en los canales;
- 2) Un emisor láser conectado a la entrada digital para detectar, por reflexión sobre una banda anclada fija, lo que sería el pasaje del auto por los tres puntos de control a definir;
- 3) Un generador de pulsos ingresado a otra entrada digital simulando las RPM del motor del vehículo;
- 4) Una fuente variable de corriente continua para simular lo que sería la posición del acelerador del vehículo;
- 5) Una comunicación WiFi a un nodo predefinido para la transmisión de los datos relevados en el ensayo; y
- 6) Una computadora personal con el software de comunicación y graficación, con conexión WiFi para comunicarse con el equipo, recibir los datos que el mismo envía y graficar los resultados en sendos diagramas que representan a cada una de las variables relevadas.

La siguiente figura (Fig. 4) muestra una representación gráfica de dicha simulación general.

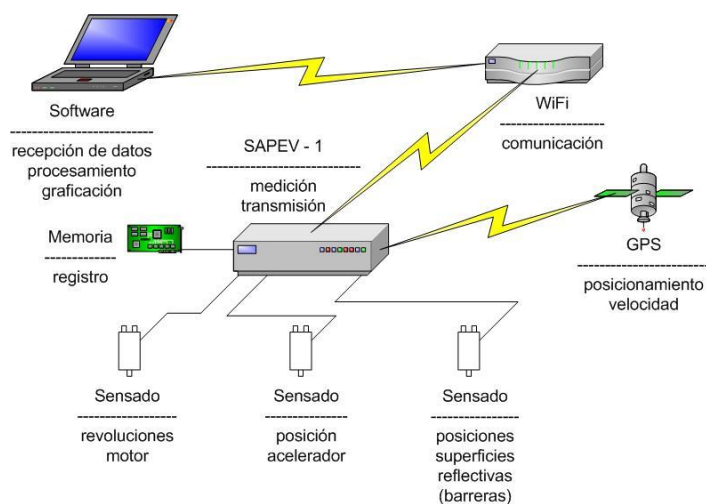


Fig. 7 Disposición de los dispositivos para la simulación global. Elaboración propia

La ejecución de la simulación se inició con la conexión de todos los componentes siguiendo los lineamientos del diagrama (Fig. 4). Desde la computadora personal se envió un comando dando la orden al equipo para que comience el ensayo. De esta forma, éste se puso en modo ensayo informando a través de un *display* LCD que se encuentra en ese modo. A continuación, se pasó una superficie reflectante por delante del haz láser, esto se

realizó tres veces: tres reflexiones, en cada una de ellas, el equipo transmitió. Posteriormente, se verificó en los gráficos entregados por el software los valores de las variables en cuestión y la posterior constatación de la correspondencia entre los datos graficados y los valores ingresados por el instrumental.

Este ensayo se repite para cada una de las condiciones que se podrían encontrar con el vehículo en marcha. Por ejemplo: cambiando las posiciones del acelerador o la velocidad del motor.



Fig. 8 Fotografía de la prueba general en el banco de prueba

La ejecución de estos primeros ensayos de simulación nos permitió comprobar que el sistema completo funciona de la manera esperada.

En estas condiciones, la etapa siguiente de ejecución del proyecto será la realización de las pruebas del prototipo en el campo; aspecto cuya ejecución aún está pendiente.

E. Ensayo general del prototipo

Si bien el ensayo en ruta aún no se pudo realizar, aquí se detalla en qué consistirá dicha prueba.

El ensayo de pista está descrito en la norma IRAM-AITA 9C [9]. Para caracterizar el ruido de paso de un vehículo es preciso hacer mediciones mientras circula, haciéndolo pasar junto a una serie de micrófonos estacionarios, con el fin de cuantificar el ruido del vehículo en circunstancias que reflejen, con la máxima precisión posible, las condiciones reales. Los métodos para los ensayos de vehículos con ruedas (como camiones, automóviles y motocicletas), especifican la posición exacta en la que el vehículo de pruebas debe acelerar a plena potencia.

Específicamente, el primer ensayo se realizará considerando las especificaciones antes mencionadas. El ensayo consistirá en colocar dos micrófonos a una distancia determinada en los laterales de la pista, y el vehículo debe pasar acelerando en un tramo de 20 metros, con ciertas condiciones de marcha que varían según la categoría del vehículo. Al pasar por las líneas de referencia inicial, final y la línea central donde se encuentran los micrófonos, el equipamiento desarrollado es

capaz de almacenar los valores de las revoluciones (RPM) del motor, la posición del acelerador y la velocidad. Dichos valores, junto al valor de emisión sonora, son los requeridos para la realización del ensayo y de acuerdo a los resultados se comparan con los valores establecidos por las distintas reglamentaciones, para poder determinar si los mismos están dentro de los parámetros admitidos.

IV. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Enmarcado en un proyecto de extensión universitaria, este trabajo posibilitó la incorporación de un becario con experiencias y saberes específicos de un estudiante avanzado de la Tecnicatura Superior en Automatización y Control, Gonzalo Ribera, quien ya había trabajado con este equipo como adscripto a investigaciones vinculadas al desarrollo de sistemas de adquisición de datos y control. En esta oportunidad, el estudiante Ribera realizó prácticamente toda la adaptación del firmware para este uso específico.

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A partir de las pruebas realizadas, se puede concluir que el prototipo desarrollado permite brindar las prestaciones requeridas por el ente solicitante, dotándolos de la posibilidad de independizarse, en algunos casos, de los sistemas importados de alto costo; permitiendo, a su vez, debido a la baja de costos, realizar ensayos en el ámbito nacional sin intervención de laboratorios extranjeros, con el consecuente desarrollo tecnológico en el ámbito local tanto en el área de software como de hardware.

Al mismo tiempo, al haber desarrollado un sistema basado en tecnología abierta se genera la posibilidad de iniciar un trabajo colaborativo con investigadores de otras instituciones.

En lo que respecta a innovaciones o trabajos futuros, un aspecto que se podría y debería incorporar es la conexión vía CAN BUS, para adquisición de datos a través de dicha conexión (OBDII) característica de los vehículos.

Dado que los ensayos aquí mencionados deben realizarse en forma obligatoria de acuerdo a las normas vigentes; considerando, además, la reducción de los costos del desarrollo presentado respecto a los principales productos comercializados actualmente en el mercado, se prevé que la demanda de este dispositivo, será elevada ya que los organismos podrían adquirir dispositivos a precios más accesibles. Considerando, a su vez, que la Asociación de Técnicos e Ingenieros del Automotor (AITA), está interesada en el desarrollo de este dispositivo, próximamente se presentará, en la Universidad Nacional de General Sarmiento, un Proyecto en el marco de los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) para asegurarnos la disponibilidad de los recursos necesarios para la construcción de nuevos ejemplares del prototipo probado.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro especial agradecimiento al personal técnico-administrativo del Laboratorio de Ingeniería, quienes siempre mostraron una excelente predisposición para resolver los pedidos realizados.

REFERENCIAS

- [1] Ruido de pass-by de vehículos, HBK Company. <https://www.bksv.com/es-ES/Applications/product-noise/Vehicle-pass-by-noise>
- [2] M. Maunder, D. Mawdsley y P. Grant. "Simulation method to meet new pass-by noise requirements" *Sound & Vibrations*, pp. 12-19, septiembre 2015
- [3] M. Braun, S. Walsh, J. Homer y R. Chuter, "Noise source characteristics in the ISO 362 vehicle pass-by noise test: literatura review", *AppliedAcoustics*, vol. 74, pp.1241-1265, noviembre de 2013
- [4] G. Real, L. Raviola, M. F. Jauré and A. O. Vitali, "Data acquisition system for didactic laboratories based on open-source hardware and free software," *2015 XVI Workshop on Information Processing and Control (RPIC) IEEE Xplore Digital*, Cordoba, 2015, pp. 1-6.
- [5] Arduino. (2019). Arduino Due. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-due>
- [6] G. E. Real, M. Florencia Jauré and A. O. Vitali, "Data acquisition and industrial control system based on Arduino Due using open-source hardware and software," *2018 XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAE) IEEE Xplore Digital*, La Laguna, 2018, pp. 1-7.
- [7] Ley 24449 (Ley de tránsito) http://www.vialidad.gba.gov.ar/datos/educacion_vial/publicaciones/Ley%2024449.pdf
- [8] Decreto 32/2018 - Modificación. Decreto N° 779/1995. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-32-2018-305742/texto>
- [9] IRAM Instituto Argentino de Racionalización de Materiales Buenos Aires. *Acústica medición del ruido emitido por vehículos automotores en aceleración: método de ingeniería*. Buenos Aires: IRAM, 1994. 9 p.
- [10] Microcontrolador de 32 bits. <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATSAM3X8E>
- [11] La Asociación de Ingenieros y Técnicos del Automotor. <http://www.aita.org.ar/>
- [12] Python. <https://www.python.org/>
- [13] M. Summerfield, *Programming in Python 3 - A Complete Introduction to the Python Language*, Second Edition, Addison-Wesley, 2010.
- [14] J. Hunt, *Advanced Guide to Python3 Programming*, University of Sussex, Brighton, UK, 2019.