



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

**Departamento:**  
**Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas**  
**Programa de acreditación:**  
**PROINCE**

**Programa de Investigación<sup>1</sup>:**

**Código del Proyecto:**  
**C-250**

**Título del proyecto**  
**Análisis para el dimensionamiento e instalación de un banco de motores que incorporen hidrógeno como combustible.**

**PI Dependencia Compartida:** ☐  
**Elija un elemento.**

**PI Interdepartamental:** ☐  
**Elija un elemento.**

**Informe de Final**

**Director:**  
**ETEROVIC, Jorge E.**  
**Director externo:**

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.

<sup>1</sup> 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.



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

#### A. Resumen del proyecto<sup>2</sup> (Desarrolle en no más de dos páginas.)

El proyecto para la instalación de un banco de motores en la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM) tiene por objeto estudiar aquellas modificaciones que sean necesarias aplicar para la reconversión de motores destinados al transporte pesado, vale decir, colectivos, camiones, y trenes, y también al uso estacionario.

La decisión de establecer la limitación de la investigación hacia el transporte pesado, se originó tras considerar las fuertes necesidades de inversión, dificultades y desafíos de seguridad, que acarrearían el tener que disponer de una gran red de distribución de hidrógeno para un parque tan grande y diseminado como el de transporte liviano. En particular, en el caso del transporte por trenes, la red de “hidrogeneras” sería mucho menor, y colocadas sobre el tra-yecto, esas mismas “hidrogeneras” podrían ser punto de reabastecimiento de camiones para transporte de trayectos de media distancia, y respecto al transporte urbano podría establecer-se puntos específicos.

El primer paso para el dimensionamiento de un banco de motores consiste en establecer el objetivo del mismo, y en el marco de las investigaciones comenzadas en la UNLaM en el año 2022 se proyectó la producción de hidrógeno verde, en el campus universitario, para ser utilizado como combustible en motores de locomoción pesada y estacionarios.

La segunda etapa del relevamiento se focalizó, entonces, en el análisis e identificación del parque automotor de locomoción pesada accesible para el proyecto de la universidad, y que los resultados de las investigaciones que se realicen sobre los mismos tengan la posibilidad de ser extrapolables. Con este conjunto de premisas se recurrió a empresas relacionadas a la universidad mediante convenios con el fin de conocer y asegurar los recursos potenciales.

Este relevamiento arrojó la posibilidad de acceder a motores de la línea ATEGO utilizados para el transporte de pasajeros.

Finalmente, con estos datos, se comenzó la última etapa, que es la caracterización de un banco de motores. En principio el banco de motores se esquematiza en una estructura de bloques, los que quedan definidos a través de sus componentes.

Con estas restricciones, se consideró la curva de respuesta entregada por el banco de motores, puede operar en rangos de potencia desde aproximadamente 450 HP y hasta 900 HP, en regímenes de vueltas comprendidos entre 3000 rpm y 4000 rpm. El proyecto contó con tres becarios que se sumaron a la investigación.

Respecto a los gases de escape, y considerando la utilización de combustibles fósiles, se estudió la composición cualitativa de los gases de escape, que consiste en la presencia de monóxido de carbono (CO), causado por la combustión incompleta, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua (H<sub>2</sub>O), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

#### DESARROLLO DEL PROTOTIPO

A los efectos de desarrollar un prototipo, la investigación se limitó a la detección de CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. No obstante ello, se previó el hecho de agregar sensores para óxidos de nitrógeno, humedad y temperatura.

El prototipo, entonces, se compone de tres bloques, los sensores, la placa de control y la pantalla. Por supuesto que también consta de algunos auxiliares como la fuente de alimentación, y el sistema de captación de gases.

<sup>2</sup> 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/@cvtunlam](https://www.youtube.com/@cvtunlam) 



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

Los sensores fueron montados en una placa ARDUINO® ONE R3. La misma posee 14 pines, de entrada/salida, digitales, de los cuales 6 pueden ser utilizados como salidas moduladas por ancho, o de pulso (PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado de Programación Serie en Circuito (ICSP), y un botón de reinicio.

Lo interesante, de la elección de ARDUINO®, es que se trata de una plataforma de hardware, software, y contenido, de código abierto

En primera instancia, se realizaron varios ensayos preliminares en las instalaciones de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), con el fin de la observación semi-cuantitativa del funcionamiento del dispositivo.

Luego de los ajustes, el equipo de investigación se dirigió al puesto de Verificación Técnica Vehicular (VTV), cito en el barrio de Pompeya de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), a los efectos de comparar, y contrastar los valores de medición contra los obtenidos por los sensores certificados del puesto.

El dispositivo sensor certificado utilizado en las pruebas como “Medición Patrón” es un SyncroGAS-6010 de la marca GigaSmoke. Este utiliza el mismo método para la medición de gases que el prototipo, colocando una sonda y tomando una parte del ambiente o producto a analizar.

## RESULTADOS

En las pruebas realizadas, los valores entregados por el medidor certificado, que son los valores de opacidad lineal (N) y el de coeficiente de absorción (K), corresponden a una metodología diferente a la utilizada en el prototipo, partes por millón (ppm) en caso de CO<sub>2</sub> y CO, y porcentaje de concentración en el caso de O<sub>2</sub>, sin embargo, al homogeneizar las unidades de medidas, se puede decir que ambas lecturas son equivalentes por las siguientes razones:

- Ambos dispositivos, medidor certificado y prototipo, utilizan métodos semejantes (curvas de comparación), por no decir los mismos, en las mediciones realizadas.
- Ambos dispositivos obtuvieron valores dentro de lo estipulado en las normas de vialidad para la circulación de automotores.

## CONCLUSIONES

En base a lo dicho anteriormente, se puede decir que el prototipo es, en buena medida, apto para un uso equivalente a un dispositivo sensor certificado.

Sin embargo, para poder utilizarlo de forma completamente equivalente es necesario realizar los ajustes y calibraciones indispensables al módulo de CO en el equipo.

Cabe aclarar que lo dicho anteriormente recalca el hecho de que, el prototipo y el dispositivo sensor certificado, son equipos equivalentes, pero no intercambiables.

Si bien el prototipo puede ser utilizado, en estudios experimentales, para medir las mismas variables, y obtener sus valores, del mismo modo en que se hace con un dispositivo sensor certificado, esto no significa que el prototipo posea la misma sensibilidad, precisión, y tiempo de respuesta que un dispositivo sensor certificado.

Además, las evidentes diferencias, en diseño y durabilidad, hacen imposible que el prototipo pueda reemplazar con total fidelidad a un equipo certificado.

Los pasos siguientes de la investigación serán orientados hacia el control de válvulas que serán parte de un sistema dosificador de compuestos que servirán para un tratamiento químico de los gases de escape, con el objeto de mitigar su impacto ambiental. El interés particular está dirigido hacia el tratamiento de los óxidos derivados del nitrógeno (NOx).



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

**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.<sup>3</sup>**

|                                              |                                                                                                                    |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de Producción                           | Trabajos en eventos C-T publicados                                                                                 |
| Título                                       | Diseño de un sistema económico de sensores de gases de escape para banco de motores                                |
| Autor/es                                     | Luis E. Fauroux, Agustín J. Lohigorry, Omar J. Degae-tani, Marisa A. Morais, Carla A. del Puerto, César F. Piñero. |
| Editorial                                    | UTN FRSF                                                                                                           |
| Fecha                                        | 14/09/2023                                                                                                         |
| Situación                                    | Publicado                                                                                                          |
| DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado) |                                                                                                                    |
| Tipo de Producción                           | Trabajos en eventos C-T publicados                                                                                 |
| Título                                       | Análisis de un prototipo económico de sensores para gases de escape                                                |
| Autor/es                                     | Fauroux, Luis E.; Eterovic, Jorge E.; Blanco, Gabriel E.; Lohigorry, Agustín J.; Pepe, María Laura                 |
| Editorial                                    | UNSJ-FI                                                                                                            |
| Fecha                                        | 04/09/2024                                                                                                         |
| Situación                                    | Publicado                                                                                                          |
| DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado) |                                                                                                                    |
| Tipo de Producción                           | Artículos publicados en revistas                                                                                   |

<sup>3</sup> 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.



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

|                                              |                                                                                                    |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título                                       | Dimensionamiento de un banco de prueba para motores que puedan utilizar hidrógeno como combustible |
| Autor/es                                     | Jorge E. ETEROVIC, Gabriel E. BLANCO, Federico J. ALTERINI                                         |
| Editorial                                    | UNLaM                                                                                              |
| Fecha                                        | 19/05/2024                                                                                         |
| Situación                                    | Publicado                                                                                          |
| DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado) | <a href="https://doi.org/10.54789/reddi.8.2.0">https://doi.org/10.54789/reddi.8.2.0</a>            |

**C. Vinculación<sup>4</sup>:** 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.

El grupo de investigación se vinculó con los proveedores de banco de motores con el fin de dimensionar conforme los estándares existentes de fabricación. Asimismo, mantuvo reuniones constantes con el futuro proveedor de un electrolizador y que demostró particular interés en el prototipo de sensores de gases de escape, proveyendo materiales y conocimiento propios.

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

---

<sup>4</sup> 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.