

En cuanto a colaboraciones potencializadoras del cumplimiento de los objetivos se cuenta con la colaboración del ITESM (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey) gracias a la vinculación que existe. Dicha organización aporta el conocimiento y la investigación técnica necesaria para la realización de este proyecto.

Los recursos humanos que representan al ITESM se describen a continuación:

- **Pedro Orta Castañón.** Maestro en Ingeniería Mecánica por el Tecnológico de Monterrey. Ha realizado importantes proyectos de vinculación con empresas como Nemak, Metalsa, GM entre otras y es profesor adscrito a la Cátedra de investigación en Auto-trónica. Ha publicado diversos artículos en revistas especializadas e imparte cursos de diseño mecánico, diseño industrial, ingeniería Mecánica y Prototipos Avanzados.
- **Ciro Rodríguez González.** Estudió Ingeniería Mecánica en la Universidad de Texas en Austin e hizo la Maestría y el Doctorado en Manufactura en la Universidad Estatal de Ohio. Ha participado en importantes proyectos de investigación como el Proyecto Iberoamericano para la Automatización del Mecanizado de Alto Rendimiento y es titular de la Cátedra de Investigación en Meca-trónica y Máquinas Inteligentes. Realizó estancias de investigación y docencia en EE. UU., España, Cuba. Actualmente imparte cursos de licenciatura –Ingeniería Concurrente para Industria Automotriz, Procesos de Fabricación, Procesos de Manufactura, Ingeniería de Manufactura, Clínicas de Diseño, Dibujo Computarizado– y de posgrado. Ha colaborado en libros y revistas especializados y actualmente es el director del Centro de Innovación en Diseño y Tecnología y de la Maestría en Sistemas de Manufactura.
- **Horacio Ahuett Garza.** Tiene una maestría y un doctorado en Ingeniería Mecánica por la Universidad de Ohio. Ha sido profesor investigador y director del Centro de Sistemas de Manufactura Integrada del Campus León. Ha publicado un sinnúmero de artículos y es titular de la Cátedra de Auto-trónica. Imparte las asignaturas de Ingeniería de Precisión a nivel posgrado y Diseño de Elementos de Máquinas a nivel profesional, entre otras. Actualmente es director del departamento de Ingeniería Mecánica.

- **Héctor Rafael Siller Carrillo.** Tiene un Doctorado en Proyectos de Innovación Tecnológica en la Ingeniería del Producto y del Proceso, por la Universidad Jaume I. Castellón, España – Programa interuniversitario de doctorado en conjunto con la Universidad Politécnica de Catalunya y la Universidad de Girona– y una maestría en Ciencias con Especialidad en Sistemas de Manufactura, por el Tecnológico de Monterrey. Actualmente es Investigador Nacional Nivel 1 del Sistema Nacional de Investigadores (SNI1) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Forma parte del claustro de la Maestría en Sistemas de Manufactura y Doctorado en Ciencias de Ingeniería y su puesto actual es el de Director de Maestría en Ciencias con especialidad en Sistemas de Manufactura.

Por parte de Navistar el recurso humano que está involucrado en este proyecto se describe en los siguientes diagramas jerárquicos:

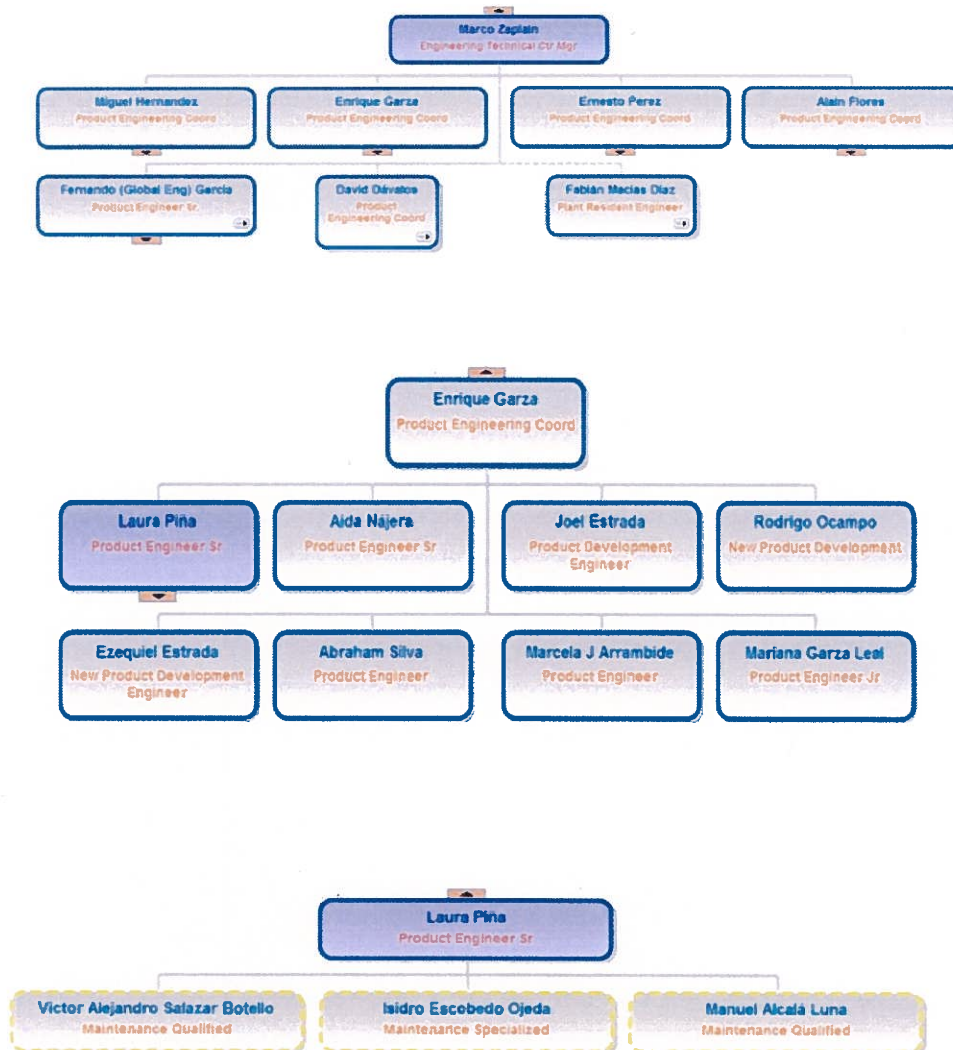


Figura.1. Diagrama Jerárquico de Navistar México

La adquisición de datos de carga en ruta (RLDA, por sus siglas en inglés) es uno de los mejores recursos para recolectar datos de daños por fatiga en un periodo corto de tiempo que nos permita evaluar el desempeño de los diseños de un componente en específico o del vehículo completo.

La finalidad de cumplir con el correcto funcionamiento de los vehículos de transporte es mantener una experiencia innovadora y de confiabilidad para los usuarios y por este medio tener la oportunidad de adquirir datos que proporcionen información para tomar decisiones de mejora, dar la oportunidad de proponer nuevos materiales,

diseños especialmente adaptados al mercado mexicano y sistemas de adquisición de datos con implementación de tecnologías de estado del arte.

Áreas de oportunidad adicionales que se aprecian en este proyecto son la posibilidad de desarrollar propiedad intelectual concerniente a la implementación de una configuración de un sistema de recolección de datos capaz de brindar beneficios innovadores y que sea de uso exclusivo de Navistar México. De igual manera, la obtención de un mapa estructural de las rutas mexicanas producto de la caracterización de los mismos. Brindar la posibilidad de crecimiento del potencial humano dentro de la empresa por medio de la apertura para la aportación de ideas novedosas para el proyecto. Contar con acuerdos de trabajo entre compañías productoras de México y las instituciones educativas. Sin dejar de lado, el gran beneficio a largo plazo que se aportaría al desarrollo sustentable del país.

Líneas de Investigación

Como se mencionó anteriormente, en este proyecto se cuenta con la colaboración bilateral por parte de Navistar y el ITESM, donde se facilitan las instalaciones del centro técnico de Navistar así como las instalaciones, equipo y asesoría por parte del ITESM; se busca por estos medios alcanzar el grado de conocimiento técnico necesario para la realización de este tipo de proyectos de gran sustento tecnológico que permita aportar recursos de alto valor de investigación.

La realización de la línea de investigación se llevó a cabo por medio de un proceso estructurado de etapas con sus respectivas actividades que se detallan el siguiente diagrama y las cuales se explican a detalle más adelante.

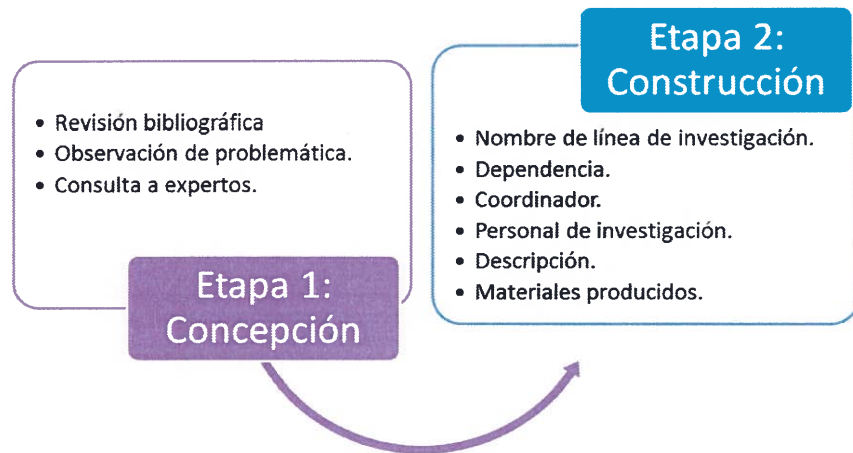


Figura. 2. Diagrama de Desarrollo de Líneas de Investigación.

EL desarrollo de una línea de investigación se puede resumir en dos etapas principalmente:

Etapa Nº 1: CONCEPCIÓN

Esta etapa corresponde a la cristalización de la idea de un grupo en desarrollar un área temática de interés en un campo de la ciencia o de la tecnología. Algunas fuentes de áreas temáticas se encuentran en:

- **Revisión de la bibliografía actualizada.**

Esta es una de las partes más detallada y comprende la mayor parte del proceso de la determinación de la línea de investigación sobre la cual se basa el desarrollo de este proyecto, por lo cual sólo se indicará que es aquí donde cabe aquella información que se recabó en las etapas previas en las que se generaron los documentos del estado del arte y la vigilancia tecnológica en los que se detalla toda la información bibliográfica de manera específica. Se tocan temas como el estado del arte de la adquisición de datos en ruta, fundamentos teóricos, relación de características primordiales a tomar en cuenta en el proyecto, las fuentes de información consultadas así como artículos de investigación obtenidos de las referentes al tema de interés,

componentes de instrumentación, tecnologías en desarrollo, análisis comparativo de equipos, vigilancia tecnológica, análisis de patentes, entre otras cosas.

- **Observación de un problema práctico en cualquiera de estos ámbitos: Industrial, Institucional, Estudiantil, Comunitario y Otros.**

Actualmente, Navistar México realiza una gran cantidad de pruebas para validar sus diseños, para evaluar el desempeño de componentes en específico o de vehículos completos y para verificar que se cumple con todas las normas establecidas en cada región, sin embargo, no se han desarrollado rutas vocacionales en México para caracterizar los caminos y carreteras para representativas del país ya que no se cuenta en México con un sistema conjunto para la medición de cargas, temperaturas, aceleraciones, velocidades y vibraciones a las que son sometidos los vehículos en condiciones de trabajo en el mundo real de tal forma que pueda obtener información crucial que permita desarrollar nuevos productos con especificaciones adecuadas a su aplicación específica en México.

La empresa de manera internacional, por su filial en Estados Unidos ha realizado estudios de adquisición de datos en ruta de sus vehículos de transporte pero solo se cuenta con información resultante de la caracterización de los caminos en Estados Unidos y Brasil, por lo que este proyecto provee un mayor alcance al implementarlo en México con características mejoradas basados en aplicación de tecnología, tal como, la transmisión de información de manera inalámbrica, utilización de un sistema robusto, compacto y con característica de transmisión de datos en tiempo real.

El uso de esta tecnología en México permitirá que la compañía desarrolle nuevos productos basados en información real y confiable con especificaciones adecuadas al mercado y les permitirá estar un paso adelante de los competidores directos que han aumentado su portafolio de productos basados en innovación y desarrollo de tecnología, han aprovechado este rezago tecnológico capitalizándolo en participación de mercado.

- **Consulta a expertos fuera o dentro de las universidades o empresas.**

Tomando en cuenta que el proceso para la recolección de datos en ruta de los vehículos de carga y de transporte de personal requiere de un alto grado de aporte tanto científico como de investigación se ha requerido de la participación de personal con gran conocimiento y experiencia en el sector de pruebas en campo, instrumentación y recolección de datos de vehículos del sector transporte.

En primera instancia, se ha contado con la participación del personal involucrado directamente con el proyecto en cuestión como lo es el Ing. Pedro Orta, por parte del sector académico, quien cuenta con un alto grado de conocimiento en cuanto a la utilización e implementación de equipos de recolección de datos y uso de sensores. Por parte del sector empresarial se encuentra la Ing. Laura Piña quien cuenta con una vasta experiencia en la realización de pruebas de recolección de datos, la cuales ya se han implementado en distintos modelos de camiones de Navistar en México.

Por otro lado, se ha contado también con la colaboración de expertos en cuanto a el traspaso de información de gran relevancia para el proyecto, aportación de asesorías y resolución de problemas por parte de personal de Navistar Internacional, personal que se encuentra laborando en pruebas de recolección de datos en el día a día en el centro de investigación ubicado en la ciudad de Melrose, IL en Estados Unidos.

Etapa N° 2: CONSTRUCCIÓN

Consiste en definir, de manera amplia, el proyecto de constitución de la línea de investigación. Este proyecto permitirá al lector comprender su origen, áreas temáticas y sus relaciones con el entorno. Básicamente se estructura de la siguiente manera:

Denominación o Nombre de la Línea de Investigación.

“Monitoreo remoto en tiempo real de vehículos de transporte mediante tecnologías inalámbricas y fusión de sensores”.

Dependencia a la cual pertenece.

La estructuración de la línea de investigación del proyecto es por medio de colaboración bilateral por parte de Navistar y el ITESM, donde cada dependencia proporciona un aporte significativo para el cumplimiento de las metas. Por un lado, Navistar facilita las instalaciones del centro técnico de Navistar, recursos de la empresa

para la investigación y realización de pruebas y estudios pertinentes, así como también el ITESM provee asesoría tecnológica, técnica y profesional, sus instalaciones y equipo; con esto se logra alcanzar el grado de conocimiento técnico necesario para la realización de este tipo de proyectos de gran sustento tecnológico.

Coordinador responsable.

Por parte de ambas dependencias existen personas encargadas de coordinar las operaciones y recursos para que la línea de investigación sea estructurada de manera adecuada:

Por parte del ITESM los coordinadores responsables son:

- Dr. Héctor Rafael Siller Carrillo.
- Ing. Pedro Orta Castañón.

Por parte de Navistar:

- Ing. Enrique Garza
- Ing. Laura Piña

Personal de investigación adscrito a la Línea.

En la parte de la investigación directa de todos los temas relacionados con la línea de investigación se encuentran:

Por parte del ITESM:

- Ing. Pedro Orta Castañón.
- Ing. Ricardo Cárdenas Treviño.

Por parte de Navistar México:

- Ing. Laura Piña
- Ing. Irving Alonso Gallardo Araujo.

Descripción.

La línea de investigación a seguir está estructurada a través de un proceso lineal que presenta una serie de etapas ligadas, primeramente a la obtención de un modelo base para la adquisición de datos que sirva como plataforma para la adaptación de las

tecnologías de innovación en desarrollo que se desean implementar como lo son la transmisión de datos en tiempo real, fusión sensorial, manipulación remota de las variables de análisis, la utilización de tecnologías inalámbricas, así como una recolección autónoma de los datos de carga en ruta, esto sin la necesidad de contar con personal capacitado dentro del camión en todo momento para el monitoreo de equipo de recolección de datos, así como los mismos datos.

Material y/o productos producidos por la línea de investigación (publicaciones en revistas o eventos científicos, Proyectos de Investigación concluidos y eventos relacionados con la Línea).

Como resultado del desarrollo de la línea de investigación que se ha descrito se estima que se generen productos adicionales a los que se persiguen con los objetivos, previamente planteados, de este trabajo de investigación entre los que se incluye una serie de proyectos de investigación directamente relacionado con el tema de la recolección de datos en ruta con distintas tecnología de aplicación innovadoras tanto en el ámbito académico como científico. Adicionalmente, se generarán tesis de grado de acreditación de programas de postgrado en los cuales se encuentran involucradas algunas de las personas designadas para la investigación de las partes que conforman el proyecto, sin dejar de lado que de igual manera y como consecuencia del mismo trabajo se pueden realizar artículos con calidad de publicación en revistas de reconocimiento global.

Temáticas y preguntas que fundamenta la Línea de Investigación

¿Qué pasaría en el sector si el proyecto no se realiza?

El impacto negativo, como resultado de la no realización del proyecto, es la pérdida de participación de mercado que se ha observado en los últimos años, ante una creciente participación de la competencia. Este impacto se muestra en la tabla 1 del punto 2 del apartado de áreas de oportunidad.

¿Cuáles son las limitantes de la oferta?

La empresa no cuenta con datos resultantes de estudios que le permitan caracterizar las condiciones de carreteras en México y como resultado desarrollar rutas

vocacionales que le permitan determinar el daño acumulado hecho a vehículos de carga y transporte de personal durante su vida operacional, lo que provoca que los avances tecnológicos y las nuevas necesidades del mercado así como de los clientes, no sean ofrecidos dentro de las opciones disponibles en los productos de la empresa.

¿Por qué optar por la implementación de RLDA para el cumplimiento de las metas?

Como ya se explicó anteriormente, la adquisición de datos de carga en ruta (RLDA, por sus siglas en inglés) es uno de los mejores recursos para recolectar datos de daños por fatiga hechos a componentes del vehículo. El análisis de todos estos datos, permitirá a la compañía desarrollar rutas vocacionales (caracterización de carreteras) con el propósito de simular los daños por fatiga en componentes del vehículo durante su vida operacional en un periodo corto de tiempo y evaluar el desempeño de los diseños desarrollados.

¿Por qué caracterizar caminos y carreteras?

Una de las motivaciones principales para la implementación de este proyecto, es definir parámetros de diseño, aumentar y promover investigación tecnológica y proponer nuevas maneras de trabajo de manera local, es decir, crear talento mexicano. La caracterización de carreteras no solo crea rutas estándares para las pruebas de los vehículos, sino que justifica de manera infalible una necesidad para el desarrollo de nuevos componentes, esto por el comportamiento de los vehículos sobre carreteras mexicanas predeterminadas para estudio.

El propósito de una carretera caracterizada es definir un conjunto controlado de eventos sobre carreteras y pistas que simulan el daño por fatiga hecho a un vehículo durante su vida operativa. La carretera caracterizada junto con una correcta instrumentación nos permite recoger datos en un corto período de tiempo para evaluar el rendimiento esperado de un diseño.

Para la realización de las rutas características se necesita la realización de los siguientes pasos:

- Recolectar datos de carreteras a largo plazo para representar el uso real que los clientes le dan a la unidad de carga.
- Determinar el daño de cada transductor sobre la vida de diseño de cada componente del vehículo.
- Recolectar datos en las carreteras locales y pistas en donde se puedan controlar los factores de daño por fatiga.
- La caracterización de carreteras sería el conjunto de carreteras locales y eventos en pistas que producirán el mismo daño por fatiga que las carreteras a largo plazo, bajo condiciones de carga.

Datos que se adquieren al desarrollar la caracterización de caminos:

1. Para pruebas de Durabilidad de Componentes:

- Se recolectan datos de las aceleraciones del chasis similar a las pruebas de vibración de "Shaker Test".
- Se recolectan aceleraciones y/o tensiones de los componentes instrumentados para determinar el daño que sufren mediante las pruebas.

2. Para predicción de vida de los componentes:

- Se recolectan datos de tensión o estrés de componentes específicos a prueba.
- Se utilizan las propiedades del material (curva de tensión) para estimar la vida del componente.

3. Para pruebas de durabilidad del vehículo completo (Full Durability)

- Se recolectan datos del comportamiento de todos los componentes de la unidad de carga, esto es igual a desarrollar una ruta característica de un posible cliente.
- Se realiza cuando la capacidad de conducción de los clientes es una preocupación, esto ayuda a crear estandarizaciones de uso de la unidad de carga de acuerdo a una ruta caracterizada.

4. Para pruebas de Agitador en estación de cabina (Shaker test).

- Las aceleraciones en el chasis se usan para controlar las entradas a la cabina durante la prueba.
- Las cargas de montaje y las aceleraciones en la cabina se utilizan para determinar el daño en este componente después y durante las pruebas.

¿Qué componentes y que tipo de datos son los que se desea recolectar?

- Cargas y aceleraciones en la cabina
- Aceleraciones en el chasis
- Desplazamientos debido a torceduras en el chasis
- Aceleraciones en componentes montados en el chasis
- Cargas en Ejes trasero/ delantero
- Cargas en Sistema de dirección
- Desplazamiento debido a flexiones en el chasis

El desarrollo de este proyecto se enfoca en una prueba de durabilidad de un vehículo completo y es importante definir cuáles son los puntos medibles y que ayudarán al análisis del comportamiento real de los vehículos.

La recolección de datos sobre las carreteras de las unidades de carga, así como las carreteras caracterizadas se enfocan en analizar los daños por fatiga de los componentes provocados principalmente por giros, flexiones del vehículo, y entradas dinámicas debido a las características físicas de las superficies de las carreteras en México .

Propuesta de Selección de Equipo

En esta sección se da a conocer el equipo de adquisición de datos y los dispositivos que fueron seleccionados como los más aptos para realizar las pruebas y lograr los objetivos del proyecto, teniendo en cuenta la durabilidad, la robustez y la demanda que el proyecto requiere para concluir con las pruebas.

Cabe mencionar que el equipo seleccionado cumple con las características de innovación y da oportunidad a desarrollo de tecnologías emergentes posteriores que mejoran la experiencia de recolectar y almacenar los datos, estas tecnologías pueden ser el desarrollo de telemetría, sensores inalámbricos, fusión sensorial, entre otras.

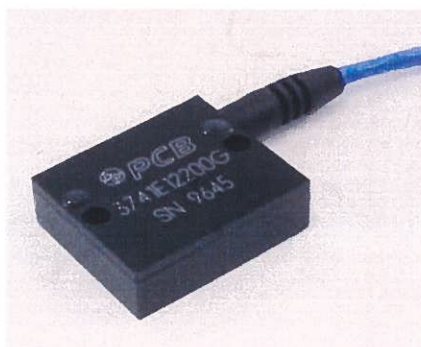
Selección de transductores

Como primer paso para la selección del equipo fue importante definir el tipo de pruebas que se deseaban realizar y el alcance de cada una de estas, esto nos ayuda a definir la correcta selección de sensores que se utilizarán para cada análisis.

Ya se han mencionado los sistemas en los que se desea analizar el comportamiento de los vehículos de carga, pero en este apartado se resolverá la pregunta ¿Qué tipos de sensores necesito para realizar mi adquisición de datos de carga por carretera (RLDA, por sus siglas en inglés) de manera eficaz?

A continuación se mencionan las características a medir y los tipos de sensores que se utilizarán para la realización de las pruebas:

- **Aceleración y Vibración:** Se desea medir la aceleración generada en el chasis y en los componentes que se montan sobre él, así como medir las vibraciones que se generan dentro de la cabina provocadas por los desplazamientos de la unidad de carga, para esto se realizó una búsqueda de transductores que nos ayudarán a medir esta característica.



Se seleccionaron Acelerómetros de la marca PCB Piezotronics (Modelo 3741E12100G) de alta sensibilidad, los cuales aseguran la robustez y durabilidad que las pruebas del proyecto requieren. Se optó por acelerómetros que cubran una frecuencia

mínima de 500 Hz y un rango de aceleración de 50-200 G (Véase Anexo 1 para especificaciones del modelo) ya que esta aceleración se adapta a pruebas de campo con condiciones climáticas irregulares y pruebas de alto rendimiento, por otro lado, la alta sensibilidad en estos dispositivos asegura, en especial este modelo, que la energía de suministro y la señal de salida son estables.

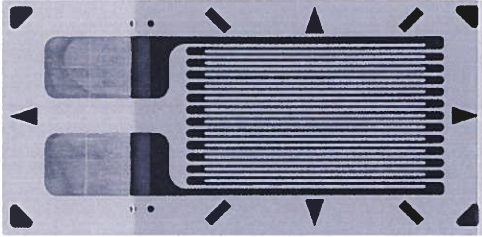
- **Desplazamiento:** Se desean realizar análisis de desplazamiento de algunos componentes. Para la recolección de los datos de esta característica se eligió un sensor transformador diferencial de variación lineal (LVDT, por sus siglas en inglés). Este sensor por su principio de funcionamiento inductivo, obtiene el desplazamiento gracias al movimiento del núcleo dentro del cuerpo del sensor, el cual modifica la amplitud de la señal inducida entre el bobinado primario y el secundario.



Se optó por un sensor LVDT de la marca Celesco (Modelo CLP-200) ya que ofrece un rendimiento mucho mayor en términos de precisión, repetibilidad y esperanza de vida, así como facilidad de montaje, esto sin ser indebidamente influenciado por las condiciones ambientales externas. Este modelo ofrece un desplazamiento de hasta 8 pulgadas (Véase anexo 2 para detalles de especificaciones), distancia suficiente para analizar el comportamiento de componentes en movimiento, como lo son la cabina y aspectos de suspensión, según reportes de pruebas de Navistar.

- **Deformación:** El análisis de deformación es una de las características importantes a analizar, ya que los datos recolectados nos ayudan a predecir la vida de los componentes expuestos a tensión y estrés cuando el vehículo está

sobre la carretera, es decir, nos proporciona información sobre el daño de fatiga de los componentes expuestos sobre la carretera.



Para el análisis de esta característica se eligen las galgas simétricas de la marca Vishay con valores de 120 y 350 Ohms (Véase Anexo 3 para especificaciones). Se hará la instalación de estos sensores sobre las partes críticas expuestas a tensión/ deformación de los sistemas en análisis.

- **Carga/ Fuerza:** La fuerza ejercida sobre algunos componentes también implica el daño de fatiga de dichos elementos, los cuales son importantes para garantizar el correcto funcionamiento y durabilidad del vehículo de carga. Esta característica se agrega a la recolección de datos ya que se requiere obtener información y el comportamiento de las cargas ejercidas sobre componentes del vehículo creadas gracias a la dinámica de la unidad sobre las carreteras.



Para el análisis de fuerzas, las Celdas de carga de la marca Michigan Scientific's (Modelos TR3D-B y TR3D-C) son dispositivos factibles de implementar en el proyecto, ya que son dispositivos de fácil instalación, diseño robusto, resistente a cargas pesadas según especificaciones técnicas (Véase Anexo 4 y 4-A) y tiene un sellado resistente a la intemperie todo esto se combina para proporcionar una excelente resistencia a la corrosión y condiciones ambientales. Son aplicables para pruebas que requieren análisis en tres ejes perpendiculares (celda de carga triaxial).

Son una opción factible para la implementación en el proyecto ya que se requieren celdas de carga de 1000 a 8000 libras de capacidad, con un voltaje de operación de 10Vdc. Cabe mencionar que es posible que se requieran más de dos números de parte diferentes para la demanda de algunas pruebas específicas.

- **Posición:** Parte de un sistema de monitoreo eficiente para la adquisición de datos del comportamiento de vehículos de carga es importante la característica de posición, para esto se propone la tecnología de los sistemas de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés). La finalidad de implementación de estos dispositivos es crear un sistema de monitoreo de los vehículos que están a prueba sobre carreteras caracterizadas, proporcionando la sincronización de la información obtenida en el programa de adquisición de datos.

Para la obtención de posición adecuada de un vehículo que se esté analizando, las antenas Racelogic son adecuadas para el uso en este proyecto. Esto debido a que proporcionan un número considerable de opciones de antena, dependiendo del sistema de medición, el tipo de vehículo que se utiliza y las condiciones circundantes.

Las antenas estándar magnéticas "Patch" son adecuadas para su uso donde se tienen una vista sin restricciones del cielo y un buen plano de tierra, como por ejemplo un techo.



Para este caso en particular la antena RLACS156 cumple con los requerimientos adecuado para su implementación ya que se considera como de bajo perfil, cuenta con filtro SAW, un ancho de banda de 3dB, un nivel de ruido bajo, alta ganancia, un amplio rango de entrada de voltaje, carcasa de protección contra las inclemencias del clima , entre

otros detalles. (Para información técnica consultar el Anexo 5).

Selección de Equipo de adquisición de datos

Uno de los aspectos importantes y primordiales para la realización del proyecto es la selección del equipo de adquisición de datos, esto no solo depende de definir una marca que nos dé solución a los requerimientos de las pruebas, sino que se adapte de la mejor manera a las condiciones por las que el vehículo de carga pasa cuando se realizan dichas pruebas. Una de las justificaciones principales para la elección del equipo es que cumpla con aspectos de robustez y durabilidad, marcando a su vez un equilibrio entre costo y confiabilidad.

El equipo de adquisición de datos de la empresa HBM (Somat) es una de los equipos que se seleccionaron como candidatos desde los inicios del proyecto ya que junto a sus competidores ofrecen gran fiabilidad en los datos, durabilidad en el equipo, instalación fácil, sistema modular, entre otras características, con la diferencia de que ofrece mayor cantidad de canales de entradas análogas, factor que es muy importante para realizar pruebas que son parte de nuestro objetivo, como las pruebas de durabilidad del vehículo completo (Full durability), que requieren de aproximadamente de 80 a 120 canales, según información de reportes proveída del departamento de “Strength and durability tests” de la empresa Navistar.

El equipo Somat eDAQ y eDAQ lite (Figura 3) tienen muchas cualidades y son muy amigables con el modo de operación. Además, cuentan con operación y transferencia de datos vía wireless, ofrecen un sistema portátil y robusto a la vez, que es una de las características que se desea adaptar en el proyecto.



Figura. 3. Representación ilustrativa de Somat eDAQ (izquierda) y Somat eDAQ lite (derecha) de HBM.

Somat eDAQ

A continuación se describen los módulos del equipo de adquisición de datos Somat eDAQ y las características que son necesarias para el proyecto y que nos ayudaran a la correcta obtención de los datos, partiendo, como primer instancia, de las pruebas descritas anteriormente y a los sensores que realizarán la función deseada.

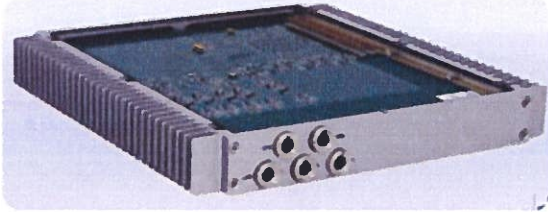
Módulo ECPU-PLUS (eDAQ base)

Este módulo se considera el procesador principal del sistema Somat eDAQ está compuesto de 16 canales con un voltaje de operación de 10 hasta 55 Vdc, cuenta con batería interna que protegen el eDAQ de pérdidas de energía, comunicación Ethernet, RS232, memoria interna de hasta 32GB y externa de hasta 4GB y una resolución de 16 Bits.



Este módulo es importante en la integración del equipo ya que es el que procesa todos los datos

de los módulos de entradas análogas que reciben las señales de los sensores.



Módulo ECOM

ECOM es un módulo del sistema de adquisición de datos, es el encargado de enlazar una conexión del Bus de datos de los vehículos al sistema eDAQ. Este dispositivo ofrece tres

fases:

- Interfaces de dispositivos CAN general.
- Módulo de interfaz de bus de vehículos.
- 1 Puerto de comunicación GPS, que es importante para nuestro proyecto.

Este módulo se elige como propuesta de adquirir los datos mediante la tecnología CAN, en donde se proporciona información importante de los sistemas eléctricos/ electrónicos que componen el funcionamiento integral de los vehículos de carga. Por otro lado este módulo permite la conexión directa del sistema de posicionamiento global, que como bien mencionamos, la posición del camión durante las pruebas es un factor importante paralelo a la adquisición de los datos análogos de los sensores.



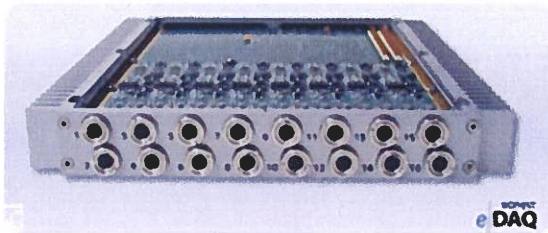
Módulo EHLS

Este módulo del sistema de adquisición de datos ofrece 16 canales analógicas diferenciales de alto nivel, existe la opción de adaptar hasta cuatro capas EHLS al sistema que permite

hasta 64 canales, tiene un filtrado de tipo análogo (25kHz, fase lineal y 8 polos Butterworth) y tipo digital (Selección en software, fase lineal y 8 polos Butterworth).

Es uno de los más importantes dentro del sistema de adquisición ideal para el proyecto, ya que las entradas análogas permiten la conexión de los sensores como acelerómetros y de desplazamiento (LVDT) que se encargan de recolectar los datos de pruebas de desplazamientos, aceleraciones y vibraciones para el cumplimiento de los diferentes tipos de pruebas descritas anteriormente.

Módulo EBRG



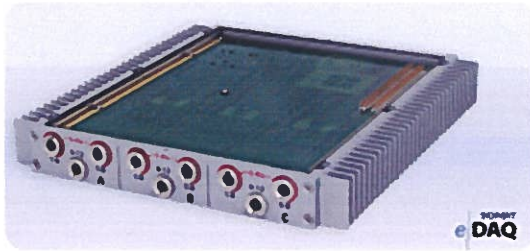
Este módulo ofrece un indicador de tensión/ deformación acondicionado con soporte para 1/4, 1/2, y puentes completos de equilibrio y de ganancia de los ajustes automáticos, así como frecuencias de muestreo seleccionables,

excitación, y filtrado digital desde el software, tiene una excitación de 5V (Bipolar ± 2.5) o 10V (Bipolar ± 5), Resistencia de Puente de $\frac{1}{2}$ y puente completo de 100 hasta 10,000 Ω y en el $\frac{1}{4}$ de puente: un completado de puente (350 Ω (EBRG-350) o 120 Ω (EBRG-120)).

Estas características simplifican la puesta en marcha de un canal para galgas extensométricas en donde se quiere medir la deformación de los componentes. En este módulo se tienen varias opciones de calibración, incluyendo valor definido, externo, multipunto y calibraciones de derivación con herramientas de software incrustadas. También se incluyen cuatro resistencias de calibración de derivación por canal.

Módulo EDIO

El módulo de entrada/salida EDIO es una capa versátil que puede medir entradas/salidas digitales, contadores de pulsos, decodificadores de cuadratura y GPS,



ofrece 24 canales que se pueden utilizar como entradas/salidas digitales con 12 canales adicionales para las entradas de toda la gama.

Ofrece 24 entradas / salidas digitales, ofrece rangos de tensión:

- Estado Estacionario: -0,2 a 45 VDC
- Corto Plazo Transitorios: -0,4 a 100 VDC
- Transductor de energía: 5V o 12V @ 1A
- Tensión umbral Precisión: +/- 20 mV
- Los voltajes de entrada umbral de conmutación son programables

Somat eDAQlite

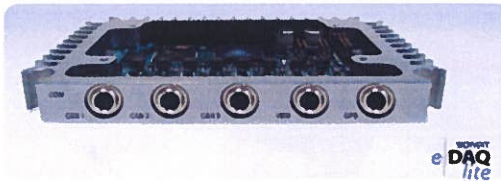
A continuación se describen los módulos del equipo de adquisición de datos Somat eDAQ lite y sus características principales:



Módulo ELCOM

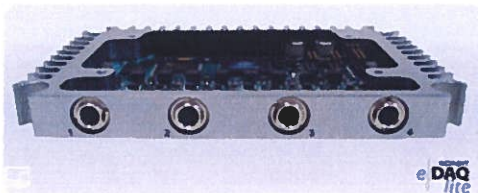
Este módulo, proporciona una correlación directa entre los canales de bus de vehículo con datos físicos (por ejemplo, analógica, termopar y frecuencia), así como GPS. Hasta 254 canales vehículo bus se pueden grabar por entrada, permitiendo que el recuento total de los canales del sistema eDAQlite sea prácticamente ilimitado. A diferencia de otros productos de adquisición de datos, canales de bus de vehículo no consumen ninguna entrada analógica. De hecho, todos los 254 canales de entrada son directamente a través de un solo conector.

Módulo ELHLS



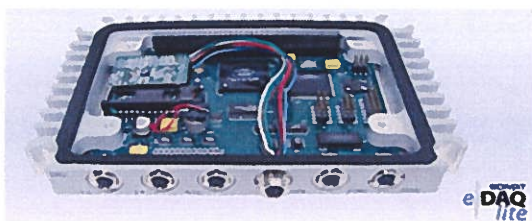
Es un módulo de cuatro entradas analógicas diferenciales de alto nivel de la muestra simultáneamente a través de conectores independientes. Hasta ocho capas de ELHLS se pueden añadir a un solo sistema eDAQlite, que permite hasta 32 canales. Redes múltiples eDAQs hacen conteos de canal ELHLS síncronos prácticamente ilimitadas.

Módulo ELBRG



Ofrece 4 entradas analógicas y un indicador de tensión/ deformación acondicionado con soporte para 1/4, 1/2, y puentes completos de equilibrio y de ganancia de los ajustes automáticos, así como frecuencias de muestreo seleccionables, excitación, y filtrado digital desde el software, tiene una excitación de 5V (Bipolar ± 2.5) o 10V (Bipolar ± 5), Resistencia de Puento de $\frac{1}{2}$ y puente completo de 100 hasta 10,000 Ω y en el $\frac{1}{4}$ de puente: un completado de puente (350 Ω (EBRG-350) o 120 Ω (EBRG-120))

Módulo ELDIO



El ELDIO ofrece ocho canales que se pueden utilizar como entradas/salidas digitales con cuatro canales adicionales para las entradas de toda la gama.

Integrado en los canales digitales son seis contadores de pulsos configurables. Un solo módulo puede soportar hasta dos interfaces de bus de vehículo independientes a través del uso de vehículo Bus Módulos inteligentes.

Vbox Automotive módulo para GPS



VBOX 3i es un módulo para adquisición de datos de la gama de productos VBOX. Este dispositivo integra un potente motor GPS, el cual permite recolectar datos a una velocidad 100 veces por segundo.

Con la integración de IMU, USB y conectividad Bluetooth, registro de tarjeta Compact Flash y funcionalidad de audio para el marcado por voz, el 3i VBOX representa una solución flexible para una amplia gama de requisitos de prueba.

Vbox Automotive módulo para Telemetría.



La Estación Base Racelogic DGNS está diseñado para mejorar la precisión de la posición de las unidades VBOX y otros sistemas compatibles GPS / GLONASS mediante el cálculo y la transmisión de datos de corrección diferencial.

Mediante la programación de la estación base con una posición conocida, se puede controlar con precisión la diferencia entre su posición programada y la posición que está recibiendo a través de GPS / GLONASS. La diferencia se transmite a través de la radio para que un sistema GPS a distancia pueda corregir su posición.

El mensaje de corrección diferencial puede ser transmitido en RTCM, CMR o formatos RTK de propiedad usando un transmisor de radio módem interno o mástil

montado. Dependiendo del tipo de estación de base y la unidad utilizada, las precisiones de posición son de hasta 2 cm 95% CEP.

Justificación de Equipo Seleccionado

Con resultado de la exhaustiva investigación y de la gran tarea de consulta de información se contó con los recursos necesarios para poder definir de manera adecuada el equipo que más se adapta a las necesidades del proyecto permitiendo de esta manera el cumplimiento de las metas y objetivos así como contar con la versatilidad para incrementar el grado de innovación tecnológica y científica en la realización de este trabajo de investigación.

Los aspectos de relevancia que llevaron a la elección de este equipo de recolección de datos fue que es un sistema de adquisición de datos que está especial y únicamente diseñado para el proceso de recolección de datos en ruta, por lo cual cuenta con características de robustez considerables, hasta 20 G de protección contra la vibración, que permiten resistir las inclemencias de las condiciones de manejo de los operarios así como de las condiciones que se presentan durante los trayectos por carretera, también cumple con uno de los requerimientos primordiales que se buscaba el cual era que contara con dimensiones compactas para evitar que entorpeciera el flujo de actividades en la cabina del vehículo y también el hecho de ser ligero para que su presencia dentro del camión no modificará las mediciones los transductores como consecuencia de ese exceso de peso.

Por otro lado, hablando de cuestiones tecnológicas, cuenta con una de las plataformas más avanzadas tanto de hardware como de software dedicado a la recolección de datos en ruta de vehículos de transporte, una alta disponibilidad de canales para ingreso de datos, así como modalidades del mismo. Cuenta con una frecuencia de 25 kHz por canal, cuenta con disponibilidad y compatibilidad para conexión CAN y GPS, memoria interna para almacenamiento de datos, acondicionamiento interno de las señales y una temperatura de operación bastante buena que va de los -20 a +65 °C, solo por mencionar algunos ejemplos.

Aunado a esto se cuenta con el respaldo de años de trabajo con este tipo de equipos y software lo que proporciona los antecedentes para poder consultar información relevante de interés que se requiera para análisis de datos en la misma estructura de datos con los que trabaja Navistar Internacional.

Propuesta de Selección de Software

Al igual que la definición de un equipo de recolección de datos adecuado para las pruebas que se desean realizar es importante definir de manera adecuada el software a utilizar para las distintas etapas del proceso de adquisición de información relevante para el conocimiento del comportamiento de las distintas partes de los vehículos a ser estudiados.

Cabe mencionar que el software a utilizar con el equipo Somat previamente seleccionado es viable para su utilización tanto para el eDAQ como para el eDAQlite por lo que no se requiere especificar por separado su aplicación y/o utilización.



El software de Somat Test Control Environment (TCE) o entorno de control de prueba es un sistema basado en la plataforma de Microsoft Windows que se utiliza principalmente para el control de las pruebas que se realizan durante la recolección de datos. Además es el medio por el cual se configura la interface entre la computadora y el equipo de recolección de datos.

Por medio de la utilización del software TCE se pueden crear archivos de configuración de prueba que definen y calibran los canales a utilizar con los transductores, se pueden definir DataModes y canales para el cálculo de datos en línea y realización de análisis de los mismos, Realizar y gestionar las calibraciones para los canales de entrada de los sensores, especificar condiciones de activación para la recolección de datos de la prueba, inicializar, ejecutar y finalizar las pruebas en un solo eDAQ o una red de eDAQs, consultar datos de prueba en tiempo real, cargar datos de prueba de los equipos eDAQ a la computadora para el análisis y post-procesamiento, entre muchas otras cosas más.



Este software es un programa versátil para el análisis de datos en campo optimizado para el uso con el hardware de Somat. Está diseñado para mejorar la recolección de datos en campo y proceso de visualización de la información. Este programa fue diseñado teniendo en mente la importancia de la implementación ingenieril y las pruebas en campo. Cuenta con una serie de herramientas de fácil uso con capacidades gráficas muy poderosas importantes cuando se requiere de toma de decisiones de diseño importante.

En cuanto a las capacidades estadísticas, es capaz de identificar parámetros como Máximos y Mínimos, Desviación Estándar, Media Cuadrática, la Media, entre otras cosas. En cuanto a cuestiones de cálculo tiene la capacidad de realizar una amplia gama de funciones matemáticas en los datos desde operaciones simples de operaciones matemáticas básicas hasta cálculos muy complejos. Cuenta con propiedades de filtrado de la información en donde se tiene la opción de diseñar un filtro digital de diseño personal, se pueden diseñar filtros de paso bajo, paso alto y eliminador de banda o filtro de paso de banda. La opción de *DataModes* permite elegir entre varios formatos para el graficado de historiales de datos.

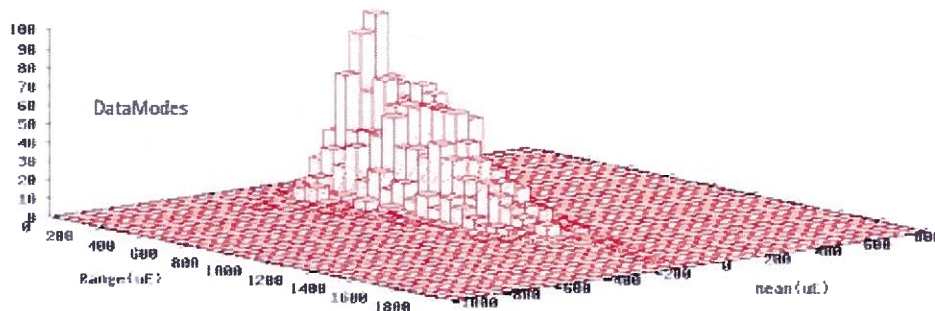


Figura. 4. Representación ilustrativa de gráficos resultantes de DataModes

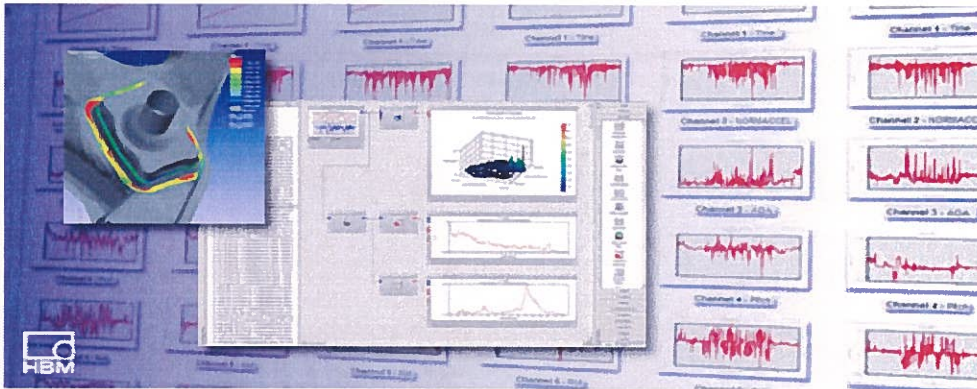


El software nCode de HBM cuenta con varias modalidades para un sin número de aplicaciones, pero en el caso específico de este proyecto el que se pretende utilizar es el módulo de Fatiga y Durabilidad. Este programa provee los recursos para que los ingenieros encargados de realizar las pruebas pueda tomar decisiones acertadas acerca de ingeniería de partes particulares de interés debido a permite realizar análisis rápidos y trabajar de manera colaborativa lo permite optimizar las operaciones de análisis y promover un excelente rendimiento del producto final. Este software cuenta con tres apartados de trabajo principalmente:

GlyphWorks es uno de los sistemas de procesamiento de datos líderes para el análisis de los datos de pruebas de ingeniería. Diseñado para manejar grandes cantidades de datos, GlyphWorks proporciona un entorno gráfico, orientado al proceso. Los usuarios pueden crear un flujo de trabajo de análisis de con solo 'arrastrar y soltar' bloques de construcción de análisis.

Automation es otro de los apartados de nCode que fue desarrollado para mejorar la colaboración profesional en el análisis y la prueba, y para reducir y optimizar los procedimientos de análisis.

DesignLife es el último de los módulos que ofrece nCode el cual es una herramienta de software líder en el mundo para el análisis de fatiga. El sistema proporciona la predicción de vida de fatiga por medio análisis de elementos finitos para el análisis de durabilidad y certificación - antes de la producción de un prototipo.



Pruebas RLDA Navistar

Parte del proceso para la definición de la línea de investigación de este proyecto fue la consulta de información relacionada con la recolección de datos en ruta de pruebas realizadas por Navistar por medio de su centro de tecnología ubicado en Melrose, IL. En estos reportes se especifican los resultados de pruebas realizadas referentes a RLDA así como detalles del proceso para la realización de cada prueba. Lo anterior con la intención de definir de manera estructural el enfoque que se desea especificar para la determinación de la línea de investigación. Por cuestiones prácticas sólo se incluyen dos reportes con parte de la información que contienen, eliminando aquello que se consideró que no era de gran relevancia así como también se omitieron datos confidenciales de la empresa. Esto para ejemplificar de manera ilustrativa el proceso de recolección datos en ruta de los vehículos de carga de la compañía.

NAVISTAR TRUCK DEVELOPMENT & TECHNOLOGY CENTER

Área: Vehículo completo

Modelo: 9000 NGV

Ruta: LH2

Grupo: Motor 12

Compañía: Navistar-TDTC

Palabras Clave: Entrada de aire, inducción de aire, limpiador de aire, LoneStar, polvo.

Fecha: 13/02/2012

REPORTE FINAL

Asunto:

SDA-RLDA para Navistar 13L Diseño del sistema de inducción de aire LoneStar

Objetivo:

Adquirir datos de respuesta necesarios en el diseño 13 L Navistar del sistema de inducción de aire para un LoneStar sobre la vía pública y proveer pruebas de pista para desarrollar rutas vocacionales objetivo LH2 que se correlacionarán con información de CAE y el desarrollo de los archivos del disco/horarios para pruebas de durabilidad ("shaker" y/o el vehículo completo).

Observaciones/ Antecedentes:

Esta prueba consiste en medir las distintas aceleraciones y las tensiones de los componentes bajo el cofre del sistema de inducción de aire (AIS, por sus siglas en inglés) 13 L para LoneStar de Navistar (ver Figura 1R). Estos datos se utilizan para desarrollar una prueba de durabilidad en la pista para validar la capacidad del AIS para resistir la penetración de polvo, y medir el kilometraje equivalente de los diversos componentes durante la prueba.

Un medidor de deformación adicional fue colocado en el anillo de soporte superior. Aunque el foco de la prueba está en los componentes AIS, también se midieron las aceleraciones de otros componentes del vehículo para que puedan ser rastreados durante la prueba.

Materiales/ Número de Parte:

Vehículo de prueba M4043 (ver Figura 2R).

Se utilizó un sistema de adquisición de datos SoMat eDAQ para recopilar datos de los acelerómetros y galgas extensométricas.

Método:

El vehículo estaba equipado con el eDAQ. Se recogió un conjunto de datos (treinta y dos canales). 27 canales para cubrir 9 acelerómetros triaxiales integrados por tres acelerómetros de un solo canal, 2 canales más para acelerómetros uniaxiales y los tres canales restantes para uso de galgas.

Los datos fueron recogidos durante la conducción de rutas preestablecidas por Navistar por rutas de carreteras locales con remolque cargado y en condiciones de remolque vacío.

El historial de datos fue revisado y analizado utilizando el software EASE y métodos estándar y software del grupo de Strength and Durability. La ruta vocacional LH2 se utilizó para procesar los kilometrajes equivalentes.

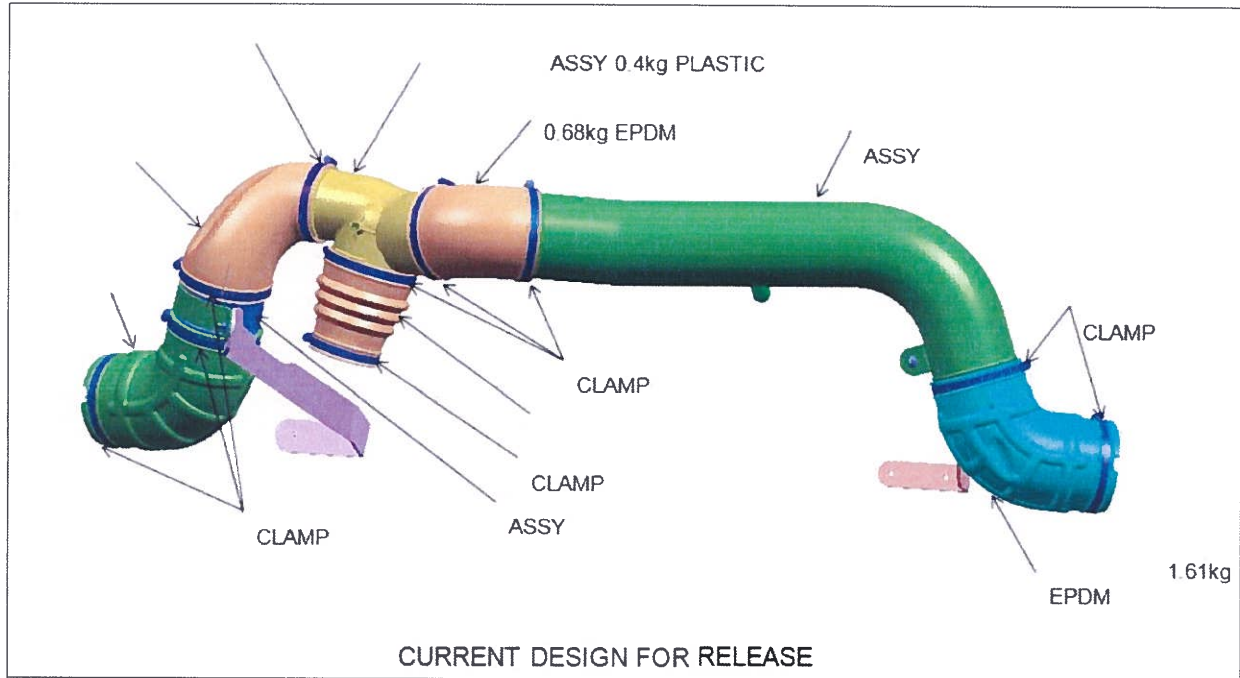


Figura 1R. Diseño de sistema de inducción de aire (se omitieron datos confidenciales).



Figura 2R. Camión de prueba M4043

NAVISTAR TRUCK DEVELOPMENT & TECHNOLOGY CENTER

Área: Strength and Durability - Vehicle Level Testing

Vehículo: LoneStar P4088

Actividad: Adquisición de datos resistencia/durabilidad (Comercial)

Programa: 818

Número de Reporte: 11-34146

Fecha: 24/06/2014

REPORTE FINAL

Asunto:

SDA-RLDA para diseño canadiense del Sistema LoneStar de inducción de aire.

Objetivo:

Adquirir los datos de respuesta necesarias en el diseño canadiense del sistema de inducción de aire LoneStar sobre la vía pública y demostrar las pruebas de pista de tierra para desarrollar los objetivos LH2 de vida profesional que se utilizarán para la correlación CAE, Predicciones basadas en historial de deformaciones (SBLP, por sus siglas en inglés) y el desarrollo de archivos de la unidad/horarios para las pruebas de durabilidad ("Shaker" y/o vehículo completo).

Observaciones/ Antecedentes:

La Adquisición de Datos de Carga en Ruta (RLDA, por sus siglas en inglés) se llevó a cabo del 20 a 23 agosto de 2011. No se usaron galgas extensométricas por lo tanto no se establecieron predicciones basadas en historial de deformaciones.

Equipo de prueba/ Instrumentación:

Treinta y dos acelerómetros (ocho de ellos con configuración triaxial y cuatro con configuración biaxial) se utilizaron con una unidad de adquisición de datos SoMat

eDAQ que se configuró para recolectar datos con una frecuencia de muestreo de 512 Hz y un filtro anti-aliasing de 80 Hz.

Método:

Los acelerómetros se montaron en los tubos de entrada de aire, el chasis, el soporte de la caja de la batería, el escalón, el cofre, el panel trasero de la cabina, el soporte de montaje del silenciador y el radiador (Figuras 3R y 4R).

Se recogieron datos mientras que el camión fue manejado durante los eventos especificados del LH vocacional en Navistar Proving Ground y en la vía pública alrededor de Fort Wayne, Indiana.

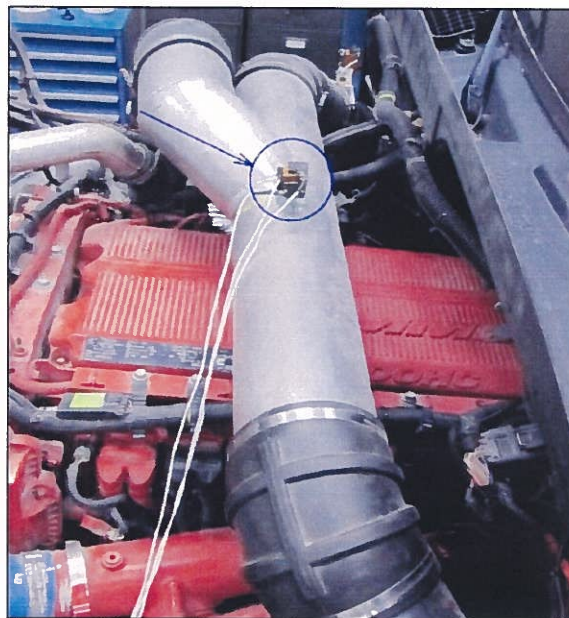


Figura 3R. Tubo de admisión de aire del motor.

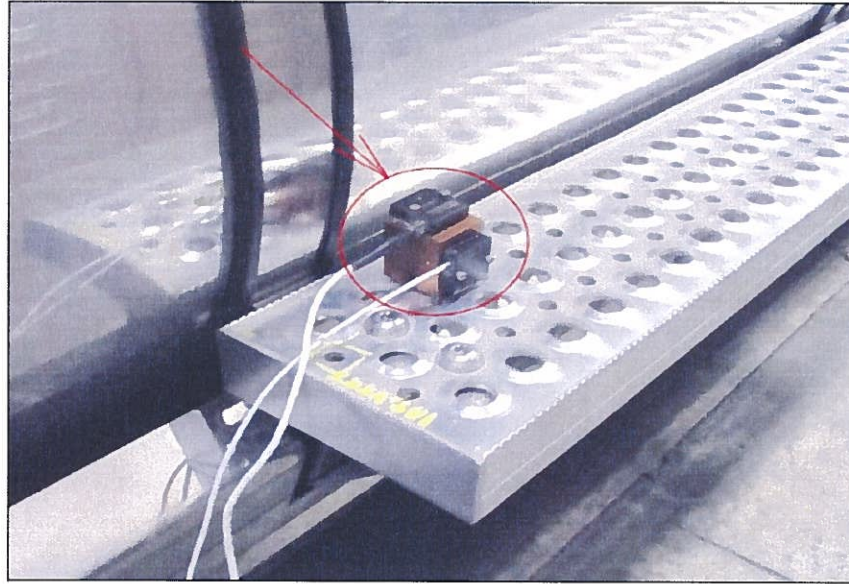


Figura 4R. Escalón de acceso a la cabina.

Conclusión

En conclusión se puede mencionar que por medio de la realización de este documento y como consecuencia de las intensas investigaciones realizadas para llevar a cabo este proyecto para ofrecer una propuesta para la selección de un equipo apto para la implementación en las actividades que comprende este proyecto así como también los sensores necesarios para la recolección de datos concernientes a los estudios RLDA.

Por otro lado, pero sobre el mismo sendero de los objetivos perseguidos, se estableció de manera estructurada una línea de investigación que permitiera visualizar el camino hacia donde se puede implementar este tipo de proyectos y que genera alto valor agregado, así como también se definieron aquellas área de oportunidad que se visualizan con la puesta en marcha de este trabajo de investigación.

Finalmente se exponen, de manera puntual, algunos aspectos que se observaron y se consideraron de relevancia para su consideración como parte de este proyecto:

- De acuerdo a lo visto en práctica, una de las observaciones es que siempre hay que tener en cuenta la correcta instalación de la instrumentación sobre los componentes a estudio, ya que de estos depende el nivel de precisión que tengamos en los resultados de los análisis.
- La tecnología de telemetría es un método factible de crear análisis innovadores, que no solo sirvan para recibir señales sino también para enviar señales y comandos y poder controlar algún dispositivo o maquinaria de riesgo.
- Es posible crear circuitos y dispositivos que transforman un ambiente de análisis de manera remota, esto vuelve más fácil el análisis, reduce tiempos en las pruebas y crea una manera administrativa menos complicada de analizar los datos adquiridos en las pruebas.
- Se observó, que el proceso para realizar una instrumentación completa del camión es una tarea difícil más no imposible y que se le tiene que dedicar un tiempo considerable sobre todo para el procesamiento de la información, ya que al requerir más de noventa canales en el equipo DAQ es mucha la información que se obtienen y es de suma importancia entender la relación que existe entre ellos.

Bibliografía


- Chaimanonart, N. Suster, M.A. Ko, W.H. Young, D.J. "Two-channel data telemetry with remote RF powering for high-performance wireless MEMS strain sensing applications". Proceedings of IEEE Sensors. Volume 2005, 2005, Article number 1597692, Pages 285-288.
- Chwan-Lu, Tseng. Joe-Air, Jiang. "Feasibility study on application of GSM-SMS technology to field data acquisition". Computers and Electronics in Agriculture. Volume 53, Issue 1, August 2006, Pages 45-59.
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). "Articulación De Oferta Y Demanda De Conocimientos Tecnológicos En Areas

De Oportunidad". Ministerio de Educación y Cultura. Dirección Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. pp. 1-4.

- Fan, S. Hu, S. "Real-Time Acquisition System of Wireless Sensor Networks", 5th. International Conference on Computational and information Sciences (ICCIS), Article number 6643351 June, 2013. Pp.1656-1659.
- Kim, I.J. Lee, S. "Development of telemetry data processing program". International Conference on ICT Convergence. 2013, Article number 6675398, Pages 468-473.
- Matthew J. Whelan, Michael V. Gangone, and Kerop D. Janoyan. "Highway Bridge Assessment Using an Adaptive Real-Time Wireless Sensor Network". IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 9, NO. 11, NOVEMBER 2009. Pages 1405, 1413.
- Park J, Mackqy S. "Practical data acquisition for instrumentation and system control". Ed. Newness Elsevier, Burlington, MA, June, 2003.
- Rojas, Francisco. *"Proceso De Identificación De Áreas De Oportunidad."* ¿Cómo Se Hace Un Plan Estratégico?: Modelo De Desarrollo En Una Empresa. 2a ed. Madrid: ESIC Editorial, 2000. Impreso.
- Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO). "¿QUÉ ES UNA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN?". Vicerrectorado Barquisimeto. Unidad Regional de Investigación, UNEXPO Barquisimeto. Consultado en: http://www.dip.bqto.unexpo.edu.ve/DIP-URI/Lineas_investigacion_pasos.html

Anexos

Anexo 1. Hoja de especificaciones de acelerómetro 100 G marca PCB.

Model Number 3741E12100G	DC RESPONSE ACCELEROMETER		
Performance	ENGLISH	SI	
Sensitivity(± 3 %)	40 mV/g	4.08 mV/(m/s ²)	[6]
Measurement Range	± 100 g pk	± 981 m/s ² pk	
Frequency Range(± 3 dB)	0 to 1250 Hz	0 to 1250 Hz	[7]
Frequency Range(± 3 dB)	0 to 2500 Hz	0 to 2500 Hz	[2]
Phase Response(100 Hz)	<10 °	<10 °	
Broadband Resolution(0.5 to 100 Hz)	2.8 mg rms	0.027 m/s ² rms	[2]
Non-Linearity	≤ 1 %	≤ 1 %	[6]
Transverse Sensitivity	≤ 5 %	≤ 5 %	
Environmental			
Overload Limit(Shock)	± 5000 g pk	± 49.050 m/s ² pk	
Temperature Range(Operating)	-65 to 250 °F	-54.0 to 121 °C	
Temperature Range(Storage)	-65 to 250 °F	-54.0 to 121 °C	
Temperature Coefficient of Sensitivity	± 3.0 %	± 3.0 %	[4]
Zero g Offset Temperature Coefficient	± 2.0 % FSO	± 2.0 % FSO	[5][4]
Base Strain Sensitivity(Measured at 250 µε)	.0017 g/µε	.017 (m/s ²)/µε	[2]
Electrical			
Excitation Voltage	6 to 30 VDC	6 to 30 VDC	
Current Consumption	≤ 10 mA	≤ 10 mA	
Output Impedance	≤ 120 Ohm	≤ 120 Ohm	
Offset Voltage(0 g)	± 160 mVDC	± 160 mVDC	[1]
Common Mode Voltage(± 0.1 VDC)	+2.5 VDC	+2.5 VDC	
Spectral Noise(1 to 100 Hz)	400 µg/√Hz	3924 (µm/sec ²)/√Hz	[2]
Electrical Isolation(Case)	>10 ⁸ Ohm	>10 ⁸ Ohm	[3]
Physical			
Housing Material	Anodized Aluminum	Anodized Aluminum	
Sealing	Epoxy	Epoxy	
Size (Height x Length x Width)	0.30 in x 1.00 in x .85 in	7.5 mm x 25.4 mm x 21.6 mm	
Weight(without cable)	0.35 oz	9.92 gm	[2]
Electrical Connector	Integral Cable	Integral Cable	
Electrical Connection Position	Side	Side	
Cable Termination	Pigtail Ends	Pigtail Ends	
Cable Type	010 4-cond Shielded	010 4-cond Shielded	
Cable Length	10 ft	10 ft	
Mounting	Through Holes (2)	Through Holes (2)	
			
<i>All specifications are at room temperature unless otherwise specified. In the interest of constant product improvement, we reserve the right to change specifications without notice.</i>			

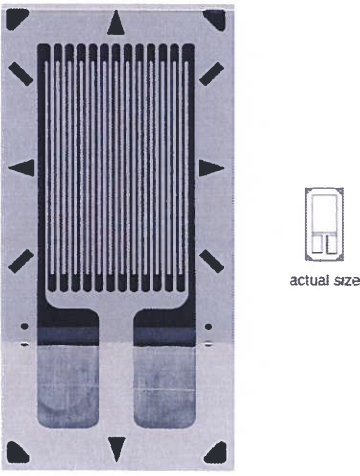
Anexo 2. Hoja de especificaciones de sensor LVDT CLP-200 de 0-11.5" marca Celesco.

Precision Potentiometric Output
Ranges: 0-1 to 0-11.5 inches [0-25 to 0-290 mm]
2.5K – 11.6K ohms • IP65

Specification Summary:

GENERAL	
Full Stroke Ranges	0-1 to 0-11.5 in. (0-25 to 0-290 mm)
Output Signal	voltage divider (potentiometer)
Linearity	± 0.1 to 0.2% full stroke, <i>see ordercode</i>
Repeatability	0.01 mm
Resolution	essentially infinite
Life Expectancy	> 25 million cycles
Operating Speed400 inches (10 M) per second max.
Enclosure Material	aluminum
Sensor	conductive plastic linear potentiometer
Weight	3 - 7 oz. (87 - 197 g.), <i>see ordercode</i>
ELECTRICAL	
Input Resistance	2.5K to 11.6K ohms (±20%), <i>see ordercode</i>
Recommended Maximum Input Voltage	42 VDC
Recommended Operating Wiper Current	< 1µA
ENVIRONMENTAL	
Enclosure Design	IP65
Environmental Sealing	O-ring and felt shaft seal
Operating Temperature	-40° to 212°F
Vibration	up to 10 G's to 2000 Hz maximum

Anexo 3. Hoja de especificaciones de galga extensométrica 350 ohm marca Vishay.

GAGE PATTERN DATA								
			GAGE DESIGNATION	RESISTANCE (OHMS)	OPTIONS AVAILABLE			
			See Note 1		See Note 2			
			CEA-XX-250UW-120	120 ± 0.3%	P2			
			CEA-XX-250UW-175	175 ± 0.3%	P2			
			CEA-XX-250UW-350	350 ± 0.3%	P2			
			CEA-XX-250UW-10C	1000 ± 0.3%	P2			
DESCRIPTION								
General-purpose gage. Exposed solder tab area 0.10 x 0.07 in [2.5 x 1.8mm]. See also 250UN pattern.								
GAGE DIMENSIONS			Legend: ES = Each Section S = Section (S1 = Sec 1)	CP = Complete Pattern M = Matrix	<table border="1"> <tr> <td>inch</td> </tr> <tr> <td>millimeter</td> </tr> </table>		inch	millimeter
inch								
millimeter								
Gage Length	Overall Length	Grid Width	Overall Width	Matrix Length	Matrix Width			
0.250	0.450	0.180	0.180	0.55	0.27			
6.35	11.43	4.57	4.57	14.0	6.9			

Anexo 4. Hoja de especificaciones de celdas de carga de la serie "B" de la Marca Michigan Scientific's.

	TR3D-B-1K	TR3D-B-4K	TR3D-B-16K
Maximum Load Capacity (per channel)	1000 lbs (454 kg)	4000 lbs (1814 kg)	16000 lbs (7257 kg)
Full Scale Load (per channel)	1000 lbs (454 kg)	4000 lbs (1814 kg)	16000 lbs (7257 kg)
Full Scale Output	4.5 mV/V, nominal, all channels		
Sensor	3 four-arm strain gage bridges		
Nonlinearity	0.5% of full scale output		
Hysteresis	0.05% of full scale output		
Repeatability	0.05% of full scale output		
Zero Balance	Within $\pm 10.0\%$ of rated output at zero load		
Temperature Range, Compensated*	75°F to 200°F (24°C to 93°C)		
Temperature Effect on Zero	<0.5% full scale		
Temperature Range, Useable	-40°F to 300°F (-40°C to 149°C)		
Excitation Voltage, Maximum	10V DC or AC rms		
Insulation Resistance, Bridge/Case	Exceeds 5000 M Ω		
Standard cable length (bare leads)	10 ft per channel		
Weight	0.07 lbs (0.03 kg)	0.60 lbs (0.27 kg)	5.00 lbs (2.27 kg)
* Contact factory for other compensated ranges			

Anexo 4-A. Hoja de especificaciones de celdas de carga de la serie "C" de la Marca Michigan Scientific's.

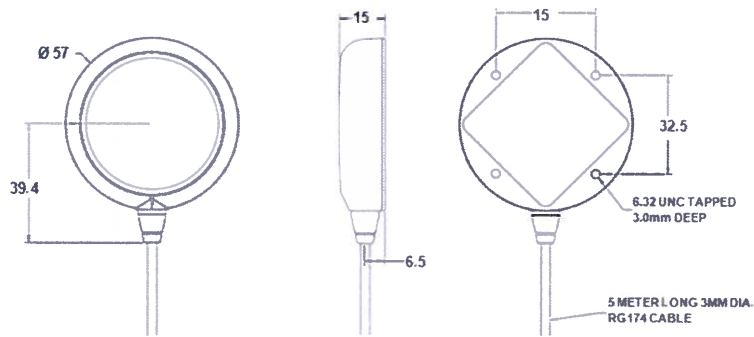
	TR3D-C-10K	TR3D-C-16K	TR3D-C-40K
Maximum Load Capacity (per channel)	10,000 lbs (44,500 N)	16,000 lbs (71,175 N)	40,000 lbs (177,900 N)
Full Scale Load (per channel)	10,000 lbs (44,500 N)	16,000 lbs (71,175 N)	40,000 lbs (177,900 N)
Weight	2.3 lbs (1.0 kg)	4.8 lbs (2.2 kg)	16.5 lbs (7.5 kg)
Fatigue Rating for Single Axis (full scale load)	>10 ⁶ cycles	>10 ⁶ cycles	>10 ⁶ cycles
Full Scale Output	1.5 mV/V, nominal, all channels		
Sensor	3 four-arm strain gage bridges		
Nonlinearity	$\leq 1\%$ of full scale for X and Y axes $\leq 2\%$ of full scale for Z axis		
Hysteresis	<0.05% of full scale output		
Repeatability	<0.05% of full scale output		
Zero Balance	Within $\pm 10.0\%$ of full scale output		
Bridge Resistance	700 Ω nominal Fx & Fy, 1400 Ω nominal Fz		
Temperature Range, Compensated	75°F to 200°F (24°C to 93°C)		
Temperature Effect on Zero	<0.5% full scale		
Temperature Range, Useable	-40°F to 300°F (-40°C to 149°C)		
Excitation Voltage, Maximum	10V DC or AC rms		
Insulation Resistance, Bridge/Case	Exceeds 5000 M Ω		
Standard Cable Length	10 ft (3.05 m) shielded, open-ended leads		

Anexo 5. Hoja de especificaciones de antena para GPS RLACS156 de la marca Racelogic.

Data

	RLACS156	RLVBACS158
Frequency range	1574 – 1606MHz and GLONASS / SBAS / GPSL1	1572.5 – 1578 SBAS / GPSL1
Gain		28dB
LNA Noise		1dB typ
VSWR at LNA input plane		<1.5:1
Supply voltage range	3 to 12V	3 – 10V
Supply current		10mA typ
Cable / Connector	4m SMA-SMA detachable from antenna (RLCAB071-4)	
Operating Temperature	-40°C to +85°C	

Dimensions





ANEXO 4 – RESUMEN FINAL

NOMBRE DEL PROYECTO:

“Monitoreo remoto en tiempo real de vehículos de transporte mediante tecnologías inalámbricas y fusión de sensores”.

NOMBRE DE LA EMPRESA:

Navistar de México S. de R.L. de C.V.

AUTORES:

Héctor Siller Carrillo

Pedro Orta Castañón

Cárdenas Treviño Ricardo

Gallardo Araujo Irving Alonso

Laura Piña

Contenido

Introducción.....	3
Resumen de Investigación.....	4
Estado del Arte.....	4
Vigilancia Tecnológica.....	5
Líneas de Investigación.....	6
Conclusiones.....	7
Recomendaciones.....	8

Introducción.

La industria manufacturera del sector automotriz en el país, está sufriendo uno de los cambios más radicales en las economías mundiales, ya que se está realizando una transición de solo ser parte del sector encargado de la producción de bienes y servicios a la creación de propiedad intelectual que agregue valor, no solo a las operaciones de la empresa o particular que las promueve, sino también al país en general al contar con reconocimiento global de la capacidad de innovación y competitividad.

En este trabajo de investigación se describió de manera estructural y detallada un proyecto estratégico para el desarrollo de innovación tecnológica enfocado a monitoreo remoto en tiempo real de vehículos de transporte mediante tecnologías inalámbricas y fusión de sensores, aplicado a la obtención de datos de ruta para caracterización de rutas específicas. Además, se estableció para dimensionar el desempeño de los vehículos de transporte de personal y de carga, que permita generar diseño de alto valor para unidades distribuidas en México y en el mercado de exportación, que brinde los recursos para adaptar los productos a las necesidades particulares de los clientes locales.

A través de este proyecto, se pretende incentivar la generación de innovación en la industria del transporte, mediante el estudio de obtención de información en tiempo real, de las condiciones de carga y uso de las unidades que circulan por el territorio mexicano. Dicha información servirá como plataforma de diseño de productos con características de valor agregado que logren satisfacer de una mejor manera las necesidades de la industria y específicamente del mercado mexicano, lo que generará un mayor valor y demanda de productos adecuados a las condiciones físicas y ambientales de la región.

De manera estructural en este documento se ofrece el resumen consolidado de las distintas fases de investigación y/o entregables del proyecto en los que se ahondó en temas como investigación del estado del arte de las tecnologías, técnicas y métodos de mayor relevancia para el proceso de recolección de datos en ruta, se realizó una vigilancia tecnológica para visualizar el panorama de propiedad intelectual, así como también se definió la línea de investigación y se detectaron áreas de oportunidad en el mapa de ruta de la innovación en sistemas de monitoreo en tiempo real de unidades de transporte.

Resumen de Investigación.

En este apartado se describe un resumen consolidado de todas las etapas que conforman el proyecto que se ha denominado “Monitoreo remoto en tiempo real de vehículos de transporte mediante tecnologías inalámbricas y fusión de sensores”. En él se describen los puntos de mayor relevancia del estado del arte, el proceso de vigilancia tecnológica y la definición de las líneas de investigación que se atribuyeron a la realización de este trabajo de investigación.

Estado del Arte.

En el documento (Anexo 1-Estado del Arte) se describe de manera genérica la definición de las áreas de oportunidad por medio de las cuales se pretenden los objetivos del proyecto, así como también las líneas de investigación a ser utilizadas para la revisión de las oportunidades y fortalezas del mismo; para esto se realiza un estudio de los distintos productos funcionales aplicables al proyecto, análisis comparativo de las ofertas que se comercializan, además de detalles de avances de reuniones realizadas con proveedores.

Adicionalmente, se describen artículos de investigación que se consultaron referentes a los sistemas RLDA (Road Load Data Acquisition), con la finalidad de justificar las técnicas y la tecnología a implementar en el proyecto, así como crear un panorama de aprendizaje e incrementar la generación de innovación en proyectos del sector transporte. La estructura de este estudio se integra por los antecedentes del proyecto, resumen del mismo y justificación, así como también se adicionan algunos fundamentos teóricos de relevancia, objetivo general y objetivos específicos. Se describe también información del estado de arte relacionado con los sistemas RLDA por medio del análisis de distintas fuentes de información en los que se detallan análisis de artículos de investigación, los componentes de la instrumentación involucrados, tecnologías emergentes, entre otros aspectos. Sobre la misma línea de conocimiento se agregan detalles de pruebas de campo realizadas en las instalaciones de Navistar en Escobedo, N. L. con la intención de incrementar el conocimiento acerca de la recolección de datos en ruta así como de detectar información relevante a tomar en cuenta para la instrumentación y la realización de pruebas.

Como conclusión del reporte del estado del arte se puede apreciar que se cumplió con los objetivos y actividades planteados para la presente etapa, en donde se ofrece una

clasificación detallada por orden de prioridad de los equipos con las mejores características para implementación en este proyecto, así como también las conclusiones acerca del estado del arte de los sistemas de recolección de datos y las tecnologías en desarrollo presentes en la actualidad.

Vigilancia Tecnológica.

En el documento (Anexo 2 - Vigilancia Tecnológica) se describe la vigilancia tecnológica llevada a cabo donde se detallan patentes y tendencias que dan a conocer el estado de los temas importantes referente a RLDA, esto con la finalidad de robustecer la línea de investigación por la que se busca trabajar, así mismo se desea justificar la creación de un nuevo panorama de aprendizaje y desarrollo del proyecto, aplicados al sector transporte. Se incluyen tablas que explican brevemente el contenido y la naturaleza de cada una de las patentes investigadas, así como también gráficas que marcan las tendencias de acuerdo al grado de interés acerca de los temas consultados, como telemetría, sistemas en tiempo real, fusión de sensores, entre otros, con el propósito de tener un mejor conocimiento de las áreas de oportunidad y abarcar el campo de posibilidades de las distintas tecnologías e innovaciones a implementar en el proyecto.

El objetivo general de este trabajo fue realizar una búsqueda de información relevante para la implementación de nuevas tecnologías, utilizando métodos y herramientas que faciliten la búsqueda y ayuden a crear un panorama de aprendizaje accesible para las personas relacionadas con el proyecto.

La investigación se realizó a partir del enfoque del proyecto. El proyecto busca, mediante el uso de nuevas tecnologías, desarrollar estudios que permita analizar cómo afectan las condiciones de uso en carreteras de México a los vehículos automotores para carga y transporte de personal. Los estudios proveerán datos reales que permitan robustecer los nuevos diseños o modificación de vehículos utilizados en el territorio mexicano. Permitiendo así justificar la inversión en innovación y consolidar la información para el diseño y los costos hundidos inherentes al proyecto.

La estructura del documento muestra a detalle las metas, justificación y descripción del proyecto para ayudar a crear una orientación más específica hacia los temas a consultar, cubriendo los aspectos de técnicas, tecnologías y herramientas que facilitarán el desarrollo del proyecto y el cumplimiento de los objetivos planteados. Cabe mencionar que existe un gran

interés en temas de disciplinas de telemetría y telemática, las cuales implican fusión de técnicas de información que ayudan a la adquisición de datos de manera inalámbrica y en tiempo real, por lo que se agrega a este reporte información relevante de estas técnicas.

Las patentes encontradas en relación a temas de telemática y fusión sensorial fueron solicitadas por empresas involucradas en áreas telecomunicaciones, medicina y aviación para la adquisición y transferencia de datos. Por lo que esto ofrece áreas de oportunidad de implementación de tecnologías en vehículos terrestres. Al finalizar las actividades planteadas para la presente etapa, se tienen las bases para continuar con el resto de las actividades programadas y comprometidas, consistentes en la determinación definitiva de las líneas de investigación y elaboración de informe con recomendaciones definitivas para la implementación de sistemas “Road Load Data Acquisition” para el monitoreo de durabilidad y carga en vehículos de transporte en carreteras mexicanas.

Líneas de Investigación

En el documento (Anexo 3 – Líneas de Investigación) se plantean las conclusiones del Estado del Arte y de la Vigilancia Tecnológica de los sistemas RLDA que pueden ser implementados para lograr los objetivos planteados en esta investigación. Asimismo se dan a conocer los equipos de adquisición de datos y los dispositivos seleccionados que son los más aptos para realizar las pruebas y lograr los objetivos del proyecto, teniendo en cuenta la durabilidad, la robustez y la demanda que el proyecto requiere para concluir con las pruebas. Cabe mencionar que el equipo seleccionado cumple con las características de innovación y da oportunidad a desarrollo de tecnologías emergentes posteriores que mejoran la experiencia de recolectar y almacenar los datos, estas tecnologías pueden ser el desarrollo de telemetría, sensores inalámbricos, fusión sensorial, entre otras. Al igual que la definición de un equipo de recolección de datos adecuado para las pruebas que se desean realizar es importante definir de manera adecuada el software a utilizar para las distintas etapas del proceso de adquisición de información relevante para el conocimiento del comportamiento de las distintas partes de los vehículos a ser estudiados. En el mismo Anexo 3 se hace un estudio detallado del software de adquisición de datos y se muestran reportes de estudios previos en otras rutas, que puedan servir como precedente para la realización de la caracterización de rutas en el país mediante los sistemas RLDA seleccionados.

En el documento se describe el análisis que respalda la factibilidad y relevancia vinculada al desarrollo del estudio que permita incrementar la generación de innovación y alto valor agregado en el sector transporte, mediante el estudio de la necesidad de obtención de datos en tiempo real, de las condiciones de carga y uso de las unidades que circulan por el territorio mexicano. Dichos datos servirán como plataforma de diseño para ofrecer productos de alto valor agregado que logren satisfacer las necesidades de la industria y específicamente del mercado mexicano, lo que generará una mayor demanda de productos adecuados a las condiciones físicas y ambientales de la región.

Conclusiones.

Este estudio comprendió la realización de un diagnóstico para la implementación de nuevas prácticas y/o tecnologías, específicamente de monitoreo remoto en tiempo real de vehículos de transporte mediante tecnologías inalámbricas y fusión de sensores, para el diseño o rediseño de componentes automotrices vinculados al sector de los vehículos de carga y transporte de personal. El estudio contemplará el uso de técnicas de recolección de datos en ruta para evaluar el comportamiento de dichos vehículos en el país y poder realizar mejoras de desempeños adaptados a los consumidores locales.

De acuerdo a las tendencias que se investigaron en base a los criterios analizados, se visualiza un auge de interés en los temas relacionados con la transferencia de datos y administración de ellos en los últimos 5 años para el estudio del comportamiento de varios factores. Los resultados obtenidos y los temas que se consultaron con el software Goldfire, concluyen que el mejoramiento de los sistemas y componentes, es basado en historiales de datos, dicha información que se adquiere de pruebas físicas para ser más acertado, esto con la finalidad de justificar el desarrollo de nuevos proyectos e implementación de innovación que complementen funciones actuales.

Por otro lado, se estableció de manera estructurada una línea de investigación que permitirá visualizar el camino hacia donde se puede implementar este proyecto y que genera alto valor agregado, así como también se definieron aquellas área de oportunidad que se visualizan con la puesta en marcha de este trabajo de investigación.

En conclusión, como consecuencia de las investigaciones realizadas se pudo llegar a la determinación adecuada para ofrecer una propuesta para la selección de un equipo apto para la implementación que comprende este proyecto así como también los sensores necesarios para la recolección de datos concernientes a los estudios RLDA en los que se definió que el sistemas de recolección más apto. El equipo que cumple con estas especificaciones es el de HBM (Somat) con configuraciones que requieren de aproximadamente de 80 a 120 canales, según información de reportes proporcionados por el departamento pruebas “Strength and durability” de la empresa Navistar, con módulos y características que se encuentra detalladamente definida en el (Anexo 3 – Líneas de Investigación) en la parte de propuesta de selección de equipo de adquisición de datos. En este documento también se especifican los transductores que se pretende utilizar con sus correspondientes descripciones.

Como resultado del desarrollo de las distintas etapas de este proyecto de investigación, se puede sustentar de manera adecuada el proceso para la implementación de las tecnologías de monitoreo remoto en tiempo real de vehículos de transporte mediante aplicaciones inalámbricas y fusión de sensores. El desarrollo permitirá el diseño o rediseño de componentes automotrices vinculados al sector de los vehículos de carga y transporte de personal, en los que comprende el uso de la técnica de recolección de datos en ruta para evaluar el comportamiento de dichos vehículos en el país y poder realizar mejoras de desempeños adaptados a los consumidores locales.

Recomendaciones.

Como resultado del trabajo realizado, se observaron algunos puntos clave que se deben de tomar en cuenta para la realización de estudios de adquisición de datos en ruta para los vehículos de carga y transporte de personal, entre los que destacan:

- De acuerdo a lo visto en la práctica, una de las observaciones es que siempre hay que tener en cuenta la correcta instalación de la instrumentación sobre los componentes a estudio, ya que de estos depende el nivel de precisión que tengamos en los resultados de los análisis.

- La tecnología de telemetría es un método factible para crear análisis innovadores, que no solo sirvan para recibir señales sino también para enviarlas y poder controlar algún dispositivo o maquinaria que requiere de alto grado de precisión.
- Es posible crear circuitos y dispositivos que transforman un ambiente de análisis de manera remota, esto vuelve más fácil el análisis, reduce tiempos en las pruebas y crea una manera administrativa menos complicada de analizar los datos adquiridos en las pruebas.
- Es muy importante elegir de manera adecuada los módulos de adquisición de datos que se va a utilizar con el equipo para las pruebas RLDA de Somat ya que una vez configurado será muy complicado modificar la organización de los mismos, por lo que adicional a esto es recomendable que se elijan configuraciones con un excedente considerable de canales de entrada para que si en un futuro se pretende agregar factores de prueba sea factible sin problema.
- Acorde a las investigaciones y pruebas de campo que se realizaron es de gran importancia el hecho de realizar los “set up” o configuraciones tanto del equipo de recolección de datos como del software de manera adecuada ya que si esto no se lleva a cabo como lo requiere la prueba se pueden obtener datos erróneos fuera de lo real. Así mismo se tiene que considerar factores como el ruido que se adiciona a las señales que son adquiridas para contar con el acondicionamiento necesario para obtener mediciones sin distorsión.
- También uno de los factores que forma parte importante en las pruebas de recolección de datos son las configuraciones del camión, desde si es uno con doble tanque de combustible, el nivel de llenado de los mismos, si el sistema de escape es horizontal o vertical, el número de ejes, así como también las condiciones del medio ambiente en el que se realizan las pruebas.

Trabajo Futuro

Como se pudo observar en la definición de las líneas de este proyecto, existen diferentes temáticas y/o campos de investigación e innovación en los que se podría implementar monitoreo remoto en tiempo real de vehículos de transporte mediante tecnologías inalámbricas y fusión de sensores. El trabajo siguiente será la adecuación de

los sistemas y su diseño específico, para la ejecución en tiempo real de las pruebas de desempeño de vehículos de transporte en carreteras mexicanas.

También como trabajo proyectado en un futuro está el desarrollo de la vocación por lo que se pretende realizar un análisis detallado identificando rutas principales las principales flotillas en México, tipo de caminos y superficies, porcentaje de uso, cargas, velocidades de operación, etc.

Existe un gran interés en temas de telemetría y telemática, las cuales implican fusión de técnicas de información que ayudan a la adquisición de datos de manera inalámbrica y rápida. Cabe mencionar que la mayoría de las patentes visualizadas en temas de telemática son solicitadas por empresas en relación con telecomunicaciones, medicina y aviación para la adquisición y transferencia de datos, por lo tanto, estas técnicas son una oportunidad de implementación en vehículos terrestres, lo cual ayudará de manera eficiente a conocer el comportamiento y durabilidad de las unidades mediante los datos adquiridos en pruebas de campo.