



Revista Digital La Pasión del Saber

ISSN:2244-7857 / Depósito Legal: ppi200902CA3925

Diseño y construcción de un prototipo de vehículo de exploración tipo rover para inspección remota en espacios confinados o ambientes explosivos.

Gabriela Beatriz, Nieto Sánchez ¹
<https://orcid.org/0009-0002-8607-140X>
Universidad José Antonio Páez
Valencia, Venezuela.

Manuel Alejandro, Tablante Rodríguez²
<https://orcid.org/0009-0004-0077-5997>
Universidad José Antonio Páez
Valencia, Venezuela.

Fredy Barragán Suescún³
<https://orcid.org/0000-0002-8883-7977>
Universidad José Antonio Páez
Valencia, Venezuela.

Recibido: 15-10-2024
Aceptado: 20-11-2024

Resumen.

El presente trabajo de investigación consiste en el diseño y construcción de un vehículo de exploración de tipo Rover, para la realización de inspecciones en espacios que representen un riesgo a la salud e integridad de los inspectores, enfocado en espacios confinados o posiblemente explosivos debido a la presencia de distintos elementos inflamables o reactivos en su atmósfera, para esto, se llevó a cabo un estudio detallado de todos los componentes y elementos que constituyen al Rover de exploración, se realizó un estudio de los esfuerzos mecánicos a los que se verá sometido el prototipo para establecer el material junto con las medidas y geometría que tendrá este, se establecieron las funciones y componentes con los que cuenta el equipo y se analizaron los componentes electrónicos y eléctricos que se utilizan para cumplir estas funciones. El diseño de la investigación es un proyecto especial, puesto que su objetivo principal es la construcción de un prototipo de vehículo de exploración. Además, se tiene un diseño de la investigación de tipo documental y de campo, ya que se recolectaron datos referentes a las necesidades en el área de inspección, trabajando a un nivel de

¹Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad José Antonio Páez. Correo electrónico: gabrielanieto007@gmail.com

²Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad José Antonio Páez. Correo electrónico: manuel.tablante1711@gmail.com

³Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad de Carabobo, PhD. En Educación Correo electrónico: barragan.suescun@gmail.com

investigación de tipo descriptivo. Las estrategias y herramientas utilizadas para recopilar datos incluyeron la observación directa a través de listas de verificación y registros anecdóticos, así como entrevistas estructuradas con el apoyo de libretas de notas y guiones predefinidos. Además, se emplearon herramientas de análisis de datos, revisión documental y otros instrumentos necesarios para lograr los objetivos establecidos

Palabras clave: Vehículo de exploración; Rover; Inspección.

Design and construction of a prototype of rover-type exploration vehicle for remote inspection in confined spaces or explosive environments.

Abstract.

The present research work consists of the design and construction of a Rover-type exploration vehicle, to carry out inspections in spaces that represent a risk to the health and integrity of the inspectors, focused on confined or possibly explosive spaces due to the presence of different flammable or reactive elements in its atmosphere, for this, a detailed study was carried out of all the components and elements that make up the Exploration Rover, a study was carried out of the mechanical stresses to which the prototype will be subjected To establish the material along with the measurements and geometry that it will have, the functions and components that the equipment has were established and the electronic and electrical components that are used to fulfill these functions were analyzed. The research design is a special project, since its main objective is the construction of a prototype exploration vehicle. In addition, there is a documentary and field type research design, since data referring to the needs in the inspection area were collected, working at a descriptive research level. The strategies and tools used to collect data included direct observation through checklists and anecdotal records, as well as structured interviews supported by notebooks and predefined scripts. In addition, data analysis tools, documentary review and other instruments necessary to achieve the established objectives were used.

Keywords: Exploration vehicle; Rover; Inspection.

Introducción.

En la actualidad, los accidentes laborales son un problema de salud pública que afecta a millones de personas en todo el mundo. Según la OIT (Organización Internacional del Trabajo) para el año 2022, se produjeron aproximadamente 250 millones de accidentes laborales; de estos, 360.000 fueron mortales y 160 millones provocaron lesiones no fatales. , estos accidentes pueden tener consecuencias muy graves, en los trabajadores, estos puede ocasionar lesiones moderada como golpes, cortes, contusiones y fracturas, que no comprometen la integridad física de la personas a futuro y lesiones graves, que pueden dar paso dolor crónico, discapacidad e incluso, a invalidez temporal o permanente, además, los accidentes laborales también pueden tener graves consecuencias mentales o psicológicas en la personas, ocasionando secuelas

permanentes, como discapacidad intelectual y síndrome de estrés postraumático, y en ocasiones pueden llevar a la pérdida de la vida.

Existen distintos factores que aumentan el riesgo de accidentes laborales de manera exponencial, entre ellos se pueden encontrar factores como, posibles caídas, manejo de maquinarias pesadas y productos químicos, factores mecánicos como malos montajes, defectos de fábrica o fallas mecánicas, factores ambientales, como la presencia de elementos tóxicos, componentes reactivos, explosivos o inflamables y baja presencia de oxígeno, ya que estos aumentan el riesgos de explosión y afectan la capacidad de respirar del trabajador. Otro factor de gran importancia, es la falta de inspección en los equipos y maquinarias de una empresa. Esta situación puede dar lugar a todo tipo de accidentes en el ambiente laboral, como derrumbes y caídas de los equipos, la explosión de una máquina o exposición de los trabajadores a sustancias tóxicas, y también puede ocasionar enfermedades ocupacionales debido al mal uso o mal estado en el que se encuentren los equipos, máquinas y ambientes laborales.

Los procesos de inspección son un elemento primordial y fundamental en los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, ya que es mediante estos que se identifican las posibles fallas y riesgos existentes en el área de trabajo. También es importante considerar que, ya que el grupo de inspectores se verán expuestos a todos los posibles peligros y fallas que afecten al ambiente laboral en donde deban realizar su trabajo, existe un riesgo de accidentes laborales ocasionados por la misma situación que ellos estén diagnosticando, es por esto que es necesario asegurar la seguridad e integridad del grupo de inspectores para lograr generar una inspección de buena calidad, que permita conocer de manera eficaz y certera las condiciones de trabajo en las que se encuentra la empresa.

Antes de realizar el proceso de inspección, es necesario conocer muy bien todos los factores a considerar para realizar la inspección, el propósito de esta, su alcance, los recursos disponibles, las máquinas, equipos o edificaciones que se deben inspeccionar y los ambientes donde ocurre dicha inspección. Según esto se realiza un análisis de riesgos que permita seleccionar el tipo de inspección más adecuada, sea de inspección visual, inspección con herramientas o una inspección con pruebas de desempeño.

Sin embargo, tras realizar un análisis de todos estos factores, seguirán existiendo situaciones en las que no sea posibles realizar una inspección convencional, generalmente esto se debe a cuestiones de seguridad, como ambientes donde se encuentren elementos tóxicos o radiactivos y ambientes con bajo concentración de oxígeno y por cuestiones de ergonomía y seguridad, como espacios confinados, o de difícil acceso. Es en estas situaciones que se emplean métodos alternativos de inspección, para reducir los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores.

Todo esto lleva a un planteamiento de problema, expresado con la pregunta, ¿De qué forma se pueden realizar inspecciones en espacios confinados o ambientes explosivos sin comprometer la seguridad del inspector y la calidad de la inspección? Se busca la

respuesta a esta pregunta utilizando las tecnologías modernas del área de la robótica, teniendo siempre en cuenta el objetivo general de la investigación: Diseñar y construir un prototipo de vehículo de exploración tipo Rover para realizar inspecciones de manera remota. Para el cumplimiento de este objetivo, se realiza un desglose del mismo en objetivos específicos de menor alcance que permitan el avance progresivo del proyecto, dichos objetivos se presentan a continuación:

1. Diagnosticar la situación actual de la inspección en espacios confinados o explosivos
2. Analizar la información recopilada para establecer las funciones y componentes necesarios para el funcionamiento del Rover de exploración.
3. Seleccionar la mejor alternativa de solución de vehículo tipo Rover exploratorio.
4. Diseñar los elementos que constituyen un prototipo de Rover.
5. Estudiar la viabilidad técnica, operativa, Ambiental y económica del prototipo a construir
6. Construir el prototipo de vehículo de exploración diseñado.

La implementación de vehículos tipo Rover para inspección, a la hora de realizar inspecciones implicaría grandes beneficios, tanto para la empresa, como para la seguridad de los trabajadores, El Rover permitirá a los inspectores realizar inspecciones en entornos peligrosos sin tener que exponerse a riesgos, protegiendo así su integridad física, realizar inspecciones más exactas y precisas, ya que el recorrido que realice el vehículo puede ser grabado y revisado tantas veces sea necesarios para encontrar la falla o problemas que se esté buscando y a la vez reduce el número de personal necesario para realizar una inspección, el trabajo que es realizado por más de una persona, puede ser realizado por una sola máquina.

La utilización de vehículos controlados remotamente para realizar inspección representaría un gran avance tecnológico en el campo de la inspección, ya que esta es una tecnología que permitirá realizar un análisis visual, recopilación de datos sobre los riesgos presentes, análisis de las condiciones ambientales y detección de presencia de distintos elementos en el ambiente mediante la utilización de un solo equipo, estos procesos suelen ser realizados por un grupo de personas y una serie de instrumentos, cada uno específico a una tarea. Un vehículo de exploración tipo Rover permitirá realizar todas estas acciones de manera simultánea y con la utilización de un solo equipo. Si bien, será un equipo de mayor costo al costo individual de las herramientas, es la combinación de estas y la capacidad de realizar sus tareas sin la necesidad de intervención de una persona para más que activarla, que simboliza su valor como tecnología innovadora. A su vez, este representa un beneficio económico para la empresa ya que esta deberá proporcionar un solo equipo para la inspección en lugar de una lista de distintas herramientas para cada trabajo que se busque realizar.

Este proyecto se enfoca en el diseño y construcción de un vehículo de exploración tipo Rover que permita la realización de inspecciones remotas, que cuente con las principales funciones para la realización de inspecciones remotas, en espacio o lugares donde un

equipo de inspectores no pueda trabajar de manera segura, tales como espacios confinados, con poca concentración de oxígeno, o en atmósferas explosivas, se asegurará la calidad y correcto funcionamiento tanto del sistema de desplazamiento del Rover, como de los distintos complementos y las funciones que cada uno de ellos cumple. Al tratarse de un prototipo, la construcción de éste estará sujeta a cambios en el diseño a medida se va desarrollando la investigación y la disponibilidad monetaria con la que se cuente a la hora de seleccionar los componentes y materiales para la construcción

Como antecedentes de esta investigación, se recopilaron proyectos similares a nivel mundial, cada uno de los cuales ofrece una perspectiva única que contribuye a los objetivos planteados. Algunos de estos antecedentes son:

- ✓ Guauque y Molano (2021), quienes realizaron una investigación titulada “Vehículo de reconocimiento de espacios por inspección remota”. en la Universidad de Los Andes, para la obtención del título de Ingeniero mecánico
- ✓ Leal (2021), quien escribe un artículo de investigación titulado “Requerimientos del sistema de control de la información en empresas de inspección de obras de la industria petrolera”, publicada por la Universidad Rafael Beloso Chacín, en la Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología URBE
- ✓ Carrasquilla, Carvajal y Bohórquez (2021), presenta una Investigación titulada “Diseño y construcción de un prototipo a escala de vehículo tipo Rover no tripulado para la siembra, fumigación y transporte de productos agrícolas en terrenos irregulares del corregimiento de Berlín Santander”, en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, para la obtención del título de Ingeniería Mecatrónica.
- ✓ Vargas Solano y Cristian Fabián (2019), con su investigación titulada “Análisis y construcción de un vehículo eléctrico explorador de terreno escala 1:8” realizada en el Instituto tecnológico superior de Oriente, correspondiente al sexto nivel de tecnología mecánica automotriz
- ✓ Finalmente, Castillejo Calle (2019), presenta una investigación bajo el título “Diseño e implementación de un sistema para la gestión de una flota de drones para la inspección de plantas fotovoltaicas”, proyecto de grado realizado para la obtención del título de Máster en Ingeniería Industrial en la Universidad de Sevilla.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se hizo uso de diversas teorías que sustentarán al mismo y se partieron de ellas para poder obtener un diseño óptimo y sustentado bajo estándares académicos y científicos. Entre teorías centrales se presentan

- **Teoría de comunicaciones:** La teoría de las comunicaciones juega un papel fundamental en el diseño, implementación y operación de sistemas a control remoto. Estos sistemas, donde el operador y el dispositivo a controlar se encuentran físicamente separados, dependen de la comunicación eficaz para transmitir información de control, estado y monitoreo. Los componentes clave de esta teoría son: Canal de comunicación, Modulación, Codificación, Sincronización, Control de errores.

- **Cinética molecular:** La teoría cinética de los gases es una explicación física y química que aborda el comportamiento y las propiedades macroscópicas de los gases, incluyendo la ley de los gases ideales, a través de un enfoque estadístico de los procesos moleculares microscópicos. Este marco teórico se basa en los estudios realizados por científicos como Daniel Bernoulli en el siglo XVIII, y Ludwig Boltzmann y James Clerk Maxwell a finales del siglo XIX. Esta disciplina de la física se centra en describir las características térmicas de los gases.
- **Teoría de mantenibilidad:** La relación entre mantenibilidad y el tiempo dedicado a las labores de mantenimiento es esencial para comprender la eficacia y confiabilidad de un sistema. La mantenibilidad se refiere a la facilidad con la que un sistema puede ser mantenido o reparado tras una falla. Cuanto más mantenible sea un sistema, menos tiempo y recursos se necesitarán para llevar a cabo las tareas de mantenimiento. La gráfica de funcionalidad de un sistema muestra la probabilidad de que el sistema esté funcionando correctamente en función del tiempo. El área bajo la curva de esta gráfica representa la disponibilidad del sistema, es decir, el tiempo durante el cual el sistema está operativo.

Entre las demás bases teóricas presentes se encuentran:

- **Mantenimiento industrial:** El mantenimiento industrial es el proceso mediante el cual se llevan a cabo un conjunto de actividades destinadas a mantener, reacondicionar y lograr un óptimo funcionamiento de un componente, equipo o sistema de los distintos espacios de trabajo que componen una instalación industrial. También incluiría los trabajos de revisión necesarios para encontrar todas las posibles fallas existente en los equipo, maquinarias e infraestructura que compongan al área de trabajo de la empresa y los consecuentes trabajos de reparación o cambios de los componentes y equipos que estén presentando fallas o averías.
- **Seguridad laboral:** Cuando se habla de seguridad laboral, se está refiriendo al conjunto de medidas y técnicas utilizadas en los distintos ambientes de trabajo de una empresa, para la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Esta es un área multidisciplinaria relacionada con la seguridad, salud y la calidad de vida de las personas en ocupación. Se trata de un derecho fundamental de los trabajadores y una responsabilidad ineludible de las empresas
- **Inspección:** El proceso de inspección es una serie de técnicas y herramientas utilizadas por las empresas para examinar y diagnosticar las condiciones de operación en las que se encuentra un producto, proceso, equipos o instalación para determinar si este cumple con los requisitos establecidos para asegurar la calidad, seguridad, productividad y cumplimiento de las normas de seguridad.
- **Vehículos de exploración:** Un vehículo de exploración es un tipo de vehículo diseñado para desplazarse por terrenos difíciles o inhóspitos con el fin de

investigar, recolectar datos, realizar estudios y explorar áreas desconocidas. Estos vehículos suelen ser utilizados en diferentes campos, como la exploración espacial, la exploración submarina y la exploración terrestre en entornos extremos,

- **Suspensión:** La suspensión de un vehículo es el sistema que conecta las ruedas al chasis. Está formado por varios componentes, incluidos resortes, amortiguadores, brazos de control y juntas. La suspensión funciona para absorber las irregularidades de la carretera y mantener las ruedas en contacto con el suelo. Esto proporciona una conducción más suave y segura.
- **Sistema de suspensión Rocker-Bogie:** El sistema de suspensión Rocker-Bogie, tiene dos juntas basculantes llamadas Rocker en inglés las cuales están unidas mediante un diferencial. En uno de los extremos de cada brazo basculante existe un elemento que pivota en un punto, el cual es conocido con el nombre de Bogie
- **Microcontroladores:** Los microcontroladores son circuitos constituidos por millares de transistores integrados en un chip, que realiza alguna determinada función de las computadoras electrónicas digitales, usado para distintos propósitos debido a que es programable, estos se componen de RAM, ROM y CPU, tal cual como una PC. Estos son utilizados para el manejo de sensores, controladores, juegos, calculadoras, agendas, avisos lumínicos, secuenciador de luces, entre otros.
- **Ambientes explosivos:** Un ambiente explosivo es un lugar donde hay una atmósfera que podría incendiarse o explotar. Esto podría ser causado por la presencia de gases, vapores, polvos o humos inflamables. Los ambientes explosivos se pueden encontrar en una variedad de industrias, que incluyen: petróleo y gas, química, minería, manufactura y agricultura

En el marco teórico se describirán los enfoques de investigación, así como las estrategias y procedimientos para la recopilación y análisis de datos que se emplearán en el transcurso de este estudio con el propósito de llevar a cabo la investigación presentada y lograr los objetivos establecidos

El paradigma de la investigación es la estrategia general que se utiliza para llevar a cabo una investigación. La presente investigación tendrá un enfoque tecnológico, y debido a esto se recolectarán los datos, sobre los distintos subsistemas que componen el prototipo de un vehículo de exploración tipo Rover, necesarios para la realización del diseño y posterior construcción del prototipo.

Con respecto al tipo de investigación, el presente trabajo representa un proyecto especial, ya que esta investigación tiene como objetivo principal el diseño y construcción de un vehículo de exploración tipo Rover, para ser utilizado durante la realización de inspecciones de manera remota en ambientes y situaciones donde se pueda ver

comprometida la seguridad del inspector, representando una alternativa para los procesos de inspección que busca salvaguardar la integridad física de las personas involucradas en dicho procesos, y a su vez, buscará eliminar los posibles fallos de inspección ocasionados por el error humano, asegurando así, una inspección más rápida, eficaz y exacta.

Hablando del diseño de la investigación, el presente trabajo de investigación presenta las características de una investigación de campo en conjunto con características representativas de una investigación documental, puesto que se recolectarán datos referentes a las especificaciones y funciones con que cuentan los modelos existentes de vehículos de exploración, del mismo modo, se recolectarán datos referentes a las necesidades que existen en el área de inspección y exploración de ambientes confinados y explosivos para determinar la mejor alternativa de prototipo a diseñar.

Con respecto al nivel de la investigación, la presente investigación es de tipo descriptiva, ya que se estudiará y analizará la situación actual en el área de las inspecciones de espacios confinados o explosivos para determinar la problemática existente alrededor de este tema y proponer una alternativa de inspección viables en forma de un vehículo de exploración, una herramienta que permita mejorar las condiciones de seguridad de las personas encargadas de las inspecciones en este tipo de ambientes.

La población de la presente investigación se verá conformada por los vehículos de exploración, no tripulados, especialmente los de tipo Rover existentes, siendo una población del tipo finita y limitada por su particularidad. Siguiendo esta línea, como muestra para el presente trabajo de investigación, se considerarán todos los vehículos de exploración, no tripulados, de tipo Rover, destinados a la realización de inspecciones, sobre estos se realizarán todos los análisis y estudios necesarios para la obtención de las especificaciones necesarios para el diseño de cada uno de los componentes que conformarán un prototipo del Rover de exploración.

Análisis-Disertación/Resultados/Discusión de Resultado

Cuando se realiza un trabajo de inspección es importante conocer y considerar todos los elementos, equipos, máquinas e infraestructuras que a las que se puede exponer un trabajador, para realizar una ponderación de riesgos adecuada, que permita desarrollar un plan de acción conveniente el cual tenga como principales objetivos, la realización de una inspección efectiva y asegurar la integridad física de los trabajadores encargados de realizar la misma, es por esto, que el primer paso a seguir durante esta fase será el estudio de los espacios confinados y/o posiblemente explosivos, para determinar todos los elementos a los que se puede exponer un trabajador y determinar si estos representan un grado de riesgo durante los procesos de inspección. Durante este análisis se encontraron características notables compartidas del espacio confinados y los ambientes explosivos, las mismas se listan a continuación:

- **Presencia de sustancias peligrosas:** Gases como el Metano, propano, butano, etano, acetileno, hidrógeno, óxido de etileno, amoniaco; Vapores provenientes Gasolina, disolventes, alcoholes, acetona, benceno; Líquido Como la Gasolina, diésel, aceites, pinturas, barnices y algunos Sólidos como el Polvo de carbón, aluminio, magnesio, entre otros.
- **Atmósfera inestable:** La concentración de estas sustancias puede generar una atmósfera inestable con riesgo de detonación ante la presencia de un iniciador, como una chispa, una llama o una fuente de calor.
- **Espacios confinados:** En algunos casos, los espacios explosivos pueden coincidir con espacios confinados, lo que agrava el riesgo debido a la dificultad de ventilación y la acumulación de gases.
- **Condiciones cambiantes:** Las condiciones dentro de un espacio explosivo pueden cambiar rápidamente, dificultando la evaluación del riesgo y la toma de medidas de seguridad.

Todos estos representan factores de riesgo para la salud e integridad de los trabajadores e inspectores que se puedan ver expuestos a ellos, estos elementos tienen consecuencias como: Explosiones, Incendios, Envenenamiento, Quemaduras, Ahogo, Caídas, Electrocutión, Atrapamiento.

Continuando con el análisis de todas las variables involucradas en el estudio de espacio explosivos y confinados, se realizó un diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama causa y efecto, para un análisis más elaborado de estas



Figura 1: Diagrama causa y efecto
Fuente: Nieto y Tablante (2024)

Este diagrama resulta de mucha utilidad para el estudio de las causas que están relacionadas con la problemática a resolver en este proyecto, la falta de seguridad a la hora de realizar inspecciones en espacios confinados o ambientes explosivos. Como se puede observar, se encontraron 4 causas principales para este problema, cada uno de ellos descrito en un eslabón. El primer eslabón que se desarrolló habla sobre la incidencia de los errores humanos en la falta de seguridad, enfocando puntos como la falta y desusos de elementos de protección personal y la falta de seguimiento que se le suele dar a los reglamentos de seguridad. Luego, se procede a hablar sobre las fallas que se pueden encontrar en la maquinaria, que comprometen tanto de eficiencia, como la seguridad de los trabajadores que se encuentren cercanos a ellas, en este eslabón se tocaron puntos como las averías en los equipos ocasionadas por fallas mecánicas, fallas eléctricas o de alimentación, las cuales pueden llegar a riesgos físicos ocasionados por fugas de elementos, presencia de escombros o partes de la máquina suelta y posibles riesgos eléctricos.

Luego, tenemos el tercer eslabón, donde se analizan las problemáticas generadas, por las condiciones en las que se encuentra la infraestructura del lugar que se inspeccione, se habla sobre los distintos tipos de terrenos que puedan existir en un espacio y las condiciones en que se encuentre, si existen desniveles o transiciones bruscas entre un material y otro, al igual que el estado de daño que se pueda encontrar a lo largo de todo el lugar. Por último, está el eslabón que habla sobre los peligros generados por el ambiente en el que se trabaja y los elementos presentes en este, se mencionan, riesgos generados por la presencia de elementos químicos que puedan llevar a riesgos de explosión, la falta de oxígeno y la posibilidad de atrapamientos en lugares debido al poco espacio con el que estos cuentan.

Luego de estudiar las variables que engloban los distintos entornos, terrenos y elementos que un vehículo de exploración se podrá encontrar a la hora de realizar inspecciones en ambiente explosivos o espacios confinados, se busca la mejor opción de diseño del vehículo, la cual deberá cumplir con todas las necesidades de funcionalidad que se presentaron. Para esto, se crearon 4 posibles soluciones al problema presentado las cuales fueron evaluadas a través de diferentes restricciones para poder seleccionar la mejor, dichas restricciones son las siguientes.

- **Volumen Total ocupado (R1):** Volumen total reducido, para este proyecto este volumen total se establece en o menor, se distribuirá en las medidas de la siguiente manera: 30,5 x 30,5 x 30,5 cm. (1x1x1ft)
- **Tracción individual en cada rueda (R2):** Tracción en cada una de las ruedas para evitar pérdidas de tracción, por desniveles u obstáculos, que lleven a pérdidas de tracción y posibles atascamientos del vehículo.
- **Superar Obstáculos de 100 mm (R3):** Superar obstáculos con una altura de 100 mm de manera autónoma sin atascarse.

- **Costos de Fabricación (R4):** Evaluar el costo de construcción del Rover de exploración. Esta restricción de costo incluye el presupuesto completo y cualquier aspecto de valor financiero requerido para el proyecto. Se busca que el precio no sea muy elevado.

Una vez determinados los resultados de los criterios, se determinó que la solución número tres era la que contaba con los requisitos para poder ser llevada a cabo. A continuación, se adjunta foto de la solución número tres.

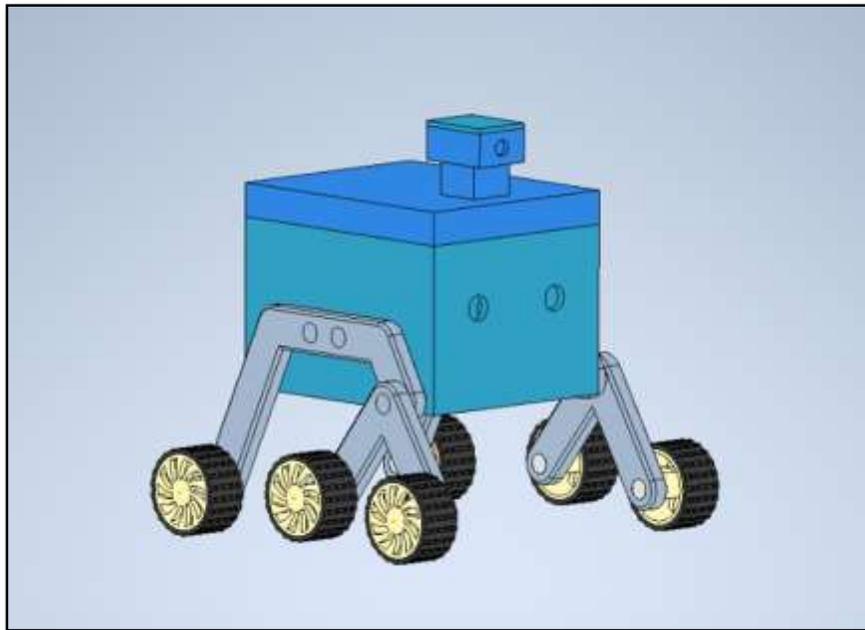


Figura 2: prototipo de vehículo de exploración tipo (PS3).
Fuente: Nieto y Tablante (2024)

Posteriormente se definieron cuáles son las funciones con las que contará el vehículo explorador, estas son algunas de las funciones implementadas en el diseño:

- **Transmisión de datos:** Se debe tener la capacidad de transmitir inalámbricamente los datos recolectados durante los procesos de inspección de los espacios para permitir el análisis de los mismos, por el personal de inspección. Esto se realizará a través de distintas vías de comunicación, como lo será, la transmisión de datos mediante conexión bluetooth y conexión de wifi.
- **Control remoto:** Una de las principales funciones que se han planteado a lo largo del desarrollo de este proyecto, es garantizar la seguridad del personal encargado de realizar las inspecciones, para esto es necesario asegurar que el operario no debe estar dentro del área confinada o explosiva, a esta deberá acceder solo el vehículo. Para esto es necesario que el control del vehículo sea inalámbrico, y a su vez que la recepción de la señal del control cubra una distancia considerable.

- **Prevención de choques:** Es de vital importancia asegurar la integridad estructural del vehículo de exploración, previniendo posibles choques o caídas, para evitar posibles fallas mecánicas o electrónicas, como rupturas, grietas, pérdidas de componentes e inestabilidades mecánicas. Esto se realizará a través de sensores de proximidad, como sensores infrarrojos, que le indiquen al vehículo de la presencia de un obstáculo, generando una parada total, disminución de la velocidad de avance o cambio de dirección.
- **Baterías recargables:** Es importante que el vehículo de exploración tenga un periodo de trabajo que permita realizar inspecciones completas sin necesidad de realizar un cambio de su fuente de poder, en el caso del Rover a diseñar se utilizaran batería recargables que permitan un tiempo de inspección de una a dos horas antes de requerir ser recargadas, de esta manera se evitará grandes cantidades de contaminación al evitar las baterías de uso único y se elimina el riesgo que representaría un motor de combustión en un ambiente explosivo.

En la etapa de diseño final del vehículo explorador partimos desde elegir el material de construcción del vehículo, al ser un prototipo por motivos económicos se definió que el material sería un polímero por lo que consideramos cuatro tipos de polímeros tomando en cuenta sus propiedades mecánicas. Los polímeros considerados son: Acrilonitrilo Estireno Acrilato-nitrilo (ASA), Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), Poliuretano termoplástico (TPU), Nylon.

Posterior a seleccionar los posibles materiales, a través de una matriz de priorización se selecciona cual es el material ideal para la construcción del vehículo. Obteniendo que, el material más adecuado para la construcción de este prototipo es el Acrilonitrilo Estireno Acrilato-nitrilo (ASA).

Tras la selección del material, se comienza con el diseño de las piezas que componen la carrocería del vehículo, para esto se toman en cuenta las cargas a las que se verán sometidos las partes que componen la suspensión y los puntos de fijación entre piezas, dichas cargas se exponen en el siguiente diagrama.

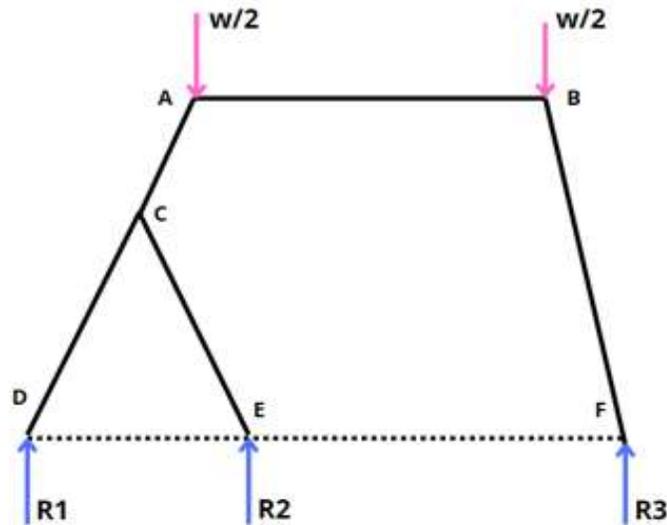


Figura 3: Distribución de cargas en la suspensión.
 Fuente: Nieto y Tablante (2024)

Tabla 1

Cargas en cada uno de los puntos de la suspensión.

Punto	Fuerza
A	13.66 N
B	12.8N
C	13.66 N
D	7.64 N
E	7.64 N
F	12.26N

Fuente: Nieto y Tablante (2024)

Tomando en cuenta estas cargas, y teniendo el diseño de las piezas finales, se realiza un análisis de tensiones al ensamble del vehículo armas, para encontrar los posibles puntos críticos del vehículo, donde se podrían generar posibles fallas.

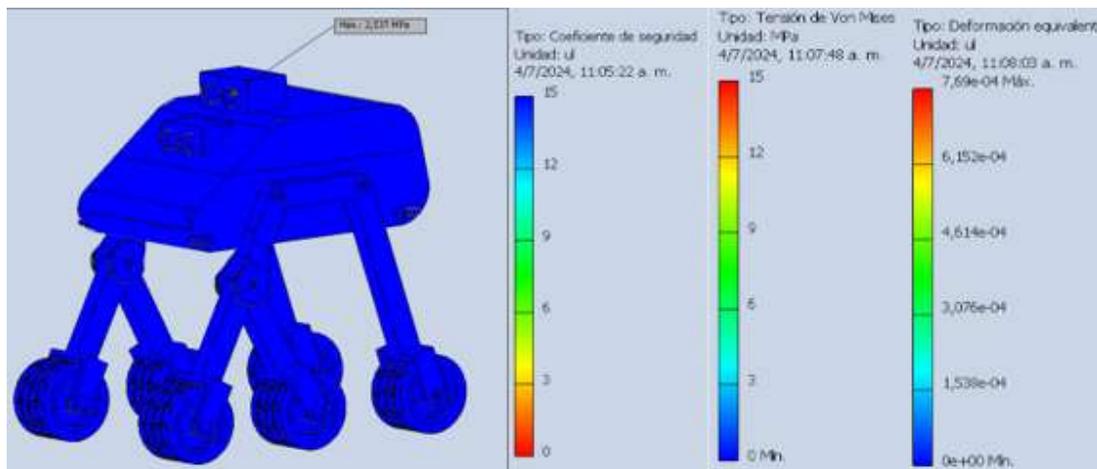


Figura 4: Distribución de esfuerzos en el vehículo.
Fuente: Nieto y Tablante (2024)

Tras completar el diseño del vehículo, se pueden observar los beneficios del prototipo desde el punto de vista de viabilidad operativa, la viabilidad técnica del mismo para la implementación del prototipo en la industria y el impacto ambiental generado por el prototipo. La viabilidad técnica se define como la capacidad de realizar un proyecto utilizando tecnologías y recursos disponibles actualmente. Siguiendo este orden de ideas el vehículo explorador de espacios confinados cumple con la viabilidad técnica ya que realiza inspecciones de manera remota, usando materiales electrónicos de fácil acceso en el mercado dentro de un diseño de construcción sencilla constituido por materiales poliméricos.

Tomando en cuenta la viabilidad social el proyecto es aceptado e incluido en la comunidad donde se desea implementar el cual es el sector industrial ya que se reduce el riesgo del uso de personal humano para inspecciones que representan un riesgo evidente para los inspectores y aseguran la zona previa a la inspección personal humana. A pesar del impacto ambiental que tiene el vehículo debido a los materiales que lo componen estructuralmente como polímeros o los componentes electrónicos que posee es un proyecto de igual manera factible debido a que no representa un alto nivel de contaminación.

Este proyecto es factible debido a que, a pesar de la envergadura del mismo, tomando en cuenta todos los sectores industriales a los que va destinado y todos los objetivos que se plantea alcanzar, conseguimos un costo de producción de aproximadamente 600 USD, cuando en el mercado actual un vehículo con estas características puede sobrepasar los 1500 USD.

Una vez culminado el proceso de diseño en 3D de todas las piezas que constituyen al Rover, el siguiente paso de la construcción, fue la impresión en 3D de todas las piezas necesarias para el ensamble del vehículo. Una vez obtenidas y lijadas todas las piezas, el siguiente paso en la construcción fue el pre ensamble de las mismas. Una vez se comprobó la efectividad del ensamble del Rover, se procedió a realizar las pruebas y

adaptaciones necesarias en los componentes electrónicos con los que contará el vehículo. Se realizaron las pruebas de programación para obtener los códigos necesarios para el funcionamiento del equipo y se realizaron las pruebas de funcionamiento en cada uno de los componentes. Una vez se han ensamblado todos los componentes electrónicos en el vehículo y comprobado su correcto funcionamiento y tras haber realizado de manera exitosa todas las pruebas de avance y control realizadas, se procedió a realizar el ensamble final del vehículo.



Figura 5: Ensamble final del vehículo.
Fuente: Nieto y Tablante (2024)

Conclusiones.

Como primera conclusión se tiene que, una vez analizada la situación en el área de inspección de ambientes confinados y explosivos se comprendió cuáles son las necesidades a las que se debía prestar mayor atención para mejorar en esta área. A su vez se realizó un estudio de los métodos y procesos utilizados para la inspección de espacios confinados o explosivos, junto con las herramientas y equipos utilizados para realizarlas de manera eficaz.

Al finalizar con el análisis de los datos recolectados en la fase anterior y establecido cuál será el área de inspección, se determinó cual es la gravedad e importancia de las necesidades a resolver, permitiéndonos así brindar cierta prioridad a ciertas necesidades sobre otras y de esta manera poder ofrecer alternativas de componentes para el vehículo que satisfagan dichas necesidades.

Por otra parte, se determinaron todas las alternativas de funciones y componentes para el vehículo, tomando en cuenta la prioridad de necesidades hecha previamente se seleccionó la combinación de componentes que represente la solución más eficaz para la problemática planteada.

Tras la elección de todos los componentes y funciones necesarios para satisfacer los requisitos establecidos, se inició la etapa de diseño de cada uno de los elementos que formarán parte del prototipo. Durante este proceso, se seleccionaron las partes electrónicas y mecánicas requeridas para llevar a cabo las funciones específicas, se definieron las dimensiones, la disposición de las piezas y los materiales a utilizar en su construcción. Con base en todas estas especificaciones, se procedió a elaborar el diseño del prototipo.

Siguiendo con el desarrollo del proyecto, al culminar la fase de diseño, se llevaron a cabo análisis de viabilidad para evaluar si el diseño del vehículo es el adecuado. Este análisis abarcó diversas áreas, como las implicaciones técnicas, operativas, ambientales y económicas del diseño.

Por último, tras definir todas las funciones con las que cuenta el vehículo y verificado su viabilidad, se procedió a realizar la construcción del prototipo, realizando la impresión en 3D de todas las piezas constitutivas del modelo y posterior instalación de todos los componentes electrónicos que se necesitan para cumplir sus funciones, una vez terminada la construcción con un costo de 446 US \$, se realizaron una serie de pruebas para verificar el correcto funcionamiento del vehículo.

Referencias.

- Carvajal, Bohórquez, Carrasquilla, (2021). Diseño y construcción de un prototipo a escala de vehículo tipo Rover no tripulado para la siembra, fumigación y transporte de productos agrícolas en terrenos irregulares del corregimiento de Berlín Santander. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/14232>
- Castillejo, (2019), Diseño e implementación de un sistema para la gestión de una flota de drones para la inspección de plantas fotovoltaicas, Universidad de Sevilla, Recuperado de: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/95011/TFM-1578-CASTILLEJO%20CALLE.pdf?Sequence=1&isallowed=y>
- Leal (2021), Requerimientos del sistema de control de la información en empresas de inspección de obras de la industria petrolera, la Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología URBE.
- Gauque, Molano (2022), vehículo de reconocimiento de espacios por inspección REMOTA, Universidad de los Andes
- Vargas Solano (2019), análisis y construcción de un vehículo eléctrico explorador de terreno escala 1:8, Instituto Tecnológico superior del oriente Recuperado de: <https://www.studocu.com/ec/document/instituto-tecnologico-superior-oriente/matematica/tesis-carro-explorador-corregido>