

# **Diseño de un Vehículo Guiado Autónomo a partir de un trabajo interdisciplinario**

**Beatriz Liliana Gómez Gómez**

Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia, beatriz.gomez@usbmed.edu.co

**Gustavo Adolfo Meneses Benavides**

Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia, gustavo.meneses@usbmed.edu.co

## **RESUMEN**

A partir de la actividad de los semilleros de investigación en Gestión y Desarrollo Industrial y Robótica Móvil de la Universidad de San Buenaventura en Medellín, se viene desarrollando un prototipo de vehículo guiado autónomo, que permite la caracterización, categorización, georeferenciación y ubicación de libros en un ambiente controlado, para su posterior utilización en la Biblioteca de la Universidad, donde se encuentra una oportunidad para desarrollar un proceso de optimización con la utilización del prototipo. Durante el desarrollo del mismo, es necesario pasar por las siguientes etapas: establecimiento de la fundamentación teórica, definición de los requerimientos de diseño que permitan la fabricación del prototipo, selección de materiales según las condiciones físicas y mecánicas del mismo, análisis de características técnicas del brazo robótico, definición de los procesos metodológicos de la ingeniería del software para dar solución a los requerimientos de ruta óptima y finalmente la realización de pruebas piloto para el análisis de resultados.

**Palabras claves:** Vehículo guiado autónomo, brazo robótico, biblioteca, prototipo, Identificación por Radiofrecuencia

## **ABSTRACT**

As a result of the activities of student research groups in Management and Industrial Development and Mobile Robotics at the University of San Buenaventura in Medellin, it has been developed a prototype of an autonomous guided vehicle, which allows the characterization, classification, georeferencing and placement of books within a controlled-conditions environment for later implementation in the University Library, where there is an opportunity to optimize a process by using the prototype. During this development process, it is necessary to go through the following stages: establishing the theoretical foundations, definition of the design requirements that enable the manufacture of the prototype, materials selection according to physical and mechanical conditions, technical analysis of the robotic arm, definition of the methodological processes of software engineering to solve the optimal route requirements and finally the pilot testing for the analysis of results.

**Keywords:** Autonomous guided vehicle, robotic arm, library, prototype, Radiofrequency Identification

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la Universidad de San Buenaventura, la investigación se desarrolla y fomenta bajo las modalidades de investigación formativa, investigación básica e investigación aplicada. La investigación formativa, incorpora en las actividades de formación, procesos que desarrollan actitudes, capacidades y operaciones intelectuales de inferencia, deducción y elaboración de conceptos en los estudiantes.

Los semilleros de investigación han venido creciendo y se han ido fortaleciendo dentro de la Facultad de Ingenierías, siguiendo este principio de funcionamiento, se busca incorporar en sus actividades a los estudiantes para que durante su formación desarrollen tareas propias de la investigación de forma autónoma y a través del

desarrollo de proyectos de investigación. Tomando el caso particular del vehículo de guiado autónomo, la idea surgió a raíz de un proyecto elaborado con una empresa española de automatización y logística Interna, ASTI (Automatismos y Sistemas de Transporte Interno, ASTI, 2011), quien presenta en su portafolio de servicios, la venta de AGV's para todo tipo de industria. Se comenzó estudiando las diferentes temáticas que desde la logística interna se pueden trabajar como son, almacenes automatizados; líneas de transporte y montaje (de cadena, de rodillos, banda, etc.), Transferencia de material: transbordadores, carros transfer, lanzaderas, elevadores; almacenes automatizados: cabeceras de almacén, *miniload*, estanterías de *picking* y móviles, armarios automáticos; Líneas de preparación de pedidos y finales de línea: maquinaria de embalaje, *sorter* o sistemas de clasificación de pedidos, etiquetado automático, integración de equipos de visión artificial; Vehículos de guiado automático (AVG's); Sistemas de Identificación: código de barras, Radiofrecuencia (RFID- Radio Frequency IDentification) Datamarix; etc.

Desde allí surgió el interés en desarrollar un prototipo de vehículo autónomo que permitiera un proceso de aprendizaje de las diferentes modalidades y aplicaciones de dichos vehículos. Es así como los estudiantes de ingeniería industrial y de electrónica, interesados en la logística interna de las empresas y la manera de automatizar y optimizar dichos procesos, comenzaron a idear un prototipo de vehículo que permita la ubicación de libros en un ambiente controlado que genere las condiciones necesarias para evaluar el adecuado funcionamiento y desarrollo y que tiene como fin el de transportar, reconocer, identificar y ubicar un libro en una lugar designado, apoyado en tecnología de radiofrecuencia. El objetivo del proyecto consiste en diseñar e implementar un modelo de vehículo guiado autónomo, apoyado en tecnología de radiofrecuencia, representando un proceso industrial de almacenaje. Para cumplir con este objetivo, se deben diseñar los elementos mecánicos del AGV, diseñar e implementar un brazo robótico, definir las especificaciones del ambiente controlado en el que navegará el vehículo, definir la tecnología de identificación por radiofrecuencia. Posteriormente se estructurará el programa de codificación de datos para el manejo de información así como el diseño e implementación de un aplicativo de software para la interacción entre el sistema operativo de PC y el Vehículo de guiado autónomo.

Las variables que se caracterizaron fueron el espacio físico, el peso y las dimensiones de cada ejemplar, información sugerida por los Sistemas Integrados de Automatización de Bibliotecas SIGB, la posición geográfica, entre otras. Se busca por medio del prototipo, establecer procesos logísticos que permitan optimizar la tarea de ubicación de libros y la implementación de dispositivos electrónicos que permitan identificar cada libro y asociar la información obtenida de cada uno de ellos. La sistematización de la información permitirá agrupar todos los datos de referencia para cada libro, establecer rutas óptimas para la recolección, almacenamiento y entrega del ejemplar seleccionado.

## 1.1 SISTEMAS AGV'S

Para hacer los procesos cada vez más eficientes y productivos es necesario el desarrollo de tecnologías que permitan aumentar la velocidad de los flujos de materiales en los procesos de transporte. Los AGV's son una respuesta a estos requerimientos. Un AGV (Autonomous Guided Vehicle) es un vehículo de guiado autónomo, lo que quiere decir que no se necesita de una persona para conducir el vehículo (Gómez, 2010).

*“Estos vehículos disponen de distintos sistemas de guiado y de un complejo sistema de control y gestión, que permite diferenciar dos grandes grupos: aquellos cuyo sistema de gestión y control no comunica con el entorno donde se mueven, es decir, son autónomos y el sistema sólo gestiona la flota de vehículos haciéndolos trabajar de forma automática y sin interactuar con el entorno; o sistemas de AGV complejos, en los que las comunicaciones fluidas con el entorno son habituales y fundamentales, ya que a través de estas comunicaciones se gestionan los ordenes de los vehículos y los movimientos a realizar en todo momento, comunicando con los sistemas de manutención de planta, puertas automáticas, almacenes automáticos, así como el software de gestión de la compañía ya sea un ERP, un SGA, etc.”* como se puede ver en (Automatismos y Sistemas de Transporte Interno, ASTI)

## 1.2 IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA RFID

Según (Chaparro, 2011) RFID es una tecnología que lleva mucho tiempo desarrollándose, pero solo en los últimos años se ha venido aprovechando su potencial para identificar los productos y facilitar los procesos logísticos, en los que participan empresas manufactureras y empresas dedicadas a la comercialización y venta de bienes de consumo. La tecnología de RFID es una gran herramienta para el trabajo en el desarrollo de las mejoras en los procesos logísticos principalmente obteniendo un buen control de las ubicaciones de la mercancía dentro de las bodegas de la compañía como también su buena información acerca del estado en el inventario y sus características. La recolección de datos y de información de toda una bodega es en tiempo real y basta con realizar la verificación de la mercancía por las emisiones de la frecuencia de los *Tags* o etiquetas. Con un lector se leen los datos almacenados en la etiqueta, en un computador se realiza el trabajo con los datos que se han recopilado.

El manejo de la información en una compañía es la base para realizar los seguimientos a los procesos generando indicadores que nos presenten información clara y precisa con la manipulación de los diferentes modelos y métodos que se prestan a nivel de las organizaciones como sistemas de información; nada mejor que el manejo de esta información como inventarios, modelos de almacenamiento, tiempos de recorridos en los transportes dentro de la empresa y otros en tiempos reales, obtener información de forma eficiente tanto en rapidez como de veracidad es lo que ofrecen los tipos de tecnología como el RFID.

## 1.3 SISTEMA DECIMAL DEWEY

A nivel internacional se utiliza el “Sistema Decimal Dewey” para la clasificación de los libros, en cualquier biblioteca por pequeña que esta sea. Este sistema divide todos los libros en 10 grandes grupos de acuerdo con los temas generales, después da a cada libro su propio número, para saber exactamente el punto que le correspondía dentro del grupo. Se escogieron estos grupos imaginándose las preguntas que el hombre de las cavernas se pudo haber hecho sobre si mismo y sobre el mundo que lo rodea. Los dígitos de codificación van desde 000 hasta 999 y su modo de utilización es de forma general a nivel mundial (Vega, 2010). Tomando como referencia este método de codificación y sus características básicas, se puede comenzar el proceso de programación de los TAG’s, para el sistema RFID.

## 2. METODOLOGÍA

El proyecto tiene contempladas las siguientes fases, como se observa en la figura 1:

**FASE 1: Levantamiento de Requerimientos.** En esta fase se realizan actividades como el levantamiento de requerimientos y marco teórico conceptual sobre Vehículos de Guiado Autónomo VGA, levantamiento de estado del arte sobre Vehículos de Guiado Autónomo VGA, análisis de los requerimientos de diseño para los dispositivos de navegación del VGA, revisión dimensiones y configuración general del VGA, Selección y consecución de materiales y gestión y documentación de este proceso.

**FASE 2: Diseño e Implementación de la Arquitectura de Hardware AGV:** las actividades en esta fase son: Diseño e Implementación de los circuitos ligados a los sensores, diseño e Implementación del mecanismo para la sujeción y ubicación de los libros (Estructura cartesiana + *gripper* o pinza de agarre), diseño e Implementación de elementos mecánicos anexos del VGA, diseño e Implementación del sistema de navegación, diseño e Implementación del Ambiente Controlado, Integración de los subsistemas electrónicos.

**FASE 3: Ingeniería del Software Aplicativo AGV**

La metodología para el diseño e implementación del dispositivo AGV en lo referente a la ingeniería del software, consiste en una adecuación del modelo en espiral presentada por Barry W. Boehm (Boehm, 2002), haciendo especial énfasis en el desarrollo por prototipos y de una adecuada gestión de riesgos asociados al proyecto de software y hardware. Las fases metodológicas propias de la ingeniería del software son: comunicación con los

usuarios, análisis y gestión de riesgos, planificación, ingeniería (Análisis, Diseño, Programación, Pruebas), evaluación y validación de prototipos e implantación.

FASE 4: Georeferenciación, en esta fase se realizan el levantamiento cartográfico del área de desplazamiento, la definición del sistema de georeferenciación y el montaje y documentación de la base de datos para las pruebas de funcionamiento e implementación del sistema en el prototipo.

FASE 5: Documentación total de proceso. Siendo un trabajo de los semilleros, se considera fundamental esta fase, donde los estudiantes dejen evidenciado todo el conocimiento adquirido durante el desarrollo de todo el proyecto.



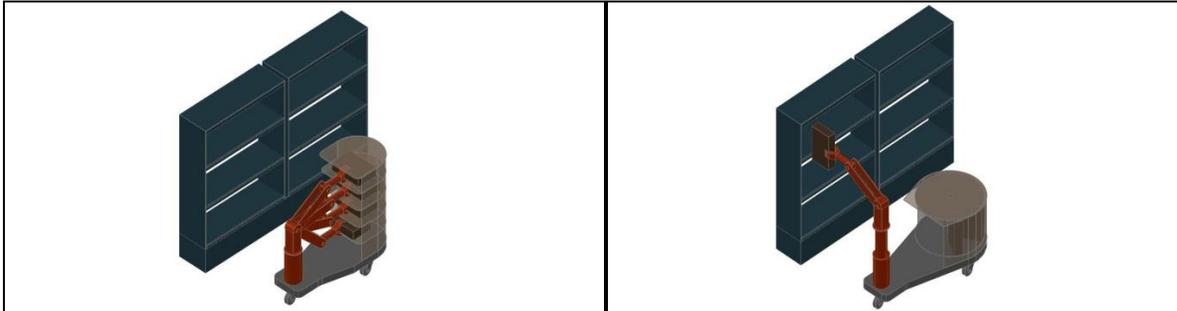
**Figura 1. Fases del Proyecto**

### **3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

Los estudiantes del semillero de investigación, junto con los docentes a cargo de los semilleros, al momento de establecer las posibles variables al inicio del proyecto, consideraron los libros de referencia en la Biblioteca Jorge Vélez Ochoa de la Universidad de San Buenaventura, como se puede observar en la Figura 2, siendo este el lugar indicado para probar el funcionamiento del prototipo como se ideó originalmente. A partir de ésta concepción y la caracterización física de los ejemplares seleccionados hasta este punto, se realizaron los planos con la intención de ilustrar el ambiente y la distribución de los recursos. De esta forma se propusieron unos diseños iniciales que se observan en la figura 3, que permitieron plantear unos recorridos y diseños óptimos, con la funcionalidad indicada de acuerdo a las necesidades del caso.

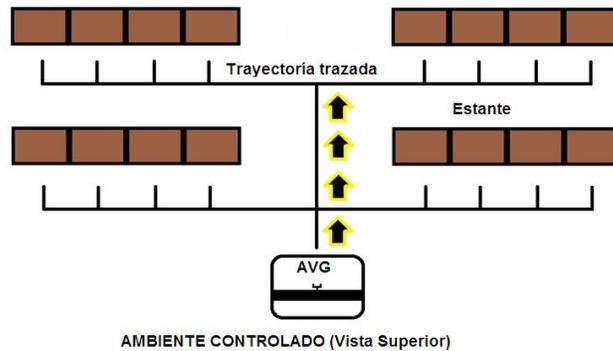


**Figura 2: Movimiento del AGV en la Biblioteca Jorge Vélez Ochoa**



**Figura 3. Diseños iniciales del brazo robótico.**

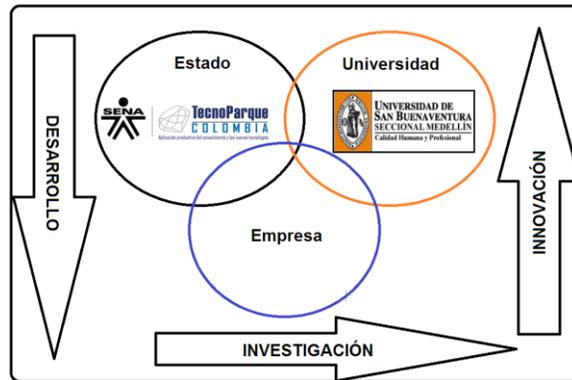
Dada la remodelación de la Biblioteca Jorge Vélez Ochoa, se generó la necesidad de proponer un ambiente controlado para dar continuidad al proyecto y como estrategia para evaluar el adecuado funcionamiento y desarrollo del prototipo. Luego de plantear diseños con brazos de movimiento rotacional, se diseñó un brazo con estructura cartesiana que permite movimientos en los ejes “x” e “y”, más uno de profundidad que le permite llegar hasta el punto exacto de ubicación del libro. Al momento se cuenta con prototipos de prueba en pro de identificar las mejores posibilidades para el prototipo final que se ha de probar en el ambiente controlado antes mencionado.



**Figura 4. Ambiente controlado para realizar pruebas sobre el AGV.**

#### 4. ACOMPAÑAMIENTO CON UNA AGENCIA EXTERNA

En Colombia uno de los problemas tradicionales para la investigación y la innovación ha sido la precariedad del diálogo y de las relaciones entre tres instancias claves para el desarrollo del país: La Universidad, las Empresas y el Estado. Esta falta de articulación solo se ha venido mejorando de manera paulatina a partir de esfuerzos de algunas instituciones de educación universitaria, pero aún no se manifiesta como una fortaleza o una característica propia del sistema de investigación e innovación nacional. La Universidad de San Buenaventura Seccional Medellín no ha sido ajena a este tipo de dificultades y por esta razón apuesta ahora, con base en la planeación estratégica y a la visión de prospectiva de sus entes rectores, a la integración de estas tres instancias en algunos de sus proyectos de investigación. Es así como a partir de la ejecución del proyecto del Vehículo Autónomo Guiado, el cual es financiado en esta fase inicial por la Dirección de Investigaciones de la Universidad, se ha logrado establecer hasta el momento un diálogo y un trabajo conjunto con un ente del orden estatal y se proyecta a futuro establecer vínculos con el sector productivo para avanzar hacia nuevas posibilidades y esferas de actuación para el desarrollo que se está realizando.



**Figura 5: Enlazando el proceso de I+D+I a partir de una triple interacción**

Dentro de proceso de diseño, pruebas y construcción del Vehículo Guiado Autónomo se ha utilizado la asesoría y acompañamiento del Nodo Medellín de TecnoParque Colombia (SENA,2010), una entidad adscrita al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Este nodo tiene por objeto acompañar a los talentos provenientes del público general (como innovadores, emprendedores, inventores y otros) y a aquellos que provienen de instituciones de enseñanza como, por ejemplo, las universidades para adelantar procesos de implementación, diseño, estudio, planeación, etc., relativos a sus proyectos con componentes de innovación, adaptación e integración tecnológica.



**Figura 6: Frentes tecnológicos que actualmente se abordan desde TecnoParque**

Basados en algunos aspectos de la concepción misional de esta entidad podemos decir que:

1. La Red de Tecnoparque Colombia apoya desarrollo de proyectos productivos de I+D+i , que apuntan a mejorar la competitividad de los sectores de clase mundial con alto potencial de impulsar el crecimiento económico en los próximos años.
2. Los proyectos desarrollados en la Red TecnoParque Colombia a través de los talentos deben ser proyectos de Investigación Aplicada, Desarrollo Tecnológico o Ingeniería, deben tener alto Potencial Innovador-Tecnológico y también solucionar una Problemática real del sector productivo-empresarial
3. La operación de la red de TecnoParque se desarrolla a través de nodos, adscritos a un Centro de Formación de la regional donde se encuentren ubicados. El recurso humano de la planta de personal y los contratistas que requiera TecnoParque para su funcionamiento, están a cargo del Centro de Formación al cual esté adscrito.

El Tecnoparque pone a disposición de los talentos sus instalaciones, al igual que sus asesores o “gestores de líneas tecnológicas” para proveer no solo apoyo instrumental a partir del uso de dispositivos y equipos, sino también entregar apoyo desde el punto de vista técnico y metodológico para la realización de los proyectos. A partir de la inscripción del proyecto AGV en el Tecnoparque y de la asistencia de los docentes y estudiantes de los programas de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Industrial a las asesorías y a las sesiones de trabajo programadas, se ha avanzado en la construcción de los documentos requeridos por esta entidad para verificar el seguimiento de su metodología para el acompañamiento y materialización del proyecto. También en el aspecto técnico se ha avanzado en las fases de diseño, simulación y fabricación de elementos ligados al proyecto como tarjetas electrónicas y piezas de prueba de la estructura mecánica del vehículo autónomo guiado.

Cuando se acuerda entre el Tecnoparque y los talentos realizar un proyecto con el acompañamiento y asesoría de esta entidad, se formaliza un acuerdo para que no surjan conflictos en cuanto a los aspectos de propiedad intelectual, confidencialidad y manejo de la información. A cambio de sus servicios Tecnoparque no exige ninguna retribución por fuera de lo normal, solo pide que se le dé la respectiva mención cuando se publiquen trabajos relacionados con el proyecto y que los talentos realicen actividades de socialización sobre los conocimientos y destrezas adquiridas gracias a su acompañamiento. Otro aspecto importante del proceso de asesoría y acompañamiento de proyectos que realiza Tecnoparque es que, para la evolución del proceso, los talentos deben aceptar y cumplir con las diferentes fases de su metodología. Dichas fases se muestran en la figura.



**Figura 7: Diagrama del proceso de acompañamiento a los proyectos a partir de la metodología Tecnoparque**

## 5. FASE DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Para responder a la metodología de acompañamiento planteada desde el Tecnoparque, el equipo de trabajo del proyecto ha elaborado diferentes documentos para responder inicialmente a los hitos 1, 2 y 3. En este orden de ideas se ha elaborado un nuevo estado del arte, adicional al ya existente creado durante las fases de concepción y formulación del proyecto así como también se han documentado los requerimientos de diseño. Estos procesos aunque a primera vista pareciesen que solo significarían la duplicidad de tareas, han aportado desde el punto de vista de complementariedad en el enfoque de realización del proyecto, puesto que agregan otros elementos considerados importantes desde el punto de vista de realizabilidad del proyecto que no necesariamente son cubiertos en todos los casos en las propuestas que se trabajan solo al interior de los círculos académicos.



**INFOBÁSICA TECNOPARQUE**  
Presentación de proyectos para el desarrollo de prototipos de productos innovadores

**1. NOMBRE DE LA PROPUESTA**  
Escriba el nombre del proyecto que de claridad frente a la propuesta que desea realizar

**2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO**  
C diligencie la siguiente tabla con la información de los integrantes de su equipo de trabajo.

| Nombre Completo | Correo Electrónico | Teléfono de contacto | Conocimientos y competencias que aporta al proyecto. |
|-----------------|--------------------|----------------------|--|
|                 |                    |                      |  |
|                 |                    |                      |  |

**REQUERIMIENTOS DE DISEÑO**



Definir los requerimientos de diseño es determinar qué debe hacer o tener el producto o servicio para satisfacer las necesidades de sus usuarios. Este proceso consta de 3 pasos:

1. Definir los elementos claves para mi producto
2. Investigar las necesidades de los usuarios según los elementos claves
3. Traducir la investigación en requerimientos de diseño.

Antes de comenzar, verifique si tiene claras las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿qué es lo que se va a desarrollar?
- ¿por qué es necesario resolver el problema?
- ¿quiénes van a utilizar el producto?, ¿cuál es el estilo de vida del usuario final?
- ¿cómo funcionan los productos similares o sustitutos?

**ESTADO DEL ARTE**

TecnoParque Colombia • Sede Medellín  
Sede Oriental, Carrera 46 No. 56-11, Ed. TecnoParque  
Teléfono: (574) 511 20 68 - 511 20 98

Construya un documento para establecer el estado del arte del producto propuesto. Tenga en cuenta los siguientes ítems para su elaboración y compléteme con imágenes o gráficas que clarifiquen la información:

**Productos Similares:**  
Realice un análisis de productos que desempeñen la misma función a nivel local y global, teniendo en cuenta:

- ¿A qué público o mercado están dirigidos?
- ¿Cómo funcionan?
- ¿Qué tecnologías utilizan?
- ¿Quién las fabrica? Empresas a nivel nacional e internacional
- ¿Cuánto cuestan? Rangos de precios según tipos o clasificaciones del producto.
- ¿Dónde los venden?
- ¿Cumple alguna norma técnica, ambiental o de seguridad?, ¿Cuál? (Ser de obligatorio cumplimiento?)
- ¿Están protegidos por algún registro o patente?
- ¿Cuáles son los últimos avances en cuanto a las tecnologías identificadas?

**ANEXO 5  
FORMATO PDS**



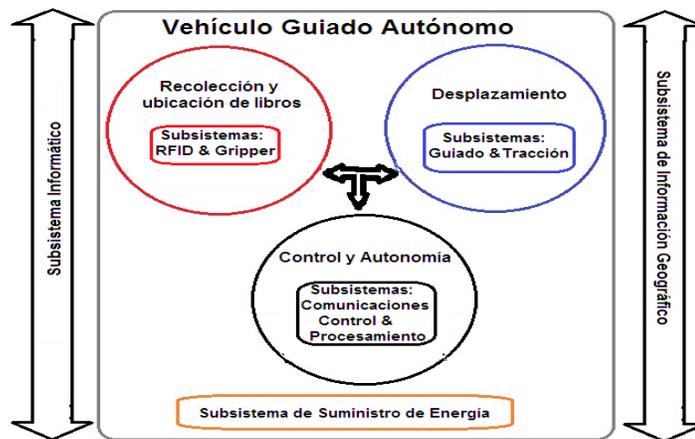
|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Nombre del proyecto<br>Escriba aquí el nombre de su proyecto            |  |  |  |
| Talento Líder<br>Escriba aquí el nombre del líder del equipo de trabajo |  |  |  |
| Asesor Padrino<br>Escriba aquí el nombre del asesor asignado            |  |  |  |

| ELEMENTO | NECESIDAD | DEMANDA O DESEO (D o E) | REQUERIMIENTO |
|----------|-----------|-------------------------|---------------|
|          |           |                         |               |

**Figura 8: Apartes de la documentación asociada al seguimiento de la metodología de acompañamiento de proyectos de Tecnoparque**

## 6. RESULTADOS

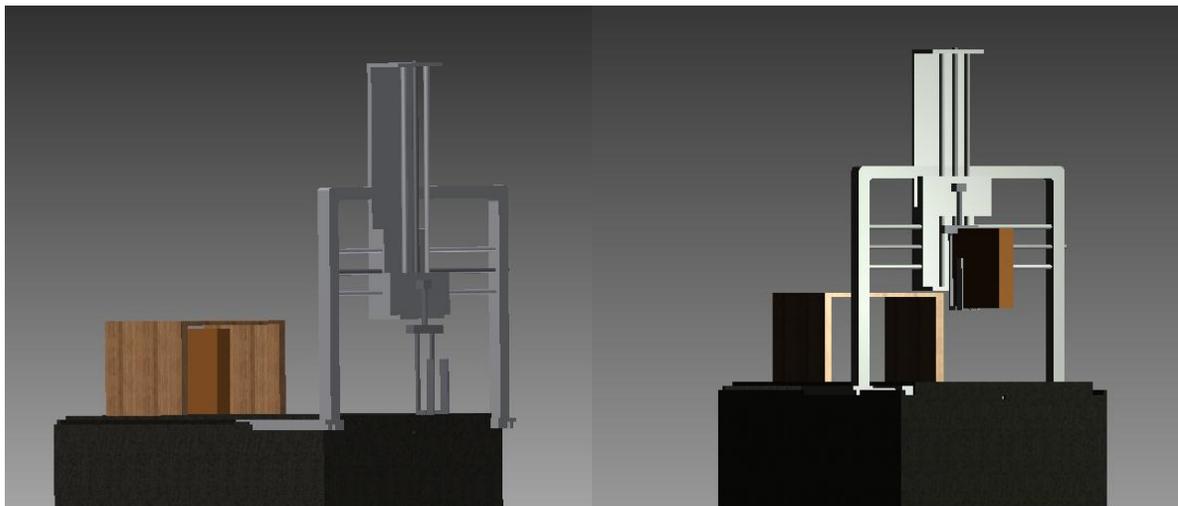
Del trabajo interdisciplinario que se ha realizado hasta el momento con profesores, estudiantes y asesores se ha logrado categorizar los diferentes sistemas y subsistemas ligados al proyecto AGV. Esta categorización permite disgregar las tareas en frentes de trabajo bien definido para optimizar el aprovechamiento del recurso humano asociado al proyecto y coordinar el enlazamiento de las diferentes etapas funcionales de manera coordinada. De esta forma se plantea la realización de actividades en secuencia pero también de manera paralela para favorecer el avance del proyecto según la dinámica de los procesos de cotización, compra y fabricación, entre otros que son recurrentes en la fase actual de implementación.



**Figura 9: Esquema general de los sistemas y subsistemas asociados al proyecto AGV**

Después de descartar varios diseños para el brazo, se concluyó que la mejor opción la presenta un robot basado en una estructura cartesiana, ya que genera mayor estabilidad al sistema y genera una funcionalidad más compleja que abarca los diferentes ejes sobre los cuales se debe desplazar el brazo. Los diseños se pueden observar en la figura 10.

El brazo puede ser elaborado en aluminio o en fibra de vidrio, así como el cajón donde irán los motores, los soportes por los que se mueve el brazo deben ir en metal; la estructura puede ser en aluminio u otro metal liviano pero resistente. Los materiales que actualmente se encuentran en un proceso de evaluación para la elaboración del prototipo son el aluminio y la fibra de vidrio. Para el aluminio es importante tener en cuenta que este no sea una aleación con cobre, ni tampoco que sea macizo; la ventaja de trabajar con este material es que puede ser reutilizable. La ventaja de trabajar con la fibra de vidrio es que se pueden realizar los moldes con las medidas exactas y puede ser realizado por los mismos estudiantes del semillero.



**Figura 10: Simulación del prototipo AGV y de la sujeción de un libro**

El grupo de estudiantes que apoya el proyecto ha contribuido en diferentes actividades:

- Búsqueda documental (en sitios web, bibliotecas, bases de datos y revistas especializadas)
- Diseño (tanto de elementos mecánicos, mecatrónicos y circuitos eléctricos-electrónicos)

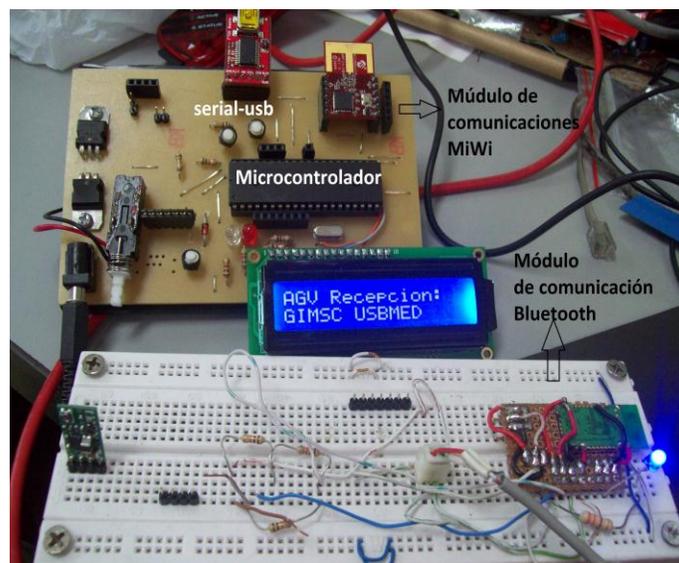
-Simulación y Pruebas (ídem)



**Figura 11: Elementos mecatrónicos realizados y utilizados para pruebas**

Las actividades venideras requerirán la participación de estudiantes en tareas adicionales como el proceso de ensamblaje del Vehículo Guiado Autónomo y la estructura ligada al Gripper, la implementación de los circuitos electrónicos, la programación de los circuitos integrados y el desarrollo de interfaces de usuario.

En lo relativo a los sistemas eléctricos y electrónicos se ha avanzado en el desarrollo de los diseños y la elaboración de las tarjetas de circuito impreso (*Printed Circuit Boards* o PCBs). En las instalaciones de Tecnoparque SENA Nodo Medellín se ha aprovechado la máquina de control numérico, que permite plasmar sobre el cobre los diseños realizados al interior del grupo luego de que hayan sido revisados y chequeados previamente en funcionamiento sobre el protoboard. Se ha fabricado ya la tarjeta de recepción de los datos que enviará el AGV, datos que están relacionados con ítems como la ubicación actual del vehículo, la información propia de los libros ubicados y por ubicar, la información de los sensores, entre otros. Una de las características de este proyecto es que combina en un mismo desarrollo tecnologías basadas en la familia de estándares IEEE 802.XX, como MiWi y Bluetooth. También se utilizan tecnologías de comunicación de uso amplio en electrónica como serial/usb y se procesan datos recogidos de un reader/writer tipo RFID. El sistema de tags electrónicos leíbles y programables se utilizará para la categorización y ubicación de los libros que se utilizarán en las pruebas.



**Figura 12: Tarjeta de recepción de los datos enviados desde el AGV y *dongle* tipo Bluetooth durante pruebas**



**Figura 13: Libro con TAG tipo RFID y pruebas con la interfaz de usuario del reader/writer**

## 7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A partir de lo obtenido con las simulaciones, diseños, piezas y circuitos realizados hasta el momento, ha sido posible realizar mejoras de cara al diseño de la estructura mecatrónica definitiva. También se han identificado estados y situaciones de funcionamiento que deben preverse en la programación de los microcontroladores que regirán el funcionamiento de las tarjetas de control y de recepción de datos, ubicadas sobre el AGV y en el puesto de control respectivamente durante la fase de pruebas y depuración.

En los ejercicios tradicionales que se realizan en la Universidad de San Buenaventura Seccional Medellín hace falta fortalecer la figura de trabajo en proyectos a partir de grupos de trabajo con cierto nivel de heterogenidad. Hasta ahora se ha realizado un trabajo multidisciplinario, que involucra estudiantes de los pregrados de Ingeniería Industrial e Ingeniería Electrónica. Las próximas etapas del proyecto suponen la integración de estudiantes de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Ambiental. Utilizando un ambiente de pruebas con condiciones controladas, es posible generar las diferentes condiciones necesarias para evaluar el funcionamiento y desarrollo del prototipo, según los resultados esperados.

Teniendo como referencia una investigación de mercados que permitió conocer el estado de automatización y determinar si los Vehículos de guiado autónomo eran conocidos y utilizados en empresas de Medellín y su Área Metropolitana (Gómez, Arrieta, & Castro, 2010), se encontró que la mayoría de las empresas tienen un bajo nivel de automatización en sus procesos de transporte. Al indagar concretamente sobre la tecnología de la que dispone, se puede determinar que 70% posee líneas de transporte (bandas transportadoras) e igualmente, el 70% posee elevadores o descensores de carga, pero no se menciona ninguna otra tecnología automatizada (por ejemplo, cadenas, carros transfer, manipuladores de grandes y pequeñas cargas, dispensadores de pallets etc.). Ninguna de las empresas encuestadas posee tecnología AGV para el transporte de materiales.

Con base en el conocimiento adquirido en el proyecto y teniendo en cuenta las condiciones de la ciudad de Medellín en referencia a la automatización industrial, se desarrollará un piloto para aplicaciones en la logística interna a nivel empresarial. De este modo, la Universidad de San Buenaventura en cabeza de sus líneas de investigación, se convertirían en gestores y promotores de este tipo de tecnologías.

## REFERENCIAS

- Automatismos y Sistemas de Transporte Interno, ASTI . (2010). “AGV, los vehículos industriales inteligentes” *Interempresas. Logística Interna*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2011, de <http://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/38400-AGV-los-vehiculos-industriales-inteligentes.html>
- Boehm, B. W. (2002). “A Spiral model of software development and enhancement”. *IEEE Computer Society*.
- Chaparro, J. E. (2011). Sistema de Identificación de Productos RIF / EPC. Recuperado de Articuloz: <http://www.articuloz.com/marketing-articulos/sistema-de-identificacion-de-productos-rif-epc-954460.html>
- Gómez, B. L., Arrieta, C. C., & Castro, L. M. (2010). Evaluación y análisis de mercado para el establecimiento de la empresa española de automatización y logística interna ASTI. *Conferencia en Congreso Colombiano de Ingeniería Mecánica* (pág. 8). Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander.
- Rational Softwar (1998). “Rational Unified Process Best Practices for Software Development Teams”. Recuperado el 9 de noviembre de 2010, de [www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/1000/1251/1251\\_bestpractices\\_TP026B.pdf](http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/1000/1251/1251_bestpractices_TP026B.pdf)
- RFID point. (2010). Recuperado el 10 de Febrero de 2011, de *La comunidad RFID en latinoamérica*: <http://www.rfidpoint.com/page/4/?s=biblioteca>
- Vega, L. N. (2010). “Sistema de Clasificación Decimal”, *Escuela Ángel Sandín Martínez*. Recuperado el 10 de Febrero de 2011, de <http://escuelaangelsandinmartinez.blogspot.com/>
- Servicio Nacional de Aprendizaje (2010). Tecnoparque para innovación tecnológica y emprendimiento. Separata de Innovación y Desarrollo Tecnológico. ISSN 2011-5172 / Número 26, octubre de 2010. pp.50-51.

## ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito*