

Diseño mecatrónico basado en modelos de una plataforma robótica de ambientes de interior

Guillermo Rolle

Laboratorio de Automatización y Control
(LAC). Departamento de Control
FCEIA, UNR - CONICET
Rosario, Argentina
grolle@fceia.unr.edu.ar

Sacha Varela

Laboratorio de Automatización y Control
(LAC). Departamento de Control
FCEIA, UNR
Rosario, Argentina
sachavarela@fceia.unr.edu.ar

Matías Nacusse

Laboratorio de Automatización y Control
(LAC). Departamento de Control
FCEIA, UNR
Rosario, Argentina
nacusse@fceia.unr.edu.ar

Martín Crespo

Laboratorio de Automatización y Control
(LAC). Departamento de Control
FCEIA, UNR
Rosario, Argentina
crespom@fceia.unr.edu.ar

Sergio Junco

Laboratorio de Automatización y Control
(LAC). Departamento de Control
FCEIA, UNR
Rosario, Argentina
sjunco@fceia.unr.edu.ar

Resumen—En este trabajo se presentan avances en el desarrollo de una plataforma robotizada para el transporte de materiales en un taller de producción metalmeccánica. De acuerdo con los requerimientos del cliente, el sistema debe ser diseñado de forma integral y modular para permitir su construcción por etapas con niveles crecientes de automatización en función de la capacidad de financiamiento de la empresa: desde un Vehículo con Guiado Automatizado a un Manipulador Móvil Autónomo. En este trabajo se presentan los elementos básicos de la metodología empleada en el proyecto, el diseño mecatrónico en W, y –a grandes rasgos– su expresión en el caso concreto tratado. Detalles específicos se ilustran tratando aspectos relevantes del diseño de su sistema de locomoción. Finalmente se presenta la estructura mecánica resultante y se la compara –favorablemente– con un diseño previo que fue realizado de manera heurística.

Index Terms—Diseño Mecatrónico, Manipulador Móvil Autónomo,

mente, por sus siglas en inglés) [2], con el fin de permitirle al cliente disponer de productos utilizables intermedios y aumentar sus niveles de autonomía en la medida en que quiera y su capacidad de inversión lo permita.

II. METODOLOGÍA

Se define la disciplina mecatrónica como la integración sinérgica de las ingenierías mecánica, eléctrica, electrónica y de control, y la informática aplicada. Esta disciplina surge como repuesta a la creciente demanda de mejorar la funcionalidad, interoperabilidad, desempeño, confiabilidad y dimensionamiento de sistemas cada vez más complejos y abarcando gran cantidad de dominios de la física. Para visualizar efectivamente la integración a través de los diferentes dominios y subsistemas, se propone la utilización de la MBSE como la aplicación formal de modelos matemáticos para respaldar y sostener los requerimientos de los sistemas, su diseño, análisis y validación y verificación, a lo largo de toda la vida útil de los mismos, empezando desde la etapa de su concepción. Esta herramienta debe ser acompañada por una metodología integradora. Es aquí donde se propone la utilización del esquema W de diseño mecatrónico [3], [4], que trabajando en distintos niveles de abstracción a medida que avanzan las etapas de diseño, propone una serie de pasos que permiten la integración de los subsistemas paralela a su diseño, permitiendo la comparación del gran número de arquitecturas funcionales posibles y encausando el proceso hacia la más eficiente de ellas. El enfoque por pasos RFLP (Requirements, Functional, Logical, Physical), permite dividir el problema de diseño en etapas progresivas, recursivas e iterativas: análisis de requerimientos → arquitectura funcional → arquitectura lógica → diseño físico.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo, desarrollado por el Laboratorio de Automatización y Control (LAC) en el marco de un Proyecto TecnoPYME de Vinculación con el Medio, consiste en el desarrollo integral de una plataforma móvil para el transporte de materiales, productos y subproductos entre el almacén y distintas estaciones productivas y viceversa de una empresa dedicada a la fabricación de matrices y piezas de metal para electrodomésticos de la línea blanca.

El desarrollo se lleva adelante utilizando metodologías de diseño mecatrónico basado en modelos (MBSE) [1], con enfoque esencial en la modularidad y construcción secuencial del sistema en función de las capacidades de financiamiento del cliente. Se prevé un producto final que permita su construcción en etapas de creciente nivel de automatización y funcionamiento, desde un Vehículo con Guiado Automatizado hasta un Manipulador Móvil Autónomo (AGV y AMM, respectiva-

III. DESARROLLO

Por limitaciones de espacio, se restringe aquí la presentación al desarrollo del diseño del Sistema de Locomoción de la base móvil utilizando las metodologías de diseño referidas. En la Figura 1 se muestra gráficamente la metodología de diseño aplicada a este caso concreto, donde la Misión Global inicia el proceso de diseño que evoluciona desde un nivel altamente conceptual hasta el diseño detallado del producto final. Los pasos de diseño RFLP acompañan al proceso, desglosando el problema en componentes que verifican requisitos específicos, se integran con otros componentes del sistema y, en conjunto, validan los requisitos originales del cliente.

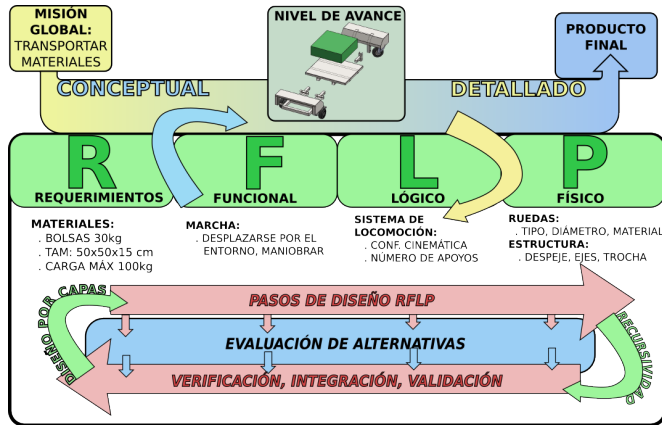


Figura 1. Desarrollo del Diseño del Sistema de Locomoción

III-A. Análisis de los Requerimientos

Entre los requerimientos y objetivos fundamentales que impone el cliente, se pueden listar:

- Transportar bolsas de hasta 30kg, con una carga máxima admisible de 100kg de tamaño 50cm x 50cm x 15cm, garantizando la integridad de los materiales.
- Transitar por los senderos de circulación demarcados en el suelo, garantizando la seguridad de los peatones y operarios

III-B. Diseño Conceptual

A partir del análisis de los requerimientos, se hizo un análisis funcional y descomposición lógica del sistema. Un ejemplo de esto es el Sistema de Locomoción, que representa un componente lógico encargado de ejecutar la actividad de "Marchar", que le permite al sistema circular por el entorno.

III-C. Arquitectura Física

Al hacer un diseño integral, es necesario tener un registro de decisiones que se han tomado y de los métodos utilizados para poder evaluar su impacto en el producto final [5]. En este sentido, se evaluaron distintas alternativas de locomoción a ruedas: tipos de ruedas, configuración cinemática [6] y cantidad de apoyos; en base a criterios de maniobrabilidad, simplicidad del diseño, estabilidad y costo. La alternativa mejor puntuada es la de tracción diferencial con 2 ruedas cáster de apoyo.

III-D. Diseño Detallado

La arquitectura física es predimensionada a partir de los requerimientos heredados del sistema: se obtienen cotas inferiores de los radios de las ruedas en función de las irregularidades máximas (tipo escalón) del suelo que las mismas deben superar, se obtienen relaciones entre la distancia entre ejes y trochas en función de las aceleraciones máximas admisibles (longitudinal y lateral), y despeje del suelo mínimo para superar los desniveles del suelo. Estos valores presentan una primer aproximación que deben verificar los requerimientos, y permiten una integración recursiva entre todos los componentes del sistema completo. Por ejemplo, el dimensionamiento de la batería y los actuadores reincidirán recursivamente en los presentados aquí, iterando sobre los mismos hasta conseguir una correcta y óptima integración de todos los sistemas, antes de entrar en niveles más detallados de diseño.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos hasta el momento con el grado de avance actual ya permiten hacer una comparación de la estructura mecánica resultante con la de un diseño previo realizado heurísticamente, sin utilizar metodología sistemática.

Se encontró que con el nuevo diseño se puede aprovechar mucho mejor el espacio físico, con una base móvil de un tamaño similar a la anterior pero con mejores propiedades de estabilidad, resistencia, espacio para el montaje del resto de componentes. Además, se gana en posibilidades de reconfigurabilidad o reparametrización de componentes: al no tener una estructura modular ni registro de decisiones, el diseño anterior acusa enormes dificultades para, por ejemplo, intentar cambiar, si fuera necesario más adelante, la tracción diferencial por una tipo Ackermann, conllevando además enormes modificaciones de otros aspectos del sistema.

REFERENCIAS

- [1] "http://www.ccose.org/media/upload/sevision2020_20071003_v2_03.pdf."
- [2] F. Vitolo, A. Rega, C. Di Marino, A. Pasquariello, A. Zanella, and S. Patalano, "Mobile Robots and Cobots Integration: A Preliminary Design of a Mechatronic Interface by Using MBSE Approach," *Applied Sciences*, vol. 12, p. 419, Jan. 2022.
- [3] B. R. Barbieri Giacomo, Fantuzzi Cesare, "A model-based design methodology for the development of mechatronic systems," *Mechatronics*, 2014.
- [4] R. A. Roland Nattermann, "Approach for a data-management-system and a proceeding-model for the development of adaptronic systems," *Proceedings for the ASME International Mechanical Engineering Congress Exposition IMECE2010*, Aug. 2010.
- [5] P. Couturier, M. Lô, A. Imoussaten, V. Chapurlat, and J. Montmain, "Tracking the consequences of design decisions in mechatronic Systems Engineering," *Mechatronics*, vol. 24, pp. 763–774, Oct. 2014.
- [6] C. C. de Wit, B. Siciliano, and G. Bastin, eds., *Theory of Robot Control*. Communications and Control Engineering, London: Springer London, 1996.