



## ROBOT MÓVIL CONTROLADO POR MICRO-CONTROLADOR PARA ENFARDAR CARGAS SOBRE PALÉS.

### INGENIERÍA MECATRÓNICA

#### RESUMEN

El presente proyecto se lo realiza con la finalidad de brindar una solución al problema de enfardado manual de cargas ubicadas sobre palés, mediante el diseño y construcción de un prototipo de máquina enfardadora, denotando la importancia de los sistemas mecatrónicos dentro la industria ecuatoriana.

Se inicia con el detalle de todos los aspectos técnicos sobre el diseño del sistema mecánico, sistema electrónico y sistema de control.

Además se muestra los resultados obtenidos al finalizar el diseño e implementación del proyecto

**Palabras clave:** Mecatrónica, enfardado, prototipo, palé.

#### ABSTRACT

The next project is done in order to provide a solution to the problem of manual wrapping loads on pallets, through the design and construction of a baler prototype machine,

denoting the importance of mechatronics systems within the domestic industry.

It starts with the details of all technical aspects of the design of the mechanical system, electronic system and control system.

Also it shows the results of the design and implementation of the project.

**Keywords:** Mechatronics, wrapping, prototype, pallet.

#### I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto pretende reemplazar al proceso de enfardado manual mediante el diseño y construcción de una máquina enfardadora semiautomática que presente mayores beneficios en cuanto a tiempo de ciclo, ahorro de película estirable y calidad de acabado; convirtiéndose en el compañero ideal para todas las realidades industriales que requieren de una máxima flexibilidad en términos de logística y de organización del depósito, así como de una elevada autonomía de embalaje.

La mayor parte de empresas internacionales vienen normalizando el embalaje de productos apilados sobre pallets o palés para facilitar el transporte, manipulación y apilamiento de manera que la operación de pesaje, verificación de lote, protección y seguridad

sea lo más práctico, eficiente y económico posible.

El embalaje, mejor conocido como enfardado en el ámbito industrial, es el proceso en el cual las cargas situadas sobre palés son envueltas mediante la utilización de película estirable. Una bobina de película estirable se despliega de abajo hacia arriba para envolver la carga sobre el palé. Existen diversos procedimientos para realizar esta acción, siendo la tendencia actual a emplear máquinas automatizadas para mejorar la velocidad y eficacia del proceso. Actualmente existe una gran cantidad de tipos de máquinas enfardadoras, que van desde las semiautomáticas como las de base giratoria y tipo robot para producciones medias, hasta equipos completamente automáticos orbitales requeridos en empresas con una elevada producción.

El presente proyecto de grado pretende cubrir las necesidades actuales de enfardado mediante el diseño y construcción de un prototipo de máquina enfardadora, la cual brinde un mayor ahorro en el consumo de película estirable (20%), ya la máquina aplicará siempre la misma cantidad según modelos y prestaciones evitando los altibajos producidos por las oscilaciones de los brazos al enfardarlo de una forma manual, reduciendo el desperdicio y por ende mejoras al medio ambiente. Además de brindar una mejor presencia del acabado de la carga sobre palé,

la máquina enfardadora se encarga de que la película estirable se distribuya de forma uniforme, mejorando la calidad de vida para los empleados: menos fatiga, menos lesiones y mayor productividad.

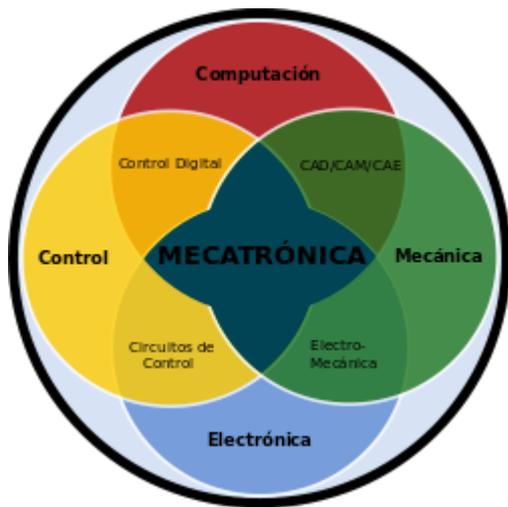
## 2. METODOLOGÍA

### Sistema mecatrónico

Un sistema mecatrónico es aquel sistema digital que recoge señales, las procesa y emite una respuesta por medio de actuadores, generando movimientos o acciones sobre el sistema en el que se va a actuar.

Al comenzar a trabajar con sistemas mecatrónicos es fácil confundirse con los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos o de control. Cuando en realidad un sistema mecatrónico es la unión de los sistemas anteriores.

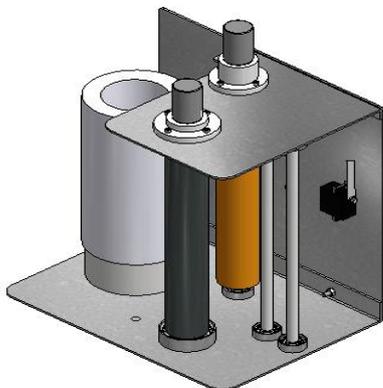
Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, etc. se deben considerar como sistemas mecatrónicos y en este caso la máquina enfardadora semiautomática también.



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Sistema de pre estiramiento

La función principal de este sistema es proporcionar la tensión necesaria a la película plástica para aprovechar toda la capacidad de elongación de la película, para que ésta pueda desplazarse a través de los rodillos sin romperse y así obtener el mayor rendimiento a la película.



#### Sistema de elevación

Una necesidad común en el diseño mecánico es mover componentes en línea recta. En la máquina enfardadora el sistema de elevación debe transportar verticalmente al sistema de pre estiramiento, para lo cual se va a definir qué sistema de actuación lineal es la mejor opción para realizar esta tarea.

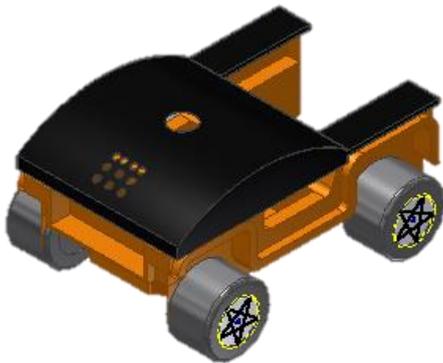
#### Elementos:

- *Actuador lineal*
- *Acople entre sistemas*
- *Torre de elevación*
- *Guía-Rodamiento lineal*
- *Motor DC*



### Sistema de locomoción

El sistema de locomoción es el responsable de la traslación de la máquina en el campo de trabajo. Las máquinas semiautomáticas de tipo autopropulsada se denominan comúnmente “robot”. Un robot es una máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes realizadas únicamente por personas.



## 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

### Diseño Mecánico

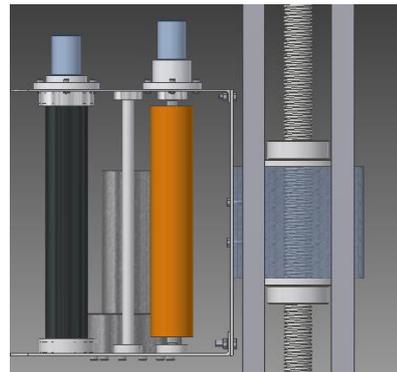


### Solución propuesta

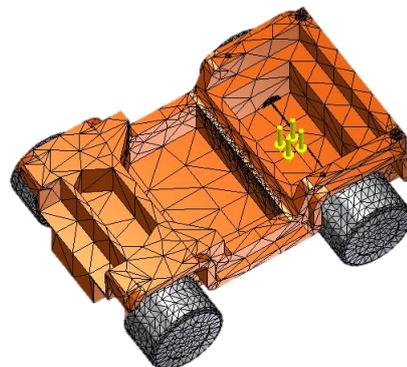
Diseñar un sistema que permita aprovechar la máxima capacidad de elongación del film extensible.



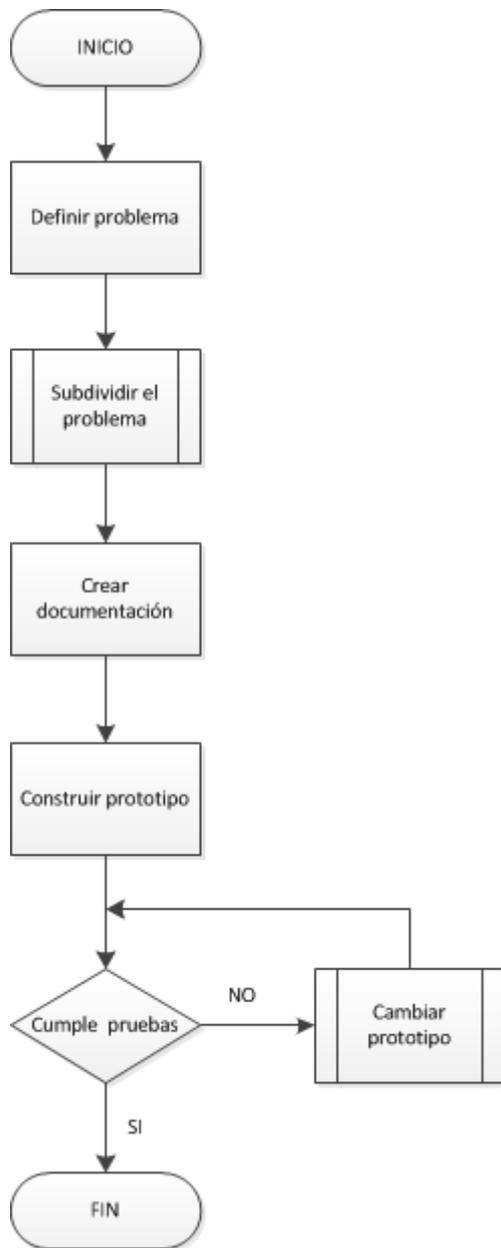
Diseñar un sistema de elevación, el cual permita el movimiento vertical del sistema de estiramiento.



Diseñar un sistema de locomoción que permita a la máquina moverse alrededor del palé.

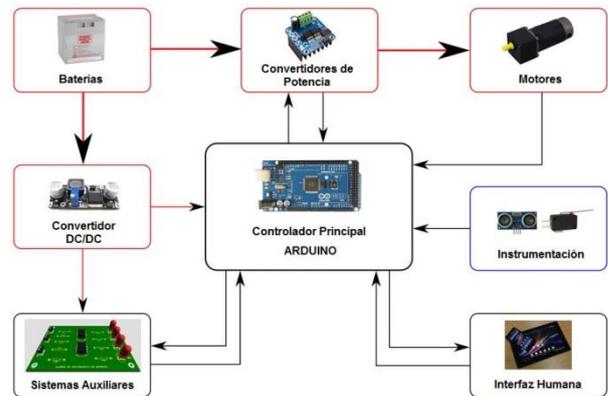


Diseño Electrónico



Un sistema electrónico está compuesto por elementos sensoriales que captan las variables que se van a supervisar, después la unidad de control manipula, interpreta y transforma las señales provenientes de los sensores para que finalmente un elemento actuador recibe la orden del controlador y en función de ella

genere una acción. Estos elementos interactúan entre sí para obtener un resultado deseado.



Sistema de control

Los actuadores presentes en los sistemas mecánicos previamente descritos requieren un control de posición o velocidad. En esta sección se detalla los elementos y técnicas a emplearse para controlar cada uno de estos sistemas; así como la creación de circuitos impresos y la implementación de un armario eléctrico y un control remoto.

FUNCIONES	VARIABLE CONTROLADA	VARIABLE MANIPULADA	TIPO DE CONTROL
Dirección de la máquina alrededor del palé	Posición	Tren de pulso	Lazo Cerrado
Corte automático de la película extensible	Posición	Tren de pulso	Lazo abierto
Movimiento de ruedas traseras	Velocidad	Ciclo de trabajo (PWM)	Lazo abierto
Movimiento vertical del carro porta bobina	Velocidad	Ciclo de trabajo (PWM)	Lazo abierto

## 5. RESULTADOS



La máquina enfardadora, en su velocidad más alta, puede envolver una carga de 75cm ubicada sobre un euro-palé (1200x800 mm) en un minuto con 32 segundos en ciclo único; y en 2 minutos con 65 segundos en ciclo completo.

La alta calidad del proceso de enfardado elimina las arrugas en la película plástica, permitiendo el traslape adecuado entre capa y capa (33.6%) con un porcentaje de estiramiento del 32% y un ahorro de 20.5% de película extensible en comparación con el modo manual.



## 6. CONCLUSIONES

El proyecto denominado “Máquina enfardadora semi-automática controlada por microprocesador para cargas ubicadas sobre palets” ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos planteados al iniciarse el proyecto, es decir, se ha conseguido solucionar el problema de enfardado manual a través de la construcción de una máquina enfardadora tipo robot, la cual permite embalar palés de modo semi-automático reduciendo el consumo de película estirable un 20.5% en comparación con el modo manual.

El correcto traslape entre capas de película extensible (33.6%), la ausencia de arrugas en el acabado, la correcta adhesión del film sobre la carga, el alto porcentaje de estiramiento longitudinal (32%) y la mínima disminución del ancho de película estirable (1.01%) permiten afirmar que el proceso de enfardado semi-automático realizado en este proyecto es de alta calidad.

Las pruebas realizadas demuestran la flexibilidad, robustez y efectividad de la máquina enfardadora para diferentes tipos de cargas y palés de diferentes dimensiones, controlando el recorrido de la máquina manteniendo una velocidad entre 30.6 y 48 m/min.

## 7. AGRADECIMIENTOS

A mis padres y familiares por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Omar Barrionuevo

Con el tiempo aprendemos a aprovechar los momentos que nos da la vida, por eso quiero agradecer principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, ya que fueron un punto clave para salir adelante y estuvieron conmigo en mi proceso académico todo el tiempo.

Eduardo Ávila

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Joseph E Shigley. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill.
- (2) USECHE, *Conceptos Básicos sobre Diseño de Máquinas* (págs. 34 - 63 Cap8). Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- (3) <http://www.baiz.net/es/brida.html>
- (4) [http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/products/linear\\_guides/profilerail/500\\_series\\_ball\\_guide.php](http://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/products/linear_guides/profilerail/500_series_ball_guide.php)
- (5) <http://arduino.cc/es/>
- (6) Rodriguez. (2008). *Gestión de Mantenimiento*. Valencia: Granada.