

## REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

# Simulación de la semi-automatización del proceso de transformación de granos en la fabricación de alimentos para perros y gatos en los Laboratorios Luján S.A. de C.V.

**Autor: Isaías Pérez Reyes**

Tesina presentada para obtener el título de:  
**Ing. Industrial en Procesos Y Servicios**

Nombre del asesor:  
**Fernando Alcázar Ceja**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación "Dr. Silvio Zavala" que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo "Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada", se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN  
PROCESOS Y SERVICIOS**

“Simulación de la semi-automatización del proceso de transformación de granos en la fabricación de alimentos para perros y gatos en los Laboratorios Lujan S.A. de C.V.”

TESINA

Que para obtener el título de:  
Ingeniero Industrial en Procesos y Servicios

PRESENTA

Isaías Pérez Reyes

ASESOR

M.C. Fernando Alcázar Ceja

CLAVE: 16PSU0050V

ACUERDO: LIC100412

MORELIA, MICHOACÁN

ABRIL, 2011.

## Dedicatoria

*A Dios Todopoderoso.*

Por iluminarme el camino a seguir y que siempre está conmigo en los buenos y sobre todo en los malos momentos.

*A mis padres Isaías y Lilia.*

Por su comprensión y ayuda en todo momento. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

*A mis hermanos.*

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

*A mis maestros y mis amigos.*

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

## Contenido

Dedicatoria.....	ii
I Resumen. ....	iv
II Planteamiento del problema.....	v
III Antecedentes.....	vii
IV Objetivos .....	ix
IV.I Objetivo General.....	ix
IV.II Objetivos específicos.....	ix
V Alcance del proyecto.....	x
VI Justificación .....	xi
Capítulo 1 Introducción.....	1
Capítulo 2 Marco Teórico.....	2
2.1 Introducción .....	2
2.2 La Empresa.....	2
2.3 Nombre, macro y micro localización.....	2
2.4 Organigrama.....	3
2.5 Automatización.....	4
2.5.1 Antecedentes. ....	4
2.5.2 La Revolución Industrial.....	6
2.5.3 Principios de Sistemas Automatizados.....	7
2.6 Hidráulica .....	9
2.6.1 Propiedades de los fluidos.....	9
2.6.2 Ley de Pascal.....	10
2.6.3 Prensa Hidráulica .....	11
2.7 Neumática.....	13
2.7.2 Presión.....	16
2.7.3 Caudal.....	16
2.7.4 Ley de Boyle-Mariotte.....	17
2.7.5 Elementos Componentes de un circuito neumático.....	17
2.7.6 Generadores de Presión.....	18
2.7.7 Compresores rotativos.....	18

2.7.8 Compresor de pistones.....	19
2.7.9 Actuadores.....	19
2.7.10 Cilindros .....	20
2.7.11 Cilindro de émbolo de simple efecto. ....	20
2.7.12 Cilindro de émbolo de doble efecto .....	21
2.7.13 Cilindros de membrana .....	21
2.7.14 Válvulas. ....	22
2.7.15 Válvulas distribuidoras y de mando.....	22
2.7.16 Simbología de Válvulas.....	23
2.7.17 Tipos de Accionamiento.....	24
2.7.18 Simbología Neumática .....	24
2.8 Circuito sensor de Corriente .....	25
2.8.1 Amplificador Operacional .....	25
2.8.2 Transistores.....	26
2.8.3 Potenciómetros.....	27
2.9 PLC.....	28
2.9.1 Campos de Aplicación.....	30
2.9.2 Ventajas e inconvenientes del PLC.....	30
2.10 Ruido.....	31
Capítulo 3 Revisión técnica .....	34
3.1.1 Unidad de mantenimiento con válvula de interrupción.....	35
3.1.2 Distribuidor de aire .....	35
3.1.3 Cilindro de doble efecto.....	36
3.1.3.1 Determinación del tamaño del área del cilindro. ....	36
3.1.4 Válvula 5/2 vías doble solenoide.....	36
3.1.5 PLC FEC® Edutrainer® COMPACT FST/MWT.....	37
3.1.6 Unidad de Indicación y distribución eléctrica.....	37
3.1.7 Unidad de señales eléctricas.....	38
3.1.8 Fuente de Poder.....	38
3.1.9    Multímetro.....	39
3.1.10    Motor de 12 V.....	39
3.1.11    LEDS indicadores.....	40

Circuito Sensor de corriente .....	41
3.2 Funcionamiento del circuito. ....	41
Capitulo 4 Metodología.....	44
4.1 Método Actual.....	44
4.2 Explicación detallada del proceso actual. ....	46
4.2.1 Recepción de materia prima.....	46
4.2.2 Mezclado.....	47
4.2.3 Acondicionamiento y extrusión.....	47
4.2.4 Secado. ....	48
4.2.5 Cubrimiento. ....	49
4.2.6 Enfriado.....	50
4.2.7 Envasado.....	50
4.2.8 Cargamento y entrega.....	51
4.3 Descripción del equipo actual.....	52
4.4.1 Características del motor. ....	54
4.4 Accidentes. ....	54
4.6 Descripción del nuevo planteamiento.....	56
4.6.1 Descripción del nuevo proceso automático.....	57
4.6.2 Aplicación, programación y simulación del método propuesto. ....	57
4.7 Programación en PLC.....	58
4.7.1 Explicación paso por paso de la programación.....	60
4.8 Análisis de Costo. ....	64
4.8.1Relación Costo Beneficio de automatizar el proceso de transformación de granos. .....	69
Capítulo 5 Resultados .....	72
Capitulo 6 Conclusiones.....	74
Índice de Figuras .....	75
Índice de Tablas .....	77
Bibliografía.....	78

# I Resumen.

La presente tesina aborda el tema de un proceso automático para la molienda de granos en una industria de alimentos para perros. Dicha automatización está diseñada para su funcionamiento con instrumentos neumáticos y elementos electro-neumáticos.

Durante el desarrollo de la tesina se detallan aspectos como el problema que se pretende resolver, se darán antecedentes de la empresa, se describirán los objetivos y el alcance del proyecto.

Además se expone punto a punto cada uno de los pasos para poder desarrollar las simulaciones de la molienda. Estos puntos nos indican en que parte del proceso se implantará la automatización, además de cómo determinar el tipo de instrumentos adecuados para la simulación.

Se presenta también paso a paso la programación del PLC por medio del software FST 4.10. y por último se expone el montaje de la simulación utilizando los instrumentos de FESTO didactic.

Finalmente se exponen los resultados obtenidos los cuáles demuestran que es factible y necesario además automatizar el proceso seleccionado para su estudio.

## II Planteamiento del problema.

Laboratorios Lujan S.A. de C.V. Tiene como principal producto las croquetas para perro y gato. Sus materias primas son: carne de res y de pollo y cereales como; trigo, sorgo, maíz y vitaminas.

El trigo y el sorgo deben ser previamente molidos antes de empezar a hacer las mezclas de los demás ingredientes.

Es en ésta parte de la molienda de los granos donde se realizara la automatización. La tolva almacenadora tiene una compuerta la cual es manejada por un operario en una posición no segura como se muestra en la ilustración 1, poniendo así en riesgo la integridad física del operador.



Figura 1.- Operador en posición no segura.

Además, el ruido que produce el motor del molino rebasa los 90 decibeles permitidos por la norma OSHA dañando su sistema auditivo si se expone en periodos prolongados aún cuando se usen protectores auriculares [1].



Por otra parte, debido al procedimiento que lleva a cabo el operador para manipular la apertura y cierre de la compuerta, el cual se explicará más adelante en el capítulo 4, se han tenido accidentes como la explosión del motor en varias ocasiones debido a la sobrecarga de corriente siendo otro riesgo para el operador. Y el costo del mismo es muy elevado por lo cual hay que tener especial atención en eso.

### **III Antecedentes.**

La empresa Laboratorios Lujan S.A. de C.V. se dedica a la elaboración y distribución de productos para mayoreo y también a maquilar a otras empresas. Incorpora al mercado mensualmente 100 toneladas de alimento para perro y para gato, incluso a llegado a tener pedidos de alimento para ganado vacuno. Esta empresa nace con la necesidad de satisfacer la demanda de una parte del mercado en la industria veterinaria en la cual intervienen y entran animales domésticos y antibióticos para los mismos.

Laboratorios Lujan tiene como principal producto las croquetas para perro y gato y el azul de metileno, antibiótico desinfectante y cicatrizante para animales, sus materias primas son: carne de res y de pollo y cereales como; trigo, sorgo, maíz y vitaminas.

Al termino de su producción ésta pasa a un almacén que se encuentra dentro de la mismo empresa, de ahí llegan los clientes para su distribución y también se cuenta con clientes en el mercado de abastos de la ciudad de Morelia Michoacán; en el caso de la subcontratación por parte de terceros pueden pagar porque se les lleve el producto a sus destinos o ellos pueden ir por su producto.

El compromiso de la empresa es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores productoras de productos alimenticios para perro y gato, así como la flexibilidad debido a su tipo y tamaño de giro. Laboratorios Lujan es una mediana empresa, con sociedad anónima de capital variable.

Durante las visitas que se realizaron a esta empresa, se identificaron varias áreas de oportunidad que pueden ser mejoradas, pero el presente trabajo únicamente se enfocará en la que resulta prioritaria para la empresa: La transformación de los granos, tal y como se explica en el capítulo 4.

La empresa no ha tomado ninguna medida correctiva para solucionar el problema descrito en el capítulo 4 hasta la fecha, pero están consientes de que necesitan implementar mejoras, por lo que se permitió el acceso para hacer algunas propuestas para estas áreas de oportunidad.

# **IV Objetivos**

## **IV.I Objetivo General.**

El objetivo de esta tesina es aplicar los conocimientos obtenidos durante toda la carrera aunado a los conocimientos obtenidos por medio del diplomado de Automatización para así poder diseñar un sistema neumático dentro del área de transformación de los granos que se necesitan para preparar el producto principal de la empresa Laboratorios Lujan S.A. de C.V.

## **IV.II Objetivos específicos.**

1. Controlar de manera automática la alimentación de los granos que se encuentran en la tolva almacenadora.
2. Reducción de riesgo de lesiones y daños mayores en la integridad física del operador.
3. Reducción de costos al eliminar posibles daños del motor del molino de granos.

## **V Alcance del proyecto.**

Este proyecto estudia la operación de la molienda de la materia prima como lo es el maíz y sorgo en grano con que se producen los alimentos para perros y gatos bajo los siguientes rubros:

- Se estudia la seguridad del operador al disminuir el riesgo de daño a su sistema auditivo.
  
- Se estudia disminuir costos al evitar accidentes del operador así como desperfectos o daños al motor del molino de granos.
  
- Estudio y análisis del proceso hasta la simulación.

## VI Justificación

El proceso actual de alimentación de granos de la tolva almacenadora al molino se hace de manera manual y de una forma no segura ya que ha habido accidentes los cuales se describen en el capítulo 4 poniendo en riesgo incluso la vida misma del trabajador por lo cual es indispensable automatizar esta parte del proceso.

Además el ruido que hace el motor rebasa los niveles de decibeles permitidos causando daño en el sistema auditivo del operador aún y cuando se utilicen protectores para los oídos debido a que el tiempo de exposición por parte del operador al ruido es mucho mayor al tiempo que establece la norma OSHA.

Se sabe que la automatización implica tener costos para la adquisición del equipo inicial, pero el beneficio será mayor ya que se asegura la disminución del tiempo con que se hará la actividad, y se asegura la integridad del operador.

# Capítulo 1 Introducción

La automatización de procesos en la industria manufacturera y de cualquier tipo actualmente juega un papel muy importante ya que no solo disminuye tiempos de procesos sino que además ofrece una mayor seguridad para los hombres al desempeñar labores que son de gran riesgo para el operador.

Además, el producto que se obtiene en los procesos manuales no alcanzaría los estándares de calidad establecidos ni mucho menos tendría la eficiencia y eficacia que se puede llegar a tener por el buen manejo de las líneas de producción automatizadas.

En esta tesina se desarrolla el proyecto de automatización de la compuerta de la tolva almacenadora y alimentadora del molino que es parte del proceso de la fabricación del alimento para perros y gatos en la empresa Laboratorios Lujan S.A. de C.V.

Dentro del marco teórico se explican los fundamentos de la automatización así como sus componentes y el funcionamiento de cada uno de ellos y de los que se utilizaran para el desarrollo del proyecto.

Se describe el proceso en general desde que comienza hasta que finaliza así como la parte específica que es la parte que se va a automatizar.

Además se explica la manera como realizan las actividades que están bajo estudio actualmente en la empresa Laboratorios Luján S.A. de C.V.; se expone el método propuesto y cómo es que se realizó la simulación dentro del laboratorio. Finalmente se presentan los resultados del proyecto y las conclusiones.

# Capítulo 2 Marco Teórico

## 2.1 Introducción

El presente capítulo consiste en el desarrollo de la teoría necesaria para la elaboración del proyecto, se presenta la información de la empresa, macro y micro localización así como información referente a la automatización y neumática.

## 2.2 La Empresa

Laboratorios Lujan S.A. de C.V. es una empresa dedicada a la fabricación de alimentos para perros y gatos así como ganado vacuno.

## 2.3 Nombre, macro y micro localización.

Laboratorios Lujan S.A. de C.V. es una empresa localizada en el municipio de Morelia en el estado de Michoacán. La figura 2 muestra la macro localización.

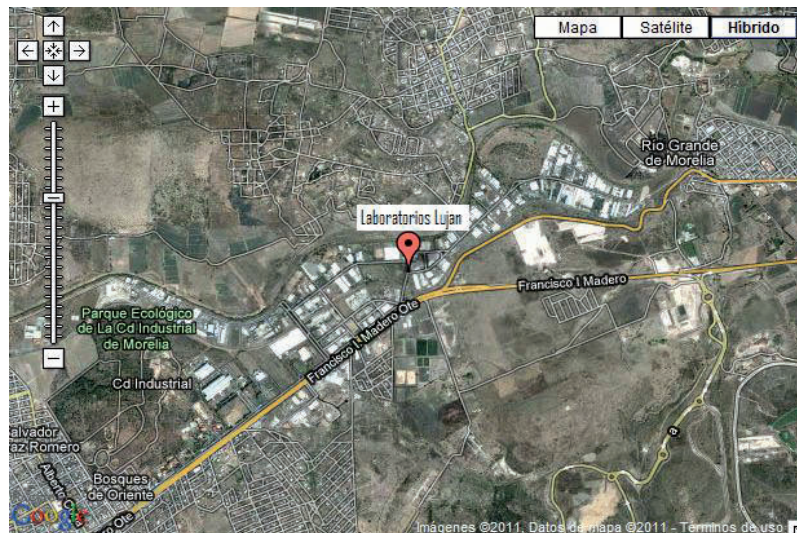


Figura 2.- Macro localización de la empresa [2]



La figura 3 muestra la micro localización de la empresa Laboratorios Lujan S.A. de C.V. en Ciudad Industrial en el municipio de Morelia en, Norte 4 #635 3° etapa de ciudad industrial cp. 58200.

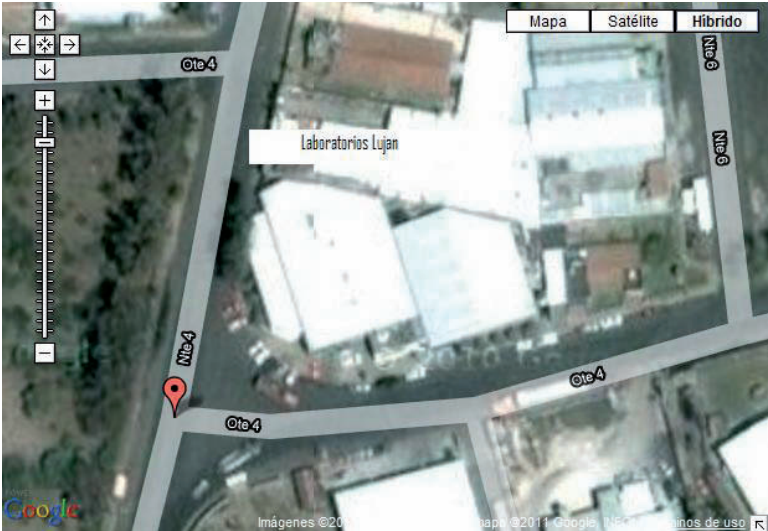


Figura 3.- Micro localización de la empresa [2]

### 2.4 Organigrama

La figura 4 muestra la manera en la que se encuentra estructurada jerárquicamente la empresa en su interior.

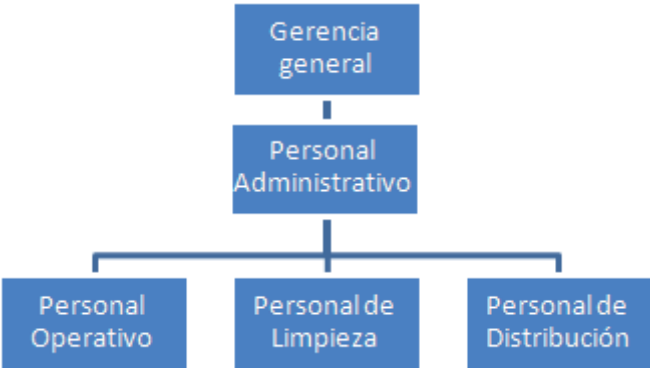


Figura 4.- Organigrama de la empresa Laboratorios Luján

## **2.5 Automatización**

### 2.5.1 Antecedentes.

En el primer y segundo siglo antes de Cristo, Héro de Alejandría, en su libro Epivitalia describe varios aparatos que parecían ser autómatas animales.

En 1354 el famoso reloj de Estrasburgo (Suiza) fue construido; era un reloj en forma de ave hecho de metal que no sólo podía abrir el pico, sacar la lengua y cantar, sino que además podía extender sus plumas y mover sus alas.

El término autómatas apareció en el año 1625 y fue relacionado a la idea de Inteligencia Artificial. En épocas del Renacimiento en Europa, los trabajos de Héros fueron redescubiertos y sus ideas y apuntes de sus experimentos inspiraron a los inventores y creadores del autómatas.

Con el paso del tiempo, la automatización, derivada de los primeros procesos productivos manufactureros, como lo fue la producción en cadena de automóviles, ha ido evolucionando; de la instrumentación mecánica, eléctrica y neumática se pasó a la electrónica digital, con una amplia gama de aplicaciones avanzadas. En la tabla 1 se muestran ejemplos de las primeras automatizaciones.

FECHA	DESARROLLO
SigloXVIII.	J. de Vaucanson construyó varias muñecas mecánicas de tamaño humano que ejecutaban piezas de música.
1801	J. Jacquard inventó el telar.
1954	El inventor británico C. W. Kenward solicitó su patente para diseño de robot.
1971	El ‘Standford Arm’, un pequeño brazo de robot de accionamiento eléctrico se inventó en la Standford University.
1974	ASEA introdujo el robot Irb6 de accionamiento completamente eléctrico.
1974	Kawasaki, bajo licencia de Unimation, instaló un robot para soldadura por arco para estructuras de motocicletas.
1974	Cincinnati Milacron introdujo el robot T3 con control por computadora.
1975	El robot ‘Sigma’ de Olivetti se utilizó en operaciones de montaje, una de las aplicaciones primitivas de la robótica.
1978	El robot T3 de Cincinnati Milacron se adaptó y programó para realizar operaciones de taladro y circulación de materiales en componentes de aviones, bajo el patrocinio de Air Force ICAM
1978	Se introdujo el robot PUMA (Programmable Universal Machine for Assambly) para tareas de montaje por Unimation, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la General Motors.
1982	IBM introdujo el robot RS-1 para montaje, basado en varios años de desarrollo interno.
1984	Robots 8. La operación típica de estos sistemas permitía que se desarrollaran programas de robots utilizando gráficos interactivos.

Tabla 1.- Ejemplos de las primeras automatizaciones [3]

## 2.5.2 La Revolución Industrial.

La economía mundial experimentó cambios fundamentales desde el último tercio del siglo XVIII. La producción de bienes entró en un proceso de desarrollo continuado, nunca conocido hasta entonces. Paralelamente se introdujeron importantes cambios sociales y todo ello hizo que se entrase en una etapa histórica radicalmente distinta, una etapa con caracteres de revolución.

La Revolución Industrial se produjo cuando unas determinadas circunstancias sucedieron paralelamente en Inglaterra a fines del siglo XVIII.

En Inglaterra se había formado una poderosa burguesía que, desde el siglo XVII, había logrado imponerse en los mercados mundiales y, además, supo aplicar sus inversiones a los ramos de producción en masa, como por ejemplo a la industria textil. Pero la profunda transformación industrial sólo fue posible al producirse otras revoluciones, como la agrícola, la demográfica y la de los transportes, complementarias entre sí y que, en conjunto, constituyeron una auténtica revolución económica.

Con estas circunstancias favorables, la industria se transformó gracias a dos cambios decisivos: la mecanización del trabajo y la aplicación del vapor a las nuevas máquinas.

Los inventos mecánicos surgieron de la experiencia de los artesanos, que aportaron soluciones prácticas capaces de aumentar la producción y abaratar los costes de manera increíble permitiendo así un mayor consumo de bienes de una misma calidad que los anteriormente producidos pero a un mucho menor costo.

Tras sucedido el inicio de este evento hasta ahora no ha parado esta revolución y continúa activa y aun perdura. Y como último desarrollo hasta ahora

obtenido y logrado gracias a esta revolución se ha logrado la automatización industrial. [3]

El término automatización se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima o sin intervención del ser humano. En los más modernos sistemas de automatización, el control de las máquinas es realizado por ellas mismas gracias a sensores de control que le permiten percibir cambios en sus alrededores de ciertas condiciones tales como temperatura, volumen y fluidez de la corriente eléctrica y otros, que le permiten a la máquina realizar los ajustes necesarios para poder compensar estos cambios. Y una gran mayoría de las operaciones industriales de hoy son realizadas por enormes máquinas de este tipo.

### 2.5.3 Principios de Sistemas Automatizados.

Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas: medición, evaluación y control.

**Medición.-** Para que un sistema automatizado reaccione ante los cambios en su alrededor debe estar apto para medir aquellos cambios físicos. Por ejemplo, si la fluidez de la corriente eléctrica de una maquina cambia, una medición debe ser llevada a cabo para determinar cuál ha sido este cambio. Estas medidas realizadas suministran al sistema de ingreso de corriente eléctrica de la máquina la información necesaria para poder realizar un control. Este sistema es denominado Retroalimentación (Feedback), ya que la información obtenida de las medidas es retroalimentada al sistema de ingresos del sistema de la máquina para después realizar el respectivo control.

**Evaluación.-** La información obtenida gracias a la medición es evaluada para así poder determinar si una acción debe ser llevada a cabo o no. Por ejemplo, si una nave espacial su posición y encuentra que está fuera de curso,

una corrección del curso debe llevarse a cabo; la función de evaluación también determina qué tan lejos y en qué dirección debe ser lanzado un cohete para que la nave espacial tome el curso de vuelo correcto.

**Control.-** El último paso de la automatización es la acción resultante de las operaciones de medición y evaluación. Continuando el ejemplo de la operación anterior, una vez que se sabe qué tan lejos y en qué dirección debe ser lanzado el cohete, el cohete es lanzado y devuelve al curso de vuelo a la nave espacial gracias a la reacción causada por el paso del cohete junto a la nave espacial.

En muchos sistemas de automatización, estas operaciones debe ser muy difíciles de identificar. Un sistema puede involucrar la interacción de más de un vuelta de control, que es la manera en la que se le llama al proceso de obtener la información desde el sistema de salida de una máquina y llevarla al sistema de ingreso de la misma.

#### 2.5.4 Objetivos de la automatización.

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

En la Automatización se ven integradas diferentes áreas que a continuación se describen.

## 2.6 Hidráulica

Es la ciencia que estudia la creación de fuerzas y movimientos por medio de fluidos sometidos a presión, que son el medio para la transmisión de energía.

Fluido.- Es una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de esfuerzos tangenciales o de corte sin importar las magnitudes de estos.

Los fluidos se clasifican en líquidos y gases. Los cuales se diferencian en que las fuerzas de cohesión que mantienen unidas a las moléculas que componen un líquido son mucho mayores que las de un gas.

Las principales características de los fluidos son:

- Son capaces de fluir.
- Adoptan la forma del recipiente que las contiene.
- Los líquidos tienen una superficie limitada definida, los gases no tienen límite natural.
- Los líquidos tienen volumen definido, los gases ocupan todo el volumen.
- Los líquidos tienen superficie horizontal.

### 2.6.1 Propiedades de los fluidos.

- Presión: magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.
- Densidad: magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, y puede utilizarse en términos absolutos o relativos.
- Temperatura: Físicamente es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como

"energía sensible", que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido trasnacional, rotacional, o en forma de vibraciones.

- **Coeficiente de viscosidad:** La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal, en realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones.

La hidráulica tiene ventajas y desventajas, las cuales se describen en la siguiente tabla:

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisión de fuerzas considerables con elementos de pequeñas dimensiones</li> <li>• Posicionamiento exacto</li> <li>• Arranque desde cero con carga máxima</li> <li>• Movimientos homogéneos e independientes de la carga</li> <li>• Trabajo y conmutaciones suaves</li> <li>• Buenas características de mando y regulación</li> <li>• Buena disipación del calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del entorno por fugas de aceite (peligro de incendios y accidentes)</li> <li>• Sensibilidad a la suciedad</li> <li>• Peligros ocasionados por las altas presiones</li> <li>• Dependencia de la temperatura (cambios de viscosidad)</li> <li>• Grado limitado de rendimiento</li> </ul>

Tabla 2.- Tabla comparativa de Ventajas y Desventajas de la Hidráulica.

### 2.6.2 Ley de Pascal

Es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623-1662) que se resume en la frase:

“El incremento de presión aplicado a una superficie de un fluido incompresible (líquido), contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo.”[2]



El principio de Pascal puede comprobarse utilizando una esfera hueca, perforada en diferentes lugares y provista de un émbolo. Al llenar la esfera con agua y ejercer presión sobre ella mediante el émbolo, se observa que el agua sale por todos los agujeros con la misma presión.

### 2.6.3 Prensa Hidráulica

El principio de Pascal fundamenta el funcionamiento de las genéricamente llamadas máquinas hidráulicas: la prensa, el gato, el freno, el ascensor y la grúa, entre otras.

Este dispositivo, llamado prensa hidráulica, nos permite prensar, levantar pesos o estampar metales ejerciendo fuerzas muy pequeñas.

El recipiente lleno de líquido de la figura consta de dos cuellos de diferente sección cerrados con sendos tapones ajustados y capaces de resbalar libremente dentro de los tubos (pistones).

Si se ejerce una fuerza ( $F_1$ ) sobre el pistón pequeño, la presión ejercida se transmite, tal como lo observó Pascal, a todos los puntos del fluido dentro del recinto y produce fuerzas perpendiculares a las paredes.

En particular, la porción de pared representada por el pistón grande ( $A_2$ ) siente una fuerza ( $F_2$ ) de manera que mientras el pistón chico baja, el grande sube. La presión sobre los pistones es la misma, No así la fuerza!

Como  $p_1=p_2$  (porque la presión interna es la misma para todos los puntos)  
Entonces:  $F_1/A_1$  es igual  $F_2/A_2$  por lo que despejando un término se tiene que:  $F_2=F_1 \cdot (A_2/A_1)$ . [3]

Si, por ejemplo, la superficie del pistón grande es cuatro veces la del chico, entonces el módulo de la fuerza obtenida en él será el cuádruple de la fuerza ejercida en el pequeño, como se muestra en la figura 5.

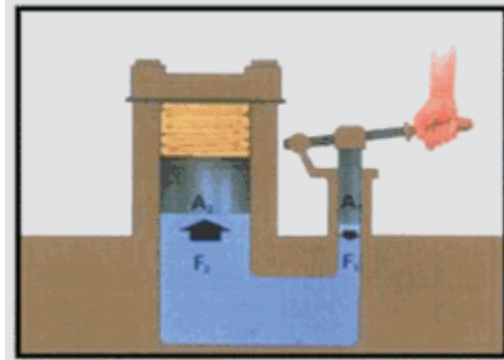


Figura 5.- Prensa Hidráulica

## 2.7 Neumática.

La superficie del globo terrestre está rodeada de una envoltura aérea. Esta es una mezcla indispensable para la vida y tiene la siguiente composición:

Nitrógeno aprox. 78% en volumen

Oxígeno aprox. 21% en volumen

Otros gases aprox. 1% en volumen

Además contiene trazas, de bióxido de carbono, argón, hidrógeno, neón, helio, criptón y xenón.

La palabra neumática se refiere al estudio del movimiento del aire y así en sus comienzos el hombre utilizó el viento en la navegación y en el uso de los molinos para moler grano y bombear agua. En 1868 George Westinghouse fabricó un freno de aire que revolucionó la seguridad en el transporte ferroviario. Es a partir de 1950 que la neumática se desarrolla ampliamente en la industria con el desarrollo paralelo de los sensores.

Los sistemas de aire comprimido proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos y se aplican en herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, motores neumáticos, sistemas de empaquetado, elevadores, herramientas de impacto, prensas neumáticas, robots industriales, vibradores, frenos neumáticos, etc.

Las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo coste de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja (típico 6 bar) lo que constituye un factor de seguridad.

Otras características favorables son el riesgo nulo de explosión, su conversión fácil al movimiento giratorio así como al lineal, la posibilidad de transmitir energía a grandes distancias, una construcción y mantenimiento fáciles y la economía en las aplicaciones.

Entre las desventajas figura la imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire, los altos costes de la energía neumática y las posibles fugas que reducen el rendimiento.[5]

### 2.7.1 Comparación entre neumática e hidráulica.

En la tabla 3 se muestran las características comparativas entre los sistemas neumático e hidráulico.

	Neumática	Hidráulica
Efecto de las fugas	Solo pérdida de energía	Contaminación
Influencia del ambiente	A prueba de explosión. Insensible a la temperatura	Riesgo de incendio en caso de fuga. Sensible a cambios de la temperatura
Almacenaje de energía	Fácil	Limitada
Transmisión de energía	Hasta 1.000 m.. Caudal $v = 20 - 40$ m/s. Velocidad de la señal $20 - 40$ m/s	Hasta 1.000 m.. Caudal $v = 2 - 6$ m/s. Velocidad de la señal hasta 1.000 m/s
Velocidad de operación	$V = 1,5$ m/s	$V = 0,5$ m/s
Coste de la alimentación	Muy alto	Alto
Movimiento lineal	Simple con cilindros. Fuerzas limitadas. Velocidad dependiente de la carga	Simple con cilindros. Buen control de velocidad. Fuerzas muy grandes
Movimiento giratorio	Simple, ineficiente, alta velocidad	Simple, par alto, baja velocidad
Exactitud de posición	1/10 mm posible sin carga	Puede conseguirse 1 mm
Estabilidad	Baja, el aire es compresible	Alta, ya que el aceite es casi incompresible, además el nivel de presión es más alto que en el neumático

Tabla 3.- Características comparativas de los sistemas neumáticos e hidráulicos

Para una mejor comprensión de las leyes y comportamiento del aire se indican en primer lugar las magnitudes físicas y su correspondencia dentro del sistema de medidas en las tablas 4 y 5.

Con el fin de establecer aquí relaciones inequívocas y claramente definidas, los científicos y técnicos de la mayoría de los países están en vísperas de acordar un sistema de medidas que sea válido para todos, denominado "Sistema Internacional de medidas", o abreviado "SI". [5]

Magnitud	Dimensión	Nombre y Símbolo
Longitud	$l$	metro (m)
Masa	$M$	kilogramo (kg)
Tiempo	$T$	segundo (s)
Temperatura	$T$	kelvin (k)
Intensidad de corriente	$I$	amperio (A)
Intensidad luminosa	$I$	candela (cd)
Volumen molecular	$R$	mol (mol)

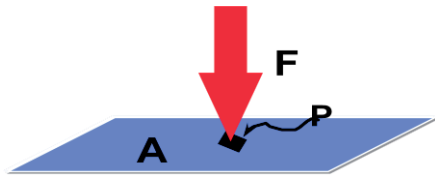
Tabla 4.- Magnitudes físicas del Sistema Internacional de Unidades

Magnitud	Abreviatura	Nombre y Símbolo
Fuerza	F	newton (N) $1 \text{ N} = (1 \text{ kg.m}) / \text{s}^2$
Superficie	A	metro cuadrado ( $\text{m}^2$ )
Volumen	V	metro cúbico ( $\text{m}^3$ )
Caudal	V(Q)	( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Presión	P	Pascal (Pa) $1 \text{ Pa} = (1 \text{ N}) / \text{m}^2$ $1 \text{ Bar} = 10^6 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$

Tabla 5.- Magnitudes Derivadas del Sistema Internacional de Unidades.

### 2.7.2 Presión.

Es la fuerza que se aplica sobre una superficie en un área determinada.  
(Figura 6)

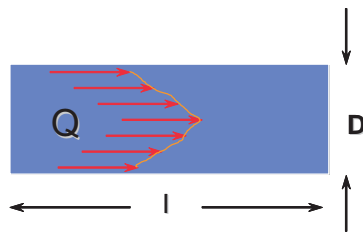


$$P = F/A \quad (2.1)$$

Figura 6.- Presión

### 2.7.3 Caudal.

Es la cantidad de fluido que pasa por una sección en una unidad de tiempo  
(Figura 7).



$$Q = V/T \quad (2.2)$$

Figura 7.- Caudal

Además, para que exista un caudal, debe haber una diferencia de presiones: El caudal es directamente proporcional al diámetro de la tubería y a la diferencia de presiones. (Figura 8)

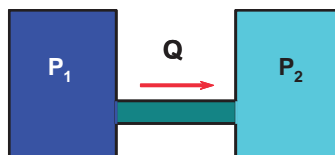


Figura 8.- Diferencia de presiones.

#### 2.7.4 Ley de Bolyle-Mariotte.

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contiene o la de su ambiente. Permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expansión).

“A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas”. [2] (Figura 9)



Figura 9.- Ley de Bolyle Mariotte

#### 2.7.5 Elementos Componentes de un circuito neumático.

- Generadores: Comprimen el fluido en el caso de los circuitos neumáticos y le proporcionan energía para su movimiento cuando las válvulas de control lo permitan. También acondicionan el aire para el correcto funcionamiento del circuito.
- Válvulas de regulación y control: Abren, cierran o regulan el flujo del fluido.
- Actuadores: transforman el caudal del fluido en una fuerza que se aplica sobre un elemento que se desea desplazar. En la mayoría de los casos son cilindros.

### 2.7.6 Generadores de Presión.

Compresor de membrana.- Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite.

Estos, compresores se emplean con preferencia en las industrias alimenticias farmacéuticas y químicas.

(Figura 10)

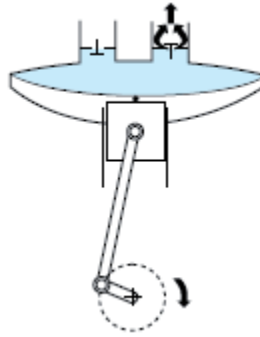


Figura 10.- Compresor de Membrana

### 2.7.7 Compresores rotativos

Los compresores rotativos generan la presión mediante el giro de un rotor u otro elemento que, en su rotación, consigue aspirar el aire exterior y comprimirlo. El funcionamiento de estos compresores es silencioso y puede aportar un caudal continuo y sin sacudidas. (Figura 11)

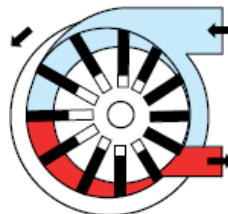


Figura 11.- Compresores Rotativos.



### 2.7.8 Compresor de pistones

El compresor de pistones o émbolo es el modelo de compresor más empleado en los equipos estacionarios. El compresor de pistones tiene una constitución similar al de un motor de combustión y funciona realizando dos etapas o tiempos, el tiempo de admisión y el tiempo de compresión.

En el tiempo de admisión, el pistón se desplaza al punto muerto inferior y aspira el gas por la válvula de admisión que se abre. Las válvulas de admisión y escape son de láminas de acero y se abren y cierran por la corriente del aire. No tienen muelles ni dispositivos de apertura sincronizada.

En el tiempo de compresión, el pistón, movido por el cigüeñal y la biela, se desplaza al punto muerto superior y comprime el aire obligándole a salir por la válvula de escape que se abre. (Figura 12)

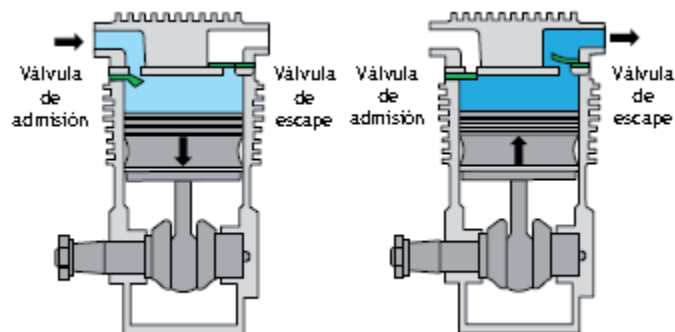


Figura 12.- Compresor de Pistones

### 2.7.9 Actuadores

Los actuadores reciben la presión neumática y la transforman en fuerza de accionamiento. Según el tipo de movimiento, los actuadores se agrupan en dos grandes familias.

- Los actuadores que realizan la fuerza en movimiento lineal. (Cilindros).
- Los actuadores que aplican la fuerza en un giro consiguiéndose un movimiento rotativo (motores).

### 2.7.10 Cilindros

Los cilindros son los actuadores más empleados en neumática. Permiten realizar esfuerzos y desplazamientos lineales de avance y retroceso de un mecanismo o dispositivo acoplado a su vástago. Los cilindros más empleados se muestran en la tabla 6:

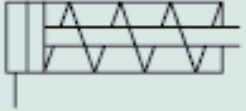
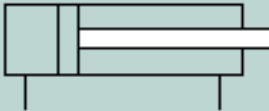
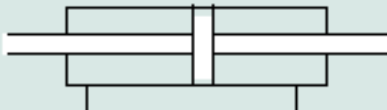

Tipo de cilindro	Símbolo
Cilindro de émbolo de simple efecto	
Cilindro de émbolo de doble efecto	
Cilindro de doble efecto con doble vástago (vástago pasante)	
Cilindro de doble efecto con amortiguador regulable en ambos sentidos	

Tabla 6.- Cilindros o Actuadores

### 2.7.11 Cilindro de émbolo de simple efecto.

Los cilindros de émbolo de simple efecto tienen una sola entrada de aire comprimido y una cámara que recibe el aire a presión, realizando la fuerza en el sentido de la salida del vástago. El retorno se realiza por la fuerza que realiza un muelle incorporado y prácticamente no realiza fuerza de retroceso. (Figura 13)

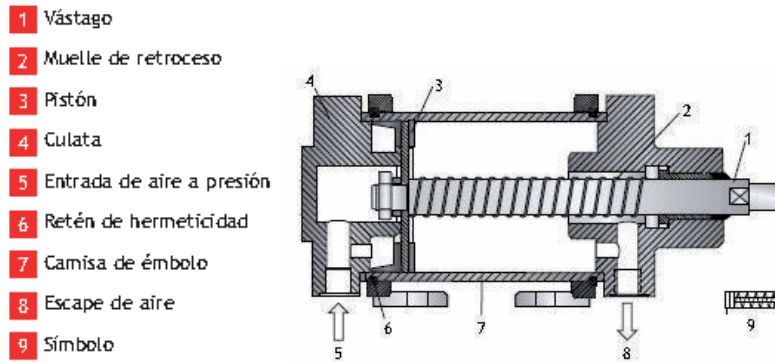


Figura 13.- Cilindro de Simple Efecto.

### 2.7.12 Cilindro de émbolo de doble efecto

Los cilindros de doble efecto disponen de dos entradas de aire y dos cámaras receptoras. Cuando el cilindro se alimenta con presión por una entrada, por la otra se realiza el escape del aire, sin presión, que contiene la cámara opuesta. (Figura 14)

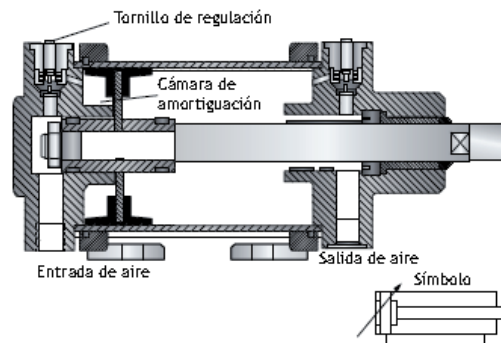


Figura 14.- Cilindro de Doble Efecto

### 2.7.13 Cilindros de membrana

La diferencia con los cilindros de émbolo es una membrana de goma o plástico que reemplaza al émbolo. El vástago está fijado en el centro de la membrana (Figura 15) y no hay piezas estanque izantes que se deslicen. Los cilindros de membrana pueden ser de simple o doble efecto.

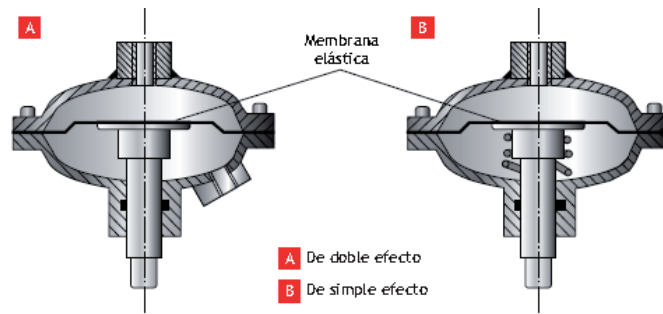


Figura 15.- Cilindro de Membrana.

#### 2.7.14 Válvulas.

Las válvulas son los componentes del circuito que distribuyen, regulan y controlan la presión o el caudal del aire del circuito, es decir, realizan todo el automatismo de funcionamiento del circuito.

Las válvulas se colocan entre la fuente de presión y los actuadores. Según la misión que realicen en el circuito las válvulas pueden ser:

- Válvulas distribuidoras y de mando.
- Válvulas de bloqueo y conmutación.
- Válvulas de caudal y presión.
- Válvulas proporcionales.

#### 2.7.15 Válvulas distribuidoras y de mando

Las válvulas distribuidoras se emplean para canalizar la circulación del aire en los circuitos. La válvula, cuando es accionada, abre y cierra los conductos internos que dispone. Con ello se consigue alimentar con presión los actuadores y facilitar el escape del aire.

## 2.7.16 Simbología de Válvulas.

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de los circuitos se utilizan símbolos. Los símbolos nos informan sobre el diseño constructivo de la válvula, materiales y tipo de asiento.

El símbolo indica gráficamente el número de vías de entrada y de salida, las posiciones que pueden tener y cómo se realiza su accionamiento: de forma manual, eléctrica, neumática, etc.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados: 2 cuadros corresponden a 2 posiciones, 3 cuadros corresponden a 3 posiciones.

El funcionamiento y paso del fluido se representa esquemáticamente en el interior de los cuadrados mediante líneas, flechas, puntos, etc. Las siguientes tablas resumen la simbología utilizada para las válvulas. Todo lo anterior se ejemplifica en la tabla 7:

Símbolo	Significado	Símbolo
Líneas	Tuberías o conductos	
Flechas	Sentido de circulación del fluido	
Líneas transversales	Posiciones de cierre	
Punto	Unión de conductos o tuberías	
Trazos unidos a la casilla	Conexiones de entradas y salidas	

Tabla 7.- Simbología

### 2.7.17 Tipos de Accionamiento.

Las válvulas necesitan un accionamiento para cambiar de posición. El símbolo del accionamiento y del retroceso a posición inicial se representa en el lateral de los cuadros, y se representan en la tabla 8:

Tipo de accionamiento	Elementos	Símbolo
Manual	Accionamiento en general	
	Pulsador	
	Palanca con enclavamiento	
	Pedal	
Mecánica	Retorno con muelle	
	Centrado por muelle	
	Por rodillo	
	Rodillo abatible	
Neumático	Directo	
	Indirecto (servopilotado)	
Electrónico	Con simple bobina	
	Con doble bobina	
Combinado	Con doble pilotaje y accionamiento manual auxiliar	

Tabla 8.- Accionamiento de Válvulas

### 2.7.18 Simbología Neumática

En la tabla 9 se representa más simbología neumática.















Válvulas de Control Direccionales				Válvulas de Control de Flujo		
						
2/2 vías	3/2 vías	4/2 vías	5/2 vías	Elemento AND	Elemento OR	Escape rápido
Válvulas de control de presión		Cilindros				
				Válvula Check	Válvula Check con resonancia	Throttle reed valve
Pressure Relief	Reductor de presión	Doble Acción	Acción simple			

Tabla 9.- Simbología Neumática

## 2.8 Circuito sensor de Corriente

### 2.8.1 Amplificador Operacional.

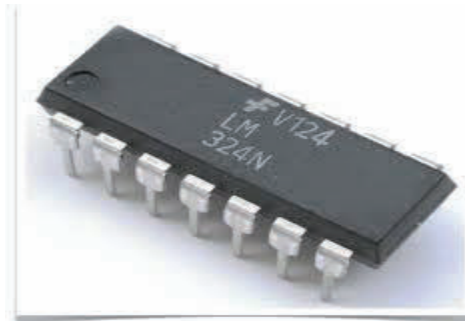
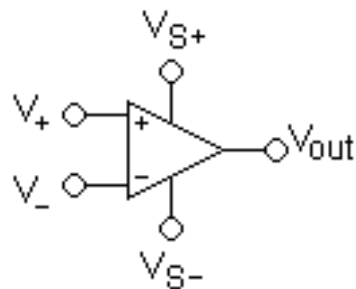


Figura 16.- Amplificador Operacional

Uno de los dispositivos electrónicos de mayor versatilidad en aplicaciones lineales es el amplificador operacional. El amplificador operacional goza de gran popularidad porque su costo es bajo, es fácil de utilizar y divertido trabajar con él. Permite construir circuitos útiles sin necesidad de conocer la complejidad de la circuitería interna.

Los posibles errores de cableado no tienen consecuencias pues están provistos de circuitos internos para autoprotección.

Los circuitos que pueden realizarse con uno o dos amplificadores operacionales y unos pocos componentes incluyen la generación de señal (osciladores), acondicionamiento de señales, temporizadores, detección de nivel de voltaje y la modulación. La lista podría extenderse casi al infinito.

Basta hojear los manuales de datos de amplificadores operacionales lineales para apreciar la gran variedad.

Los siguientes son algunos ejemplos:

- Capacidad de alta corriente, alto voltaje o ambos.
- Módulos para sonar de emisión y recepción.
- Amplificadores múltiples.
- Amplificadores de ganancia programable.
- Instrumentación y control automatiz.
- Circuitos integrados para comunicaciones.
- Circuitos integrados de radio/audio/video.

Los amplificadores de propósito general durarán muchos años en el mercado. Sin embargo, cabe suponer que se desarrollen circuitos integrados más complejos en un sólo chip que combine varios amplificadores con circuitos digitales. De hecho, con el advenimiento con la tecnología de integración a gran escala es inevitable que se fabriquen sistemas completos en un sólo chip.

### 2.8.2 Transistores.

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término



"transistor" es la contracción en inglés de transfer resistor ("resistencia de transferencia").



Figura 17.- Transistor

Los transistores tienen una multitud de aplicaciones, entre las que se encuentran:

- Amplificación de todo tipo (radio, televisión, instrumentación)
- Generación de señal (osciladores, generadores de onda, emisión de radio frecuencia)
- Conmutación, actuando de interruptores (control de relés, fuentes de alimentación conmutadas, control de lámparas)
- Detección de radiación luminosa

Los transistores de unión (uno de los tipos más básicos) tienen 3 terminales llamados Base, Colector y Emisor, que dependiendo del encapsulado que tenga el transistor pueden estar distribuidos de varias formas.

### 2.8.3 Potenciómetros.

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.



Figura 18.- Potenciómetro

Según su aplicación se distinguen varios tipos:

- Potenciómetros de mando.
- Potenciómetros de ajuste.
- Potenciómetros lineales.
- Sinusoidales.
- Anti logarítmicos.

## 2.9 PLC.

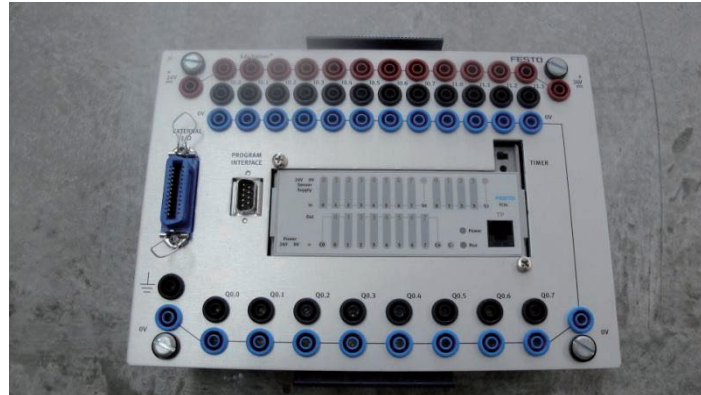


Figura 19.- PLC.

Un PLC (programmable logic control) es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria busco en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combi nacional.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controlador proporcional derivativo. (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujos más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente preferido por los informáticos y electrónicos es el FBD (Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre si.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas hasta operaciones más complejas como manejo de tablas, apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

### 2.9.1 Campos de Aplicación.

El PLC por sus principales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. Por lo tanto su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones en residenciales, etc.

Algunas aplicaciones son:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones
- Instalación de aire acondicionado
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control.

### 2.9.2 Ventajas e inconvenientes del PLC.

Cabe señalar que las ventajas son superiores a los inconvenientes.

### 2.9.2.1 Ventajas.

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos por que no es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado.
- Mínimo espacio de ocupación
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.

### 2.9.3 Inconvenientes.

- Hace falta un programador, hay que adiestrar a un empleado.
- El coste inicial.

### Funciones.

- Detección de la lectura de los captadores.
- Mando de enviar acciones al sistema.
- Diálogo hombre máquina.
- Control de procesos continuos

### 2.10 Ruido.

Por otra parte, el ruido que produce el motor del molino es de 94 decibeles (esta medición se obtuvo por medio de un sonómetro debidamente calibrado) rebasando así los decibeles permitidos por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el trabajo (OSHA), por lo que se sugiere evitar la exposición del

operador en períodos mayores a los permitidos aún cuando se cuente con protección auditiva para el trabajador.

En la figura 45 se muestran algunos ejemplos de sonidos cotidianos y los decibeles que generan.

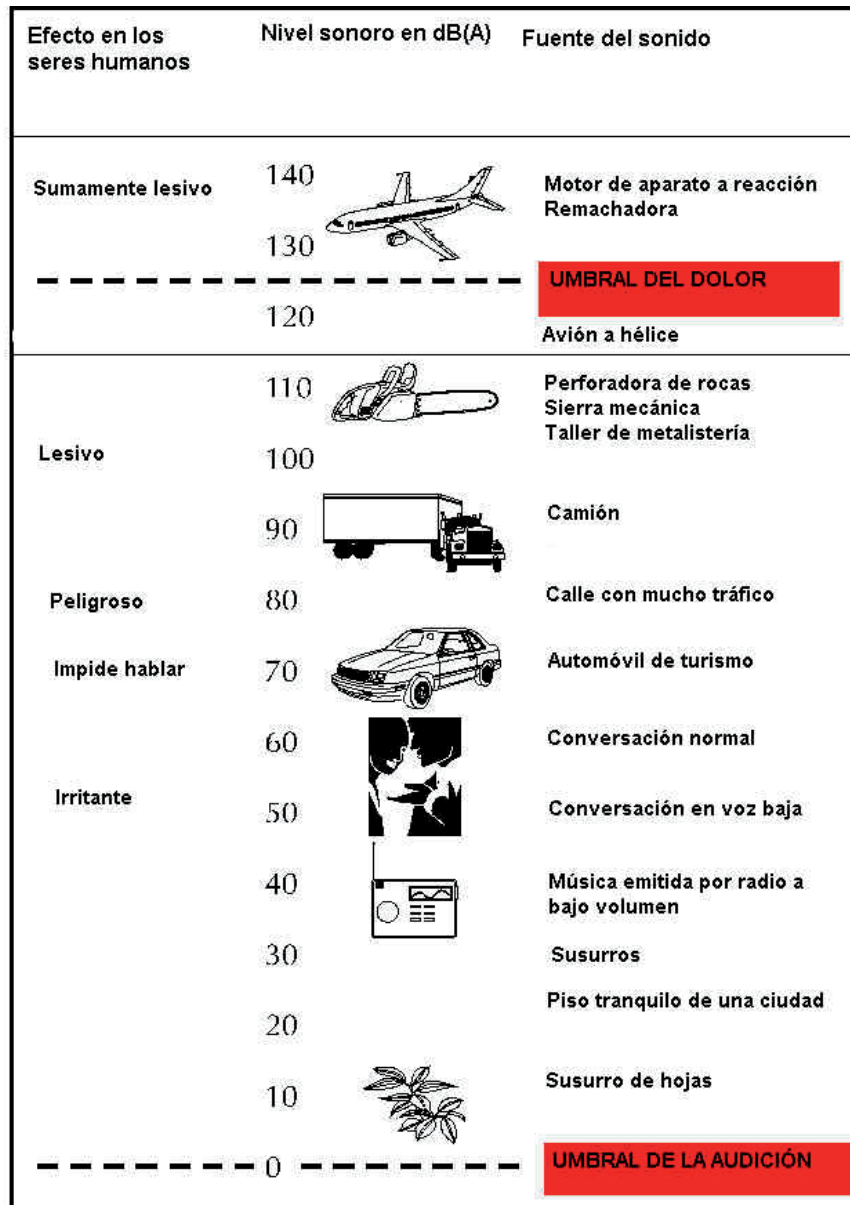


Figura 20.- Sonidos Cotidianos en decibeles

En la tabla 12, se muestran las exposiciones permisibles al ruido dadas por la norma OSHA [1].

Duración por día (Horas)	Nivel de Sonido (dBA)
8	90
6	92
4	94
3	97
2	100
1	102
1.5	105
0.5	110
0.25	115

Tabla 10.- Exposiciones permisibles al ruido

Entonces, 90 dBA es el nivel máximo permisible para un día de 8 horas de trabajo, y cualquier nivel de sonido mayor requiere algún tipo de protección. Aún cuando los niveles de ruido menores a 85 dBA pueden no causar pérdida auditiva, contribuyen en la distracción y molestan, con el resultado de un mal desempeño por parte del trabajador.

# Capítulo 3 Revisión técnica

En el presente capítulo se mencionará todos los elementos que fueron utilizados para llevar a cabo la simulación de la molienda de granos; se dará una breve explicación del funcionamiento de cada elemento.

1. Unidad de mantenimiento
2. Distribuidor de aire
3. Cilindro de doble efecto
4. Válvula 5/2 vías doble solenoide
5. PLC FEC® Edutrainer® Compact FST/MWT
6. Unidad de indicación y distribución eléctrica.
7. Unidad de señales eléctricas.
8. Power Supply
9. Multímetro
10. Motor de 12 V
11. Leds indicadores
12. Circuito Sensor de corriente



### 3.1.1 Unidad de mantenimiento con válvula de interrupción.

El filtro con separador de agua, limpia el aire comprimido de suciedad, virutas de la tubería, óxidos y condensados. El regulador de presión ajusta el aire comprimido suministrado a la presión de funcionamiento requerido y compensa fluctuaciones de la presión de entrada.



Figura 21.- Unidad de Mantenimiento.

### 3.1.2 Distribuidor de aire

Distribuidor de aire con alimentación P común, permite alimentar de aire comprimido hasta 8 puntos en un sistema de control neumático.



Figura 22.- Distribuidor de Aire

### 3.1.3 Cilindro de doble efecto.

En este elemento, el vástago del cilindro de doble efecto se invierte por medio de la alimentación alternativa de aire comprimido. La amortiguación de ambos extremos evita choques bruscos del émbolo en las carátulas.

Este pistón irá unido físicamente con la compuerta de la tolva y se encargará de abrirla y cerrarla sustituyendo así el trabajo humano



Figura 23.- Cilindro de doble efecto

#### 3.1.3.1 Determinación del tamaño del área del cilindro.

$$F = P A = \frac{6 \text{ Bar} \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 4}{1 \text{ bar} \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2} \cdot \frac{(1000 \text{ mm})^2}{(1 \text{ m})^2}$$

Diámetro= 20 mm

A=20 mm

F=200 N≈20 kg.

#### 3.1.4 Válvula 5/2 vías doble solenoide

Las señales de conmutación están indicadas por los LED'S en el cuerpo. La válvula está dotada de dos accionamientos manuales. Las conexiones eléctricas están protegidas ante polaridad incorrecta para el LED y poseen un circuito opresor.

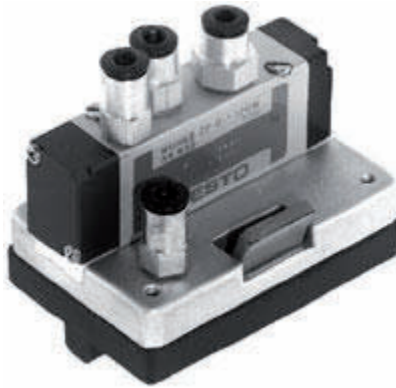


Figura 24.- Válvula 5/2 vías

### 3.1.5 PLC FEC® Edutrainer® COMPACT FST/MWT.

Es un PLC compacto y de gran capacidad, adaptable para su aplicación en la industria y de instalación rápida y sencilla. El sistema de mando compacto y de diseño industrial, con 12 entradas y 8 salidas digitales; ofrece todas las funciones para tareas de automatización que requieran pocas entradas/salidas. El estado de las entradas y salidas se indican mediante LEDs.



Figura 25.- PLC

### 3.1.6 Unidad de Indicación y distribución eléctrica.

Este elemento se compone de un indicador acústico y 8 visuales. El indicador acústico emite un zumbido cuando se aplica tensión a sus conexiones. Su estado operativo se indica por una lámpara cubierta con una tapa transparente.



Figura 26.- Unidad de indicación y distribución eléctrica.

### 3.1.7 Unidad de señales eléctricas

En este elemento, los pulsadores en forma de contactos momentáneos consisten en un bloque de contactos con dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos, junto con un pulsador con tapa transparente. El bloque de contactos se activa presionando el pulsador. Los circuitos eléctricos abren o cierran a través del bloque de contactos.

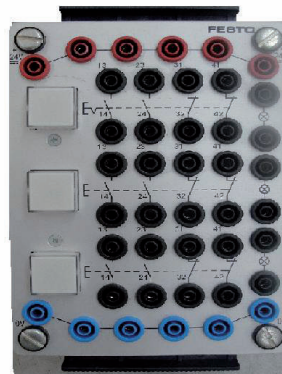


Figura 27.- Unidad de señales eléctricas.

### 3.1.8 Fuente de Poder.

Tensión constante, corriente constante, el ruido de baja ondulación, la deriva de la baja temperatura En el modo de seguimiento, las dos salidas se conectan automáticamente en serie o en paralelo sin necesidad de cables En el

modo de serie, la máquina se puede conectar como el suministro de positivos y negativos.



Figura 28.- Fuente de Poder.

### 3.1.9 Multímetro.

Funciones únicas de precisión de voltaje y frecuencia de las mediciones de velocidad de motor eléctrico y otros equipos ruidosos (87V, 87V / E). Verdadero RMS de voltaje y corriente para mediciones precisas sobre el principio de no-lineal de señales (87V, 87V / E) 4-1/2 dígitos modo para mediciones precisas a la altura de 1000V AC y DC.



Figura 29.- Multímetro.

### 3.1.10 Motor de 12 V.

Con ese motor que trabaja a 12 V se simulara el motor del molino y por medio de éste se medirá la intensidad de corriente que hay en el circuito.

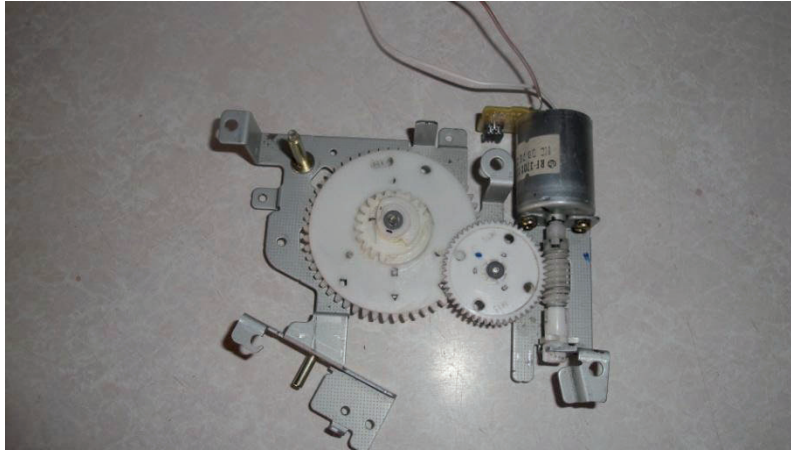


Figura 30.- Motor de 12 V

### 3.1.11 LEDS indicadores

Estos LEDS tienen la función de indicar de una manera más clara el estado en el que se encuentra la compuerta de la tolva así como también indica cuando hay sobrecarga de corriente y que el motor está apagado.



Figura 31.- Leds indicadores.

## Circuito Sensor de corriente

Este circuito nos sirve para poder simular y poder medir la corriente que es medida para poder cerrar o abrir la tolva dependiendo de la cantidad de corriente que haya.

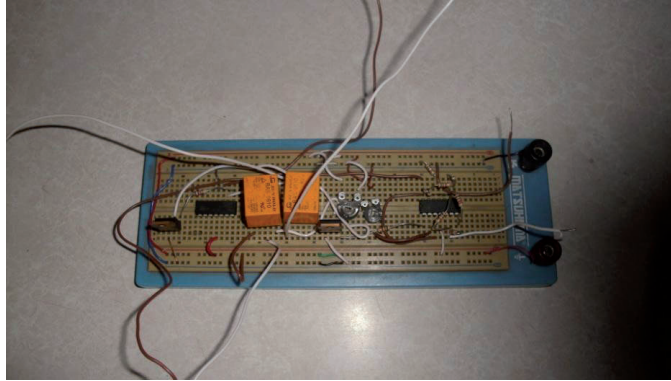


Figura 32.- Circuito sensor de corriente.

### 3.2 Funcionamiento del circuito.

La primera parte del circuito se representa en la figura 32; sirve para poder aterrizar la resistencia que se encuentra en el motor (figura 33) debido a que es una carga flotada; una carga se dice que es flotada debido a que no está aterrizada y es necesario para que pueda ser leída por la siguiente etapa y además se puedan activar los relevadores ya que es una condición que haya tierra para poder activarlos.

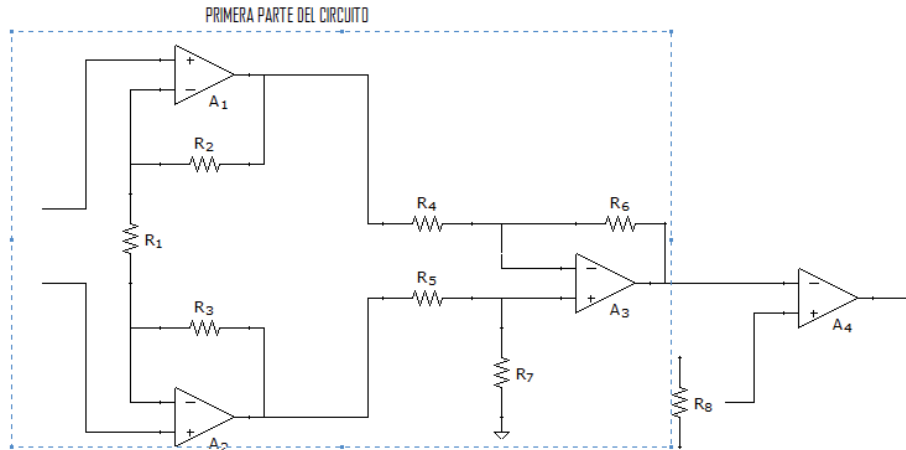


Figura 33.- Circuito Eléctrico.

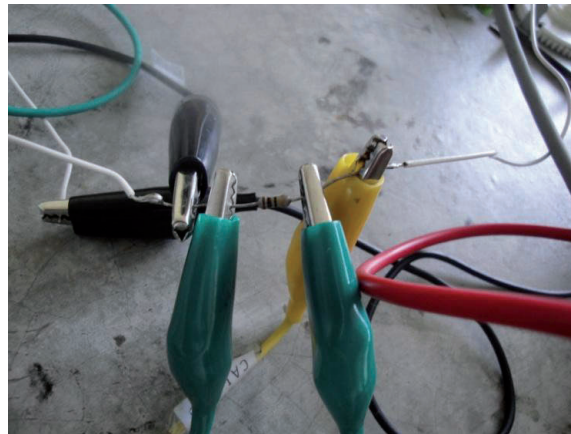


Figura 34.- Resistencia conectada al motor.

Una vez que la carga flotada es aterrizada a tierra, se tiene una salida que es el principio de la segunda parte del diagrama que es mostrado en la figura 34, y ésta salida es comparada por medio de un amplificador operacional en la configuración de comparador con una señal que se estableció previamente por medio de un potenciómetro y un multímetro. Si la señal resultante de la primer parte del circuito rebasa la señal de comparación manda como señal de salida un 1 y así de esta manera manda activar el relevador. Si la señal no rebasa la señal de comparación manda como resultado una salida 0 (cero) y de esta manera el relevador no se activa.



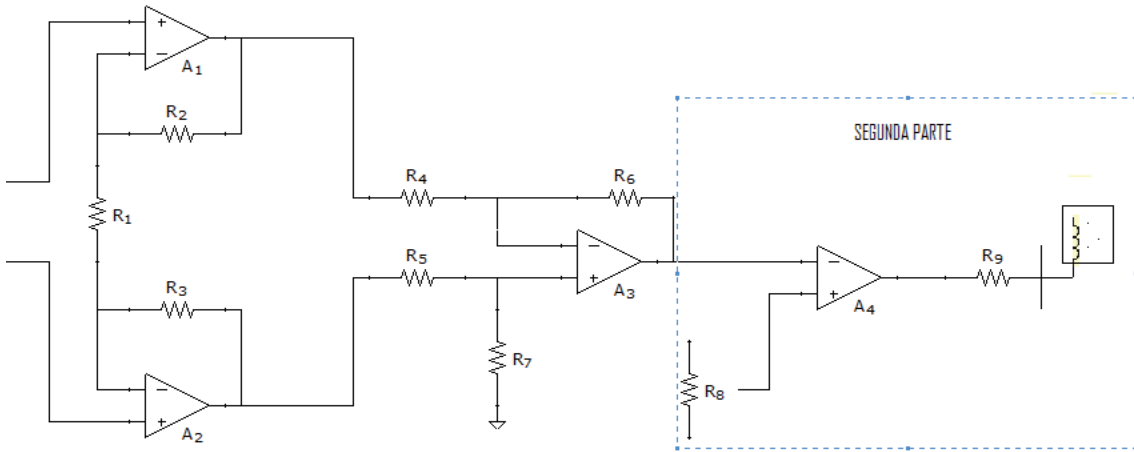


Figura 35.- Segunda parte del circuito

# Capítulo 4 Metodología

En el presente capítulo se analizará el método que utiliza actualmente la empresa Laboratorios Lujan para realizar las actividades que están bajo estudio y se explicará el método que se está proponiendo para resolver las áreas de oportunidad detectadas.

## 4.1 Método Actual

A continuación se muestra un diagrama del flujo del proceso de la fabricación de alimento para perros y gatos en la figura 35

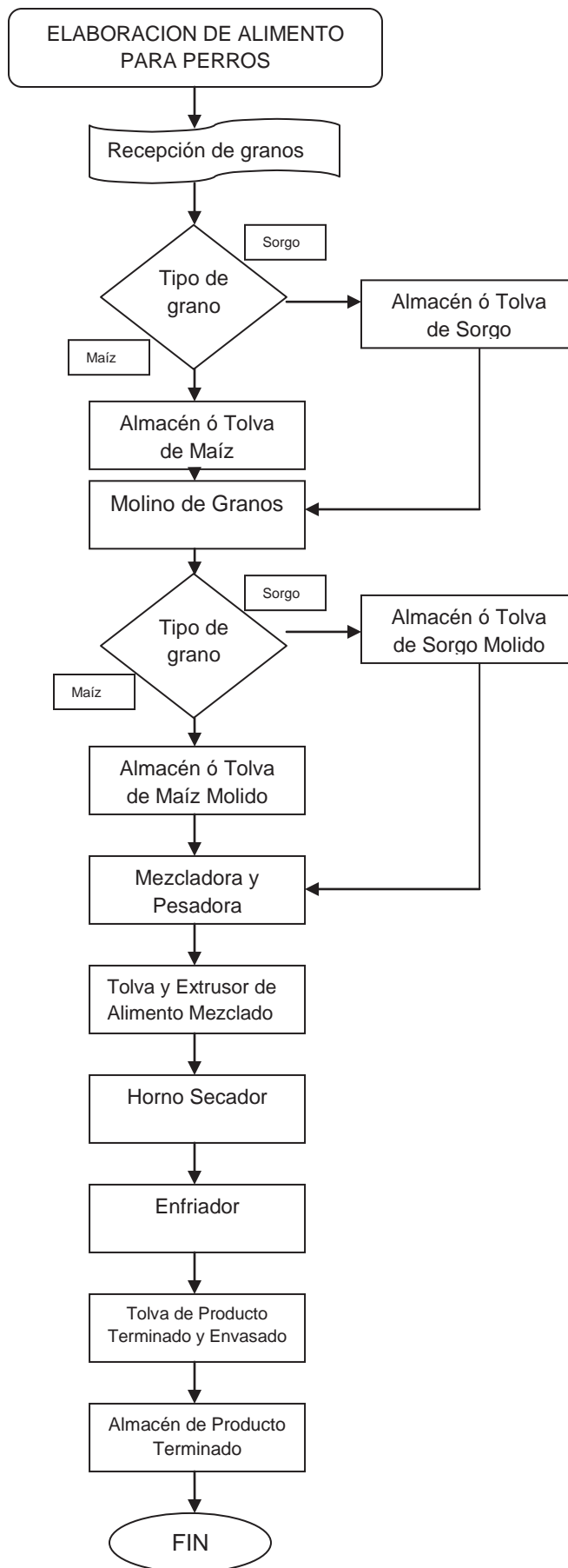


Figura 36.- Diagrama de flujo

## 4.2 Explicación detallada del proceso actual.

### 4.2.1 Recepción de materia prima.

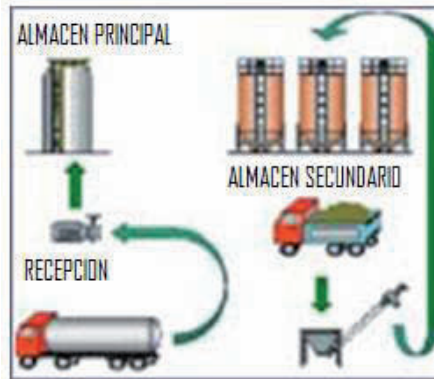


Figura 37.- Recepción de materia prima.

Todas las materias primas utilizadas por Laboratorios Lujan S.A. de C.V., son sometidas a controles previos al ingreso a la Planta Industrial. El control se basa en Normas de calidad que le permite garantizar la inocuidad de sus productos.

La materia prima que no cumple con algún requisito especificado, es rechazada, y como consecuencia, no recibida en la Planta.

Después se mandan por medio de transportadores de tornillos sin fin a la tolva que está conectada con el molino para su transformación.

Una vez molido el grano, se manda a la báscula y mezcladora de granos dependiendo de la fórmula que se vaya a utilizar para la elaboración del alimento.

#### 4.2.2 Mezclado

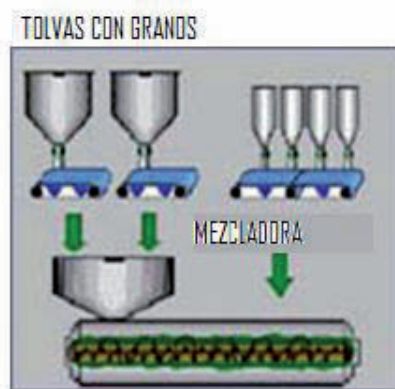


Figura 38.- Mezclado

El proceso consiste en realizar una mezcla conjunta de todos los ingredientes pertenecientes a cada fórmula.

Ya con la mezcla exacta de granos, se manda a otra tolva de alimento donde se le añaden los demás ingredientes como carne, vitaminas, minerales, etc.

#### 4.2.3 Acondicionamiento y extrusión.

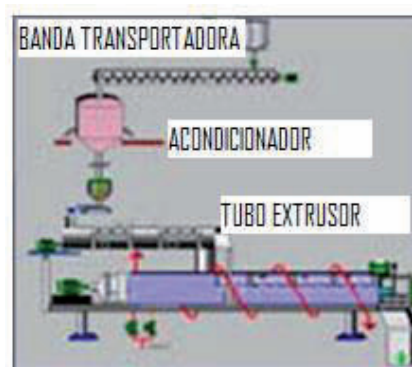


Figura 39.- Acondicionamiento y extrusión.

Estos dos procesos, son los de mayor importancia en la producción de alimentos para mascotas, por lo que requieren de mucha dedicación y conocimiento.

El acondicionamiento de los ingredientes, permite obtener la humedad y temperatura adecuada para la etapa siguiente.

La extrusión, en cambio, realiza la cocción de los mismos bajo condiciones de presión, temperaturas y tiempos de residencia muy estrictos.

Con todo lo anterior a través de su correcto desarrollo, brinda al alimento las condiciones necesarias para evitar la degradación de los nutrientes, mejorar la digestibilidad de proteínas y almidones, asegurar la higiene e inocuidad, y sobre todo mantener el sabor fresco y puro que nuestras mascotas merecen.

#### 4.2.4 Secado.

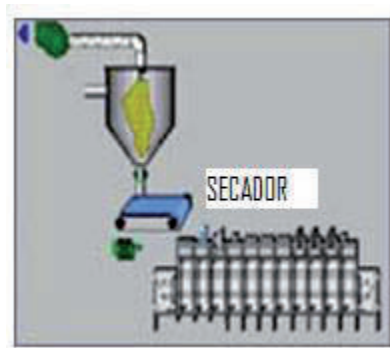


Figura 40.- Secado

El producto ya extruido, se seca por efecto de una corriente de aire caliente en un secador durante aproximadamente 15 a 20 minutos.

Este proceso permite disminuir la humedad del alimento a valores inferiores a 10 por ciento, lo que contribuye, a una mejor conservación del mismo, por disminución de su actividad acuosa, situación que dificulta e impide el desarrollo

de microorganismos que atentarían con la calidad, contaminando el producto, disminuyendo su valor nutricional, e incluso dañando a nuestra mascota.

#### 4.2.5 Cubrimiento.



Figura 41.- Cubrimiento

Una vez secadas, las partículas, se recubren con grasa de origen vacuno comestible grado humano, estabilizada naturalmente con vitamina E. La misma contribuye a finalizar el aporte energético de la fórmula, merced a sus ácidos grasos esenciales, y aumenta la palatabilidad del alimento. (Conjunto de características organolépticas de un alimento, independientemente de su valor nutritivo, que hacen que para un determinado individuo dicho alimento sea más o menos placentero).

Luego de adicionada la grasa se agregan recubrimientos, ya sea polvos o líquidos, cuya función es resaltar más aún el sabor.

#### 4.2.6 Enfriado.

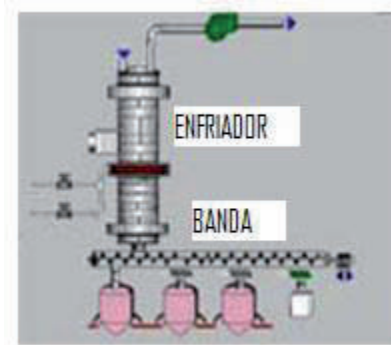


Figura 42.- Enfriado

Previo al envasado, el producto circula por una corriente de aire fresco filtrado, a fin que su temperatura se acerque a la ambiental. Un producto envasado bajo estas condiciones no se humedecerá en la bolsa, por lo que no será atacado, a posteriori, por hongos.

Este proceso es realizado bajo estrictas normas de calidad, a fin de garantizar, que el alimento, ya listo para su destino final, se mantenga inocuo.

#### 4.2.7 Envasado.



Figura 43.- Envasado

Finalmente el producto ingresa al área de empaque. En esta etapa es pesado por el personal al tiempo que es envasado en las distintas presentaciones.



Cada bolsa se individualiza con la fecha de elaboración, fecha de vencimiento y un código que nos permite identificar lote de producción.

Así, de esta forma se garantiza la trazabilidad de cada uno de sus productos desde las materias primas usadas en su fabricación hasta el comerciante que lo tiene para su venta.

Finalmente, sólo se considera al producto como terminado y habilitado para su despacho, cuando cumple con nuestras especificaciones de calidad.

#### 4.2.8 Cargamento y entrega.

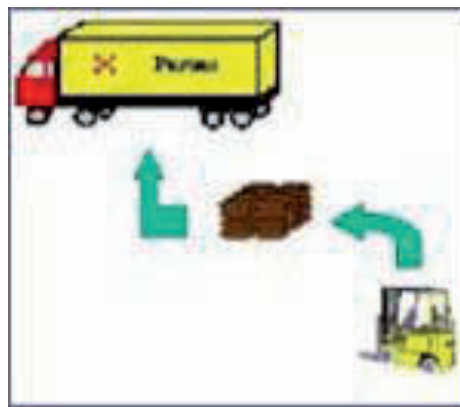


Figura 44.- Cargamento y entrega.

Los productos son trasladados directamente desde la planta industrial a los clientes, cuidando y priorizando la calidad del servicio.

En resumen, en la elaboración de croquetas se utilizan subproductos de origen animal, como harina de pollo, cerdo, res o pescado; cereales como maíz y suplementos alimenticios.

Estos ingredientes, se muelen, mezclan y cuecen, para después bajar la temperatura poco a poco. Posteriormente, la masa se deja secar y se le da forma a las croquetas, las cuales se enfrían y empaacan.

En el proceso de la molienda de granos, que será el campo de acción, lo que ocurre es lo siguiente:

Una vez que la tolva alimentadora de granos está llena y lista, se enciende el motor del molino, y el operador se pone en su lugar para estar manipulando la apertura y cierre de la compuerta. El operador procede a abrir la compuerta y comienzan a caer los granos al molino; al ocurrir esto, el motor empieza a trabajar y aumenta su consumo de corriente. El consumo de corriente se puede observar en un indicador de corriente con el que cuenta la empresa y es similar al velocímetro de un auto, cuando la corriente aumenta la aguja indicadora se desplaza de su posición inicial y va marcando la cantidad de corriente que consume. Cuando la lectura indica la cantidad de corriente límite debida al trabajo que realiza el motor, el operador cierra la compuerta para dejar de alimentar de granos el molino y pueda así procesar todo el producto que ya tiene sin llegar a forzar el motor de manera innecesaria. Cuando el molino ha procesado la mayoría del producto el consumo de energía baja de nuevo hasta el punto donde el operador puede abrir de nuevo la compuerta para dejar entrar más granos para su transformación. Este proceso se repite una y otra vez hasta que se haya terminado de moler la totalidad de los granos que contenía la tolva.

#### 4.3 Descripción del equipo actual.

A continuación en la figura 44 se muestra la tolva, la compuerta de la tolva y el motor tal y como se encuentran en la actualidad.

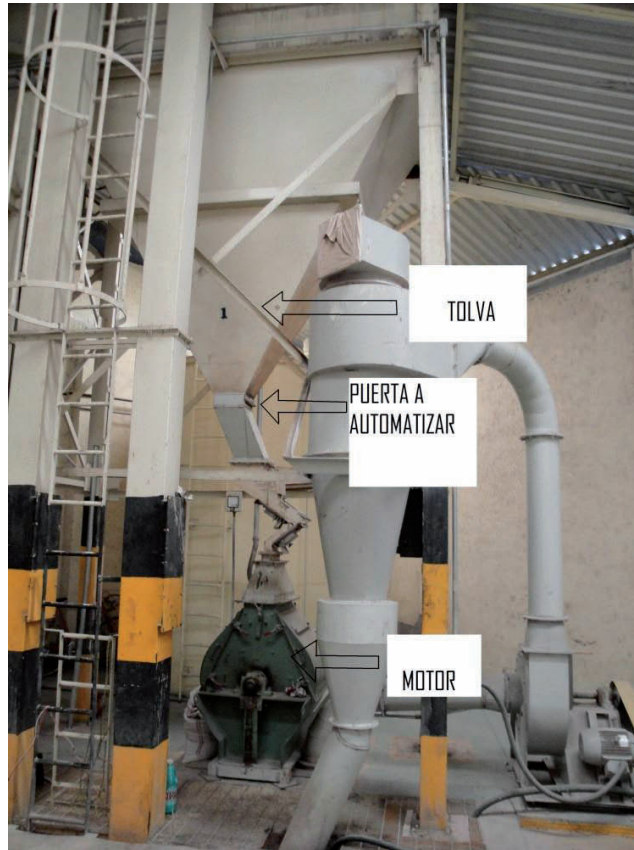


Figura 45.- Elementos actuales en la molienda

La tolva es de un material galvanizado con capacidad de almacenamiento de 20 toneladas de granos.

El tipo de motor que se tiene en la empresa Laboratorios Lujan S.A. de C.V. es el que se muestra en la figura 44 y se describen sus características a continuación.



Figura 46.- Motor Trifásico.

#### 4.4.1 Características del motor.

- Marca: WEG.
- Motores Trifásicos, IP55 (IEC-34), TCVE
- Tensiones Nominales: 220/380V, 380/660V
- Carcasa de Hierro Gris (90 hasta 355M/L)
- Potencia: 60 Hp
- Chapa de identificación en acero inoxidable
- Precio: \$200.000<sup>00</sup>

Debido al elevado costo de un motor de estas características es necesario tener la protección y medidas de seguridad que garanticen la integridad y funcionamiento del mismo.

#### 4.4 Accidentes.

Pero durante este proceso han ocurrido una serie de accidentes que han perjudicado ya sea la transformación de los granos, como el atraso en satisfacción de la demanda, motores dañados, hasta lesiones muy graves que pusieron en peligro la integridad física e inclusive la propia vida de uno de los operadores al caer de su puesto de trabajo debido a la insegura posición del mismo puesto de trabajo.

Han ocurrido explosiones del motor debido a:

- Distracciones
- Ausencia en el área de trabajo debido a distintas necesidades.
- Cansancio

En pequeñas distracciones de los operarios se han quemado motores debido a la sobre carga de energía del motor ya que no se cerró a tiempo la

compuerta por que el operador estaba distraído, salió un momento de su puesto de trabajo, o simplemente se distrajo del indicador de la corriente y no vio la sobrecarga y no cerró la compuerta de la tolva para evitar esto.

Los accidentes del operario han sido los siguientes:

- Fractura de manos
- Fractura de pies
- Golpes en la cabeza
- Lesiones en las costillas

Aquí radica la importancia de la automatización de esta parte del proceso para seguridad de todos y para asegurar el cumplimiento de la demanda del producto.

Además se eliminaran todas las variables anteriores asegurando así que el proceso de lleve a cabo en tiempo y forma.

En las tablas 10 y 11 se muestran los accidentes que ha habido en los últimos 10 años y si fue accidente de operador y/o accidente de motor.

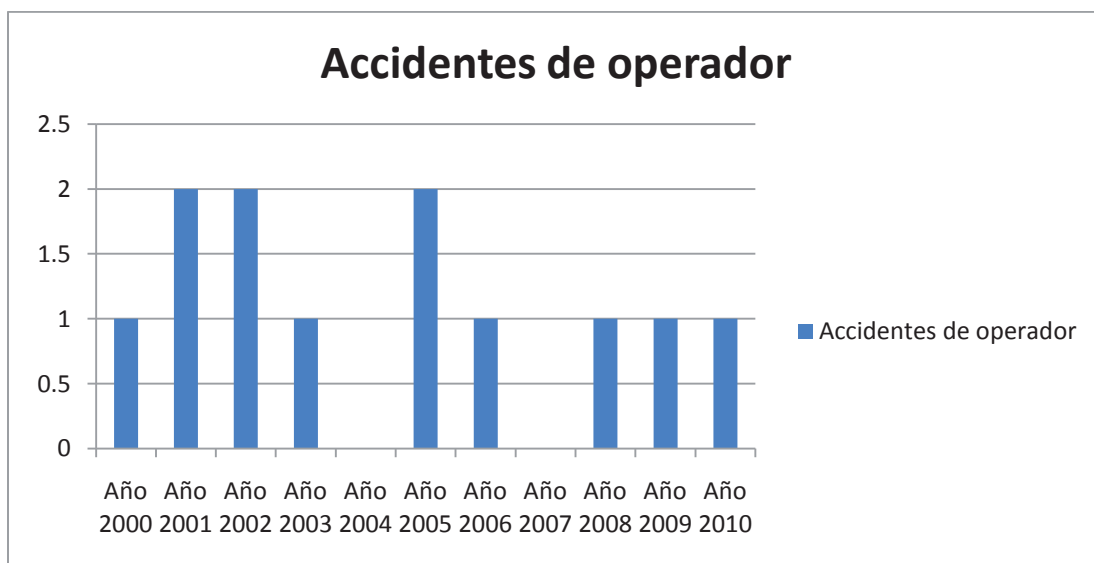


Tabla 11.- Grafica de accidentes

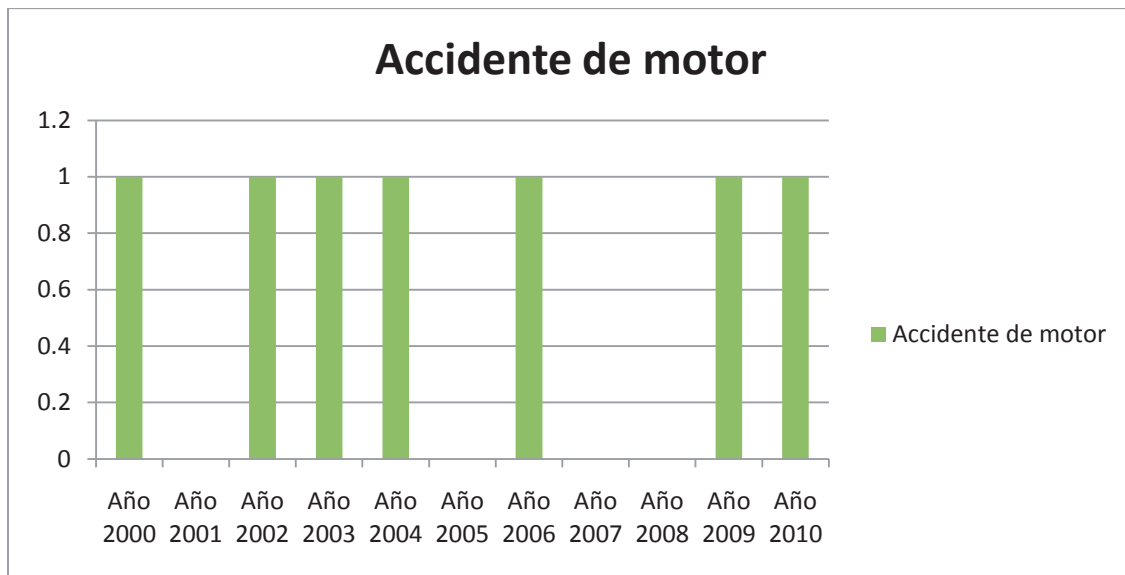


Tabla 12.- Accidentes de motor

La empresa ha tenido esta cantidad de accidentes representados en las gráficas anteriores debido al continuo cambio de personal en esa parte del proceso ya que el trabajo que se realiza es peligroso, inseguro y repetitivo, razón por la cual se hacen cambios de operador en períodos frecuentes.

#### **Nuevo Planteamiento para la Automatización.**

El nuevo planteamiento se implantará en las primeras actividades de Molienda de granos que vienen representadas en el Diagrama de Flujo.

#### **4.6 Descripción del nuevo planteamiento.**

El proceso consistirá en la automatización de la compuerta de abierto y cerrado de la tolva alimentadora de granos al molino encargado de procesar dichos granos por medio de la ayuda de un actuador neumático que sustituirá la mano de obra humana, programado por medio de un PLC que controlará la apertura y cierre de la compuerta dependiendo de las señales de entrada que reciba el mismo. Además se utilizará una sonda o sensor de corriente que cambie

las señales para que puedan ser leídas por el PLC y pueda mandar las señales de salida antes mencionadas de abrir y cerrar compuerta.

#### 4.6.1 Descripción del nuevo proceso automático.

El proceso iniciará encendiendo el PLC para cargar el programa que se encargará de la recepción y salida de señales. Una vez hecho lo anterior se tiene que pulsar un control manual para activar el encendido del motor del molino así como también la apertura de la compuerta para iniciar el proceso de la molienda de granos; la sonda o sensor de corriente se encargara de mandar señales ya sea de apertura o cierre de la compuerta al PLC dependiendo de la cantidad de corriente que este pasando en el circuito en esos momentos. Además la sonda o sensor de corriente se encargará de mandar otra señal más para apagar el motor ya sea cuando no haya más producto que moler en la tolva así como cuando haya una sobrecarga de corriente para evitar que se queme o explote el motor.

#### 4.6.2 Aplicación, programación y simulación del método propuesto.

En esta sección se explicará a detalle los pasos de cómo se realizó la simulación de la actividad de molienda de granos y será apoyada por imágenes para tener un panorama más claro de lo que se llevo a cabo.

En la figura 46 y 47 se muestran todos los elementos con los que se llevo a cabo la simulación.

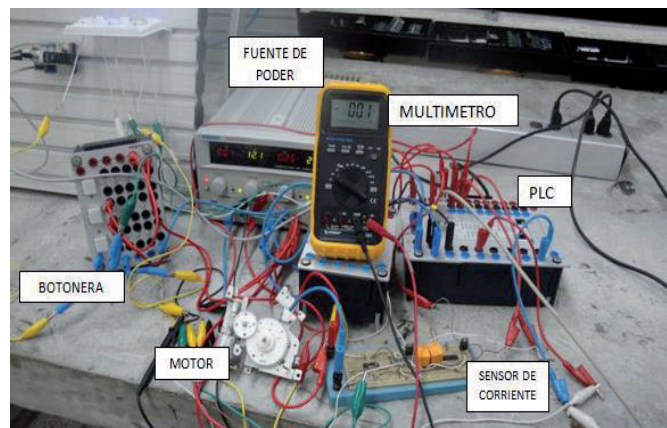


Figura 47.- Elementos para la Simulación

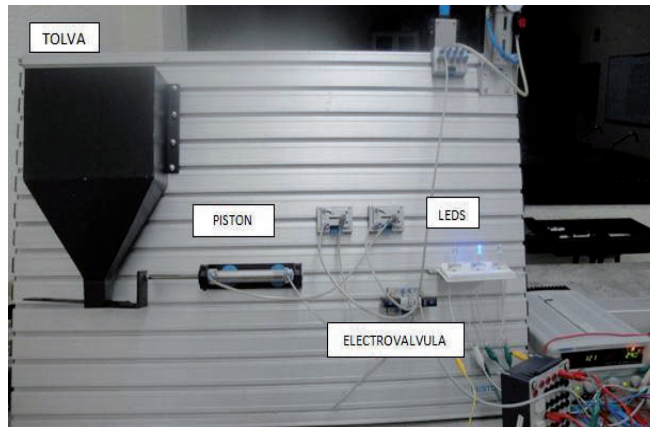


Figura 48.- Elementos para la Simulación en Tablero.

#### 4.7 Programación en PLC.

La programación en un PLC es realizada en compiladores especializados, basados en los principios de programación fundamentales como C y C++, pero en esta ocasión realizaremos nuestra programación en el compilador de líneas FST4.10. El cual es muy útil y amigable para el uso de PLC.

A continuación se muestra el programa del PLC realizado en el compilador FST4.10 en la tabla 13



```

STEP inicio
IF
  AND
  THEN RESET
  JMP TO abrir_tol
      boton2
      luz_ab
      señal_ap
      'Boton2 inicio de ciclo
      'Luz abierto
      'Apagar motor

STEP abrir_tol
IF
  THEN SET
      N
      boton2
      bra
      'Boton2 inicio de ciclo
      'Bobina retroceso de a

STEP cerrar_to
IF
  AND
  THEN SET
  RESET
      N
      boton2
      luz_ce
      baa
      bra
      'Boton2 inicio de ciclo
      'Luz cerrado
      'Bobina avance de a
      'Bobina retroceso de a

STEP k1
IF
  THEN SET
  JMP TO inicio
OTHERW
      luz_ap
      señal_ap
      'Luz apagado
      'Apagar motor
      NOP

STEP temporiza
IF
  THEN SET
  WITH
      baa
      tiempo
      3s
      'Bobina avance de a
      'Tiempo 3s

STEP off_temp
IF
  THEN RESET
      N
      tiempo
      baa
      'Tiempo 3s
      'Bobina avance de a

STEP k2
IF
  THEN SET
  JMP TO inicio
OTHERW
      luz_ap
      señal_ap
      'Luz apagado
      'Apagar motor
      NOP

STEP regreso
IF
  AND
  AND
  THEN JMP TO abrir_tol
      N
      luz_ce
      N
      luz_ap
      luz_ab
      'Luz cerrado
      'Luz apagado
      'Luz abierto

```

Tabla 13.- Lenguaje de la programación.

El paso uno o STEP INICIO es el primer paso de la programación y es de suma importancia ya que también es la que determina las condiciones que debe haber ya sea para iniciar el programa o para reiniciarlo según sea el caso.

En la botonera utilizaremos luces como se muestra en la figura 4.12, las cuales nos servirán de señal que el PLC interpretará de la siguiente manera:

- Luz\_ce: La cual indica que la compuerta de la tolva está cerrada.

- Luz\_ab: La cual indica que la compuerta de la tolva está abierta.
- Luz\_so: La cual indica cuando hay sobrecarga de corriente.



Figura 49.- Luces Indicadoras.

#### 4.7.1 Explicación paso por paso de la programación.

##### STEP inicio

```

IF      boton2      'Boton2 inicio de ciclo
AND     luz_ab      'Luz abierto
THEN RESET señal_ap  'Apagar motor
      JMP TO abrir_tol

```

La primera condición para el inicio del proceso es que este pulsado el botón de inicio del panel de control de la botonera FESTO y la luz de abierto de la misma botonera (esta luz de abierto esta por default al iniciar el proceso de automatización) como se muestra en la figura 49. Si existen estas dos condiciones iniciales el PLC manda desactivar la señal que se llama APAGAR MOTOR, la cual como su nombre lo dice es la encargada de cortar la corriente para evitar que el motor se dañe, por lo tanto el motor funciona nuevamente.



Figura 50.- Condiciones Iniciales.

```

STEP abrir_tol
  IF      N  boton2      'Boton2 inicio de ciclo
  THEN SET bra          'Bobina retroceso de a
STEP cerrar_to
  IF      N  boton2      'Boton2 inicio de ciclo
  AND     luz_ce        'Luz cerrado
  THEN SET baa          'Bobina avance de a
  RESET  bra            'Bobina retroceso de a

```

Una vez prendido el motor del molino, los siguientes pasos son el de abrir y cerrar tolva dependiendo de las condiciones existentes. Cabe mencionar que los pasos el PLC los realiza rápidamente. Al soltar el botón de inicio de ciclo manda activar la BRA (bobina retroceso de A) para que el pistón se mueva a su posición de cerrado de esta manera abriendo la compuerta de la tolva. (Figura 50)



Figura 51.- Condiciones para abrir tolva.

El paso que sigue es cerrar la compuerta cuando la corriente haya llegado al máximo punto permitido, y en este instante se encenderá la luz (luz\_ce) y de manera inmediata se apaga la Bobina BRA y se enciende la Bobina BAA (bobina avance A) que hace que el pistón cambie a la posición inicial que es cuando cierra la compuerta de la tolva.(Figura 51)

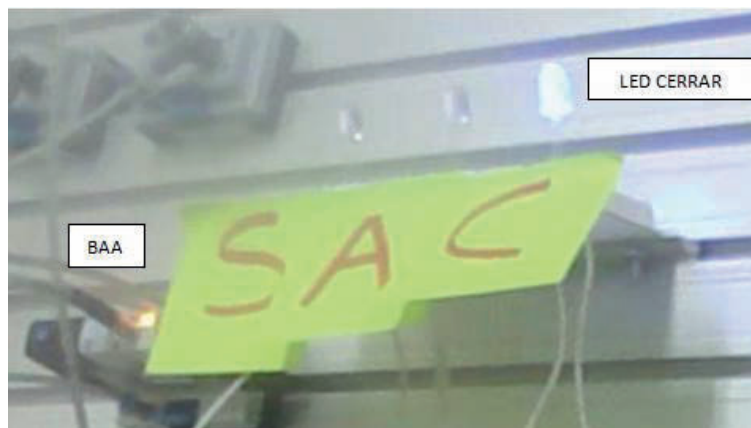


Figura 52.- Condiciones para cerrar tolva.

Estos pasos se repiten muchas veces antes de que o el motor tenga una sobrecarga y se tenga que apagar o cuando ya no haya alimento que moler y entonces también se manda apagar.

```

STEP Seguridad
  IF          luz_ap      'Luz apagado
  THEN SET   señal_ap    'Apagar motor
  JMP TO inicio
OTHRW
      NOP
STEP regreso
  IF      N  luz_ce      'Luz cerrado
  AND     N  luz_ap      'Luz apagado
  AND          luz_ab    'Luz abierto
  THEN JMP TO abrir_tol

```

Debemos de tener una medida de seguridad para evitar accidentes con el motor. Y de eso trata el siguiente paso, el cual se encontraba en la posición final de toda la programación, pero se observó que algunas veces el PLC no leía el último paso o se lo saltaba. Por lo tanto se decidió intercalar esta medida de seguridad entre cada paso para evitar contratiempos y con esto se resolvió el problema.

Este paso de seguridad es lo siguiente: si la corriente que circula en el circuito es mayor a la permitida se enciende la luz que indica sobrecarga y con esta luz se manda activar la señal que apaga el motor para evitar cualquier tipo de percance e inmediatamente pasa al paso de inicio y queda en modo *stand-by* hasta que pulsen de nuevo el botón de encendido para iniciar de nuevo el ciclo. (Figura 52)

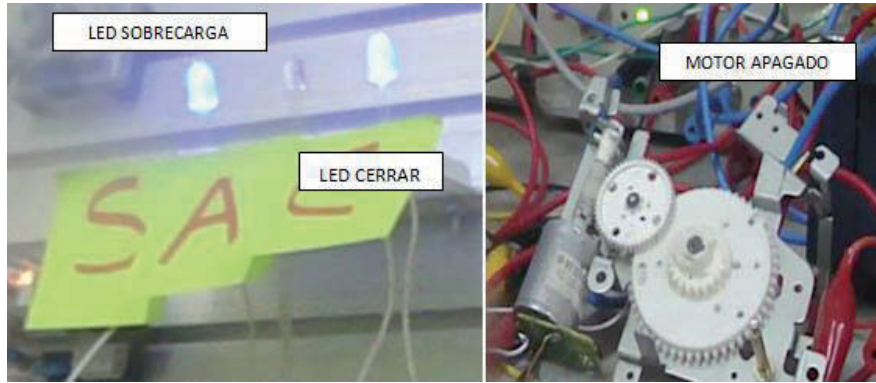


Figura 53.- Condiciones para apagar motor.

#### 4.8 Análisis de Costo.

A continuación se hará el análisis del costo de la inversión.

1. Unidad de mantenimiento	\$2,250
2. Distribuidor de aire	\$1,200
3. Cilindro de doble efecto	\$1,750
4. Válvula 5/2 vías doble solenoide	\$1,500
5. PLC FEC® Edutrainer® Compact FST/MWT	\$8,000
6. Unidad de indicación y distribución eléctrica.	\$2,200
7. Unidad de señales eléctricas.	\$1,850
8. Circuito Sensor de corriente	\$5,000
9. Instalación	<u>\$25,000</u>
10. Costo total del equipo	\$48,750

Han ocurrido explosiones del motor debido a fallas del operador como son:

- Distracciones
- Ausencia en el área de trabajo debido a distintas necesidades.
- Cansancio

En pequeñas distracciones de los operarios se han quemado motores debido a la sobre carga de energía del motor ya que no se cerró a tiempo la

compuerta por que el operador estaba distraído, salió un momento de su puesto de trabajo, o simplemente se distrajo del indicador de la corriente y no vio la sobrecarga y no cerró la compuerta de la tolva para evitar esto.

Los accidentes del operario han sido los siguientes:

- Fractura de manos
- Fractura de pies
- Golpes en la cabeza
- Lesiones en las costillas

De la ley del Seguro Social en el Capítulo III Riesgo de trabajo se mencionarán los siguientes artículos:

Artículo 41.- Se considera riesgo de trabajo los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.

Artículo 42.- Se considera accidente de trabajo toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior; o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualquiera que sea el lugar y el tiempo en que dicho trabajo se preste.

Artículo 55.- Los riesgos de trabajo pueden producir:

- Incapacidad temporal
- Incapacidad permanente parcial
- Incapacidad permanente total
- Muerte.

Artículo 58.- El asegurado que sufra un riesgo de trabajo tiene derecho a las siguientes prestaciones en dinero:

- I. Si lo incapacita temporalmente para trabajar recibirá mientras dure la inhabilitación, el cien por ciento del salario en que estuviese cotizando en el momento de ocurrir el riesgo.

El tiempo de recuperación de una fisura que es la lesión menos grave que un operador puede sufrir es de 3 a 4 semanas. Con un salario de \$1500.<sup>00</sup> pesos semanales, en el tiempo de convalecencia recibirá entre \$4500.<sup>00</sup> pesos y \$6000.<sup>00</sup> pesos.

- II. Al declararse la incapacidad permanente parcial del asegurado, éste recibirá una pensión mensual definitiva equivalente al 70% del salario en que estuviere cotizando en el momento de ocurrir el riesgo durante el tiempo que tarde en recuperarse. El tiempo mínimo de esta incapacidad es de un año.

En el caso de que el operador sufra un accidente y necesite una incapacidad permanente parcial recibirá en un año la cantidad de \$50,400.<sup>00</sup>

- III. Si la incapacidad declarada es permanente total se pagará al asegurado, en sustitución de la pensión, una indemnización global equivalente al 80% de cinco anualidades del salario que le hubiese correspondido.

En caso de que el operador tenga un accidente y la incapacidad sea de este tipo, recibirá el total de \$288,000.<sup>00</sup> pesos.

Artículo 64.- Si el riesgo de trabajo trae como consecuencia la muerte del asegurado, las pensiones y prestaciones a que se refiere la presente Ley serán:



- I. El pago de una cantidad igual a sesenta días de salario mínimo general que rija en el Distrito Federal en la fecha de fallecimiento del asegurado.

Aproximadamente \$3000.<sup>00</sup> pesos.

- II. A la viuda del asegurado se le otorgará una pensión equivalente al cuarenta por ciento de la que hubiese correspondido a aquél, tratándose de incapacidad permanente total.

El monto sería de \$115,200.<sup>00</sup> pesos.

- III A cada uno de los huérfanos que lo sean de padre o madre, que se encuentren totalmente incapacitados, se les otorgará una pensión equivalente al veinte por ciento de la que hubiese correspondido al asegurado tratándose de incapacidad permanente total. Esta pensión se extinguirá cuando el huérfano recupere su capacidad para el trabajo.

Tomando el supuesto de un solo hijo la suma a recibir sería de \$57,600.<sup>00</sup> pesos.

Ahora en el capítulo V Régimen Financiero, viene lo siguiente:

Artículo 72.- Para los efectos de la fijación de primas a cubrir por el seguro de riesgos de trabajo, las empresas deberán calcular sus primas, multiplicando la siniestralidad de la empresa por un factor de prima, y al producto se le sumará el 0.005. El resultado será la prima a aplicar sobre los salarios de cotización, conforme a la fórmula siguiente:

$$\text{Prima} = [(S/365) + V * (I + D)] * (F/N) + M$$

Donde:

V = 28 años, que es la duración promedio de vida activa de un individuo que no haya sido víctima de un accidente mortal o de incapacidad permanente total.

F = 2.3, que es el factor de prima.

N = Número de trabajadores promedio expuestos al riesgo.

S = Total de los días subsidiados a causa de incapacidad temporal.

I = Suma de los porcentajes de las incapacidades permanentes, parciales y totales, divididos entre 100.

D = Número de defunciones.

M = 0.005, que es la prima mínima de riesgo.

Artículo 73.- Las empresas cubrirán la prima de la clase que conforme al Reglamento les corresponda, de acuerdo a la tabla 14:

PRIMA	TIPO DE RIESGO	%
Clase I	Bajo	0.54355
Clase II	Ordinario	1.23065
Clase III	Medio	2.59840
Clase IV	Alto	4.65325
Clase V	Máximo	7.58875

Tabla 14.-Prima de la clase

Por medio del SUA (Sistema Único de Autodeterminación de cuotas, es un programa proporcionado por el IMSS para el cálculo y pago de las cuotas obrero-patronales a cargo del patrón) se calcula la prima que hay que pagar dependiendo del riesgo que haya en cada empresa. En el caso de la empresa Laboratorios Lujan S.A. de C.V. la prima a pagar es de clase III.

El dinero a pagar mensualmente por operador con una prima de riesgo Clase III calculado por el SUA es de \$947.<sup>00</sup> pesos.

#### 4.8.1 Relación Costo Beneficio de automatizar el proceso de transformación de granos.

En base a todo lo anterior podemos ver que la relación costo beneficio de automatizar la parte de la molienda de granos del proceso de producción de alimentos para perros y gatos es la siguiente:

##### Costo de automatizar/Costo del motor

El costo de automatizar es de \$50 000.<sup>00</sup> y el costo del motor es de 250,000.<sup>00</sup> por lo tanto automatizar el proceso es tan solo una 1/5 parte del costo total del motor.

##### Costo de automatizar/Costo de riesgo del operador.

En este análisis se tienen varios escenarios los cuales se describirán a continuación.

- I. El operador recibirá \$6,000.<sup>00</sup> en un mes en el tipo de incapacidad temporal; aunado también otros \$6,000.<sup>00</sup> que recibirá el suplente del operador incapacitado sumando un total de \$12,000.<sup>00</sup>

Por lo tanto, en este escenario el costo de automatizar el proceso es 4.16 veces mayor al costo de incapacidad del operador.

- II. En el caso de la incapacidad permanente parcial el operador recibirá \$50,400.<sup>00</sup> pesos. Si el costo de la automatización del proceso es de \$50,000.<sup>00</sup> entonces:

El costo de automatizar contra el costo de incapacidad del operador es prácticamente el mismo.

- III. En el tipo de incapacidad permanente total el operador recibirá \$288,000.<sup>00</sup>.

El costo de automatizar sería casi 1/6 parte del costo de incapacidad del operador.

IV. En el caso de que el operador llegara a perder la vida, la beneficiara y el hijo recibirían en total la cantidad de \$175,800.<sup>00</sup> pesos.

El costo de automatizar sería menor a 1/3 del costo de incapacidad del operador.

En resumen, automatizar el proceso de la transformación de los granos trae consigo disminución de riesgo de accidentes ya sean del operador o del motor además de la disminución de los costos derivados de estos accidentes, por lo cual queda demostrada la viabilidad del proyecto tal y como se muestra en la tabla 15.

TIPO	COSTO POR EVENTO POR PERSONA	AUTOMATIZACION	RELACION
Incapacidad Temporal	\$12,000	\$50,000	0.24
Incapacidad Parcial	\$50,400	\$50,000	1.008
Incapacidad Total	\$288,000	\$50,000	5.76
Muerte	\$175,800	\$50,000	3.51
Motor	\$250,000	\$50,000	5
Prima de Riesgo	\$136368	\$50,000	2.72

Tabla 15.- Comparación de los costos

En relación a la prima de riesgo laboral tenemos lo siguiente:

Tipo	%	Pago mensual	# Trabajadores	Pago total anual	Diferencia
IV	4.65	947	12	\$136,368	0
III	2.59	725	12	\$104,400	\$31,968

Tabla 16.- Relación prima de riesgo laboral

Con la automatización del proceso se disminuirán los accidentes por lo que al calcular al inicio de año la nueva tasa se podría pasar al nivel III pagando \$31,968 pesos menos que lo que se paga ahora. De esta manera se estaría recuperando la inversión total del equipo de automatización en un tiempo total de 1 año con 2 meses.

# Capítulo 5 Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos al final de la elaboración del trabajo, con respecto de los objetivos planteados, tanto el objetivo general como los particulares.

Se lograron identificar las áreas susceptibles de automatización gracias al estudio y evaluación del proceso actual de la elaboración de alimentos para perros y gatos.

El proceso de molienda de granos en su método actual se hace de manera manual, y con el diseño del nuevo método se logra un proceso semi automatizado debido a que no es totalmente automática ni totalmente manual, se necesita que el operador de inicio al proceso en un principio de jornada o que reanude el proceso después de que haya habido un paro del motor debido a las medidas de seguridad del mismo.

Se realizó la simulación del proceso propuesto en el laboratorio de automatización de procesos de la Universidad Vasco de Quiroga, apoyado por el material didáctico así como el software FST 4.10.

Se cumplen satisfactoriamente los objetivos planteados al principio:

Se controla de manera semiautomática la alimentación de los granos al motor gracias al uso del pistón neumático de doble efecto, de la válvula electro neumática asistidos por el PLC que se encarga de manipular las señales de entrada para así mismo mandar las señales de salida correspondientes.

Se reduce al mínimo el riesgo de sufrir lesiones o daños del operador así como el costo derivado de éstos al estar trabajando en una zona segura monitoreando el proceso desde una oficina contigua al área de la molienda.

Se reducen los costos al asegurar un adecuado trabajo para el motor evitando así sufra fallas o desperfectos debido al incumplimiento o distracciones de trabajo por parte del operador debido a diferentes causas como lo puede ser alguna necesidad fisiológica o simple abandono del puesto de trabajo.

Se diseño y elaboró en la práctica un circuito electrónico que permitiera poder leer la corriente que existe al trabajar el motor y también poder mandar y convertir esta lectura en datos o en un lenguaje de programación que pudiera ser leído e interpretado correctamente por el PLC para a su vez éste fuera capaz de controlar el sistema semiautomático.

## Capitulo 6 Conclusiones

Al finalizar el presente trabajo se pone de manifiesto la importancia que tiene la automatización en la actualidad. El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, en la seguridad del mismo.

Con la semi automatización de la parte del proceso seleccionada en este trabajo se mejorarán las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos peligrosos e incrementando la seguridad.

La propuesta que aquí se presenta de automatización consideró factores para poder facilitar el trabajo cuidando así la seguridad e integridad del operario.



## Índice de Figuras

Figura 1.- Operador en posición no segura.....	v
Figura 2.- Macro localización de la empresa [2] .....	2
Figura 3.- Micro localización de la empresa [2] .....	3
Figura 4.- Organigrama de la empresa Laboratorios Luján .....	3
Figura 5.- Prensa Hidráulica .....	12
Figura 6.- Presión.....	16
Figura 7.- Caudal.....	16
Figura 8.- Diferencia de presiones.....	16
Figura 9.- Ley de Boyle Mariotte .....	17
Figura 10.- Compresor de Membrana.....	18
Figura 11.- Compresores Rotativos. ....	18
Figura 12.- Compresor de Pistones .....	19
Figura 13.- Cilindro de Simple Efecto. ....	21
Figura 14.- Cilindro de Doble Efecto .....	21
Figura 15.- Cilindro de Membrana. ....	22
Figura 16.- Amplificador Operacional .....	25
Figura 17.- Transistor .....	27
Figura 18.- Potenciómetro .....	28
Figura 19.- PLC.....	28
Figura 20.- Sonidos Cotidianos en decibeles.....	32
Figura 21.- Unidad de Mantenimiento.....	35
Figura 22.- Distribuidor de Aire .....	35
Figura 23.- Cilindro de doble efecto.....	36
Figura 24.- Válvula 5/2 vías .....	37
Figura 25.- PLC.....	37
Figura 26.- Unidad de indicación y distribución eléctrica. ....	38
Figura 27.- Unidad de señales eléctricas.....	38
Figura 28.- Fuente de Poder.....	39
Figura 29.- Multímetro. ....	39
Figura 30.- Motor de 12 V .....	40
Figura 31.- Leds indicadores.....	40
Figura 32.- Circuito sensor de corriente.....	41
Figura 33.- Circuito Eléctrico. ....	42
Figura 34.- Resistencia conectada al motor. ....	42
Figura 35.- Segunda parte del circuito .....	43
Figura 36.- Diagrama de flujo .....	45
Figura 37.- Recepción de materia prima. ....	46
Figura 38.- Mezclado .....	47
Figura 39.- Acondicionamiento y extrusión. ....	47
Figura 40.- Secado .....	48

Figura 41.- Cubrimiento .....	49
Figura 42.- Enfriado .....	50
Figura 43.- Envasado .....	50
Figura 44.- Cargamento y entrega.....	51
Figura 45.- Elementos actuales en la molienda .....	53
Figura 46.- Motor Trifásico.....	53
Figura 47.- Elementos para la Simulación .....	57
Figura 48.- Elementos para la Simulación en Tablero.....	58
Figura 49.- Luces Indicadoras.....	60
Figura 50.- Condiciones Iniciales.....	61
Figura 51.- Condiciones para abrir tolva.....	62
Figura 52.- Condiciones para cerrar tolva.....	62
Figura 53.- Condiciones para apagar motor.....	64

## Índice de Tablas

Tabla 1.- Ejemplos de las primeras automatizaciones [3].....	5
Tabla 2.- Tabla comparativa de Ventajas y Desventajas de la Hidráulica. ....	10
Tabla 3.- Características comparativas de los sistemas neumáticos e hidráulicos.....	14
Tabla 4.- Magnitudes físicas del Sistema Internacional de Unidades.....	15
Tabla 5.- Magnitudes Derivadas del Sistema Internacional de Unidades.....	15
Tabla 6.- Cilindros o Actuadores.....	20
Tabla 7.- Simbología.....	23
Tabla 8.- Accionamiento de Válvulas.....	24
Tabla 9.- Simbología Neumática.....	25
Tabla 10.- Exposiciones permisibles al ruido.....	33
Tabla 11.- Grafica de accidentes.....	55
Tabla 12.- Accidentes de motor.....	56
Tabla 13.- Lenguaje de la programación.....	59
Tabla 14.-Prima de la clase.....	68
Tabla 15.- Comparación de los costos.....	70
Tabla 16.- Relación prima de riesgo laboral.....	71

## Bibliografía.

- [1] Benjamín W. Niebel (2009). Ingeniería Industrial, Métodos y Estándares y Diseño del trabajo, México: Mc Graw Hill.
  
- [2] GOOGLE MAPS. (2011)  
Consultado en Febrero de 2011 y disponible en:  
  
<http://maps.google.es/Laboratorios Lujan, Norte 4, Ciudad Industrial,Morelia, Mexico>
  
- [3] ITESM. [Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey]. (2010)  
Consultado en Marzo de 2010 y disponible en:  
<http://biblioteca.itesm.mx/cgi-bin/nav/salta?cual=www:81365>
  
- [4] SMC, 2000, “Neumática”, Thomson-Paraninfo.
  
- [5] Sapiensman. (2004)  
Consultado en Marzo de 2010 y disponible en:  
<http://www.sapiensman.com/neumatica/index.htm>
  
- [6] MANUAL FESTO “Neumática”, TP 101-2000 Festo Didactic.
  
- [7] MARCOMBO. (2002)  
Consultado en Marzo de 2010 y disponible en:  
  
[http://www.marcombo.com/Descargas/9788426714206Neum%C3%A1tica\\_e\\_hidr%C3%A1ulica/primer\\_capitulo\\_neumatica\\_e\\_hidraulica.pdf](http://www.marcombo.com/Descargas/9788426714206Neum%C3%A1tica_e_hidr%C3%A1ulica/primer_capitulo_neumatica_e_hidraulica.pdf) pág. 5
  
- [8] SSA [Secretaría de Salud Pública]. (2010). Higiene en los alimentos.  
Consultado en febrero de 2010 y disponible en:  
[http://www.emexico.gob.mx/wb2/eMex/eMex\\_Higiene\\_en\\_alimentos](http://www.emexico.gob.mx/wb2/eMex/eMex_Higiene_en_alimentos).
  
- [9] IMSS [Instituto Mexicano del Seguro Social](2010)  
Consultado en febrero de 2010 y disponible en:  
[http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/traumatol\\_ortopedia.htm](http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/traumatol_ortopedia.htm)