



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PULPO  
AUTOMATIZADO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A N:**

**BARRAGAN ORTUÑO GUADALUPE CARLOS**

**GUTIERREZ RODRIGUEZ CESAR**

**SAMANO PARDO FEDERICO MARCOS**

**ASESOR: ING. NICOLAS CALVA TAPIA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES - CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Diseño y construcción de un pulpo automatizado.

que presenta el pasante: Guadalupe Carlos Barragán Ortuño  
con número de cuenta: 9355181-0 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de febrero de 2005

PRESIDENTE Ing. Ma. De la Luz González Quijano

VOCAL Ing. Nicolás Celva Tapia

SECRETARIO Ing. Armando Morales

PRIMER SUPLENTE Ing. Angel Hilario García Bacho

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Gabriela López Sánchez

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

F. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Diseño y construcción de un pulpo automatizado.

que presenta el pasante: César Gutiérrez Rodríguez  
con número de cuenta: 09016960-9 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de febrero de 2005

PRESIDENTE Ing. Ma. De la Luz González Quijano

VOCAL Ing. Nicolás Calva Tapia

SECRETARIO Ing. Armando Morales

PRIMER SUPLENTE Ing. Angel Hilario García Becho

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Gabriel López Sánchez



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**  
**UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR**  
**DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Diseño y construcción de un pulno automatizado

que presenta el pasante: Federico Marcos Sámano Pardo  
 con número de cuenta: 9108998-6 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de febrero de 2005

PRESIDENTE	<u>Ing. Ma. De la Luz González Quijano</u>	
VOCAL	<u>Ing. Nicolás Salva Tapia</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Armando Morales</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Angel Hilario García Bacho</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Gabriela López Sánchez</u>	

## Dedicatorias.

A ti, mi Dios:

Gracias por la vida y porque me diste los medios para que este día llegara.

A mi esposa:

Gracias por caminar tomada de mi brazo, por tu comprensión, tu apoyo, tu amor y tus cuidados. Porque contigo he comprendido el verdadero significado del amor, espero nos alcance la vida para conquistar todas nuestras metas y compartirlas siempre juntos... *"los amigos tomamos el aire juntos"*.

A Carlitos:

Gracias por tus enseñanzas, por todos esos momentos de felicidad y por todo lo que aportaste a mi vida, no te has ido, sigues con nosotros.

A mi madre:

Por enseñarme a vivir positivamente e impulsarme siempre a cristalizar mis sueños, gracias por tus cuidados y tu entereza. Por que siempre he contado con tu apoyo en los momentos más importantes de mi vida.

A mi padre:

Quien me ayudó a sentar bases firmes en mi vida, quien me ayudó a forjar grandes ideales. Por que tu recuerdo me impulsa a ser mejor cada día.

A mis hermanos:

Gracias por acompañarme durante toda mi vida, por ser parte de mis logros, por su apoyo, por todo lo que me han enseñado y por que gracias a ustedes soy lo que soy.

A mi comunidad:

Gracias porque me ayudan a ser mejor cada día.

Guadalupe Carlos Barragán Ortuño.

## **Agradecimientos.**

A mis compañeros de tesis Marcos y César:

Por todas sus aportaciones, por confiar en este proyecto y porque siempre existió una respuesta positiva ante las adversidades.

A mi asesor de tesis, Ing. Nicolás Calva Tapia:

Porque su espíritu universitario nos inspira.

A mi Universidad:

Con un profundo agradecimiento a la institución que me formó en el desarrollo de mis conocimientos y habilidades, porque me dio la oportunidad de obtener una formación profesional.

*“SE AUDAZ ...  
Y FUERZAS DIVINAS VENDRÁN EN TU AYUDA”*

Guadalupe Carlos Barragán Ortuño.

## **Agradecimientos.**

A LA UNAM:

\*CCH Oriente, FES Cuautitlán

Por la oportunidad de ser parte de una gran institución, pero de manera muy especial de la FES Cuautitlán, en la cual tuve la oportunidad de conocer personas muy valiosas en beneficio de mi formación personal y académica.

A MIS PADRES:

\* José Luis Gutiérrez Martínez e Hilda Rodríguez García.

Quienes si importar las adversidades, me enseñaron a enfrentar los retos y me motivaron a terminar la licenciatura de Ingeniería que es el mejor patrimonio que puede uno recibir, pero sobretodo por el amor, apoyo y cariño que me han otorgado....¡GRACIAS!

¡LOS AMO!

A MIS HERMANAS:

\*Sol Ángel, Perla y Erika

A quienes admiro y respeto. Me siento orgulloso y afortunado de tenerlas a mi lado.

A MI ESPOSA:

\* Adali Martínez Ramírez.

Con quien inicio una nueva etapa en mi vida y sé que tendré su apoyo y comprensión para los retos que estén por venir.

César Gutiérrez Rodríguez



## **Agradecimientos.**

### **A MIS AMIGOS:**

\*Alejandro, Daniel, Edgardo, Porfirio, Ricardo, Utrera, Manolo, Juana, Marcos, Toño, Lupillo, Rafael, Lazcano, Tirso, Joe, Piolo.

Por esa gran amistad que durante años me han otorgado incondicionalmente. En especial con mis compañeros de tesis Guadalupe Carlos y Federico Marcos.

### **AL INGENIERO:**

\*Nicolás Calva Tapia.

Por su tiempo y dedicación en la elaboración de esta tesis.

César Gutiérrez Rodríguez.

## **Dedicatorias.**

A mi madre Pilar Pardo Mendoza por haber estado conmigo en las peores tempestades y por haber creído en mí.

A mi padre Santos Sámano Medrano que siempre me apoyó para llevar a cabo siempre un sueño y que sin su ayuda no hubiera sido un profesionalista.

A mis hermanas; Claudia y Jovana que siempre estuvieron conmigo y me apoyaron para todo.

Federico Marcos Sámano Pardo.

## **Agradecimientos.**

Al ingeniero Nicolás Calva Tapia, por sus grandes aportaciones para la realización de este proyecto y por su gran paciencia.

A mi compañero Cesar Gutiérrez Rodríguez por su valiosa colaboración y apoyo que le dió al proyecto

A mi compañero Guadalupe Carlos por haber resistido todas las adversidades y por su gran apoyo al proyecto.

A el jurado que con sus observaciones, lograron hacer de éste un trabajo profesional.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por el alto grado de formación académica de sus egresados.

“Por mi raza hablará el espíritu”

Federico Marcos Sámano Pardo.



La Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas  
y el  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Otorgan el presente



CONACYT

# RECONOCIMIENTO

Al C.:

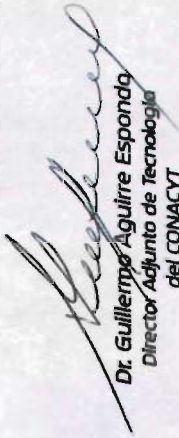
*Ing. Guadalupe Carlos Barragán Ortuño*

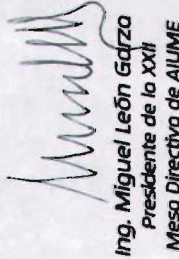
Por su destacada participación en el  
1er. Concurso de Propuestas de Solución Tecnológica a Problemas de Nuestro Entorno  
habiendo obtenido el

**PRIMER LUGAR**

con Mención Honorífica

de acuerdo a la evaluación realizada por el Jurado Calificador  
México, D.F., 23 de Febrero de 2005

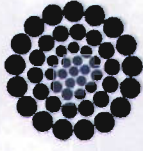
  
Dr. Guillermo Aguirre Esponda  
Director Adjunto de Tecnología  
del CONACYT

  
Ing. Miguel León Garza  
Presidente de la XXII  
Mesa Directiva de AIUME



La Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas  
y el  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Otorgan el presente



CONACYT

# RECONOCIMIENTO

Al C.:

*Ing. César Gutiérrez Rodríguez*

Por su destacada participación en el  
1er. Concurso de Propuestas de Solución Tecnológica a Problemas de Nuestro Entorno

habiendo obtenido el

**PRIMER LUGAR**  
con Mención Honorífica

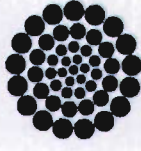
de acuerdo a la evaluación realizada por el Jurado Calificador  
México, D.F., 23 de Febrero de 2005

Dr. Guillermo Aguirre Espondo  
Director Adjunto de Tecnología  
del CONACYT

Ing. Miguel León Garza  
Presidente de la XXII  
Mesa Directiva de AILIME



La Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas  
y el  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Otorgan el presente

CONACYT

# RECONOCIMIENTO

Al C.:

*Ing. Federico Marcos Sámano Pardo*

Por su destacada participación en el  
1er. Concurso de Propuestas de Solución Tecnológica a Problemas de Nuestro Entorno

habiendo obtenido el

**PRIMER LUGAR**

con Mención Honorífica

de acuerdo a la evaluación realizada por el Jurado Calificador  
México, D.F., 23 de Febrero de 2005

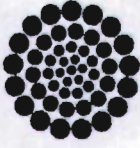
Dr. Guillermo Aguirre Esponda  
Director Adjunto de Tecnología  
del CONACYT

Ing. Miguel León Garza  
Presidente de la XXII  
Mesa Directiva de AILUME



La Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas  
y el  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Otorgan el presente



CONACYT

# RECONOCIMIENTO

Al C.:

*Ing. Guadalupe Carlos Barragán Ortuño*

*Por su destacada participación en el  
1er. Concurso de Tesis en Ingeniería Electromecánica*

México, D.F., 23 de Febrero de 2005

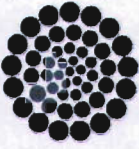
Dr. Guillermo Aguirre Esponda  
Director Adjunto de Tecnología  
del CONACYT

Ing. Miguel León Garza  
Presidente de la XXII  
Mesa Directiva de AIJUME



La Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas  
y el  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Otorgan el presente



CONACYT

# RECONOCIMIENTO

Al C.:

*Ing. César Gutiérrez Rodríguez*

*Por su destacada participación en el  
1er. Concurso de Tesis en Ingeniería Electromecánica*

México, D.F., 23 de Febrero de 2005

Dr. Guillermo Aguirre Esponda  
Director Adjunto de Tecnología  
del CONACYT

Ing. Miguel León Garza  
Presidente de la XXII  
Mesa Directiva de ALIUME





La Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas  
y el  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Otorgan el presente



CONACYT

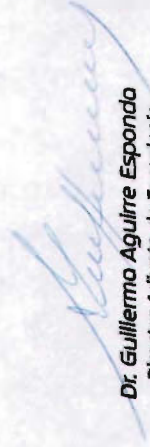
# RECONOCIMIENTO

Al C.:

*Ing. Federico Marcos Sámano Pardo*

*Por su destacada participación en el  
1er. Concurso de Tesis en Ingeniería Electromecánica*

México, D.F., 23 de Febrero de 2005

  
Dr. Guillermo Aguirre Esponda  
Director Adjunto de Tecnología  
del CONACYT

  
Ing. Miguel León Garza  
Presidente de la XXII  
Mesa Directiva de AIUME



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**CONCURSOS**  
de Prototipos de  
Innovación Tecnológica  
IME-FES-CUAUTITLÁN



UNAM  
CUAUTITLÁN

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y La Coordinación de la  
carrera de Ingeniería Mecánico Electricista otorgan el presente:

# Reconocimiento

a: *Barragan Ortiz, Guadalupe Carlos*

por su participación en el 3er. Concurso de  
Prototipos de Innovación Tecnológica  
IME-FES-Cuautitlán

"Por mi raza hablará el espíritu"  
Cuautitlán Izcalli, Mex, a 16 de Febrero de 2004.

*Pedro Guzmán*  
M. en A.I. Pedro Guzmán Tinajero  
Coordinador de la Carrera de  
Ingeniero Mecánico Electricista

*Juan Antonio Montaraz Crespo*  
Dr. Juan Antonio Montaraz Crespo  
Director de la FESC



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



UNAM  
CUAUTITLÁN

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y La Coordinación de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista otorgan el presente:

# Reconocimiento

a: *Gutiérrez Rodríguez Cesar*

por su participación en el 3er. Concurso de Prototipos de Innovación Tecnológica  
IME FES-Cuautitlán

"Por mi raza hablará el espíritu"

Cuautitlán Izcalli, Mex, a 16 de Febrero de 2004.

M. en A. I. Pedro Guzmán Tinajero  
Coordinador de la Carrera de  
Ingeniero Mecánico Electricista

Dr. Juan Antonio Montaraz Crespo  
Director de la FESC



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y La Coordinación de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista otorgan el presente:

# Reconocimiento

a: *Samano Pardo Federico Marcos*

por su participación en el 3er. Concurso de Prototipos de Innovación Tecnológica  
IME FES-Cuautitlán

"Por mi raza hablará el espíritu"

Cuautitlán Izcalli, Mex, a 16 de Febrero de 2004.

M. en A. I. Pedro Guzmán Tinajero  
Coordinador de la Carrera de  
Ingeniero Mecánico Electricista

Dr. Juan Antonio Montaraz Crespo  
Director de la FES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ASUNTOS ESTUDIANTILES  
DEPTO. DE ORIENTACIÓN Y SERVICIOS A LOS ESTUDIANTES



UNAM  
CUAUTITLÁN

OTORGA LA PRESENTE

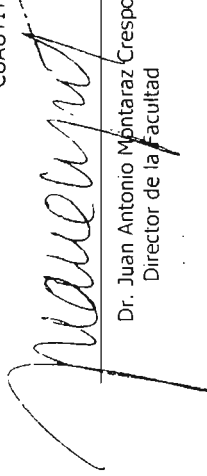
## CONSTANCIA

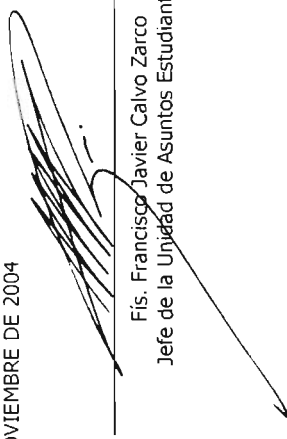
**A: Guadalupe Carlos Barragán Ortuño**

Por su participación en la octava exposición "AL ENCUENTRO DEL MAÑANA" que se realizó los días 21 al 28 de octubre del 2004 en Ciudad Universitaria



"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
CUAUTITLÁNIZCALLI, EDO. DE MÉX., NOVIEMBRE DE 2004

  
Dr. Juan Antonio Montaraz Crespo  
Director de la Facultad

  
Fis. Francisco Javier Calvo Zarco  
Jefe de la Unidad de Asuntos Estudiantiles



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ASUNTOS ESTUDIANTILES  
DEPTO. DE ORIENTACIÓN Y SERVICIOS A LOS ESTUDIANTES



UNAM  
CUAUTITLÁN

OTORGA LA PRESENTE

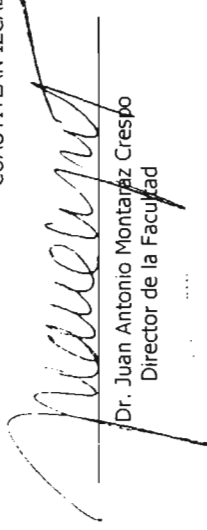
## CONSTANCIA

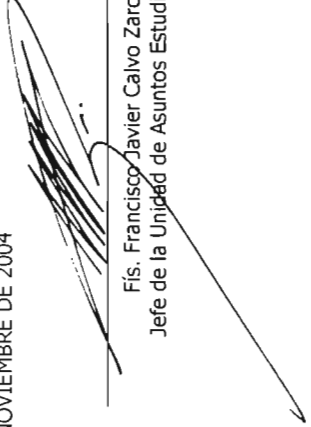
**A: César Gutiérrez Rodríguez**

Por su participación en la octava exposición "AL ENCUENTRO DEL MAÑANA" que se realizó los días 21 al 28 de octubre del 2004 en Ciudad Universitaria



"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX., NOVIEMBRE DE 2004

  
Dr. Juan Antonio Montañez Crespo  
Director de la Facultad

  
Fis. Francisco Javier Calvo Zarco  
Jefe de la Unidad de Asuntos Estudiantiles



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ASUNTOS ESTUDIANTILES  
DEPTO. DE ORIENTACIÓN Y SERVICIOS A LOS ESTUDIANTES



OTORGA LA PRESENTE

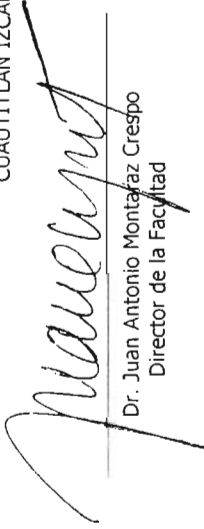
## CONSTANCIA

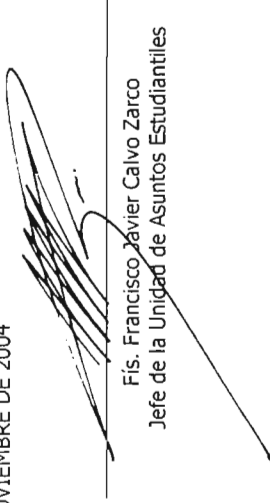
**A: Federico Marcos Samano Pardo**

Por su participación en la octava exposición "AL ENCUENTRO DEL MAÑANA" que se realizó los días 21 al 28 de octubre del 2004 en Ciudad Universitaria



"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX., NOVIEMBRE DE 2004

  
Dr. Juan Antonio Montañaz Crespo  
Director de la Facultad

  
Fís. Francisco Javier Calvo Zarco  
Jefe de la Unidad de Asuntos Estudiantiles



## AVISO DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO



Nezahualcóyotl, Estado de México, a 18 de abril del 2005

**GUADALUPE BARRAGÁN ORTUÑO  
PRESENTE.**

Derivado de la presentación del proyecto "PULPO AUTOMATIZADO" el día 8 de abril del presente ante el Comité Externo para la Evaluación de Proyectos me es grato comunicarle que el dictamen final es:

**SÍ CUENTA CON POTENCIAL SUFICIENTE PARA INICIAR SU PROCESO DE  
INCUBACIÓN.**

Por lo anterior, extendiendo a usted una cordial invitación para que el día 25 de abril del presente mes, se presente en las instalaciones del programa IDE...ah!, ubicado en el Centro de Negocios para el Desarrollo Regional Sustentable a las 11:00 horas a la plática informativa que da inicio formal a la incubación de su empresa.

Segura de contar con su amable presencia, envío a usted un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

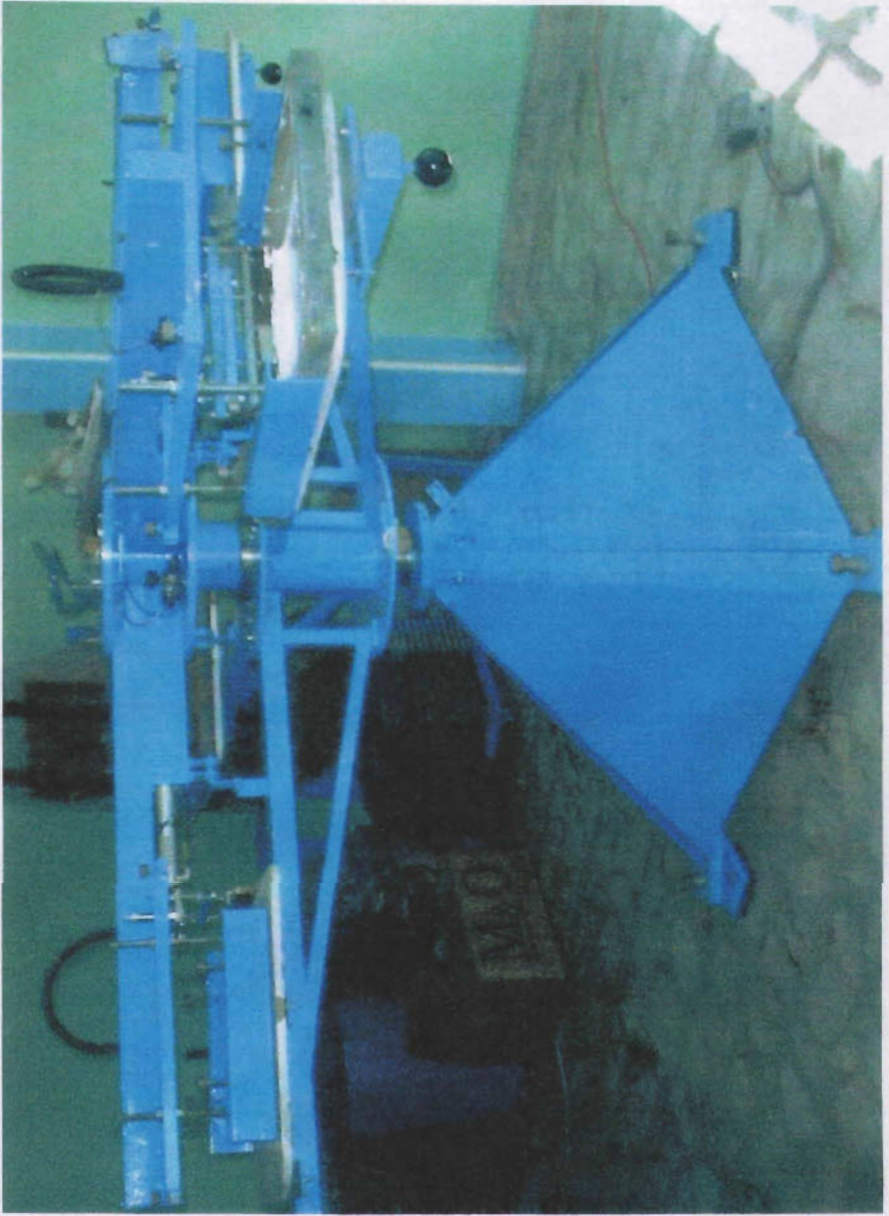
**Lic. Laura Huñado Orozco**  
Responsable de la Incubadora de Empresas.



Ccp. Lic. Pascual Torres Rodríguez - Secretario de Vinculación Tecnológica Empresarial.  
Expediente del proyecto



**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PULPO  
AUTOMATIZADO**



## ÍNDICE

### Capítulo I SERIGRAFÍA

1.1 Introducción	1
1.2 Etapas en el proceso de serigrafía	3
1.3 Proceso de revelado	10
1.4 El proceso de impresión	15

### Capítulo II ELEMENTOS DE CONTROL AUTOMÁTICO

2.1 Sistemas neumáticos	18
2.2 Generación y alimentación de aire comprimido	19
2.3 Válvulas	25
2.4 Actuadores	29
2.5 Sensores	33

### Capítulo III DISEÑO MECÁNICO

3.1 Introducción	37
3.2 Propiedades de materiales	37
3.3 Diseño y análisis estructural	42
3.3.1 Clasificación de las vigas	43
3.3.2 Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flexionantes	45
3.3.3 Momento de inercia, centro de gravedad y centroide	48
3.4 Tolerancias y ajustes	48
3.4.1 Factores que afectan las tolerancias y ajustes	48
3.4.2 Fundamentos para la selección de tolerancias	49
3.5 Conexiones	50
3.5.2 Clasificación de los aceros	54
3.5.3 Medidas de seguridad en el proceso de soldadura con arco eléctrico	56

## **Capítulo IV SISTEMA DE CONTROL**

4.1 Introducción	58
4.2 Microcontroladores	59
4.3 Multiplexores y demultiplexores	64
4.4 El transistor como conmutador	67
4.5 Optocopladores	72

## **Capítulo V DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

5.1 Introducción	73
5.2 Diseño del sistema neumático	75
5.3 Diseño estructural	84
5.4 Diseño de control	99

## **Capítulo VI ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO**

Conclusiones	114
Apéndice I	117
Apéndice II	119
Apéndice III	122
Glosario	130
Referencias bibliográficas	132
	134

## **Introducción.**

La automatización, en la actualidad, tiene un área de trabajo muy amplia. Debido al atraso tecnológico que vive nuestro país, las industrias tienen muchos equipos obsoletos; situación que permite el desarrollo de procesos automatizados. En general, falta mucho por analizar, estudiar y desarrollar en esta área. Es necesario, buscar la manera en que se pueda competir de forma más equilibrada, beneficiando con esto, tanto al empresario como al consumidor, en calidad y costo del producto.

El presente trabajo tiene la finalidad de mostrar el estudio realizado para la fabricación de un pulpo automatizado y los procedimientos de diseño y construcción, proyecto que surgió por el deseo de mejorar las condiciones actuales tanto de volumen de producción como de calidad y costos de servicio.

La propuesta aquí presentada es el resultado del estudio de diferentes áreas de la ingeniería, estudio que se realizó gran parte durante nuestra estancia en la carrera de IME en FESC UNAM a quien otorgamos nuestro más sincero agradecimiento y gratitud. Por otro lado también es el resultado de nuestra organización como equipo de trabajo y las habilidades desarrolladas en el transcurso de nuestra etapa laboral.

Se trata de una propuesta que pretende mejorar las condiciones de trabajo y la reducción de costos en proceso de impresión serigráfica, que van desde su diseño, fabricación hasta su desempeño en la impresión de superficies. Es necesario mencionar que como cualquier propuesta, actualmente se encuentra en un proceso de mejora continua.

En el capítulo uno se mencionan las generalidades de la serigrafía, mostrando a grandes rasgos, el proceso desde el revelado de la imagen que se desea imprimir, hasta el proceso de impresión manual, esto con el fin de mostrar algunas de las características que se consideraron para el diseño del equipo. En los capítulos dos, tres y cuatro se describe la base teórica en la que nos apoyamos para la selección y tratamiento de materiales, selección y configuración de componentes, y finalmente la conjunción de las diferentes tecnologías para su construcción. El capítulo cinco se divide en tres partes: diseño neumático, mecánico y de control; en éste mostraremos

el procedimiento de diseño, desde la selección de materiales, hasta los cálculos para optimizar el funcionamiento de los sistemas que lo constituyen.

El proceso de construcción, de este sistema automatizado, ofrece la oportunidad de integrar al área mecánica, eléctrica, neumática y de control, entre otras, esperando acercarnos a un sistema mecatrónico.

#### **Objetivo.**

Diseñar y construir un equipo automatizado para impresión en serigrafía (estampado de imágenes sobre materiales como tela, acrílico, papel, etc.) que mejore características actuales como: volumen de producción, velocidad y calidad del producto necesarias para impulsar una microempresa. Este equipo debe contar con características que lo hagan atractivo en el mercado para su comercialización, por ejemplo: inversión recuperable a corto plazo, de fácil acceso operativo, alto grado de precisión, entre otras.

# **CAPÍTULO I**

## **SERIGRAFÍA.**

## 1.1.- Introducción.

En este apartado se analiza la serigrafía desde sus orígenes y el impacto social y económico que representa en nuestros días, también las diferencias que existen entre los procesos manuales y los procesos automáticos en esta actividad describiendo las variables que intervienen y los valores aproximados que se usan en un proceso real. Se explican las etapas básicas de la serigrafía, de los materiales, herramientas y equipos que se requieren para realizar impresiones principalmente en el área textil.

La palabra serigrafía (del griego Serikós=seda y Graphé=escribir, dibujar) designa al proceso de impresión de donde se deriva de una antigua técnica conocida como estarcido, la cual consiste en calcar un dibujo, utilizando una plantilla agujereada hecha de un material liso (que originalmente era una pantalla de seda). Esta plantilla se coloca sobre un papel, tejido u otra superficie, y se hace pasar tinta o pintura a través de los orificios para reproducir el dibujo en ella. Actualmente se utiliza un marco con una malla abierta en ciertas zonas que forman la imagen a imprimir y cerradas en otras.

La serigrafía es un proceso mediante el cual se pueden imprimir imágenes de diferentes formas, tamaños y colores en diversos materiales como tela, acrílico, vidrio, papel, metal, etc. Con este proceso se obtienen colores vivos debido a los fuertes depósitos de tinta que se logran en su aplicación, aunado a la buena resistencia que sus materiales tienen a los factores ambientales nos brinda una excelente alternativa para la impresión de carteles, tarjetas de presentación, calendarios, playeras, banderines, hojas membretadas, vasos, circuitos impresos, paneles de aparatos electrónicos, ceniceros, llaveros, letreros, toallas, etc.

Uno de los aspectos relevantes de la serigrafía es su importancia social, ya que a través de ella es posible la expresión de ideas en diferentes actividades como: arte, religión, moda, deportes, industria, educación, publicidad, entre otras. También es una actividad económica muy importante que permite la generación de diversos empleos desde los proveedores de materia prima (solventes, tintas, marcos, papelería, equipos y herramientas de impresión), hasta aquellos de servicios de



impresión (revelado de positivos y negativos, maquila de impresión, vendedores, etc.), pasando por toda la logística que ello encierra.

La serigrafía es un proceso extenso, que involucra diversas áreas de conocimiento como son: mecánica, química, computación, eléctrica y área industrial. Por su relativa simplicidad puede ser manual, y por tratarse de un proceso de bajo costo es capaz de generar buenas ganancias en bajas cantidades de producción, pero cuando estos niveles aumentan se requiere procesos automáticos más exactos que garanticen que la producción cumpla con los requerimientos de calidad, tiempo de entrega y precio.

En la tabla 1.1 se muestran algunas características comparativas del uso de un proceso manual y un proceso automático.

Tabla 1.1 Características comparativas

Producción	Proceso Automático		Proceso Manual	
	Calidad	Costo	Calidad	Costo
Baja	Buena	Alto	Buena	Bajo
Media	Buena	Mediano	Mediano	Mediano
Alta	Buena	Bajo	Baja	Alto

A pesar de las nuevas tecnologías, muchos talleres enfocados al área de la serigrafía no han experimentado una transformación sustancial, por un lado debido a la gran inversión que se requiere para la adquisición de maquinaria sofisticada, y por otro a la falta de capacitación del personal que se desempeña en esta área.

Podemos observar en la tabla 1.1 el efecto negativo que produce un aumento en la producción cuando no se cuenta con el equipo adecuado, éste es un serio problema que justifica la construcción de un equipo que mejore la respuesta a las exigencias de calidad, producción y tiempos de entrega para medianos y grandes volúmenes.

## 1.2.- Etapas en el proceso de serigrafía.

Este proceso consiste principalmente de cuatro etapas las cuales se indican en la figura 1.1.

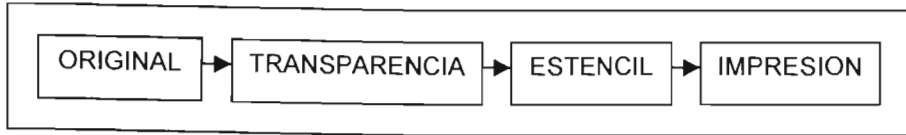


Figura 1.1 Etapas de la serigrafía.

- a) **Original:** es el dibujo de donde se obtendrán la o las transparencias dependiendo del número de colores de la impresión, esta transparencia servirá para hacer el revelado del estencil por un proceso fotoquímico , y finalmente el estencil será la plantilla que tendrá partes abiertas formando el dibujo por donde pasará la tinta en el proceso final de impresión formando el dibujo semejante al original. Este es la imagen que finalmente será reproducida e impresa n-número de veces, el cual puede ser cualquier imagen en blanco y negro o en color y debe tener buena definición, también puede ser un texto.
- b) **Transparencia:** es una película clara que tiene una imagen en color oscuro y que corresponde a la imagen que va a ser impresa. esta transparencia puede ser elaborada como positivo o negativo, siendo los positivos los más comunes. El color oscuro de la transparencia debe de ser capaz de bloquear los rayos ultravioleta, cuando esta es expuesta en el revelado del estencil.
- En el proceso de impresión la aplicación de los colores es realizado por separado, esto es que con cada aplicación se imprime un color, esta es la razón por la que es necesario hacer la separación de colores cuando el original tiene más de un color, este proceso de separación consiste en independizar cada uno de los colores del original, de tal suerte que habrá tantas transparencias como colores existan en el original.
- c) **Estencil:** En serigrafía un estencil está formado por una malla de hilos, sujeta a un marco rígido, la cual posee áreas obstruidas por un bloqueador o emulsión y

áreas libres que formarán la imagen al aplicar la tinta con una espátula o rasero. Los elementos que componen un estencil son el marco, la malla y la emulsión.

- **Marco:** es una base rígida cuadrada o rectangular que sirve para fijar la malla donde se realizará el revelado del dibujo. Sus dimensiones y características estarán en función del tamaño del dibujo y la superficie a estampar. Para su fabricación se puede usar madera o metal, la elección dependerá de la frecuencia de uso, las ventajas y características de la fabricación se muestran en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Características de marcos.

Material	Ventajas	Desventajas
Madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo costo</li> <li>- Ligero</li> <li>- Fijado sencillo</li> <li>- Económico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deformación del material</li> <li>- Vida útil limitada</li> <li>- Difícil limpieza</li> </ul>
Fierro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor vida útil</li> <li>- Duradero</li> <li>- No se deforma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requieren protección contra productos químicos y contra agua.</li> <li>- Pesados</li> </ul>
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligero</li> <li>- Duradero</li> <li>- Fácil limpieza</li> <li>- No se deforma</li> <li>- Resistencia a la corrosión y oxidación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo elevado</li> </ul>

- **Malla:** es un tejido transparente hecho con hilo entrelazado formando huecos. En serigrafía se aprovechan estos huecos para depositar tinta sobre las superficies que van a ser impresas. Para que una malla sea funcional, es necesario que cumpla con requisitos como: resistencia a la fricción y a productos químicos como solventes y tintas, estabilidad dimensional, fácil

limpieza y fácil paso de tinta. Existen diferentes tipos de mallas para serigrafía, todas ellas varían según las siguientes características:

- **Estructura del hilo:** existen mallas formadas por hilo monofilamento o hilo polifilamento, de donde es preferible el uso de monofilamento ya que es más fácil de limpiar y es más resistente a la fricción.
- **Material de los hilos:** Los hilos de la malla pueden estar hechos de diferentes materiales como poliéster, nylon, bronce o acero inoxidable. Para la impresión textil son más usados los hilos de nylon debido a su porcentaje de estiramiento del 6% en comparación con el poliéster que es del 2% o el acero inoxidable y el bronce que son de 0.2%. La elasticidad hace que la malla sea resistente al trato rudo y facilita su tensado en la malla.
- **Numero de hilos:** Se refiere a la cantidad que hay en un centímetro lineal o en una pulgada lineal. Usualmente este número está comprendido entre 10 y 200 hilos por centímetro. En la tabla 1.3 se muestran algunos tipos de mallas comerciales.

Tabla 1.3 Tipos de mallas.

Número de hilos por centímetro	Características de impresión
40	- Depósito grueso de tinta
60	- Detalle moderadamente fino
100	- Depósito delgado de tinta - Detalle fino
120	- Depósito muy delgado de tinta - La tinta puede tapar la malla - Detalle muy fino

Para determinar el número de hilos que se requieren para preparar un marco se procede con el siguiente razonamiento: Una malla con menor número de hilos deja un depósito más grueso de tinta y la definición de la imagen es pobre. Por otro lado una malla con mayor número de hilos deja un depósito de tinta más delgado con mayor definición de la imagen.

Es importante mencionar que el correcto tensado de la malla evita problemas en el proceso de impresión como la deformación de la imagen, para evitar problemas como este, se recomienda tensar la malla entre 2% y 5%, es decir que después del tensado de la malla sus dimensiones deben incrementarse entre 2% y 5%.

Para fijar la malla al marco se necesitan grapas en el caso de que el marco sea de madera, y adhesivo cuando el marco sea de aluminio o fierro.

- **Emulsiones:** Es una mezcla de dos sustancias sensible a la luz, que al ser expuesta a la luz ultravioleta (U.V) provoca endurecimiento en la misma. Estas dos sustancias denominadas gelatina y sensibilizador se mezclan generalmente en una proporción 10:1, es decir 10 porciones de gelatina por una de sensibilizador, aunque esta proporción varía según las indicaciones del fabricante. Para formar el estencil, es necesario que la malla tenga zonas abiertas por donde pasará la tinta en el proceso de impresión y zonas cerradas que ayudarán a delimitar la imagen que será impresa, estas zonas cerradas se crean cuando se aplica la emulsión y se expone a la luz UV, exposición que permite el endurecimiento de la emulsión. Un equipo sencillo de exposición para marcos consiste en una mesa hecha con un vidrio transparente como tablero horizontal y con soportes de cualquier material y una base a una distancia de 30cm a 50cm del vidrio donde se colocará el foco de luz UV, un cronómetro para medir el tiempo de exposición, un vidrio del tamaño de la parte interna del marco y unas pesas. Todo el proceso se debe realizar en un cuarto oscuro.

El tiempo de exposición estará en función de la intensidad de luz, la distancia entre la fuente de luz y malla emulsionada y las características técnicas que indica el fabricante de la emulsión.

El ajuste de estas tres variables debe de ser experimental, se deben realizar pruebas donde se fija el valor de la intensidad de luz y la distancia y se varía el valor de el tiempo de exposición. Para un foco de 500Watts y una distancia de 30cm, el tiempo de exposición será de 20min.

**d) Impresión:** se refiere al proceso de estampar sobre alguna superficie aplicando presión. En serigrafía existen dos tipos de impresión: la textil que se refiere a telas y tejidos y la gráfica que se refiere a las realizadas sobre láminas, placas, envases, etc. El proceso es sencillo, el operario sostiene un estencil de serigrafía compuesta por un marco y una malla tensada. Las zonas abiertas de la malla son los aberturas naturales que hay entre un hilo y otro que permitirán el paso de la tinta, mientras que las zonas cerradas son obstruidas con la emulsión aplicada. A continuación, el operario baja el estencil sobre la prenda y extiende la tinta sobre la malla con la ayuda de un rasero, la tinta que atraviesa las aberturas no obstruidas y se deposita sobre la prenda.

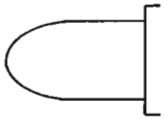
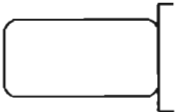
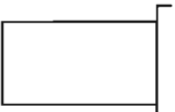
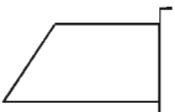
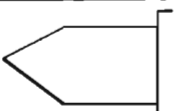
➤ **Rasero:** es una espátula formada por una tira de goma insertada en una base de un material rígido, su función es la de arrastrar y presionar la tinta a través de la malla. Cuando la aplicación es manual la base del rasero es de madera o metal (aluminio por ser más ligero) y en cuanto a la forma existen bases ergonómicas que facilitan la aplicación manual. Cuando son equipos automáticos la forma de la base cambia y se ajusta a las necesidades de diseño del fabricante del equipo y el material usualmente es fierro o aluminio.

El material de la goma puede ser neopreno o poliuretano, aunque el poliuretano es más caro, tiene mayor resistencia al desgaste aumentando considerablemente su tiempo de vida en comparación al neopreno. La dureza de la goma permite obtener variaciones en la capa de tinta depositada en la impresión: una goma dura depositará una capa muy delgada de tinta, en cambio una goma suave depositará una capa gruesa de

tinta. Generalmente se utilizan durezas de 45 a 80 Shore. Para la impresión textil se utilizan durezas de 45 a 55 Shore.

Otro aspecto importante de la goma son las diferentes perfiles que existen se pueden usar y su aplicación. En la tabla 1.4 se muestran los perfiles y sus características.

Tabla 1.4 Perfiles para raseros.

Perfil	Características	Figura
Redondo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depósito grueso de tinta.</li> <li>- Uso textil.</li> </ul>	
Cuadrado borde redondeado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen depósito de tinta.</li> <li>- Uso textil.</li> </ul>	
Cuadrado borde recto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depósito delgado de tinta.</li> <li>- Impresión de papel, láminas de plástico, madera vidrio o metal, uso textil en detalles finos.</li> </ul>	
Biselado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso en máquinas automáticas para papel, plástico y vidrio.</li> <li>- Depósito muy delgado de tinta.</li> </ul>	
En punta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso en máquinas automáticas para objetos cilíndricos y superficies poco absorbentes.</li> </ul>	

### 1.5.2 Tintas.

Existen una gran variedad de tintas para serigrafía. Unas son mate, para carteles, otras son brillantes. Las hay especiales para textiles, plástico o vidrio. Existen de secado rápido o lento, también en diversos colores fosforescentes o metálicos. Cada fabricante indica las propiedades y características de aplicación para cada tipo de tinta. Es importante resaltar que existen muchos fabricantes para cada tipo de tinta, cada uno de ellos ofrece productos con características muy parecidas a diferentes precios y con diferentes grados de calidad.

A continuación se describen algunos tipos de tintas comunes en el mercado:

- **Plastisol:** Tinta textil termoplástica de alta opacidad, libre de pigmentos pesados sin contenidos volátiles, consistencia cremosa, fácil de usar manualmente o en máquina automática, alto poder cubriente y bajo sangrado. Se recomienda para impresión en textiles de algodón, algodón-poliéster de colores claros, medios y oscuros. Para su aplicación se recomiendan mallas desde 43 a 120 hilos por cm y el tiempo de secado a una temperatura de 140°C a 170°C en un tiempo comprendido entre 45 a 90 seg.
- **Plastisol Puff:** Tinta textil termoplástica de realce, libre de pigmentos pesados, consistencia cremosa de fácil manejo manual o en maquinaria automática, alto poder cubriente. Se recomienda para impresión en textiles de algodón, algodón-poliéster y otras fibras textiles mezcladas con algodón de colores claros, medios y oscuros. Para su aplicación se recomiendan mallas desde 35 a 77 hilos por cm y el tiempo de secado está comprendido entre 35seg a 60seg. en un rango de temperatura desde 150°C a 180°C.
- **Multipropósitos:** Tinta de terminación brillante para plástico publicitarios como PVC, acrílico, poliéster, policarbonato, madera, papel y cartón, libre de pigmentos pesados, alta resistencia al medio y agentes abrasivos, permite tirajes de impresión largos sin secarse en la malla secando rápidamente en la superficie



impresa. Para su aplicación se recomiendan mallas desde 71 a 200 hilos por cm. La tinta seca al aire por oxidación en un lapso de 5min.

- **Vinil mate:** tinta de terminación mate (sin brillo), libre de pigmentos pesados, colores fotolumincentes, fluorecentes y perlados entre otros, puede ser aplicada con pistola de aire o rotular directamente, para impresión en diferentes superficies plásticas como: PVC, vinil flexible, madera, policarbonato, fibra sintética de nylon, autoadhesivo, acrílico y vinil reflejante. Para su aplicación se recomienda usar malla de 77 a 200 hilos por cm, esta tinta seca por evaporación de solvente con tiempos de secado entre 15 y 35 minutos a la interperie.
- **Poster:** Tinta semibrillante para papel y cartón, libre de pigmentos pesados fabricada para un alto desempeño y rendimiento, permite tirajes largos de impresión sin secarse en la malla, excelente comportamiento en impresiones de gran formato. Para su aplicación se recomiendan mallas desde 55 a 140 hilos por cm. La tinta seca al aire por oxidación en un lapso de 5 minutos.
- **Epoxica:** Tinta de dos componentes con terminación de alto brillo, alta resistencia mecánica, excelente adherencia en cerámica, vidrio, metal, polietileno, aluminio, plásticos rígidos, etc., libre de pigmentos pesados sin contenidos volátiles de muy alta resistencia a productos corrosivos como alcoholes, combustibles y ácidos. Para su aplicación se recomiendan mallas desde 71 a 200 hilos por cm, la tinta se mezcla en cantidades no mayores a 250grm en un 60% de tinta y 40% de catalizador y el tiempo de secado es de aproximadamente 30minutos.

### 1.3.- Proceso de revelado.

A continuación mostraremos paso a paso el proceso de impresión textil, partiendo de la elaboración del estencil ó marco hasta la impresión de una prenda, mostrando los materiales y equipos básicos que intervienen en él. Iniciaremos con la preparación del marco. Aquí es necesario aclarar que previo a la preparación del

marco se necesitan la o las transparencias (dependiendo del número de colores del dibujo) impresas, como se muestra en la figura 1.2

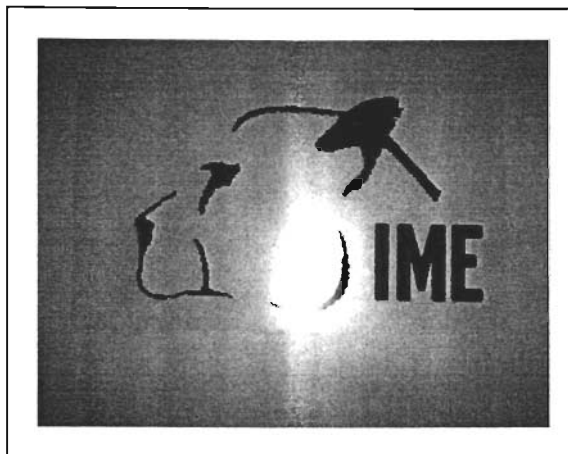


Figura 1.2 Transparencia.

1.- Se limpia perfectamente el o los marcos que se van a utilizar en el proceso, como se ilustra en la figura 1.3.

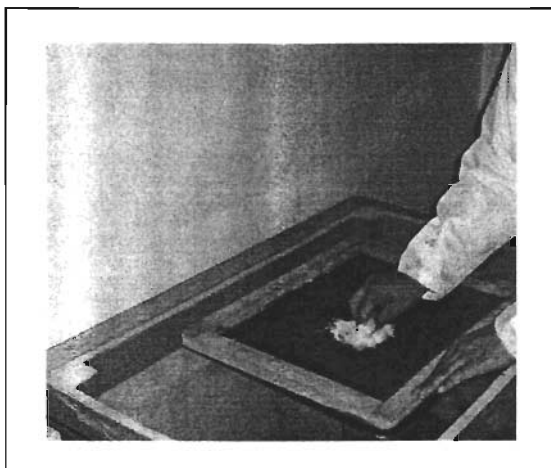


Figura 1.3 limpieza de marco.

2.- Se prepara la emulsión mezclando perfectamente 10 partes de gelatina con una de sensibilizador y se deja reposar durante 10min. La preparación de la emulsión debe de ser en un cuarto oscuro con luz de seguridad amarilla o roja, como se ilustra en la figura 1.4.



Figura 1.4 Preparación de la emulsión.

3.- Transcurrido el tiempo de reposo se aplica una capa ligera de emulsión con una espátula de plástico u otro material que no dañe la malla y se deja secar a la intemperie o con una secadora de pelo, como se muestra en la figura 1.5 y 1.6

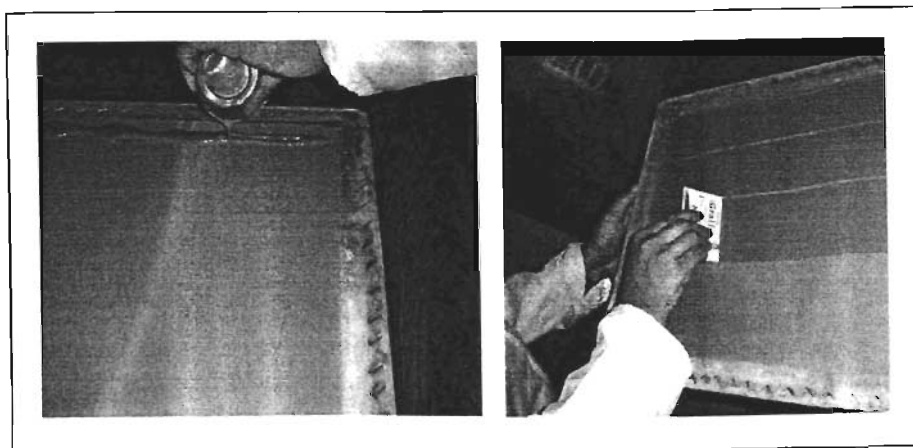


Figura 1.5 y 1.6 Aplicación de emulsión al marco.

4.- Colocar el marco preparado encima de la transparencia con la parte de la malla sobre el positivo, procurando que la transparencia quede centrada, como se ilustra en la figura 1.7.

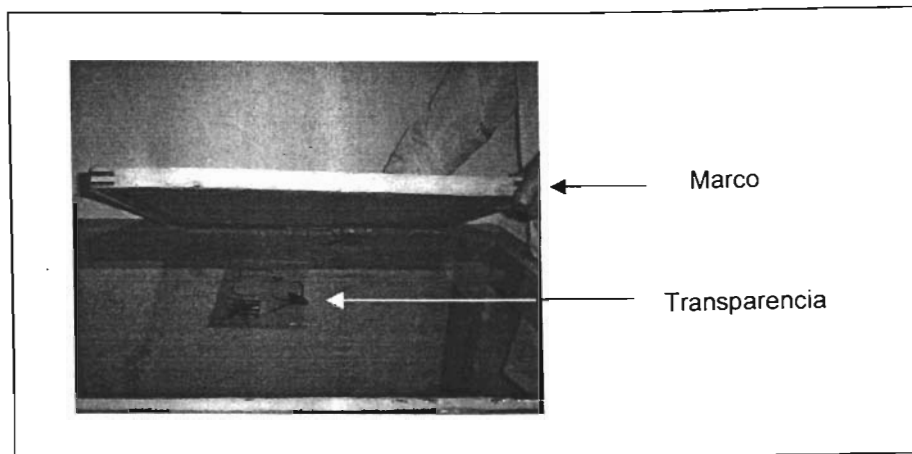


Figura 1.7 Colocación de marco sobre transparencia

5.- Colocar el vidrio tirando contra la mesa cuidando que la malla y la transparencia queden presionados entre los dos vidrios (sandwich), y para asegurar que la transparencia no se levante se colocan unas pesas, como se muestra en la figura 1.8

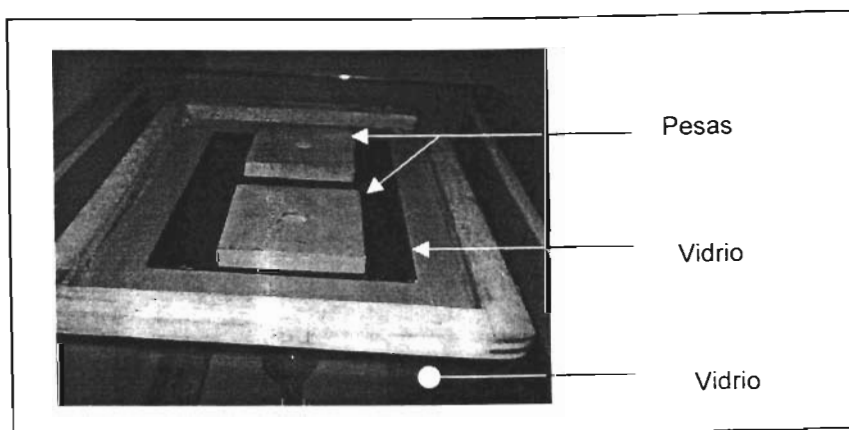


Figura 1.8 Colocación de pesas.

6.- Encender el foco de luz U.V (Ultra-Violeta) durante 20 min. Como se muestra en la figura 1.9

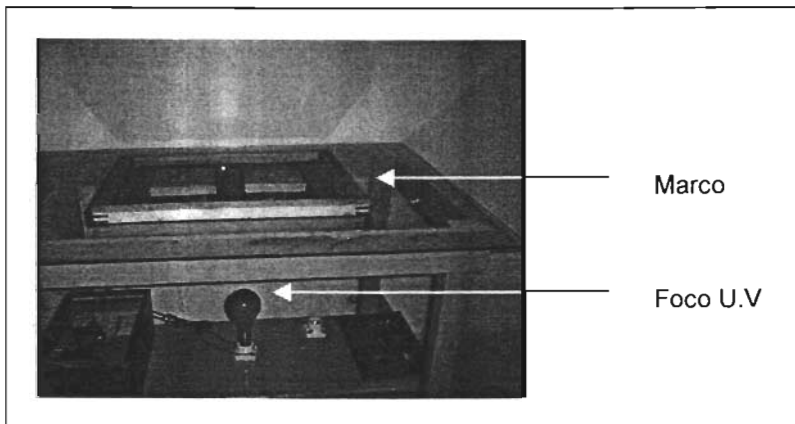


Figura 1.9 Foco de luz U.V

7.- Retirar pesa, vidrio y positivo

8.- Retirar la emulsión que no fue expuesta a la luz con un chorro de agua a poca presión, como se muestra en la figura 1.10.

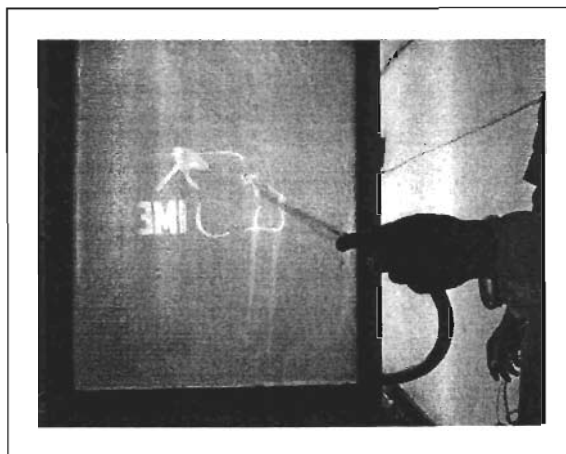


Figura 1.10 Retiro de emulsión.

Una vez que se levanta la emulsión entonces se procede a al minuciosa revisión del mismo para comprobar que no existen imperfecciones en la imagen, si no existen detalles entonces, podemos decir que el marco está listo para el proceso de impresión (figura 1.11). Si son necesarios más de un color en el dibujo, entonces el proceso de repetirá con cada uno de los marcos que se vayan a ocupar.

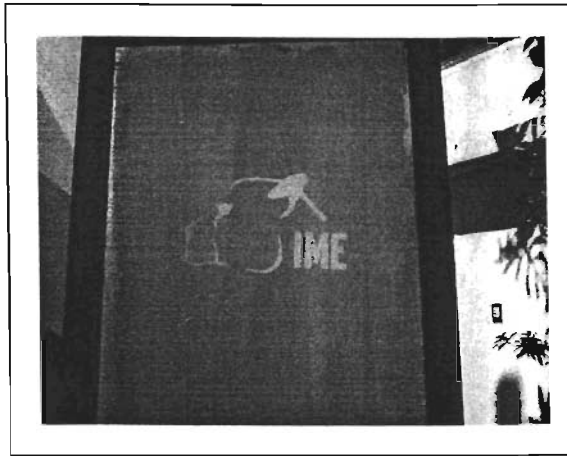


Figura 1.11 Marco preparado para el proceso de impresión.

#### **1.4 El proceso de impresión.**

Ahora mostraremos brevemente el proceso de impresión, en este punto es necesario tener el estencil o marco revelado y libre de imperfecciones. También se requiere tener listas las tintas que se van a utilizar.

- 1.- Preparar un pedazo de tela que servirá para realizar pruebas de registro.
- 2 .-Preparar la paleta antes de colocar la prenda, aplicando adhesivo si es necesario, como se muestra en la figura 1.12.

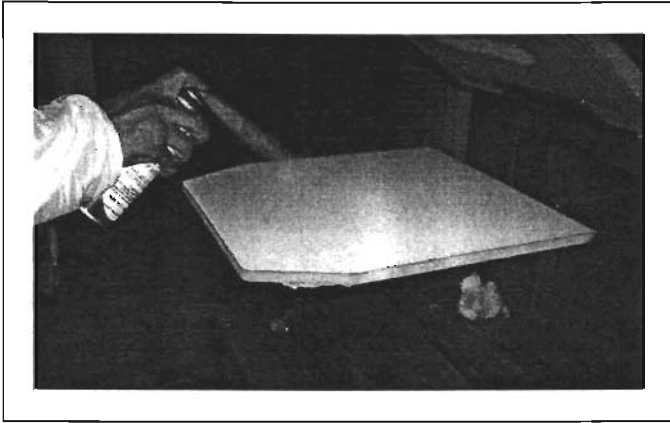


Figura 1.12 Aplicación de adhesivo.

3.- Colocar el marco encima de la paleta que tiene la prenda, como se aprecia en la figura 1.13.

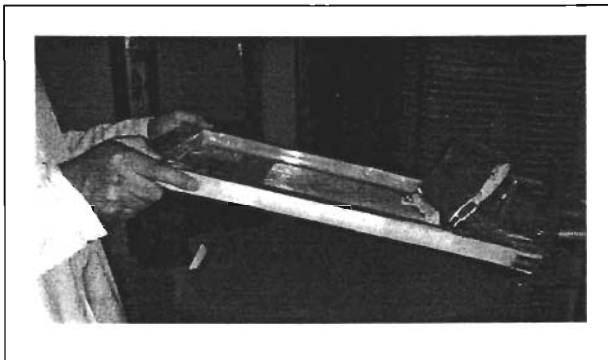


Figura 1.13 Colocación de la prenda

4.- Aplicar la tinta con ayuda del rasero aplicando una fuerza de 20 a 30 Kg aproximadamente dándole una inclinación al rasero entre  $45^{\circ}$  y  $60^{\circ}$  con respecto a la superficie de la malla, procurando que la aplicación sea uniforme en toda la superficie de la malla, como se indica en la figura 1.14

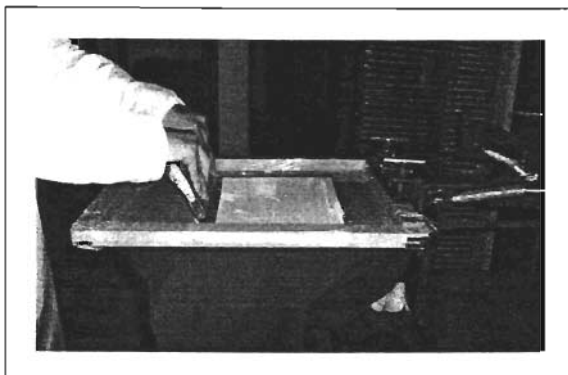


Figura 1.14 Aplicación de la tinta.

5.- Si la impresión es adecuada. La prenda debe de pasar al área de secado.



Figura 1.15 Producto terminado.



**CAPÍTULO II**  
**ELEMENTOS DE CONTROL AUTOMÁTICO.**

## **2.1 Sistemas Neumáticos.**

Si un sistema genera aire presurizado, y es utilizado como fuente de energía, se trata de un sistema neumático. También se utiliza en combinación con otro tipo de sistemas como el electrónico (Electro neumática). En el cual, generalmente, los actuadores son neumáticos y son controlados por sistemas electrónicos.

Con frecuencia, en la industria manufacturera, se usan actuadores neumáticos como actuación final, debido a que estos actuadores pueden realizar trabajo que requiere mucha potencia, al mover cargas considerables, además de movilizar herramienta industrial las cuales perforan, tornear, fresan, hacen acabados, deforman y controlan.

La neumática da considerables ventajas, entre ellas podemos mencionar la ilimitada cantidad de aire para su almacenamiento y transportación, sin riesgo de explosión, el aire comprimido sin lubricación no contamina el medio ambiente, se pueden obtener movimientos de alta velocidad en actuadores con tiempos de conmutación cortos, aplicación en herramientas de trabajo y aquellos trabajos donde se requiere realizar movimientos repetitivos y de precisión.

La desventaja en este tipo de sistemas es el tratamiento del aire, ya que para garantizar el buen funcionamiento del sistema se debe de contar con aire de muy buena calidad; esto implica aire seco, limpio y con presión correcta siendo el costo para obtener estas características, muy elevado.

Por estas razones la automatización, con apoyo de la neumática, va dirigido principalmente a las industrias que se encargan de enlatar o envasar comestibles, o bien, para maniobrar sustancias o líquidos flamables que tienen alto riesgo de explosión. De igual forma, que en la industria de aspectos médicos o farmacéuticos.

Los elementos neumáticos más utilizados, en la industria, se encuentran los actuadores (cilindro de simple y doble efecto), válvulas activadas de forma mecánica, eléctrica, neumática entre otras; reguladores de caudal, unidades de mantenimiento, conexiones, válvulas temporizadoras, y válvulas de escape rápido.

## 2.2 Generación y alimentación de aire comprimido.

Para todo sistema neumático es importante contar con un buen suministro de aire comprimido, este debe de estar limpio, disponible con el caudal suficiente y con una presión determinada según las necesidades del sistema.

Los elementos que se requieren para obtener aire comprimido de buena calidad son: filtro de aspiración, compresor, acumulador de aire a presión, secador, filtro de aire a presión con separador de agua, regulador de presión y puntos de evacuación del condensador.

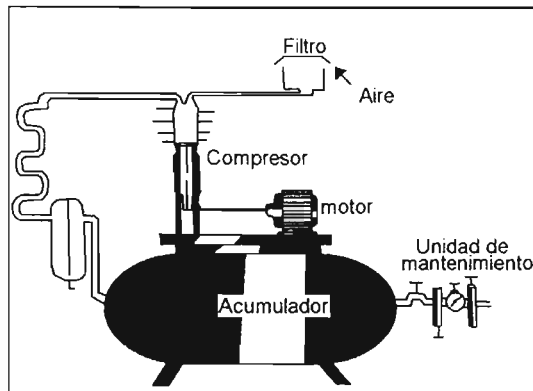


Figura 2.1 Sistema para la generación de aire comprimido.

Con ayuda de un motor eléctrico es accionado el compresor de aire. El aire antes de entrar al compresor es limpiado de impurezas, por medio de un filtro, y el silenciador atenúa el ruido. En caso de que la presión rebase los niveles de seguridad, se activa una válvula para liberar aire y así reducir la presión, el aire es sometido a otro filtro para separar el agua y finalmente el aire es acumulado en un depósito.

**Presión.** Es la fuerza por unidad de área que actúa sobre una superficie. Para sistemas fluidos (ya sean líquidos o gases), la presión en la superficie del recipiente que contiene al fluido se debe al efecto acumulativo de las moléculas individuales golpeando las paredes del recipiente, provocando una fuerza normal en la superficie. La siguiente formula describe la relación de la presión con la fuerza y la superficie.

$$P = F/A$$

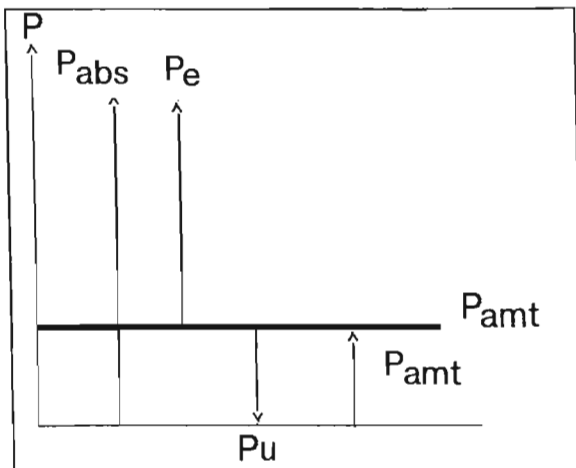
$$P = N/m^2 = Pa$$

Generalmente, en la neumática, los datos de presión están referidos a la presión atmosférica. Que para situaciones de cálculo se estipula una presión normal (DIN 1343)=1.01325 bar.

Los datos de presión indican entonces la (sobre) presión relativa  $P_e$  o la depresión relativa  $P_u$ . En este caso se toma la presión atmosférica como punto cero.

La presión absoluta  $P_{abs}$  está referida a la línea cero absoluta. Cero bar de presión absoluta significa que se trata de un espacio sin presión. Los datos con  $P_{abs}$  son independientes de la presión atmosférica.

Se habla de vacío cuando la presión absoluta es menor que la presión atmosférica. La línea cero absoluta ( $P_{abs} = 0$  bar) equivale a un vacío del 100%.



$P_{amt}$  = Presión atmosférica

$P_u$  = Presión vacío

$P_e$  = Presión relativa

$P_{abs}$  = Presión absoluta

$$P_{abs} = P_e + P_{amb}$$

Figura 2.2 Gráfico diferentes datos de presión

**Compresión de los gases.** El aire puede ser comprimido y tiene la tendencia a dilatarse por tanto si cierra herméticamente un recipiente y se reduce el volumen de este, la presión dentro del recipiente aumenta (ley de Boyle-Mariotte).

$P_{abs}$  = Presión absoluta;

$V$  = Volumen ( $m^3$ )

$$P_{1abs} V_1 = P_{2abs} V_2$$

**Ley de Gay-Lussac:** el volumen de una masa gaseosa es proporcional a la temperatura absoluta, mientras que no se modifique la presión

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Partiendo de las leyes expuestas se llega a la ecuación general de los gases

$P_{abs}$  = Presión absoluta

$V$  = Volumen ( $m^3$ )

$T$  = Temperatura

$$\frac{P_{1abs} V_1}{T_1} = \frac{P_{2abs} V_2}{T_2}$$

**Compresores.** En la generación de aire comprimido el elemento principal es el compresor, que impulsa al aire ejerciendo influencia sobre las condiciones de presión, existen dos principales tipos de compresores según su construcción interna: émbolo y caudal.

**Compresores de émbolo.** Este tipo de compresor es el más utilizado en la industria, consiste en uno o más cilindros, cuyos émbolos se desplazan por medio de un sistema mecánico de biela manivela, en donde, un movimiento circular es transformado en alternativo rectilíneo.

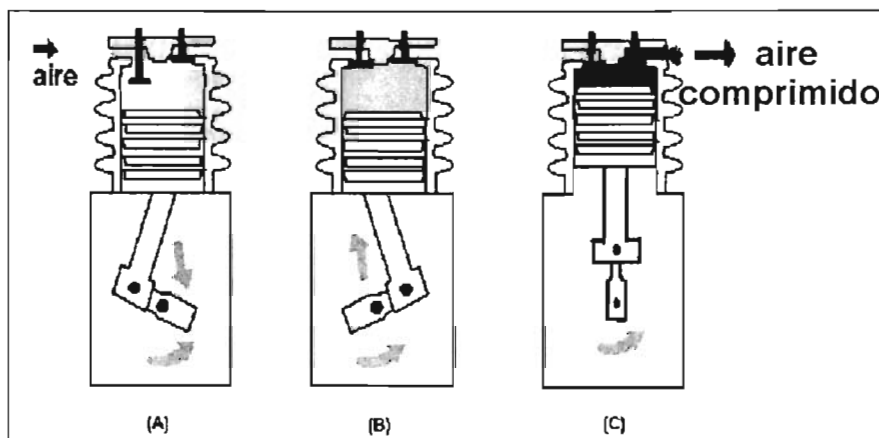


Figura 2.3 Compresor de émbolo.

En el proceso de compresión de aire, del compresor de émbolo de una etapa, tenemos primero; el paso de admisión donde al girar el árbol la biela hace descender el émbolo, y la válvula de admisión permite el paso de aire. Mientras la válvula de escape permanece cerrada, llega al punto donde el émbolo comienza a ascender, la válvula de admisión se cierra y comienza a comprimir el aire cuando el émbolo llega al punto más alto, es cuando la válvula de escape se abre y permite la salida del aire comprimido e inicia nuevamente el proceso.

De acuerdo a las necesidades del sistema se eligen el número de etapas del compresor.

0 a 12 bar = 1 etapa

12 a 20 bar = 2 etapas

20 a 200 bar = 3 o más etapas

**Compresores de caudal.** También llamados de flujo y son apropiados para grandes caudales pero poco frecuente en la industria debido al alto costo en la generación del aire comprimido.

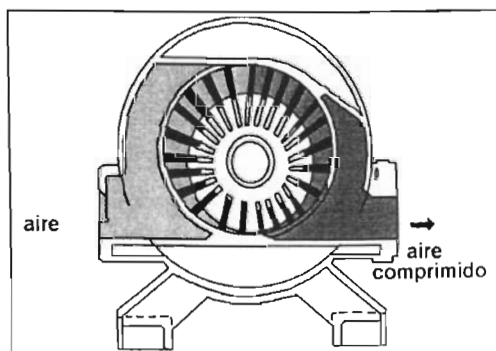


Figura 2.4 Compresor de caudal.

Este compresor toma el aire de la atmósfera y pasan a pequeñas cámaras de admisión divididas por celdas situadas en el rotor, las cuales reducen el área de las cámaras y entregan aire comprimido a la siguiente sección del compresor.

**Acumulador de aire.** Si el sistema requiere que la alimentación de aire comprimido sea estable, se debe de conectar un depósito directo, a continuación del compresor, el depósito mantiene la presión en un rango y separa el agua que a causa de la compresión se condensa.

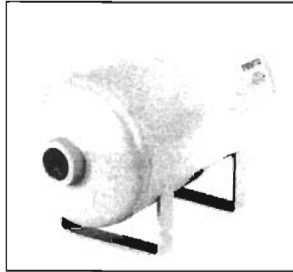


Figura 2.5 Acumulador

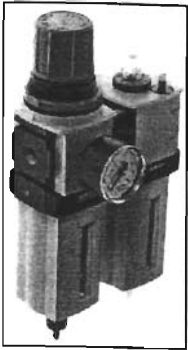
Cuando se instala un compresor se tiene que tomar en cuenta algunas sugerencias para un buen funcionamiento:

- Para no arrastrar la condensación la salida debe estar dirigida hacia arriba.
- Debe de ser instalado al aire libre y a la sombra para mejorar la refrigeración de aire comprimido.
- Es más económico instalar un depósito demasiado grande que uno demasiado pequeño.

El tamaño del depósito para un sistema depende del consumo, potencia del compresor, frecuencia de conexión máxima así como de la regulación adecuada.

**Unidad de mantenimiento.** La unidad de mantenimiento es instalada entre el acumulador y la red de aire comprimido, siendo recomendable que se monte a una distancia máxima de 5m del último consumidor. Esta unidad se encarga de filtrar, lubricar y regular el aire.

La corriente de aire fluctúa en el paro y arranque del compresor, por ello la unidad de mantenimiento cuenta con un regulador para mantener la presión de trabajo constante y es substancial considerar que la presión de entrada al regulador debe ser mayor a la salida.



Las impurezas deben de ser filtradas de la red de aire comprimido, para evitar el desgaste acelerado de los elementos neumáticos, para esto la unidad de mantenimiento cuenta con un filtro que, de acuerdo a la amplitud de los poros (entre 0.02mm y 0.05mm), se determina el tamaño mínimo de las partículas filtradas. El agua de suspensión también es retirada del aire tratado y es depositada en un pequeño compartimiento, el cual es purgado de manera automática o manual.

Figura 2.6 Unidad de mantenimiento

El engrasador tiene la tarea de aportar lubricante, el cual se pulveriza en una cámara de goteo y se mezcla con el aire para que llegue a todos los puntos que requieran engrase del sistema. Por lo general, la lubricación de aire a presión en instalaciones modernas ya no es necesario, solo debe aplicarse de manera puntual en la sección de potencia de una instalación.

**Tuberías.** A la instalación de tuberías de aire comprimido, que parten del depósito, se le conoce como red, la cual debe calcularse el diámetro en base al consumo del sistema más una reserva para un posible crecimiento. Para calcularse el diámetro de la tubería se debe de contar con los datos siguientes:

- a) Consumo en  $m^3$  por minuto, este se obtiene sumando el consumo de aire comprimido de todos los elementos del sistema en un lapso de un minuto.
- b) Longitud de la tubería en metros: Para un adecuado cálculo es necesario convertir los puntos de estrangulación, generados por los tubos-accesorios, a metros para sumarlos con los metros de tubería y así obtener el total de metros por tubería .



Dispositivos	Longitud equivalente de tubería en m						
	Diámetro interior de tubería en mm						
	25	40	50	80	100	125	150
Válvula de asiento	6	10	15	25	30	50	60
Válvula de cierre	3	5	7	10	15	20	25
Válvula de compuerta	0.3	0.5	0,7	1	1.5	2,0	2,5
Manguito acodado	1.5	2.5	3.5	5	7	10	15
Manguito acodado	1	2	2.5	4	6	7.5	10
Manguito acodado r=d	0.3	0.5	0.6	1	1.5	2	2.5
Manguito acodado r=2d	.15	.25	0.3	0.5	0.8	1	1.5
Empalmes T	2	3	4	7	10	15	20
Pieza reductora	0.5	0.7	1	2	2.5	3.5	4

Figura 2.7 Tabla de equivalencias de los dispositivos neumáticos.

**Presión de trabajo en Kg/cm<sup>2</sup>:** Esta se selecciona de acuerdo a las características del sistema pero de manera estándar se manejan 6 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Caida de presión de la tubería en Kg/cm<sup>2</sup>:** En la práctica se calcula como el 5% del valor de la presión de trabajo, de esta manera, con una presión de trabajo de 6Kg/cm<sup>2</sup> se estima una pérdida de 0.3Kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.3 Válvulas.

En los sistemas neumáticos se utilizan las válvulas para limitar, regular o bloquear el flujo de aire logrando con esto el control de los actuadores, se pueden clasificar por su funcionamiento como: Válvulas de vías, Funciones Lógicas, Bloqueo, Reguladoras, Combinadas, Válvulas distribuidoras.

Para lograr una buena identificación de las válvulas los símbolos que los representan muestran su función.

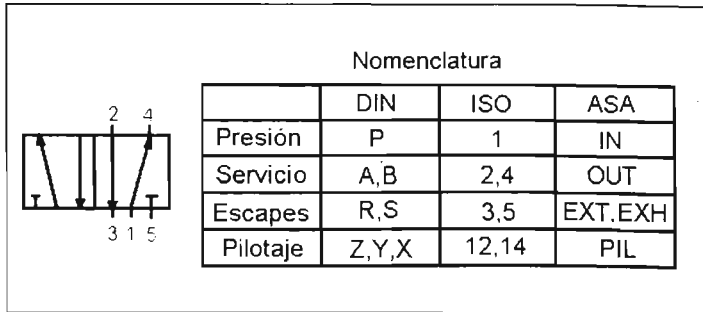
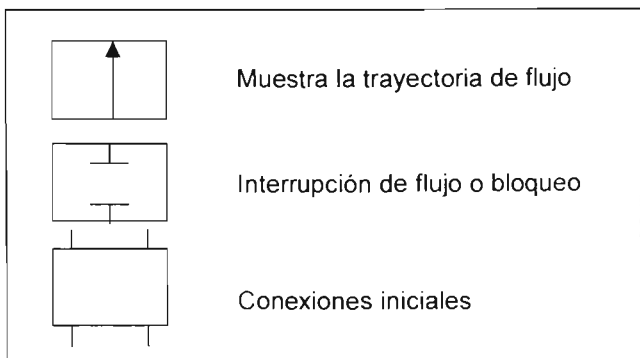


Figura 2.8 Nomenclatura de válvulas.

- A.- El segundo cuadro, de izquierda a derecha, corresponde al estado de reposo y en este se encontrarán las conexiones de la válvula.
- B.- La segunda vía, de derecha a izquierda, en la parte inferior del estado de reposo es la entrada de presión y las vías restantes son los escapes o desfogues.
- C.- Las salidas o utilizaciones se encuentran en la parte superior del reposo.
- D.- El número de vías se obtiene por la suma aritmética del número de salidas más escapes o desfogues más la entrada de presión y se nombra por el número de vías y posiciones.

Para mostrar la dirección de flujo se utiliza la siguiente simbología:



**Construcción interna de las válvulas.** Es importante conocer la construcción interna de las válvulas para una mejor selección al entender su funcionamiento se podrá realizar un diseño adecuado de conexión y control. La construcción interna de las válvulas se divide en dos tipos principalmente: En válvula de carrete y válvula de vástago.

**Válvula de carrete o también llamada de corredera.** Dentro de la válvula se desplaza un carrete en forma horizontal para controlar el flujo. Como se muestra en la figura 1a, en su posición inicial el puerto 1 (presión) se encuentra acoplado con el puerto 2 (servicio) mientras el puerto 4 (servicio) tiene un desfogue por el puerto 3 (escape); al activar la válvula, se realiza el cambio de posición como se muestra en la figura 1b por tanto el puerto 1 (presión) se acopla con el puerto 4 (servicio) y el puerto 2 (servicio) se desfoga por el puerto 5 (escape).

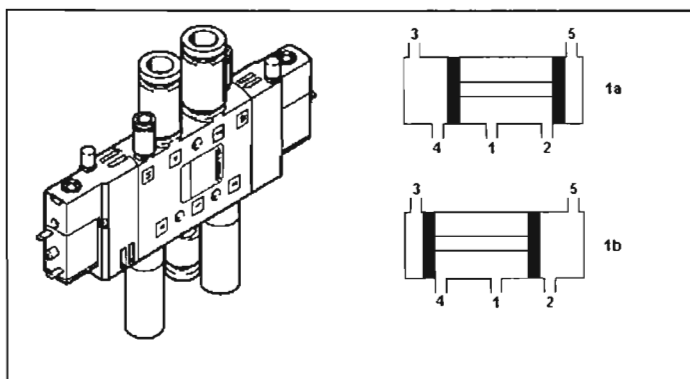


Figura 2.9 Construcción interna de las válvulas.

Las válvulas giratorias de carrete tienen un carrete giratorio que al girar abre y cierra los puertos de manera similar.

#### **Válvula de vástago o de asiento.**

Los pasos de aire con presión son abiertos o cerrados mediante bolas, platos, discos o conos, algunas de las ventajas que se tienen con este tipo de válvulas es el hecho de que el desgaste es mínimo, no son sensibles a la suciedad y son muy

resistentes pero requieren de una fuerza de accionamiento muy grande, mayor a la fuerza del muelle más la de presión.

Como se observa en la figura 2,10 cuando la válvula se encuentra en reposo el puerto 2 (servicio) no se acopla con el puerto 1 (presión), hasta que se aplica una fuerza en el botón mayor que la presión más la del muelle.

Con algunas variantes de esta construcción se obtienen válvulas de gran importancia como los reguladores de caudal.

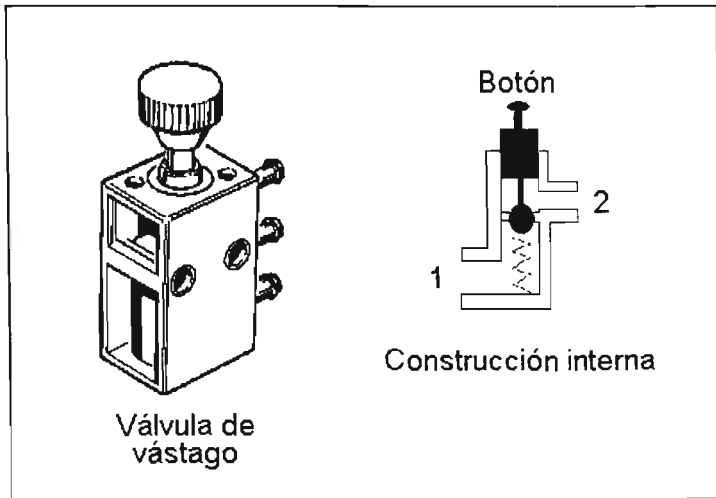


Figura 2.10 Válvula de vástago.

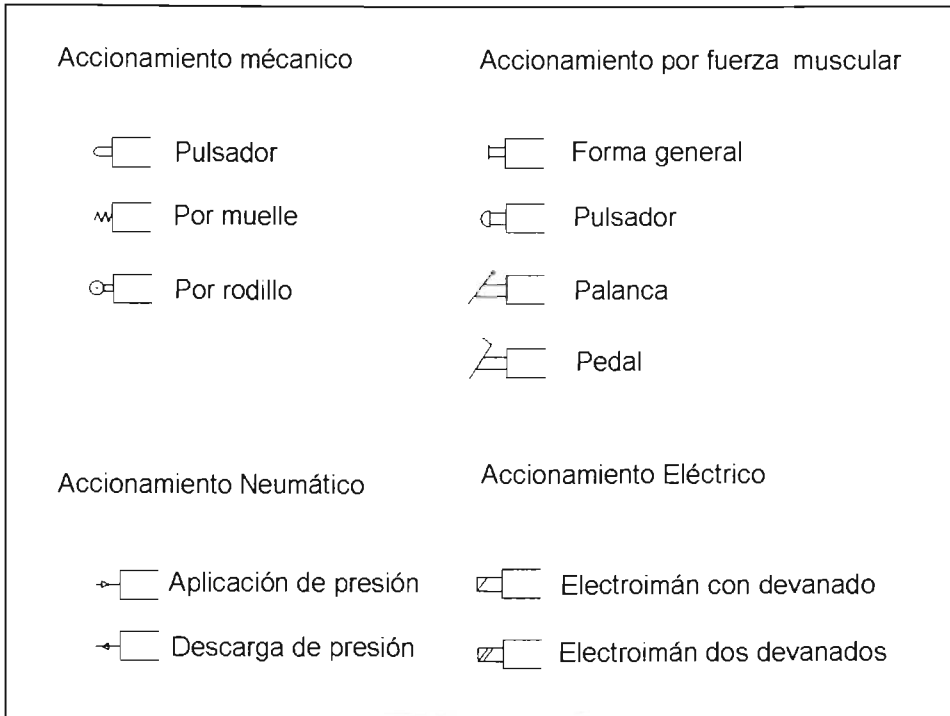


Figura 2.11 Formas de accionamiento de válvulas

### Accionamiento de las válvulas.

Los métodos de accionamiento son muy diversos, por la gran variedad de formas de control que hay en la industria, y se clasifica de la siguiente manera:

#### 2.4 Actuadores.

Un actuador es el encargado de transformar la energía estática en trabajo mecánico mediante la reducción de la sobre presión hasta la presión atmosférica exterior generando con esto un movimiento subdividido en carrera de avance y de retroceso. En el siguiente diagrama se aprecian las partes principales del actuador.

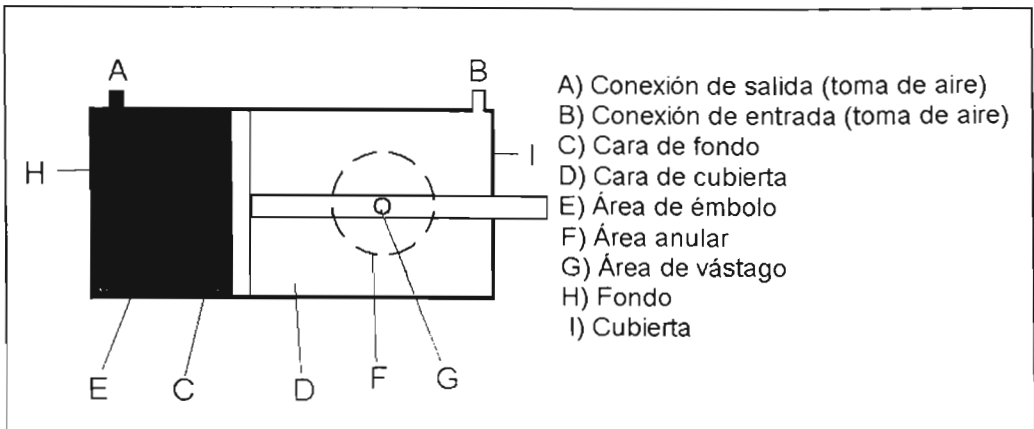


Figura 2.12 Partes principales de los Cilindros

Los actuadores neumáticos se clasifican con base a un movimiento lineal o giratorio:

Movimiento rectilíneo

- Simple efecto
- Doble efecto

Movimiento giratorio

- Motor neumático
- Actuador giratorio
- Accionamiento oscilante

**Cilindro de simple efecto.** La característica principal de los cilindros de simple efecto es el hecho de que solo pueden realizar trabajos en un sólo sentido por lo que no debe de someterse a un esfuerzo en el retroceso del émbolo ya que no lograría retornar salvo en algunas excepciones como son las placas de sujeción simples ya que son ligeras.

Existen varios tipos de construcción de cilindros, pero los más empleados son los de émbolo. A continuación se muestran las partes principales.

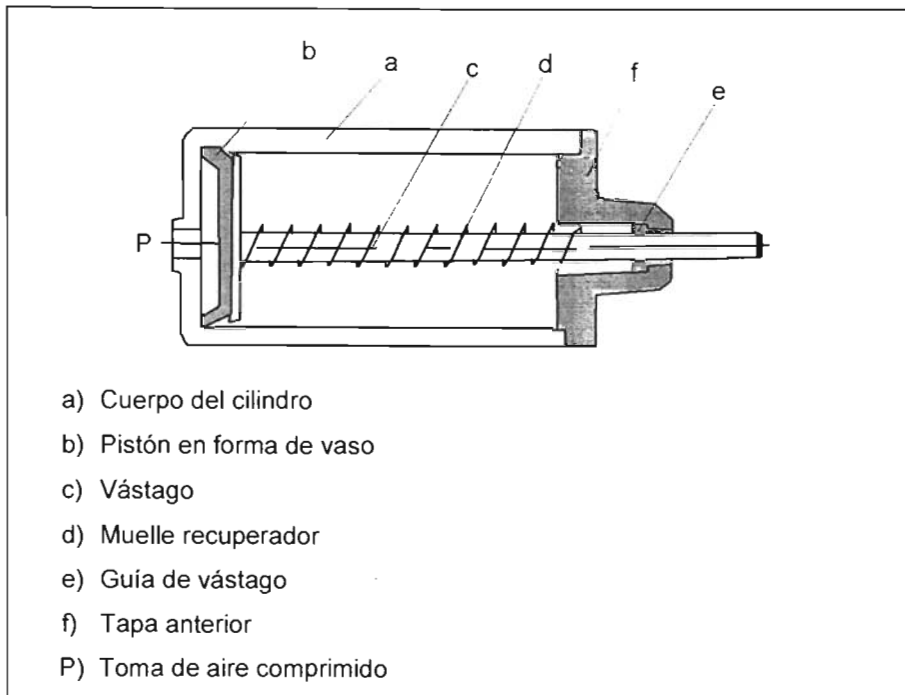


Figura 2.13 Construcción interna del cilindro.

En estado de reposo el cilindro se ve como en la figura 2.13, pero si se aplica una presión, el pistón es empujado hasta la tapa anterior y el vástago realiza un trabajo mecánico, así mismo si se retira la presión el muelle regresa al pistón a las condiciones iniciales.

Los cilindros de simple efecto son utilizados en la industria principalmente para:

- Entregar
- Bifurcar
- Juntar
- Accionar
- Fijar
- Expulsar

**Cilindros de doble efecto.** La construcción es muy similar a los de simple efecto solo que el retorno no lo realiza un muelle o fuerza externa sino es realizado por aire comprimido por tanto este cilindro es más versátil puesto que puede realizar trabajo mecánico en ambos sentidos.

Los cilindros de doble efecto tienen las siguientes tendencias:

- Detección sin contacto (utilización de imanes)
- Frenado de cargas pesadas
- Uso de cilindro sin vástago
- Recubrimiento protector contra daños
- Mayor resistencia
- Aplicación en robótica

**Características Técnicas.** Cuando se elige un actuador neumático deben considerarse algunas características elementales para un buen rendimiento del sistema así como una vida más larga de los actuadores.

**Fuerza del cilindro.** La fuerza que se genera depende de la presión y del diámetro del émbolo.

$$F = A P$$

Considerando que el área donde se aplica la presión (émbolo) es circular.

$$A = D^2 \left( \frac{\pi}{4} \right)$$

Para los cilindros de simple efecto se debe de considerar la fuerza del muelle ya que esta se opone a la fuerza ejercida por la presión.

$$F = D^2 \frac{\pi P - f}{4}$$

Esta fórmula no aplica para los cilindros de doble efecto por que estos no tiene muelle y se deben considerar que el vástago le quita área al émbolo cuando se aplica una presión en el retroceso.

$$\text{Carrera de avance} \quad F_A = \frac{D^2 \pi P}{4}$$

$$\text{Carrera de retroceso} \quad F = \frac{(D^2 - d^2) \pi P}{4}$$



D = diámetro del émbolo (m)

d = diámetro del vástago (m)

A = área del embolo ( $m^2$ )

f = fuerza del muelle (N)

F = fuerza del pistón (N)

P = presión de trabajo (Pa)

En el apéndice 3 se muestra la tabla que relaciona la fuerza de los cilindros con los vástagos más comerciales a distintas presiones.

**Consumo de aire.** De manera práctica las empresas dedicadas a la fabricación de cilindros neumáticos cuentan con tablas para obtener el consumo de aire de los cilindros más comerciales a diferentes presiones. En el apéndice 3 se muestra la tabla que relaciona el consumo de aire de los cilindros neumáticos por cm de carrera en función del diámetro del pistón y de la presión de trabajo.

## 2.5 Sensores.

Un sensor produce una señal de salida relacionada directamente con una acción física; en muchas ocasiones los sensores son nombrados como transductores y lo son, pero hay que tomar en cuenta, que los transductores sugieren que la señal de entrada y salida no debe ser homogénea; en la actualidad, se ha considerado que para definir de forma adecuada los transductores de entrada como sensores, que son los encargados de obtener información, y los transductores de salida como actuadores los cuales buscan la conversión de energía.

Por la gran variedad de sensores que existen en el mercado y la cantidad de cambios físicos que se pueden medir en la naturaleza, estos se pueden clasificar de muchas maneras, por lo cual, observándolo desde la ingeniería electrónica los clasificaremos de acuerdo por los parámetros variables; resistencia, capacitancia e inductancia y considerando las necesidades del proyecto solo estudiaremos los sensores de desplazamiento, posición y proximidad.

Los sensores de desplazamiento miden la magnitud que se desplaza un objeto; los sensores de posición determinan la posición del objeto a sensorar con respecto a un punto de referencia. Los sensores de proximidad son una modalidad de los sensores de posición y determinan en que momento un objeto se mueve dentro de una distancia crítica del sensor. Estos tipos de sensores tienen la característica de ser en la salida digitales.

**Sensor resistivo.** Son los más abundantes y se pueden utilizar para muchas aplicaciones debido a que la resistencia eléctrica es fácilmente afectada por muchas magnitudes físicas: los potenciómetros es un resistor de contacto móvil deslizante o giratorio, en el cual, al desplazarse la parte deslizante, como se muestra en la figura 2.14, cambia la resistencia  $R_s$  provocando una variación en el voltaje de salida.

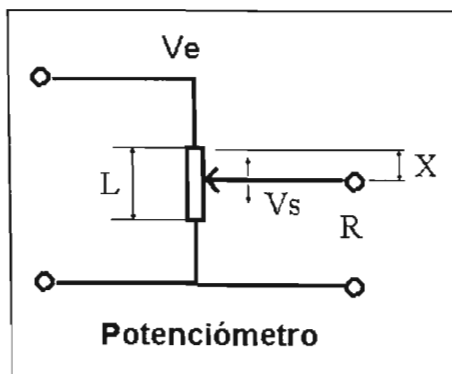


Figura 2.14 Circuito de un sensor.

La resistencia entre el contacto móvil y uno de los fijos es:

$$R = (P / A) (L - X)$$

Donde  $X$  es la distancia recorrida desde la terminal fija.  $P$  es resistividad del material,  $L$  es longitud y  $A$  es sección transversal;  $V_s$  es una fracción del voltaje de entrada que depende de la distancia recorrida  $X$ , donde si  $X = 0$  entonces  $V_s = V_e$ , si  $X > 0$  y  $X < L$  entonces  $0 < V_s < V_e$ ,  $X = L$  entonces  $V_s = 0$ .

**Sensor Capacitivo.** El condensador eléctrico consiste de dos placas separadas por un dieléctrico que tienen la capacidad de almacenar energía, utilizando esta

propiedad, los sensores internamente modifican la capacidad de almacenaje cuando se detecta el elemento a sensar y para lograr esto no requieren un contacto físico con el objeto, logrando con esto una gran ventaja. Para el cálculo de almacenaje de energía tenemos:

$$C = (\epsilon_0 \epsilon_r A) / d$$

$\epsilon_0$  es la constante dieléctrica,  $\epsilon_r$  constante de permeabilidad relativa del material dialéctico, A es el área de sobreposición de dos placas y d es la separación de las placas.

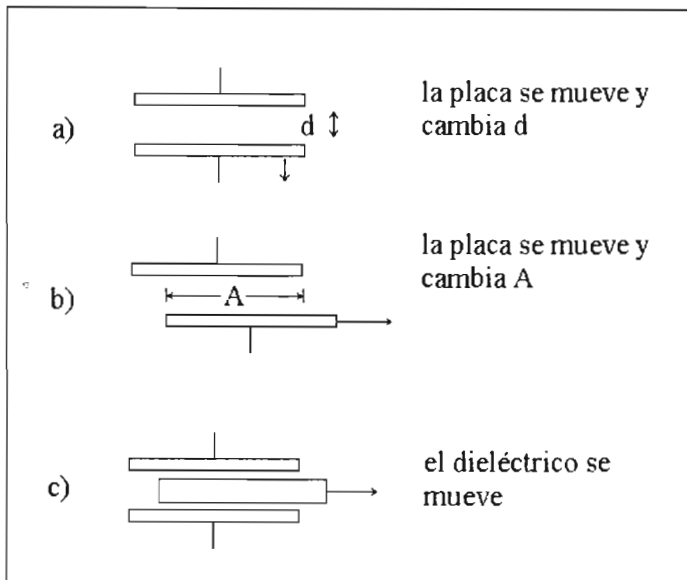


Figura 2.15 Construcción de sensor capacitivo.

En la figura 2.15 se observa las formas más comunes como se encuentra la construcción interna de los sensores capacitivos, los cuales para monitorear desplazamientos lineales modifican su capacitancia: a) una de las placas se mueve debido al desplazamiento, con la consecuente separación de las placas. b) el desplazamiento modifica el área de sobre exposición. c) el desplazamiento modifica la porción de dieléctrico que se encuentra entre las placas.

**Sensores inductivos.** La inductancia indica la magnitud de flujo magnético que concatena debido a la corriente eléctrica. Esta inductancia se puede expresar como:

$$L = ( N d\phi ) / di$$

Donde **N** es el número de vueltas de la bobina, **i** es la corriente y  $\phi$  el flujo magnético. Entre las ventajas de este circuito se señala que le afecta poco la humedad ambiental y otros contaminantes y sobre todo su alta sensibilidad.

**Sensores de efecto Hall.** Cuando un haz de partículas cargadas atraviesa un campo magnético existen fuerzas que actúan sobre las partículas, y la trayectoria lineal del haz se deforma. Cuando una corriente fluye a través de un conductor se comporta como un haz de partículas en movimiento, por lo que al pasar por un campo magnético esta corriente se puede desviar. Si hay electrones que se mueven a través de una placa a la cual se somete a un campo magnético, el resultado es una diferencia de potencial transversal **V** la cual se puede calcular con la fórmula:

$$V = ( KH BI ) / t$$

**B** es la densidad de flujo magnético en sentido perpendicular a la placa, **I** es la corriente, **t** es el espesor de la placa y **KH** es la constante de Hall.

**CAPÍTULO III**  
**DISEÑO MECÁNICO.**

### **3.1 Introducción**

Al seleccionar el material para un componente de una máquina o estructura es muy importante aplicar ciertos criterios para su elección, uno de ellos es el aspecto económico. Es importante también saber interpretar de manera correcta ciertas propiedades mecánicas como lo son: resistencia máxima a la tensión, módulo de elasticidad, límite de proporcionalidad entre otros, dichas propiedades se explicarán en este capítulo.

El primer paso en el proceso de selección requiere que el diseñador conozca la aplicación para determinar las características más importantes que debe de tener el material, ¿Debe ser el material, resistente, rígido o dúctil? ¿Estará sometido a la aplicación de una gran fuerza, un esfuerzo mayor, una elevada temperatura o a un ambiente corrosivo?. Una vez determinadas las propiedades requeridas se selecciona el material apropiado usando datos que se encuentran en manuales y tablas. Para poder aplicar correctamente dichos valores, se explicarán las propiedades mecánicas.

Por otra parte se analizarán los temas más relevantes que se tomaron en cuenta para el diseño del "pulpo automatizado".

### **3.2 Propiedades de materiales.**

Mediante el análisis de un ensayo esfuerzo-deformación podemos determinar las propiedades mecánicas del material.

Este ensayo consiste en aplicar una carga gradual a una probeta de ciertas dimensiones y se va midiendo la distancia de alargamiento que presentan las fibras de la estructura de un material.

Para ilustrar lo anterior pasaremos al siguiente ejemplo:

Los resultados de un ensayo en una probeta de aluminio se muestran la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Probeta de aluminio.

Carga (lbs)	Esfuerzo (Psig)	Longitud calibrada (plg)	Deformación (plg/plg)
0	0	2.000	0
1000	5000	2.001	0.0005
3000	15000	2.003	0.0015
5000	25000	2.005	0.0025
7000	35000	2.007	0.0035
7500	37500	2.030	0.0150
7900	39500	2.080	0.0400
8000	40000	2.120	0.0600
8000(max)	40000	2.160	0.0800
7600 (ruptura)	38000	2.205	0.1025

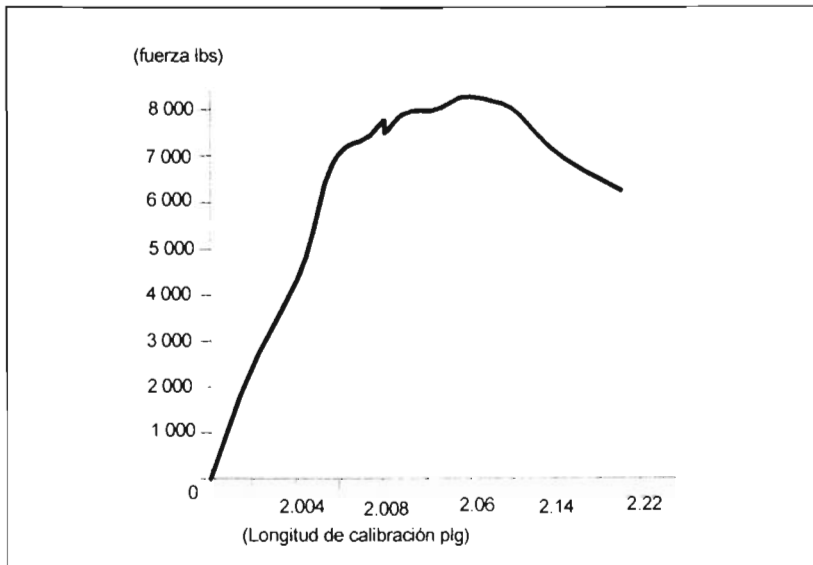


Figura 3.1. Gráfica de los datos carga-longitud calibrada de la tabla 3.1.

➤ **Deformación.**

La deformación la podemos considerar en ingeniería como plástica y elástica. Decimos que cuando aplicamos una carga a un material de tal forma que cuando dejamos de aplicarla, la probeta o el material regresa a sus dimensiones originales estamos hablando de una deformación elástica.

Cuando aplicamos una carga que rebase el límite de fluencia, es decir, cuando el material sufre alteraciones en las fibras y estas no regresan a sus dimensiones originales, es entonces cuando estamos hablando de una deformación plástica.

➤ **Esfuerzo de fluencia.**

Este punto en un material es la frontera entre la zona elástica y plástica, es decir en donde el deslizamiento de las fibras es notorio e importante para el diseño de máquinas.

Cuando se diseña un componente se debe de asegurar que el material no se deforme plásticamente. Tal es el caso de un cigüeñal de un motor de combustión interna, este no funcionaría adecuadamente cuando se deforme más allá de lo especificado. Por esto se debe seleccionar un material que tenga un alto punto de fluencia o agrandar el componente lo suficiente para que la fuerza aplicada produzca un esfuerzo por debajo del punto de fluencia. Y así asegurarse que la pieza no se rompa.

➤ **Resistencia a la tensión.**

Esta propiedad es la resultante de la mayor fuerza aplicada, y por ello, es el esfuerzo máximo que ocurre en la curva esfuerzo-deformación (de uso en ingeniería). En la mayoría de los materiales dúctiles, la deformación no permanece uniforme. En un cierto punto una región se deforma más que en otra y ocurre una reducción en la sección transversal. Esta región localmente deformada se denomina garganta o estricción. Debido a que el área de la sección transversal se reduce en este punto, se requiere de una fuerza menor para continuar la deformación, y decrecerá el esfuerzo calculado a partir del área original  $A_0$ . La resistencia a la tensión es el esfuerzo al que se inicia la estricción.



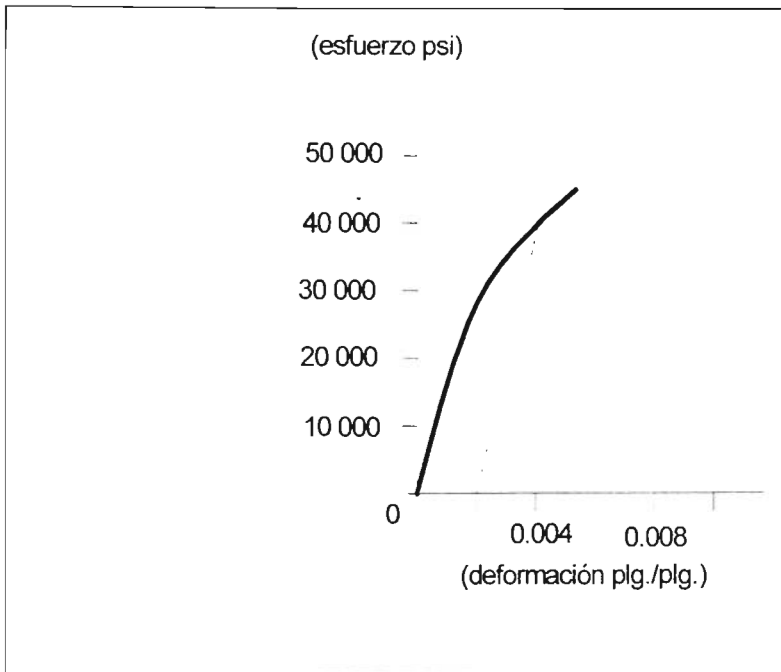


Figura 3.2 Diagrama esfuerzo-deformación.

La resistencia a la tensión la podemos encontrar en manuales y debido a que es fácil de medir, son de gran utilidad para comparar el comportamiento de los materiales y permiten evaluar otras propiedades que son más difíciles de medir. Sin embargo la resistencia a la tensión es relativamente poco importante para la selección de los materiales o para la fabricación. El esfuerzo de fluencia determinará si el metal se deformará o no, y por ello es más importante.

➤ **Módulo de elasticidad.**

Es la pendiente de la curva esfuerzo-deformación en la región elástica. Esta relación se denomina ley de Hooke.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \text{módulo de elasticidad.}$$

Las fuerzas de unión y el módulo de elasticidad es mayor para los metales con alto punto de fusión, ver la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Relación entre módulo de elasticidad y la temperatura de fusión de los metales.

Metal	Temperatura de fusión (°C)	Modulo de elasticidad (Psi.)
Pb	327	2.0*106
Mg	650	6.5 * 106
Al	660	10.0* 106
Ag	962	10.3 *106
Au	1064	11.3* 106
Cu	1085	18.1*106
Ni	1453	29.9*106
Fe	1538	30.0 *106
Mo	2610	43.4*106
W	3410	58.5*106

El módulo de elasticidad es una medida de rigidez del material. Un material rígido con un módulo de elasticidad alto, mantiene su tamaño y forma al ser sometido a una carga elástica. Por ejemplo si se diseña un eje y un cojinete o apoyo para el mismo. Pueden requerirse tolerancias muy estrechas. Pero si el eje se deforma elásticamente, esas tolerancias pueden ocasionar rozamiento, desgaste mayor o bien el trabamiento entre las piezas.

#### ➤ Ductilidad.

Esta propiedad se refiere al grado de deformación que un material puede soportar sin romperse y hay dos formas para describirla.

Por medio de la distancia de alargamiento que la probeta puede sufrir en el ensayo. Esta se puede medir en porcentaje de elongación o alargamiento antes de la ruptura y lo podemos interpretar como sigue:

$$\text{elongación} = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100$$

donde  $L_o$  es la longitud inicial y  $L_f$  es la distancia entre puntos después de romperse la probeta.

La otra forma es midiendo el incremento porcentual de área de sección transversal en el punto de fractura antes y después de la probeta. Y esta dado como sigue;

$$\text{Reducción de área} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

Donde  $A_f$ , es el área transversal final en la fractura.

La ductilidad es una propiedad muy importante en el diseño de un componente, ya que se debe escoger un material que presente, cierta ductilidad de manera que si el esfuerzo aplicado es demasiado alto el material se deforme plásticamente antes de romperse. Además de esta propiedad depende la maquinabilidad de un material y es muy importante porque se pueden fabricar piezas de formas complicadas sin que se llegue a la ruptura.

### 3.3 Diseño y análisis estructural.

Una de las leyes fundamentales de la estática dice que "Si una parte o miembro de una máquina o estructura, está en equilibrio se dice que toda la máquina esta en equilibrio" esta es una base o punto de partida en el estudio de la estática mediante el diagrama de cuerpo libre.

Cuando un cuerpo relativamente esbelto, soporta cargas que están aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal se le llama viga.

Las vigas pueden clasificarse en varios tipos; una forma de poder agruparlas consiste en identificarlas como estáticamente determinadas y estáticamente indeterminadas. Se dice que una viga es estáticamente indeterminada si tiene más de tres componentes reactivas desconocidas en sus apoyos. Una viga es estáticamente determinada si todas sus reacciones pueden calcularse utilizando las ecuaciones de la estática ( $\sum F_y = 0$ ,  $\sum F_x = 0$ ,  $\sum M = 0$ ), es decir, que se desconocen solo tres componentes reactivas de sus apoyos. Ver figura 3.3(a), (b), (c) y (d).son

estáticamente determinadas, mientras que la viga (e) tiene cinco componentes en las reacciones, resultando ser indeterminada. Para nuestros fines solo consideraremos vigas estáticamente determinadas.

### 3.3.1 Clasificación de las vigas.

Vigas simplemente apoyadas, Las reacciones de la viga ocurren en sus extremos, como en las figuras 3.3(a) y (d).

Vigas en voladizo. un extremo de la viga esta fijo para impedirla rotación, como en la figura 3.3(b). Este tipo de viga también se llama con un extremo empotrado, debido a la clase de apoyo.

Vigas con voladizo, uno o ambos extremos de la viga sobresalen de los apoyos como en la figura 3.3(c).

Vigas continuas, una viga estáticamente indeterminada que se extiende sobre tres o más apoyos, figura 3.3(e).

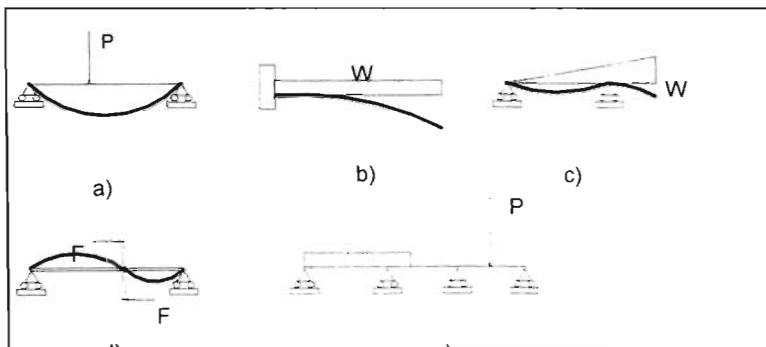


Figura 3.3 vigas.

**Cargas:** Para poder entrar a detalle en el análisis de una viga es necesario antes, conocer los tipos de carga que están soportando las vigas de acuerdo a su naturaleza. Esta puede provenir del peso mismo de la viga (carga muerta) y son complicado analizarlas, pero podemos decir que hay cinco tipos que se explican a continuación:

- a) **Sin carga.** La misma viga se considera sin peso (o al menos muy pequeño comparado con las demás fuerzas que se apliquen) como en la figura 3.3(a) y (d).
- b) **Carga concentrada.** Una carga aplicada sobre un área relativamente pequeña (considerada aquí como en un punto), como en la figura 3.3(a).
- c) **Carga uniformemente distribuida.** La carga que está igualmente distribuida sobre una porción de longitud de la viga. Como en la figura 3.3(b). La intensidad de la carga se expresa como el número de libras por pie, o newtons por metro de longitud de carga. Por ejemplo  $W = 2 \text{ Klb}$ . En unidades del SI,  $w = 5000 \text{ N/m}$  y esto indica que cada metro de longitud soporta 5000 N.
- d) **Carga variable** (generalmente distribuida). La carga varía en intensidad de un lugar a otro. La fig. 3.3(c) muestra una carga variable distribuida uniformemente y que varía desde cero en el extremo izquierdo hasta un valor de  $w$  en Lbs / pie, o N / m en el extremo derecho.
- e) **Torsión aplicada en alguna parte.** La figura 3.3 (d) y el par de reacción de la figura 3.3(b) son ejemplos de este tipo de carga.

Ahora que ya describimos los tipos de cargas y de vigas, el objetivo principal del estudio de las vigas es analizar para cuantificar los esfuerzos internos y las deflexiones causadas por las cargas aplicadas. Primero comenzaremos con momentos flexionantes interiores y las fuerzas cortantes en la viga.

**Fuerza cortante y momento flector.** Para poder analizar la viga de la figura 3.4. Se puede cortar esta viga en cualquier sección, tal como a-a y trazar un diagrama de cuerpo libre de cualquier parte. El equilibrio se conserva sobre el cuerpo libre por medio de las fuerzas de la viga que actúan en la sección cortada. El diagrama de cuerpo libre de la porción izquierda se muestra en la figura 3.4(b). Ya que la fuerza externa  $R_1$  actúa verticalmente hacia arriba y  $\sum F_v = 0$ , debe haber una fuerza vertical que actúa sobre la cara del corte. Esta fuerza vertical  $V$  se llama el cortante vertical, o simplemente el cortante, en la viga. En el caso particular de la figura 3.4(b),  $V=R_1$  y estas fuerzas forman un par que tiende a hacer girar al cuerpo libre en el sentido de las manecillas del reloj. Como  $\sum M=0$ , sobre el cuerpo libre y en la sección

del corte debe actuar un par de sentido contrario al de las manecillas del reloj, y de la misma magnitud. Este par se llama el momento flexionante interno, o simplemente el momento, en la viga.

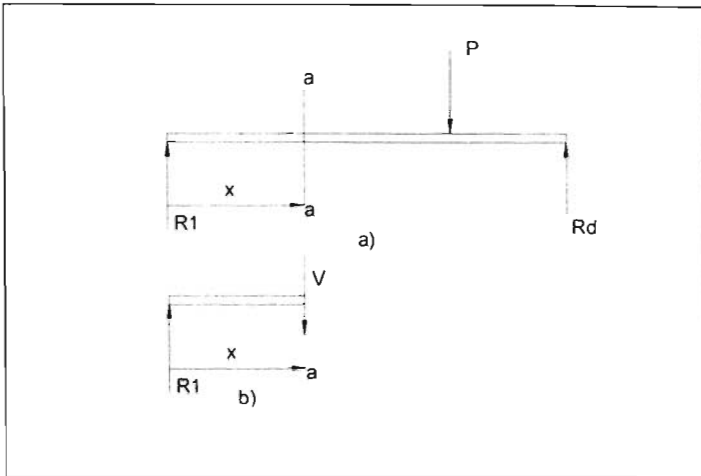


Figura 3.4. Fuerza cortante y momento flexionante

### 3.3.2 Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flexionantes.

Un diagrama de momentos flectores y esfuerzos cortantes son gráficos que muestran la magnitud de la fuerza cortante o del momento flexionante a lo largo de la viga. Hay varios métodos mediante los cuales se pueden trazar estas gráficas. Primeramente se tratará el enfoque básico de la estática. Este procedimiento consiste en cortar la viga en varias secciones, calcular  $V$  y  $M$  en cada uno de esos lugares, y trazar una grafica de estos valores contra la longitud de la viga.

Este método es más laborioso que el procedimiento simplificado que se presentará posteriormente. Sin embargo es muy importante conocer este procedimiento ya que es la base para encontrar las relaciones entre la carga, la fuerza cortante, y el momento flexionante.

Dentro de los criterios para construir estas graficas se pueden considerar tanto esfuerzos cortantes como momentos flectores positivos y negativos.

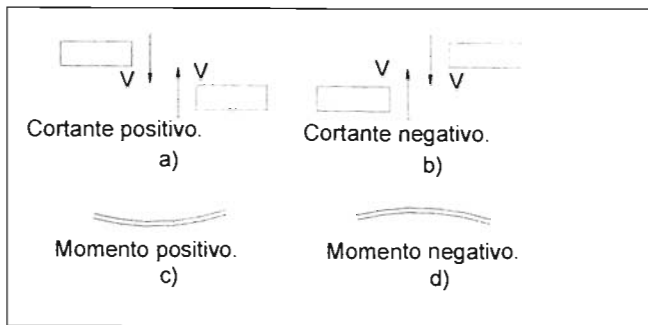


Figura 3.5. Criterio para interpretar momentos flectores y cortantes en vigas.

Si se corta una viga en una sección y se permite el movimiento solamente en la dirección vertical, la fuerza cortante es positiva si la sección de la izquierda tiende a moverse hacia arriba con respecto a la sección de la derecha. Por ejemplo, consideremos la viga mostrada en la figura 3.6 (a). Si se cortara la viga en la sección a-a, la sección de la izquierda trataría de moverse hacia arriba con respecto a la sección hay una fuerza cortante positiva. En la sección b-b ocurre justamente lo contrario, y la fuerza cortante se considera, por definición negativa.

La convención de signos para el momento flexionante estipula que el momento es positivo cuando las fibras superiores están en compresión. La figura 3.6(a) ilustra un momento positivo y la figura 3.6 (b) muestra un momento negativo.

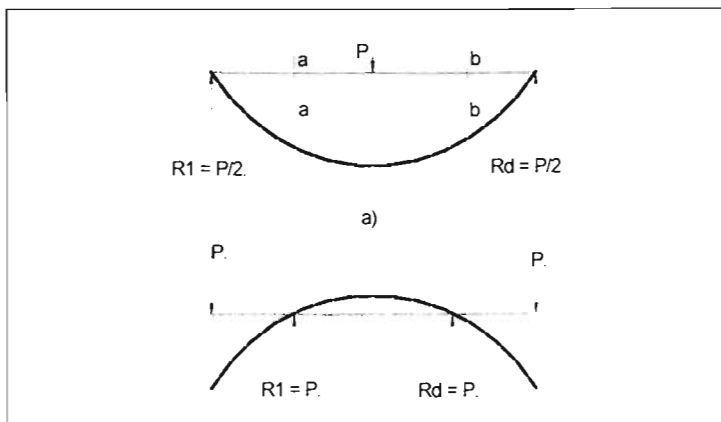


Figura 3.6. Ejemplo de momento flector.

La interpretación correcta de estos signos es muy importante en el trazo de dichos diagramas. En la mayoría de los problemas el signo no es fácilmente discernible. Generalmente es más fácil recordar la definición correcta del momento positivo y el negativo que la de la fuerza cortante positiva y negativa.

**Construcción de diagramas de fuerzas cortantes y de momentos flectores.**

Dada la viga mostrada en la figura 3.7. Calcular sus reacciones y generar el diagrama de momento flector y esfuerzos cortantes.

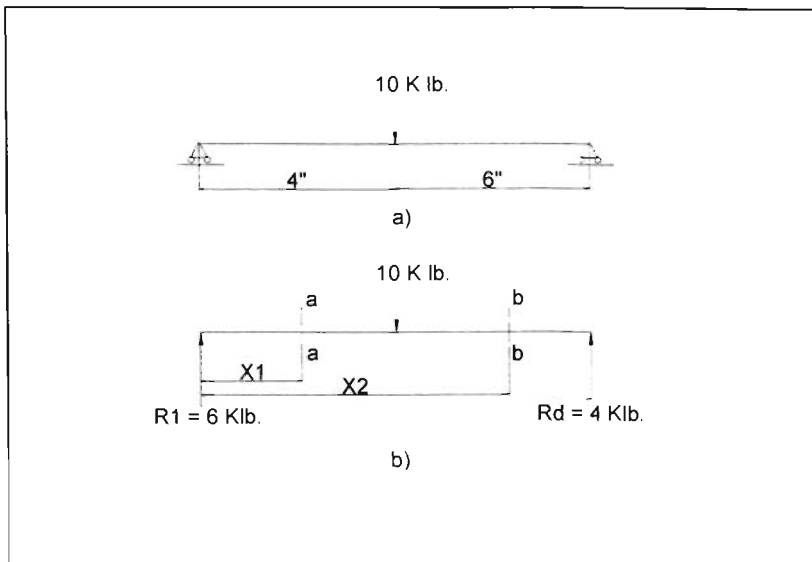


Figura 3.7. Viga

Por estática, las reacciones pueden determinarse como  $R1 = 6 \text{ Klb.}$  Y  $Rd = 4 \text{ Klb.}$

Para poder entender, vamos a trazar un corte ficticio en la sección a-a entre  $R1$  y  $P$  a una distancia  $X1$  de  $R1$ . Los diagramas de cuerpo libre de las secciones, izquierda y derecha de la figura 3.7 se puede calcular la fuerza cortante  $V$  usando cualquier sección de la viga, pero es más conveniente usar la sección izquierda ya que ve que hay menor número de fuerzas por considerar. Según la figura 3.7(a).



### **3.3.3 Momento de inercia, centro de gravedad y centroide.**

Estos valores ya están determinados para cada sección de viga en particular y este dependerá de sus dimensiones o forma geométrica.

Ver apéndice 2.

### **3.4 Tolerancias y ajustes.**

En la fabricación de una máquina o estructura cualquiera, el grado de precisión o calidad es de primer orden. La clase de mano de obra determina su calidad en relación con los productos competidores del mercado, y en parte su costo y su precio de venta relativos.

La precisión es el grado de exactitud necesario para asegurar el funcionamiento intentado. Por ejemplo una pieza de fundición tendrá generalmente dos tipos de superficie: superficies de ajuste con otras, y superficie sin ajuste. Las superficies de ajuste se labrarán a máquina hasta la suavidad apropiada y a la distancia correcta con respecto a otra superficie. Las superficies sin ajuste. Expuestas al aire y que no tienen relación importante alguna con las otras partes o superficies se dejarán en la forma original basta de la fundición. En consecuencia las superficies de ajuste requieren en su manufactura mucho más precisión que las superficies sin ajuste. Sin embargo por la imposibilidad de reproducir una distancia a una medida absoluta, debe admitirse cierta desviación en la manufactura.

La tolerancia es la diferencia admisible para una medida dada y proporciona un medio para controlar la precisión exigida. Para las superficies sin ajuste la tolerancia puede variar desde 0.01 plg. para piezas pequeñas hasta 1 plg. para piezas muy grandes. Para las superficies de ajuste algunas veces son necesarias tolerancias tan pequeñas como de algunas millonésimas de pulgada (para superficies de ajuste extremadamente fino). Pero generalmente se acaban las superficies con una precisión de 0.001 a 0.010 plg. dependiendo de la función de la pieza.

#### **3.4.1 Factores que afectan las tolerancias y ajustes.**

Una parte crítica del diseño es la especificación del margen, el valor típico es de solamente unas cuantas centésimas de pulgada. No obstante debe preverse cierta

variación por razones de economía en la fabricación. Por lo tanto, existirá una variación respecto al margen real en los dispositivos de producción dependiendo de donde los componentes individuales que embonan caen dentro de sus bandas de tolerancia. Tales variaciones deben de considerarse en el análisis de rendimiento de la pieza. Un margen muy pequeño provocará encogimiento y uno muy grande provocará imprecisiones de la máquina y afectará en forma adversa a la lubricación.

Cuando se requiere de movimiento relativo entre dos piezas, es necesario un margen para ajuste. Algunos instrumentos de medición deben de moverse sin juego perceptible, a veces se les llama separación, entre partes o piezas que embonan lo cual afectaría en forma adversa a la precisión de la medición.

### **3.4.2. Fundamentos para la selección de tolerancias.**

Los aspectos fundamentales a tomar en cuenta en el diseño de una pieza pueden variar dependiendo de cual sea la aplicación, es decir, el tipo de movimiento que debe tener, las condiciones de la máquina y la mano de obra que debe tener cierta experiencia y sobre todo pericia. Tal vez la tolerancia que requiere cierta pieza esta muy lejos de lo que una máquina herramienta pueda ofertar.

Los diferentes procesos de fabricación tienen grados de exactitud mínimos posibles, dependiendo del tamaño del trabajo. Las tolerancias mínimas que a continuación se enlistan, se dan como una guía y están basadas en la suposición de que el trabajo se efectúa sobre una base de producción con maquinaria en buen estado y trabajadores de gran pericia.

Taladrado. Para brocas de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  pulgada, +0.005 -0.000; de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de pulgada, +0.008 -0.000; de  $\frac{3}{4}$  a 1 pulgada, +0.010 -0.000; de 1 a 2 pulgadas, +0.015 -0.000.

Escareado. En general se puede mantener una tolerancia de +0.0005 -0.000 con diámetros hasta de  $\frac{1}{2}$  pulgada. Para diámetros de  $\frac{1}{2}$  a 1 pulgada, +0.001 -0.000, y de 1 pulgada y mayores, +0.0015 -0.000.

Torneado. Trabajo basto; para diámetros de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  pulgada, una tolerancia total

de 0.005 para diámetros de  $\frac{1}{2}$  a 1 pulgada, 0.007; para diámetros de 1 a 2 pulgadas y mayores, 0.007

Torneado de acabado. Para diámetros de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  pulgada, una tolerancia total de 0.002; para diámetros de  $\frac{1}{2}$  a 1 pulgada, 0.003; para diámetros de 1 a 2 pulgadas, 0.010; para diámetros de 2 plg y mayores, 0.007.

Fresado. Cuando se ha de fresar superficies independientes, se pueden mantener tolerancias de 0.002 a 0.003. Cuando se han de fresar dos o más superficies, debe darse a la más importante la tolerancia de 0.002 y a las restantes 0.005. En general 0.005 es un buen valor para ser usado en la mayor parte del trabajo de la fresadora.

Planeado y cepillado. Las operaciones de mesa en cepillo de mesa y de codo no se usan comúnmente con piezas pequeñas en los trabajos de producción en masa. Para piezas grandes pueden mantenerse tolerancias de 0.005 a 0.010.

Roscas. El ANSI proporciona tolerancias para sus cuerdas o roscas sobre el paso diametral a través del número de clasificación del ajuste dado con la especificación. Para cierta clase de ajuste dada, la tolerancia crece a medida que aumenta la rosca.

Rectificado. Para rectificado cilíndrico y de superficies planas, se puede mantener una tolerancia de 0.0005.

Las tolerancias dadas son las recomendadas para cada tipo de maquinado y depende del tamaño de la pieza, ahora, para poder seleccionar la tolerancia adecuada es necesario saber cuanto juego o cuanta interferencia puede haber entre las piezas que se deberán empotrar o empalmar. La diferencia entre las condiciones de apriete máximo y soltura máxima, será la suma de tolerancias de ambas piezas.

### 3.5. Conexiones.

Existen en la actualidad varios procesos de soldadura los cuales los mencionaremos pero analizaremos con más detalle solamente el de arco eléctrico.

Soldadura TIG.

Soldadura MIG.

Arco eléctrico.

Oxiacetileno.

Punteadora por resistencia.

Soldadura en Frío.

**a) Tipos de juntas en soldadura:** En el proceso de soldadura cada unión se diferencia por el ángulo o el tipo de bisel que la compone, y en consecuencia la soldadura se depositará según las exigencias que impongan la preparación de la costura y el tipo del material base. Normalmente el tipo de soldadura depende del espesor del material que se va a unir y de las características de trabajo de la pieza en construcción.

**b) Tipos de electrodos:** Según la clasificación de AWS (American Welding Society), tiene que ver directamente con las características de aplicación, tipo de corriente así como el tipo de depósito.

Ejemplo; AWS 6010

60.- Significa un mínimo de resistencia 60 000 psi.

1.- Significa la posibilidad de aplicación que en este caso es en todas las posiciones.

0.- Significa alta penetración y que se debe aplicar únicamente en polaridad invertida y corriente continua.

El sistema de numeración se basa en el uso de un prefijo "E" seguido de cuatro dígitos. El último dígito indica un grupo de variables relativas a la técnica de soldado, tales como suministro y aplicación de la corriente. El penúltimo dígito indica una posición de soldar y los dígitos de la izquierda indican la resistencia a la tensión aproximada en miles de libras por plg<sup>2</sup>.

Se dispone de electrodos desde 1/16 a 5/16 plg.

Significado del penúltimo número:

- 1.- Toda posición.
- 2.- Posición plana y horizontal.
- 3.- Solo soldable en posición plana.

Significado del último número:

0.- Alta penetración. Para soldar únicamente con c.c. en corriente invertida (celulosa y sodio).

1.- Alta penetración. Para soldar en c.a. y c.c. polaridad invertida (celulosa y potasio)

2.- Mediana penetración para soldar en c.a. y c.c. polaridad directa y polaridad invertida (Titanio y Sodio)

3.- Ligera penetración. Acabado terso para aplicarse con c.a. y c.c. directa o invertida (Titanio y Potasio).

4.- Penetración mediana. (Polvo de hierro y Titanio) Polaridad directa o invertida.

5.- Bajo hidrógeno y sodio. Para soldar en c.c polaridad invertida.

6.- Bajo hidrógeno y potasio para soldar en c.a.-c.c. polaridad invertida.

7.- Bajo hidrógeno, polvo de hierro, óxido de hierro para soldar con c.c polaridad directa.

8.- Bajo hidrógeno y polvo de hierro. Para soldar con c.c. polaridad invertida o con c.a.

Básicamente la diferencia entre los electrodos está en la penetración y el tipo de corriente con que se deben usar. Entre mayor sea el contenido de celulosa en un fundente, mayor será la penetración.

## **Polaridades.**

Cuando estamos hablando de que se genera un arco eléctrico son dos los tipos de polaridades las que podemos obtener y éstas las encontramos en C.A y C.C. Polaridad directa o negativa (-) polaridad invertida o positiva (+).

**Polaridad directa o negativa (-).** Cuando los electrones viajan del electrodo hacia la pieza y se logra cuando se conecta el cable portaelectrodo al polo negativo del generador y el cable de la pieza al positivo, ya que la corriente de electrones, cuando se trata de corriente continua viaja siempre del polo negativo al polo positivo.

La característica fundamental de la corriente directa es que forma un arco bastante extendido que produce una baja penetración ya que tiene que extenderse en un área bastante ancha. La máxima aplicación de la corriente (-) la tenemos en soldaduras donde no es importante una penetración, como en las soldaduras de materiales delgados y en revestimientos duros donde lo que generalmente se necesita es una capa de depósito más duro que el material base.

Al tener poca fusión y poca penetración, hay poca dilución del material de aporte y por lo tanto mejores características de depósito.

**Polaridad invertida o positiva (+).** En este caso se conecta el cable portaelectrodo al polo positivo de la máquina y el cable de la pieza al negativo, de esta forma la polaridad toma la característica especial de concentrar el calor en el punto de aplicación produciendo una fusión considerable del metal base y por lo tanto una gran penetración. Esta polaridad es llamada por los soldadores, polaridad normal siendo ella la más común y la más utilizada en soldadura de aceros estructurales y en soldaduras de piezas donde no es necesario hacer el biselado dada la profundidad de penetración de la polaridad negativa.

También es particularmente usada en el relleno de revestimientos duros.

Con la polaridad invertida normal se consigue una concentración de calor en el punto de aplicación que produce una buena fusión del metal base y una gran penetración.

Polaridad intermedia (c.a.). En soldadura lo ideal sería obtener una polaridad intermedia que haga cordones medianos en cuanto a penetración y altura y está se

obtiene con la corriente alterna ya que cambia constantemente de polaridad.

### 3.5.2 Clasificación de los aceros.

Especificaciones de los aceros por su uso:

A.S.T.M. Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (American Society for Testing and Materials).

A.P.I. Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute). Especifica los aceros que se usan en tuberías.

A.S.M.E. Sociedad Americana de Ingeniería Mecánica (American Society of Mechanical Engineer). Especifica aceros, pero generalmente utiliza los mismos números que la A.S.T.M.

S.A.E. Sociedad de Ingeniería Automovilística (Society of Automotive Engineer).

A.I.S.I. Instituto Americano del Hierro y el Acero (American Iron and Steel Institute). La S.A.E y el A.I.S.I tienen una lista muy completa de aceros; usan números con 4 dígitos que indican su combinación.

#### **Identificación de los aceros según el sistema de clasificación AISI.**

El primer número indica a cual grupo pertenece el acero, el segundo número expresa el porcentaje de aleación predominante y los dos últimos indican el promedio de carbón contenido en centésimas de 1%.

Aceros al carbón.

Los podemos clasificar de acuerdo a su contenido de carbón como sigue:

- 1.- Bajo carbón (0.05% a 0.30%).
- 2.- Mediano carbón. (0.30% a 0.45%).
- 3.- Alto carbón (0.45% a 0.75%).
- 4.- Muy alto carbón (0.75% a 0.95% o más).

Los aceros de bajo carbono se conocen también como "aceros dulces" porque generalmente son dúctiles tenaces y fáciles de conformar, maquinar y soldar.

Al segundo grupo pertenecen los aceros de mediano carbón. Y se caracterizan por ser aceros mas duros y por esto no es tan fácil soldarlos por tener mucha tendencia a la cristalización de la soldadura. Por este motivo es recomendable usar aceros que estén en un rango de 0.30 a 0.35% de carbón.

En un proceso de soldadura se deben emplear tratamientos especiales y electrodos adecuados para evitar la cristalización del metal aportado y el relativo agrietamiento.

Del tercer grupo forman parte los aceros muy duros y sólidos (alto carbón). Son aceros que responden bien a los tratamientos térmicos y se obtienen casi satisfactoriamente todos los grados de endurecimiento por temple para los casos en los que principalmente interesa tenacidad como los martillos, martillos neumáticos, troqueles etc. En estado de recocido, son maquinables y en estado caliente pueden ser modelados con facilidad. También son soldables.

Los aceros de muy alto carbono, se utilizan cuando se necesita tenacidad y dureza, como en los punzones, cinceles troqueles y cuchillas de cizallas. De 0.95 y más se emplean donde se requiere de mucha resistencia al desgaste como es el caso de las herramientas.

### ➤ **Aceros inoxidables.**

Los aceros inoxidables según las normas de clasificación AISI se dividen en tres grupos:

- 1.- Martensíticos.
- 2.- Austeníticos.
- 3.- Ferríticos.

El primer grupo de los Martensíticos, son aceros al Cromo (aceros duros) y suelen contener un porcentaje variable del 12 al 18% de este elemento.

Pertenecen a dicho grupo los siguientes AISI 403, 410, 416, 420, 440, 501, y 502 entre todos los que más se usan son los 410 y 416.



Son magnéticos y pueden trabajarse en frío sin dificultad, sobre todo los de bajo contenido de carbono, resisten bien a la acción corrosiva de los agentes atmosféricos y de algunos químicos son tenaces y se pueden trabajar con facilidad en caliente.

El segundo grupo los Austeníticos andan entre un 14 y 32 % de Cr y del 4 al 36 % de níquel. entre ellos están el AISI 201, 202, 301, 302. El más común es el 18/8 (302), lo que significa que tiene un contenido del 18% de Cr. Y 8% Níquel.

Estos aceros son esencialmente no magnéticos en estado recocido y no se endurecen por tratamiento térmico. Se pueden trabajar en caliente o en frío. Dichos aceros están expuestos a un fenómeno de corrosión intergranular durante el calentamiento a temperaturas comprendidas entre 420°C. Y 815°C ocasionado por precipitación de los carburos.

El tercer grupo corresponde a los Ferríticos, 405, 430, 446. Son aceros al cromo con contenidos entre el 11 y 24% y no son endurecibles por el tratamiento de calor, no admiten temple y se pueden trabajar tanto en frío como en caliente, presentado su máxima ductilidad, resistencia a la corrosión y menor dureza en el estado de recocido. Son magnéticos y tienen numerosas aplicaciones en la fabricación de utensilios domésticos y en la industria química. Tienen una resistencia a la oxidación hasta los 800°C por esto se utilizan para la fabricación de hornos que nos están sometidos a grandes esfuerzos.

### **3.5.3 Medidas de seguridad en el proceso de soldadura. Con arco eléctrico.**

Para trabajar con el proceso de arco eléctrico es necesario llevar a cabo las siguientes normas de seguridad.

- 1.- El equipo se debe mantener en perfectas condiciones.
- 2.- Antes de iniciar la operación de soldadura verificar que todas las conexiones eléctricas estén apretadas.
- 3.- Usar cables de soldadura de calibre adecuados.
- 4.- Asegurarse de que los cables portaelectrodos y las conexiones estén debidamente aislados.
- 5.- Desconectar la corriente de red antes de limpiar y hacer ajustes internos

de la máquina de soldar.

- 6.- Nunca cambiar la polaridad mientras la máquina este trabajando.
- 7.- Observar las precauciones de operación normales para evitar riesgos eléctricos.
- 8.- Mantener el área de trabajo limpia y seca.
- 9.- Retirar los materiales inflamables que se encuentren en el área de trabajo antes de iniciar cualquier operación.
- 10.- No soldar cerca de gases o líquidos volátiles e inflamables.
- 11.- No producir arco eléctrico en cilindros de gases comprimidos.
- 12.- Usar lentes apropiados en la careta mientras se esta soldando; así se protegen los ojos de los rayos peligrosos del arco eléctrico.
- 13.- Al picar la escoria alejar la cara y usar gafas protectoras.
- 14.- Usar guantes de cuero y proteger la ropa con delantal, mangas, etc. para evitar los rayos del arco y las chispas. Abotonar el cuello de la camisa.
- 15.- En la zona de trabajo poner una cortina de protección para los rayos del arco a fin de proteger a otras personas ajenas.
- 16.- No soldar recipientes que hayan contenido material inflamable sin haber averiguado que se está exento de fuego o explosión.
- 17.- Antes de iniciar la operación de soldadura asegurarse de que haya ventilación adecuada en la zona donde se trabaja. Tomar las debidas precauciones cuando se suelde con plomo, zinc, cobre o cadmio.

**CAPÍTULO IV**  
**SISTEMA DE CONTROL.**

#### **4.1 Introducción.**

La automatización de procesos, hoy en día, es un factor determinante en el mercado competitivo, donde se ofrecen productos y servicios cada vez con mejor calidad y a un menor costo. Esta situación nos lleva al replanteamiento de procesos para lograr supervivencia y competitividad en el mercado.

Un sistema automatizado manipula de forma continua una operación y ayuda a que un proceso se realice de forma autónoma sin requerir forzosamente la intervención directa del hombre. La ejecución automática de una tarea, realizada por una máquina, es un factor que ayuda a mejorar la precisión, velocidad y calidad del producto.

Todas las máquinas o sistemas automatizados tienen un control, dicho control consiste en el procesamiento de datos que relaciona las magnitudes de entrada con las de salida del sistema. Los controles pueden ser implementados de varios tipos, como son: neumáticos, hidráulicos, electrónicos, eléctricos o la combinación de estos. La elección de este dependerá fundamentalmente de las características del proceso en particular.

Para la construcción de un control electrónico se requiere de una unidad de procesamiento de datos, la cual puede ser un microprocesador o un microcontrolador, la diferencia entre ambos es que un microcontrolador no requiere de memorias externas ni puertos de E/S para poder funcionar.

El funcionamiento de un microcontrolador dependerá del programa grabado en su memoria, este programa es una serie de instrucciones que permitirán leer información en los puertos de entrada, procesarla y enviarla a los puertos de salida, en una secuencia determinada y atendiendo a una lógica formulada por el programador.

Acompañado del microcontrolador, se requiere de una interfaz que permita el flujo y el buen manejo de datos así como la comunicación con diferentes partes del sistema, como son: las señales de entrada y los circuitos de potencia que se van a controlar.

Es importante mencionar también que la elección del microcontrolador necesita de los conocimientos técnicos del sistema, por ejemplo el número de entradas y salidas necesarias para manipular el sistema, voltajes y frecuencias de trabajo.

#### **4.2 Microcontroladores.**

Un microcontrolador es un dispositivo que genera señales de salida como respuesta a las señales de estado que recibe de un sistema, a fin de que el sistema cumpla correctamente su función.

Con la aparición de los microprocesadores se lograron avances muy marcados en el área de la electrónica digital, sin embargo la desventaja que ofrecían al necesitar dispositivos externos para su funcionamiento como son: memorias del tipo RAM, memorias del tipo ROM y puertos de entrada/salida planteó la posibilidad de englobar en un solo circuito las características externas de las que carecía el microprocesador, este hecho aceleró el desarrollo de los microcontroladores, dispositivos que lograron integrar en un solo chip, no sólo, las características de un controlador usual, sino también aplicaciones pensadas para la industria, como son: Temporizadores, contadores, generadores de PWM, entre otros. Estas características y otras, como su relativa facilidad de programación, los convierten en una herramienta muy atractiva para el control de sistemas. Sin embargo poseen limitaciones, como la capacidad de memoria y la velocidad de trabajo.

Por la forma en que se encuentran diseñados los buses para el traslado de instrucciones y datos podemos dividir a los microcontroladores en las siguientes arquitecturas: Von-Neuman y Harvard, siendo esta última, la arquitectura que permite ejecutar un número mayor de instrucciones, debido a que utiliza buses separados para datos e instrucciones.

Por la cantidad y el tipo de instrucciones los microcontroladores se pueden clasificar en las siguientes arquitecturas: CISC, RISK y SISC. La arquitectura CISC se usa en la gran mayoría de los microcontroladores, aunque la tendencia del mercado es hacia la producción de microcontroladores con arquitectura RISK, debido a su reducido número de instrucciones que realizan tareas más sencillas. Por otro lado existe un sector muy amplio en el mercado que trabaja con la arquitectura SISC,

la cual ofrece un limitado número de instrucciones específicas para el área de control.

Otra forma de clasificar a los microcontroladores es por el tipo de memoria que utilizan para las instrucciones que se desean ejecutar (memoria de programa), esta memoria debe de ser no-volátil, de otra forma se perdería la información con cualquier corte de energía eléctrica. Los diferentes tipos de memoria se distinguen por la forma de escritura y borrado de datos, por las tensiones que se requieren para tal efecto y por el número de veces que pueden ser grabadas, por ejemplo:

EPROM, EEPROM, OTP, FLASH ó NVRAM.

### ➤ **El microcontrolador AT90S8515 de ATMEL**

Posee las siguientes características:

- Arquitectura Harvard .
- 8K bytes en memoria flash programable.
- 512 bytes en memoria EEPROM.
- 512 bytes en memoria SRAM.
- 32 líneas de I/O de propósito general.
- 32 registros de trabajo de propósito general .
- Interrupciones internas y externas
- Una UART serial programable
- Perro guardián con oscilador interno.
- Un puerto serial SPI.
- Dos modos de bajo consumo de energía.
- Comparador analógico.

El dispositivo es fabricado usando la tecnología de memoria no volátil de alta densidad de Atmel. El sistema de memoria programable FLASH permite que la memoria de programa sea reprogramada a través de una interface SPI o por una programación convencional de memorias no-volátiles. La combinación de la arquitectura RISK de 8 bits y un CPU con sistema de memoria flash programable. hacen de este microcontrolador una herramienta flexible y de bajo costo que provee soluciones adecuadas para aplicaciones en sistemas de control.

El microcontrolador AT90S8515 es un dispositivo que trabaja basado en la arquitectura RISC, este microcontrolador es de bajo consumo de energía ya que está diseñado bajo la tecnología CMOS, y tiene la característica de poder efectuar poderosas instrucciones con uno o dos ciclos de reloj contra cinco o hasta diez ciclos para controladores como son el 8051 de intel, el 68HC11 de Motorola o los PICS de Microchip.

#### ➤ Estructura general.

En la figura 4.1 podemos observar la estructura general del microcontrolador AT90S8515, el cual, combina un conjunto de poderosas instrucciones con 32 registros de propósito general de 8 bits(32x8), con un tiempo de acceso equivalente a un ciclo de reloj, son conectados directamente a la Unidad de Aritmética Lógica 6 de los 32 registro de propósito general pueden ser usados como 3 registros de 16 bits para direccionamiento indirecto a memoria, llamados punteros X, Y y Z.

En la memoria de datos existen 64 direcciones para funciones de I/O como son: registros de control, timer/contador, convertidores A/D y otras funciones de I/O, como el Perro Guardián(Watchdog Timer), que vigila el tiempo máximo que tarda el microprocesador en completar su programa, si este tiempo se excede provoca un reset, ya que el microprocesador se quedó bloqueado en alguna parte de su programa. También posee 32 puertos que pueden ser configurados como entradas o salidas.

El AVR trabaja bajo el concepto de arquitectura Harvard con memorias y buses separados para programas y datos, la memoria de programa es una memoria de tipo flash programable.

El contador del programa es el responsable de que el microcontrolador realice las instrucciones en orden ascendente guardando el número de instrucción en la Pila (Stack), la cual se encuentra alojada en la memoria general de datos de la SRAM. y enviándola al registro de instrucciones pasa al resto del microprocesador. Durante las interrupciones y llamadas de subrutina el contador del programa es congelado en la pila (Stack), como consecuencia de esto, el tamaño de la pila se encuentra limitada al tamaño y al uso de la SRAM. Todos los

programas en uso deben iniciar el puntero de pila (Stack Pointer) en la rutina de reset, antes de que las subrutinas o interrupciones sean ejecutadas.

Los 512 bytes de la memoria de datos puede ser fácilmente accesada a través de 5 diferentes modos de direccionamiento en la arquitectura del AVR.

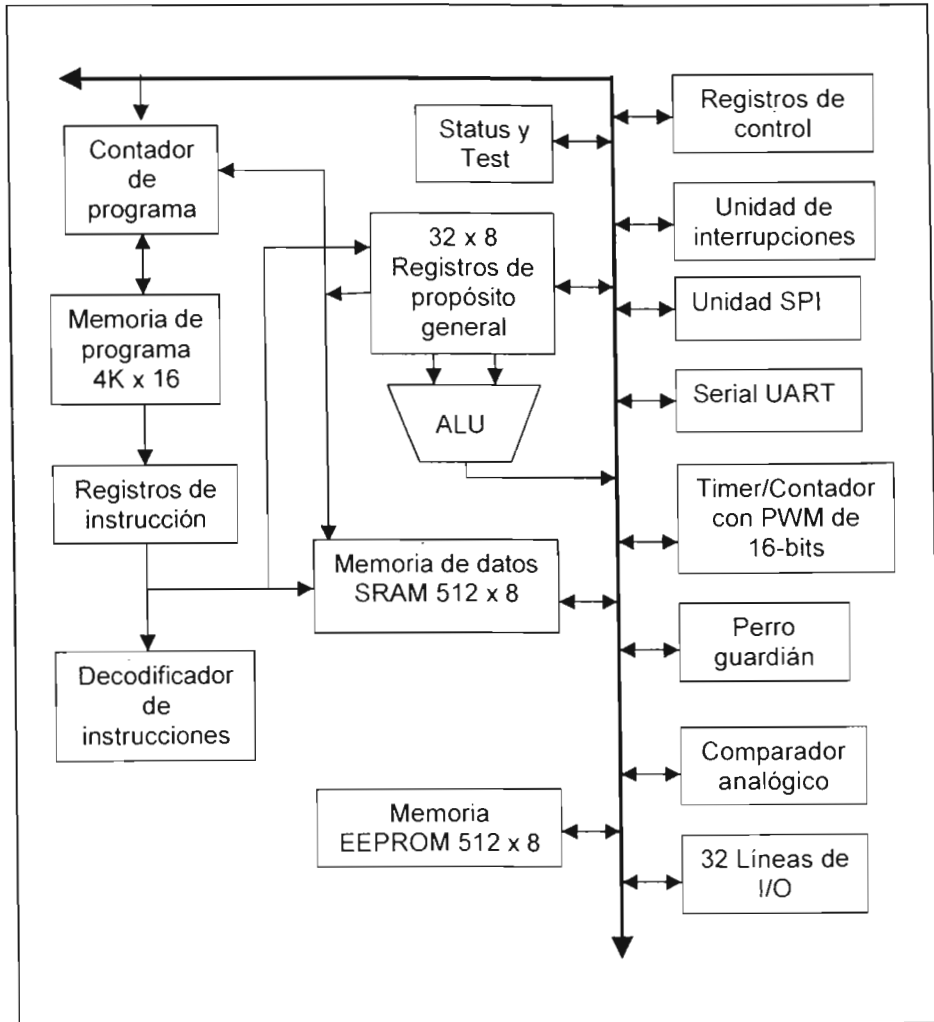


Figura 4.1 Estructura general del microcontrolador AT90S8515.



## ➤ Instrucciones.

A continuación describiremos algunas de las instrucciones que se utilizan en la programación del microcontrolador AT90S8515.

- **BREQ:** verifica el valor de la bandera (Z) del registro de estados y realiza un salto a la dirección indicada si  $Z=1$ .

Sintaxis.	Restricción.	Contador de programa.
BREQ k	$-64 \leq k \leq +63$	$PC \leftarrow PC+k+1$ $PC \leftarrow PC+1$ , si es falsa la condición.

- **CPI:** compara el valor de un registro Rd con el valor de una constante.

Sintaxis.	Restricción.	Contador de programa.
CPI Rd,k	$16 \leq d \leq 31, 0 \leq k \leq 255$	$PC \leftarrow PC+1$

- **IN:** carga un dato de la memoria disponible para I/O(puertos, timers, registros de configuración, interrupciones, etc) a un registro Rd.

Sintaxis.	Restricción.	Contador de programa.
IN Rd,A	$0 \leq d \leq 31, 0 \leq A \leq 63$	$PC \leftarrow PC+1$

- **LDI:** carga un valor constante de 8bits directamente a los registros R16 al R31.

Sintaxis.	Restricción.	Contador de programa.
LDI Rd, k	$16 \leq d \leq 31, 0 \leq k \leq 255$	$PC \leftarrow PC+1$

- **OUT:** almacena datos de un registro Rr al espacio de I/O(puertos, timers, registros de configuración, etc.)

Sintaxis.	Restricción.	Contador de programa.
OUT A,Rr	$0 \leq r \leq 31, 0 \leq A \leq 63$	$PC \leftarrow PC+1$

- **RJMP:** Salta a una dirección comprendida entre  $PC-2K+1$  y  $PC+2k$

Sintaxis.	Restricción.	Contador de programa.
RJMP k	$-2K \leq k \leq 2K$	$PC \leftarrow PC+k+1$

- **SBI**: Asigne el valor de 1 a un registro de I/O. Esta instrucción opera únicamente con los de registros de I/O .

Sintaxis.      Restricción.      Contador de programa.

SBI A,b       $0 \leq A \leq 31, 0 \leq b \leq 7$        $PC \leftarrow PC+1$

- **SBIC**: verifica el valor de un bit en los registros de I/O y salta a la siguiente instrucción si el valor del bit es cero, esta instrucción opera solamente para los 32 registros de I/O

Sintaxis.      Restricción.      Contador de programa.

SBIC A,b       $0 \leq A \leq 31, 0 \leq b \leq 7$        $PC \leftarrow PC+1$ ;condición falsa  
 $PC \leftarrow PC+2$ ;condición verdadera.

### 4.3. Multiplexores y demultiplexores.

#### ➤ Multiplexores

Un multiplexor (selector de datos) es un circuito lógico que elige una señal entre varias señales de entrada y la envía a la salida del circuito. El comportamiento de un MUX (Multiplexor) es parecido al de un interruptor de entradas multiples y una sola salida, donde el código de selección permite elegir una sola entrada que será enviada a la salida del circuito, como se muestra en la figura 4.2.

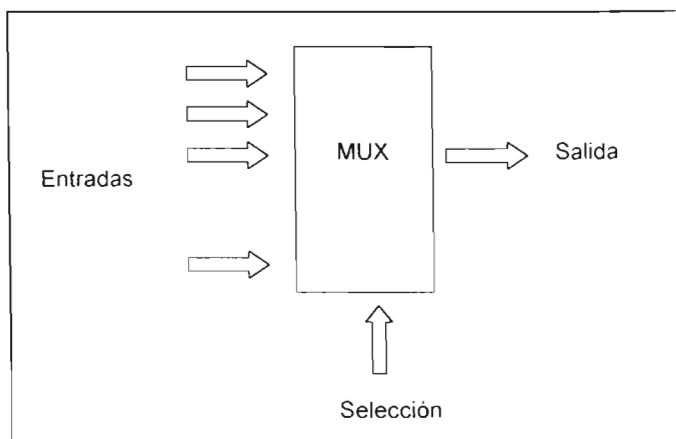


Figura 4.2. Diagrama general de un multiplexor.

Supongamos un multiplexor de 4 entradas y una salida con elementos lógicos como los que se muestran en la figura 4.3. La combinación de niveles lógicos 1 o 0 en las terminales de selección  $S_1$  y  $S_0$  determinará la elección de las entradas  $I_0$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  ó  $I_3$  que será mostrada en la salida  $Z$  del circuito.

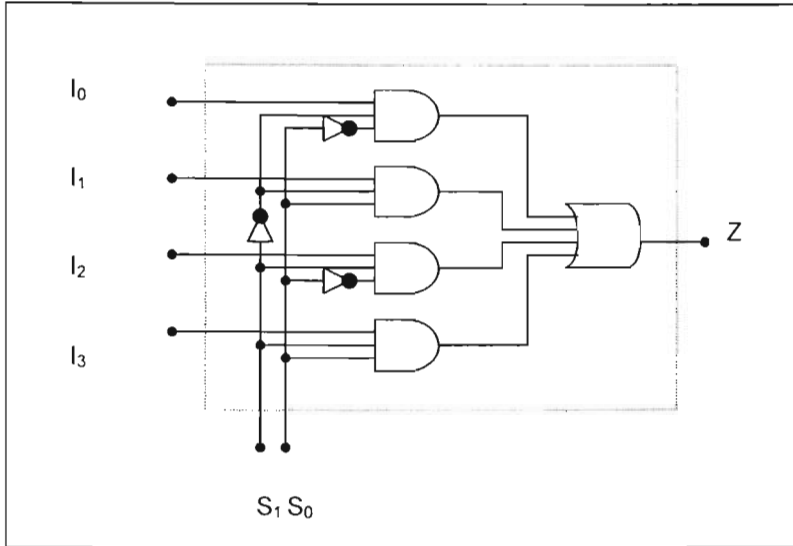


Figura 4.3. Elementos lógicos de un MUX

En la siguiente tabla 4.1 aparecen las diferentes combinaciones de los selectores para poder mostrar a la salida el valor de la entrada elegida.

Tabla 4.1. Tabla de estados.

$S_1$	$S_0$	Salida
0	0	$Z = I_0$
0	1	$Z = I_1$
1	0	$Z = I_2$
1	1	$Z = I_3$

Estos bloques vienen encapsulados en un circuito integrado que puede ser de la familia TTL o CMOS y sus aplicaciones varían desde selección y direccionamiento de datos, secuencia de operaciones hasta conversión de paralelo a serial entre otras aplicaciones.

### ➤ Demultiplexores

Un demultiplexor (DEMUX) es un circuito lógico que toma una señal presente en la entrada y la envía a una de las diferentes salidas, este se muestra en la figura 4.4.

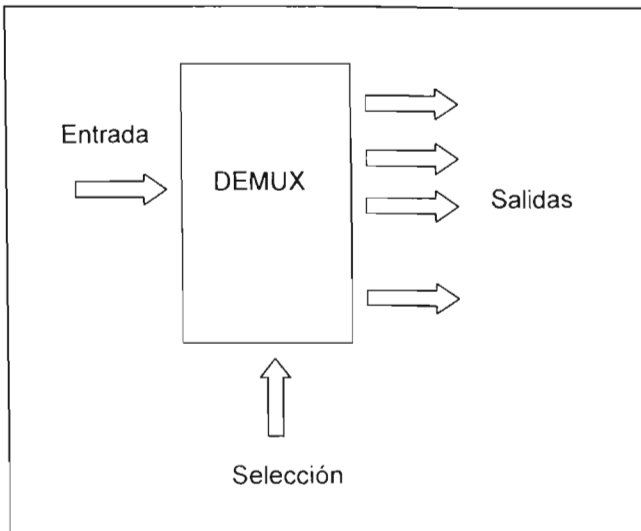


Figura 4.4 Diagrama general de un demultiplexor

Similar a un multiplexor, un demultiplexor se comporta como un interruptor de una entrada y múltiples salidas, donde el código de selección permite elegir una sola salida a donde será enviada la señal a la entrada del circuito.

Ahora supongamos un demultiplexor de una entrada y 4 salidas con elementos lógicos como los que se muestran en la figura 4.5. La combinación de niveles lógicos 1 o 0 en las terminales de selección  $S_1$  y  $S_0$  determinará la elección de las entradas  $I_0, I_1, I_2$  ó  $I_3$  que será mostrada en la salida Z del circuito .

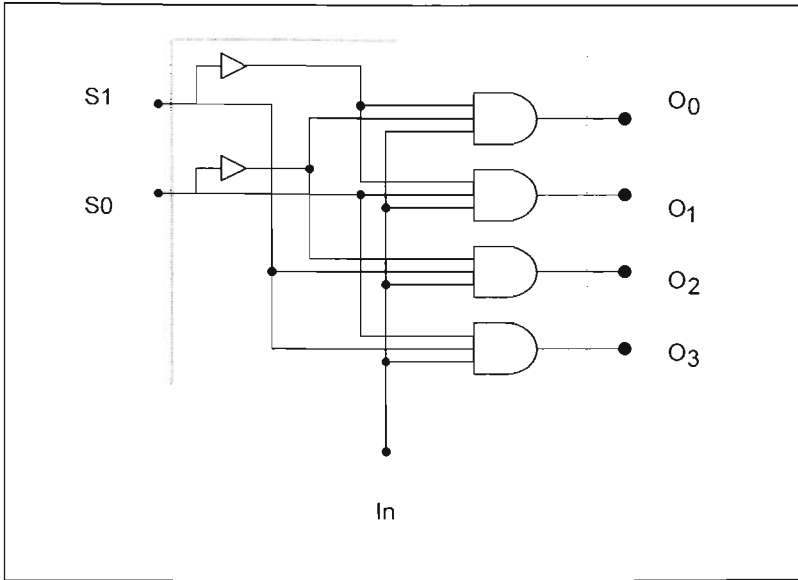


Figura 4.5.Elementos lógicos de un DEMUX.

En la tabla 4.2 aparecen las diferentes combinaciones de los selectores para poder mostrar a la salida el valor de la entrada elegida.

Tabla 4.2 Tabla de estados.

S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	Salida
0	0	O <sub>0</sub> = In
0	1	O <sub>1</sub> = In
1	0	O <sub>2</sub> = In
1	1	O <sub>3</sub> = In

#### 4.4 El transistor como conmutador.

Un transistor es un dispositivo semiconductor que permite el control de señales electrónicas atendiendo a su configuración(NPN ó PNP) y a los valores de los componentes que forman el circuito. Un transistor puede funcionar como un

"interruptor electrónico", para ello se requiere entender el momento en el que el transistor alcanza su punto de corte y su punto de saturación.

En la figura 4.6 se muestran las tres zonas de operación de un transistor: amplificación o activa, corte y saturación.

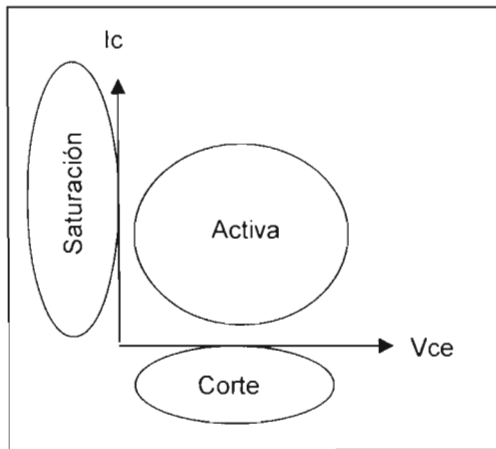


Figura 4.6. Zonas de operación de un transistor

Como podemos observar la gráfica está en función de la corriente que circula por el colector del transistor y el voltaje de polarización entre el colector y el emisor.

Bajo estas características podemos observar en primera instancia, la zona activa en la cual la señales de tipo analógicas son amplificadas, señales tales como las de radio o televisión. La amplificación de una señal se muestra de forma general en la figura 4.7.

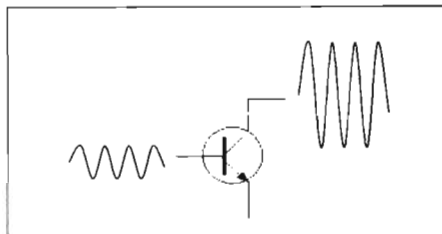


Figura 4.7 Amplificación.

Para que esta condición se cumpla, es necesario que la unión base emisor esté polarizada directamente, (aplicando a la base un voltaje de polaridad adecuada para garantizar que la base P sea más positiva que el emisor N) y que la unión base colector esté polarizada inversamente.

Para mostrar el funcionamiento de un transistor en la zona de corte y saturación vamos a considerara la figura 4.9 en la que se muestra el comportamiento general de un circuito como el de la figura 4.8.

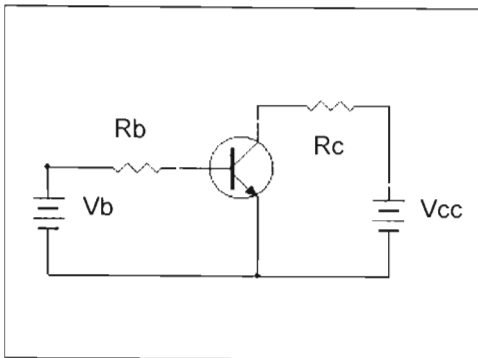


Figura 4.8. Transistor emisor común.

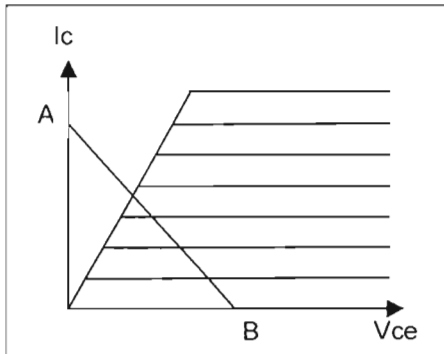


Figura 4.9 . Comportamiento general.

Al segmento AB se le conoce como recta de carga y se define como el resumen visual de todos los puntos de trabajo del transistor cuando el valor de  $R_b$  permanece constante y los valores de  $I_c$  o  $V_{ce}$  cambian. Cada Línea horizontal es el comportamiento del transistor cuando se varían las fuentes  $V_b$  y  $V_{cc}$  para un valor de  $R_b$  específico. Para que un transistor se desplace sobre su línea de carga de corte a saturación, o de saturación a corte, se deben cumplir ciertas condiciones que se deducen a continuación.

En la zona de corte (el punto B de la recta de carga) se requiere que  $I_b = 0$ , esto es que se aplique voltaje menor o igual a cero entre la base y el emisor del transistor, es decir, que la unión tanto de base-emisor, como la unión base-colector estén polarizadas inversamente, entonces  $I_c = 0$ . Ahora resolviendo para la malla del colector tenemos:

$$V_{cc} = I_c R_c + V_{ce}, \text{ pero } I_c = 0$$

$$\text{Por lo tanto: } V_{cc} = V_{ce}$$

Entonces para que el transistor opere en la zona de corte, se requiere que  $I_b \leq 0$ , esto se logra aplicando un voltaje entre base y emisor sea igual o menor a cero, esto lleva a que  $I_c=0$  y que  $V_{ce} = V_{cc}$ . Por otra parte, si se requiere que el transistor opere en la zona de saturación, es necesario que la unión base-emisor estén polarizadas directamente logrando un incremento en el valor de la  $I_b$ . Para encontrar el valor de este voltaje, primero recordaremos que para calcular la ganancia de corriente de C.D de un transistor en su configuración de emisor común se usa la siguiente expresión:

$$h_{FE} = \frac{I_c}{I_b} \quad (4.1)$$

En donde:  $I_c$  = Valor especificado de la corriente del colector (Amp).

$I_b$  = Valor de la corriente de base para la  $I_c$  especificada (Amp).

Ahora la corriente de base en el punto A de la recta de carga en la figura 4.9 es el valor mínimo que garantiza que el transistor se encuentra en la zona de saturación ( $I_{sat}$ ). Ahora de la ecuación (4.1) tenemos:

$$h_{FEmin} = \frac{I_{csat}}{I_{bmin}}$$
$$\Rightarrow I_{bmin} = \frac{I_{csat}}{h_{FEmin}} \quad (4.2)$$

En donde  $h_{FEmin}$  es la mínima reportada por el fabricante.

Ahora, para garantizar que el transistor trabaje en la zona de saturación, se debe de cumplir la siguiente condición:

$$I_{bmin} > \frac{I_{csat}}{h_{FEmin}} \quad (4.3)$$



Por otro lado, resolviendo la malla del colector en la figura 4.8 para una condición de saturación tenemos:

$$V_{CC} - I_{Csat}R_C - V_{CEsat} = 0 \quad (4.4)$$

Ahora podemos observar en la figura 4.9 que la proyección del punto A de trabajo muestra un pequeño voltaje ( $V_{CEsat}$ ) cuyo valor varía entre 0.1V y 0.5, aunque lo ideal es 0.0V, y partiendo del hecho de que  $V_{CC} \gg V$  entonces la ecuación 4.4 nos queda:

$$V_{CC} = I_{Csat}R_C$$

Entonces el valor de  $I_{Csat}$  es:

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C} \quad (4.5)$$

Recordemos que lo que queremos encontrar es el valor de  $V_b$ , para este propósito resolvemos la malla de la base del circuito en la figura 4.8, entonces tenemos:

$$V_b = R_b I_b + V_{be} \quad (4.6)$$

Ahora, sustituyendo las ecuaciones 4.2 y 4.4 en la ecuación 4.5 tenemos:

$$V_b = R_b \frac{I_{Csat}}{h_{femin}} + V_{be} \quad (4.7)$$

Sustituyendo la ecuación 4.5 en 4.7 tenemos:

$$V_B = \frac{R_B}{R_C} \frac{V_{CC}}{h_{FEmin}} + V_{BE}$$

Con el valor que resulte de  $V_b$  se logra poner al transistor en saturación, pero para que para que se pueda garantizar una buena saturación, se recomienda que:

$$V_B > \frac{R_B}{R_C} \frac{V_{CC}}{h_{FEmin}} + V_{BE} \quad (4.37)$$

#### 4.5 Optoacopladores.

Un optoacoplador (también optoaislador) es un dispositivo electrónico que contiene un emisor y un detector óptico que están acoplados a través de un medio aislante.

Cuando los márgenes de voltaje y de corriente en la parte de potencia de un sistema, superan los niveles lógicos del control digital, se corre el riesgo de que con cualquier mal funcionamiento se dañe la parte de control, esto hace necesario aislar la parte de control de la parte de potencia. Los optoacopladores poseen un grado de aislamiento que depende del material aislante que se deposita entre el emisor y el colector (ver figura 4.10), el funcionamiento de este circuito dependerá de la intensidad del haz de luz que envíe el emisor (diodo de luz) al detector (base del transistor). Estos dispositivos son diseñados con tiempos de respuesta muy pequeños capaces de transmitir datos en el orden de los megahertz, otra característica sobresalientes de los optoacopladores es la buena estabilidad en la corriente de salida cuando existen variaciones de temperatura.

La ventaja principal en el uso de los optoacopladores para aislamiento de circuitos, es la comunicación que existe entre el emisor y el detector mediante un haz de luz, circunstancia que favorece al circuito, ya que este método nos permite obtener un aislamiento del orden de los miles de Megaohms.

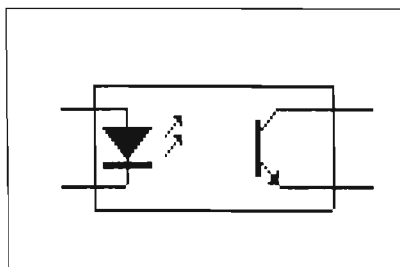


Figura 4.10 Optoacoplador.

**CAPÍTULO V**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.**

## 5.1.Introducción.

En este capítulo describiremos el proceso de diseño y construcción del pulpo automatizado, para ello partiremos del diagrama de flujo de la figura 5.1 en la que podemos observar cada uno de los pasos que se efectuaron para el diseño y construcción. Al inicio observamos que fue necesaria la recopilación de información referente al proceso de impresión, misma que ayudó a profundizar el conocimiento técnico que combinado con la pruebas del proceso manual proporcionaron la información necesaria para el desarrollo del proyecto. Posteriormente elaboramos diferentes propuestas para la construcción del prototipo que consistió en un brazo con los elementos necesarios para realizar una impresión de forma automática, y que posteriormente sirviera de base para el diseño de toda la estructura. En el diagrama antes mencionado también se aprecia a detalle la separación de las tres áreas de diseño: estructural, neumático y de control. Es importante mencionar que fue necesario pasar por uno o varios procesos en repetidas ocasiones, debido a que los resultados obtenidos no cumplían con nuestros requerimientos y en ocasiones fue necesario hacer a un lado un prototipo terminado que no cumplió con nuestras expectativas.

Por otra parte también mostraremos los cálculos y procedimientos que se efectuaron para la elección de elementos que garantizaran un buen desempeño del equipo, estos, se muestran de forma separada en las tres áreas de estudio en las que se dividió el diseño. Es importante mencionar que este estudio fue la base para las mejoras que se siguen dando en el equipo y que en algunos casos los materiales utilizados fueron seleccionados cuidando la reducción de costos, es por ello que en algunas ocasiones al encontrar que los elementos calculados no eran comerciales y se requería de una fabricación especial, lo cual elevaba el costo de fabricación, fue necesaria la elección de elementos con características técnicas superiores a lo que se necesitaba.

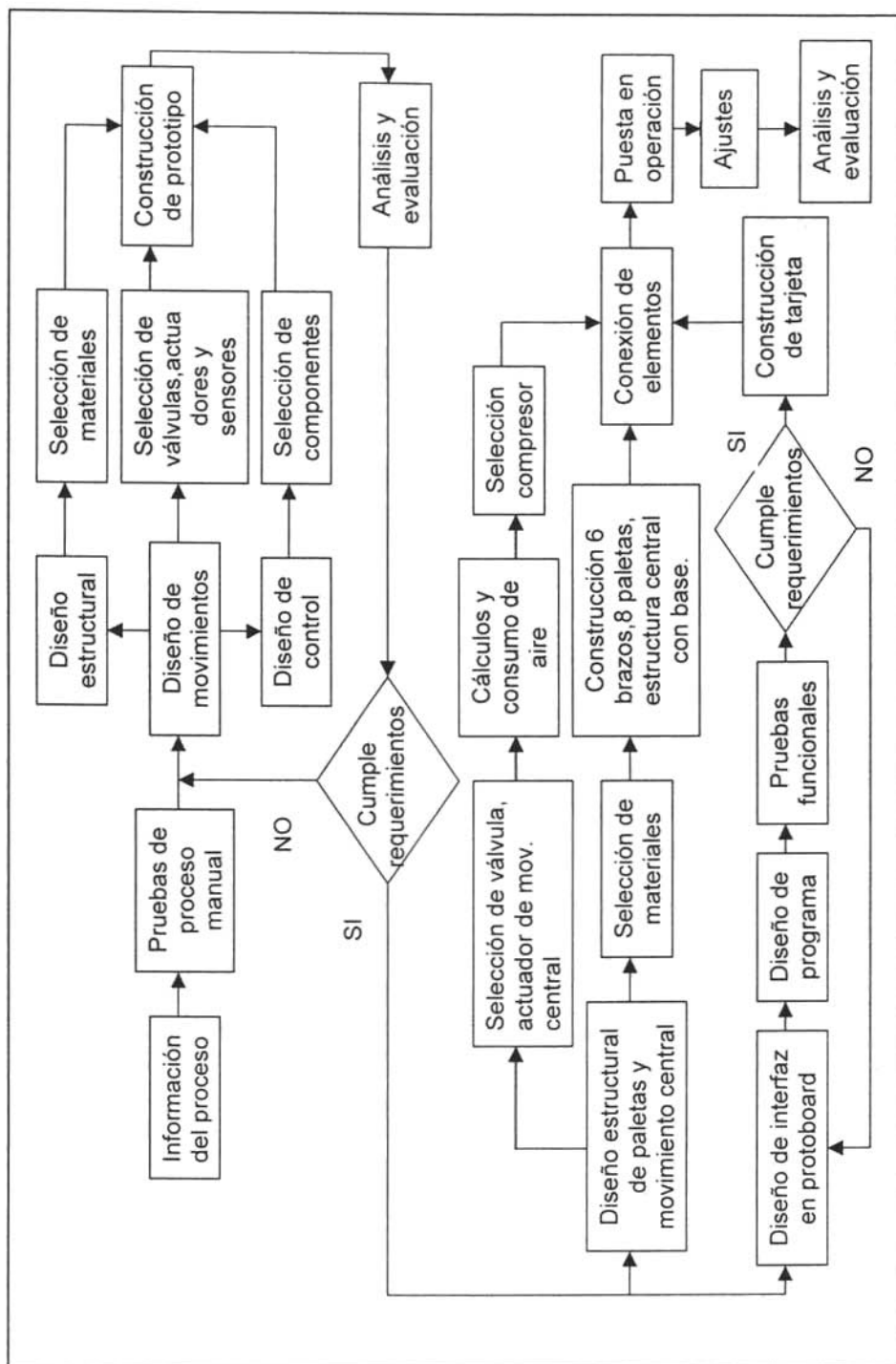


Figura 5.1 Diagrama de flujo.

## 5.2. Diseño del Sistema Neumático.

En el diseño de un sistema automatizado, es importante conocer, el proceso que se va a automatizar. Esto significa conocer los elementos así como el desarrollo del proceso paso a paso para un adecuado diseño de sistema. En el proceso de impresión serigráfica, es necesario conocer los elementos de trabajo, movimientos y variables físicas que intervienen.

Algunos de los principales elementos para un trabajo de serigrafía, son los mostrados en la figura 5.1. La paleta es una superficie plana elaborada de madera, y es utilizada para colocar el material (papel, tela, acrílico entre otras) donde se desea realizar la impresión; el rasero, se utiliza para aplicar la tinta realizando un recorrido con presión sobre la malla del marco; el marco, es un cuadro de madera o aluminio que tiene una malla montada, la cual, tiene el dibujo que se desea imprimir.

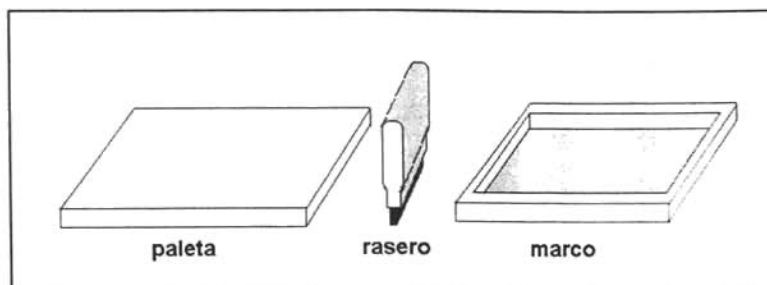


Figura 5.1 Elementos para serigrafía.

El proceso de estampado en serigrafía de manera manual, se muestra en la figura 5.2, que visualiza los siguientes pasos:

- Se pone la prenda sobre la paleta de manera que no quede arrugada porque de ser así la impresión saldría defectuosa.
- Se coloca el marco por encima de la tela que se encuentra en la paleta.
- Se coloca la tinta sobre el marco como se muestra.
- El rasero realiza el recorrido sobre la malla del marco aplicando tinta hasta encontrarse al final de la impresión.
- Se retira el rasero.
- Se retira el marco y la impresión está terminada.

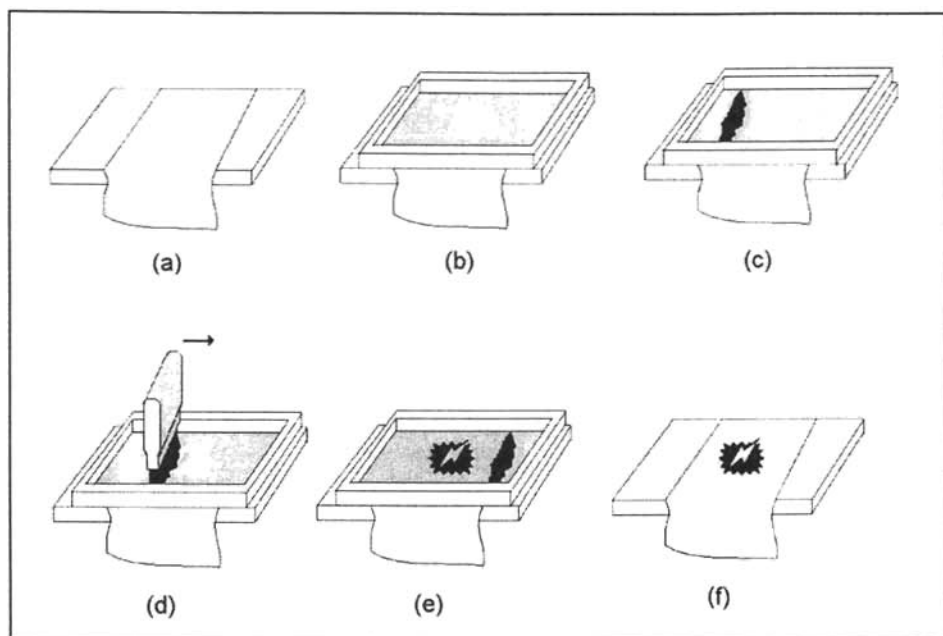


Figura 5.2 Proceso manual de serigrafía.

Al observar y estudiar el proceso, tenemos tres movimientos importantes que

consideramos en el diseño, dos de los cuales como se muestran en la figura 5.3 se ejercerán sobre el rasero: un movimiento rectilíneo vertical, que será el encargado de colocar el rasero sobre la superficie de la malla aplicando presión y cuando se termine la impresión retirar el rasero; un movimiento rectilíneo horizontal, con el cual coloca al rasero al inicio de la impresión y realizará el recorrido sobre la malla al momento de imprimir.

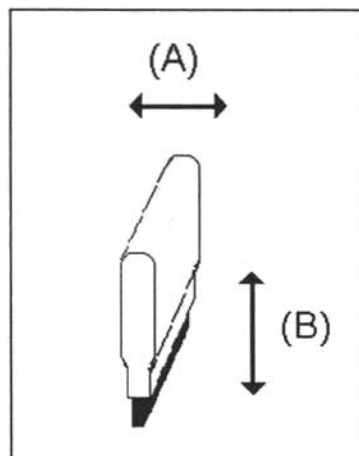


Figura 5.3 Movimientos del rasero.

Otro movimiento necesario en el sistema lo realizará la paleta y este servirá para juntarla y separarla del marco y así poder preparar otras prendas.

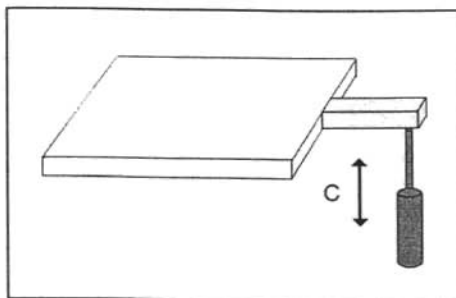


Figura 5.4 movimiento de la paleta.

Se diseñan los movimientos de la aplicación usando un diagrama de movimientos, donde se proponga la secuencia a seguir, así como los cálculos de las variables físicas que intervienen en los movimientos. En la figura 5.5 se muestra el diagrama de movimientos del pulpo después de modificarse el proceso por aspectos de eficiencia en el diseño. En el diseño final se consideraron dos raseros, uno para la aplicación de la tinta y otro que es el encargado de regresar la tinta a su estado inicial.

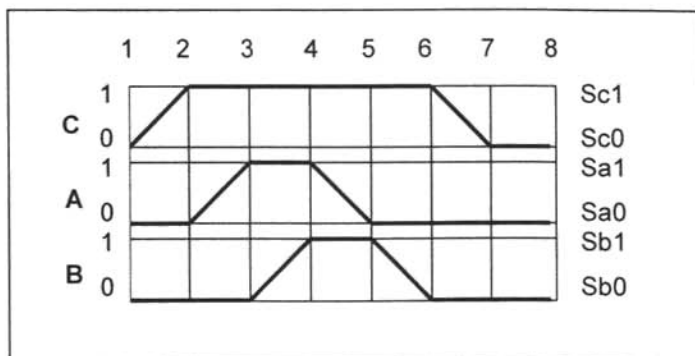


Figura 5.5 diagrama de movimientos.

Los actuadores que van a intervenir en el sistema se seleccionan de acuerdo a las necesidades del proceso, en este caso que hay que considerar, que para realizar la impresión en serigrafía se requiere de un constante manejo de solventes como



flamables, además que los movimientos que se requieren en el sistema para realizar la impresión son lineales. Por lo mismo no se han considerado los sistemas eléctricos, para la parte de actuación, por la probabilidad de generación de chispas así como complicados y caros para la producción de movimientos lineales. Por otra parte, un sistema mecánico debería utilizar un sistema basado en levas o engranes que ocasionarían que la máquina incrementara su tamaño y peso considerablemente.

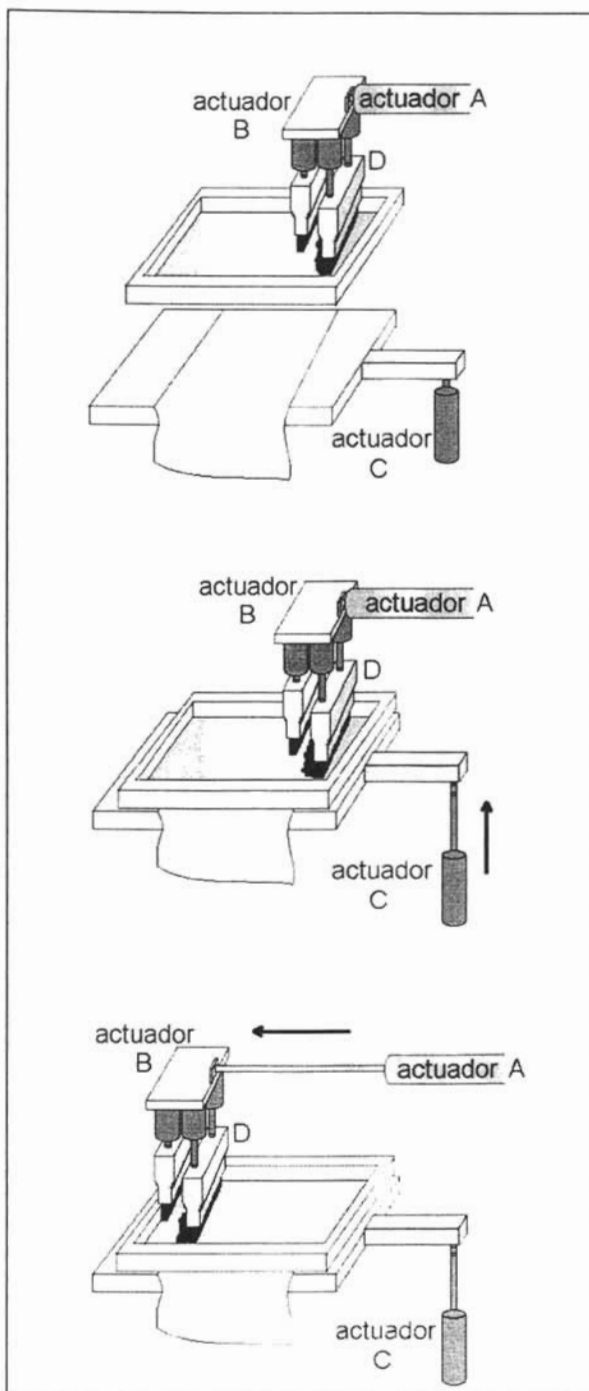
Para realizar el trabajo mecánico, se eligió un sistema neumático por la facilidad de generación de movimientos lineales con potencia y seguridad que brinda el aire comprimido para el manejo de solventes, sin embargo, el elevado costo de los elementos neumáticos son motivo para seleccionar un dispositivo diferente para la etapa de control, de esta forma las válvulas elegidas son de accionamiento eléctrico, referente a las ventajas que proporcionan los elementos electrónicos para el control.

De tal forma que los actuadores funcionarían con la secuencia que se observa en la figura 5.6 donde se aprecia gráficamente todo el proceso hecho por el pulpo para la impresión en serigrafía, en el cual se utilizan dos raseros uno de los cuales es controlado para que efectúe la impresión y el otro es el encargado de llevar la tinta al inicio de la impresión.

Aquí se muestra el estado inicial del proceso de serigrafía donde todos los actuadores están con los vástagos adentro, el rasero rotulado con la letra D siempre ejerce presión sobre la malla ya que es el encargado de llevar la tinta al extremo donde se inicia la impresión

El vástago actuador C sale con lo cual la paleta sube y se acopla con el marco, la prenda ya está lista para recibir la impresión.

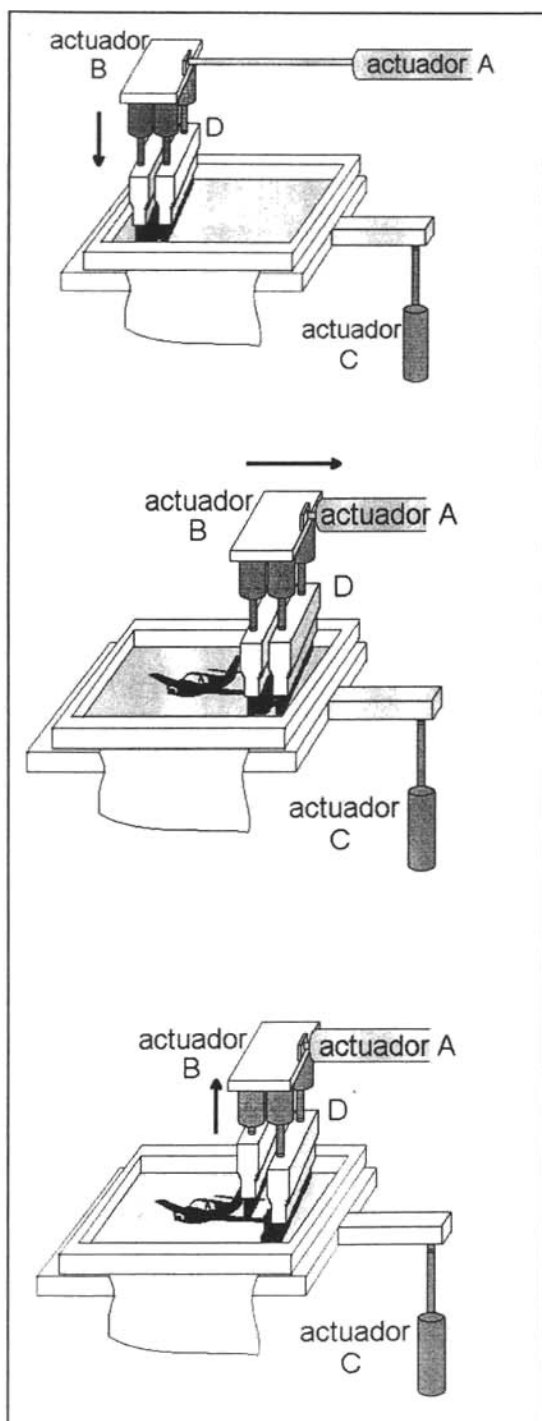
El vástago del actuador A sale llevando los raseros a la zona donde comenzará la impresión, durante el recorrido el rasero D lleva la tinta para que pueda aplicarse.



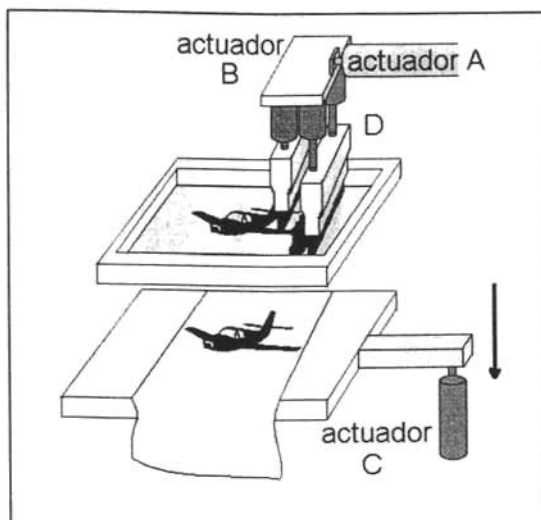
El vástago del actuador B sale llevando al rasero hasta la superficie de la malla del marco ejerciendo presión sobre esta.

El vástago del actuador A regresa y durante el recorrido el rasero montado en el actuador B realiza la impresión.

El vástago del actuador B regresa a su estado inicial.



El actuador C retrae su vástago, con lo cual la paleta baja y se retira la prenda terminada.



El actuador "A" de cada brazo será el encomendado de mover el rasero para realizar el recorrido sobre la malla y así distribuir la tinta, requiere doble efecto por el trabajo que realizará en ambas direcciones. Se elige el diámetro del émbolo de 32mm considerando que un diámetro menor puede provocar pando en el vástago del actuador

Considerando un tamaño máximo de impresión de 40 cm, la longitud del vástago se eligió de 50 cm, la diferencia de 10 cm se pierde en el espacio que existe entre los dos raceros, donde es depositada la tinta. Los sensores de final de carrera de los actuadores "A" de cada brazo, tendrán la característica de variar su carrera al considerar que se utilizará marcos de diferentes tamaños.

Para el caso del actuador "B" se ubican dos en cada brazo, en el apéndice 3 se muestra uno para solo indicar el movimiento, realizan trabajo en ambos sentidos, ya que son los encargados de retirar el rasero de la malla cuando los vástagos entran y ejercen presión para una adecuada impresión de 12Kg, sobre la malla cuando los vástagos salen, por esa razón, también son de doble efecto y para calcular el diámetro del embolo utilizamos la tabla 2.1 que da como resultado  $D = 16\text{mm}$  considerando los  $6\text{kg/cm}^2$  de presión de trabajo. La longitud del vástago se determinó de acuerdo al diseño de estructura del brazo, obteniendo como resultado una longitud de 25 mm.

El actuador "C" es el encargado de subir y bajar las paletas que están fijas al buje central dinámico, con un peso aproximado de 200kg. Si la presión de trabajo es de  $6\text{kg/cm}^2$ , tenemos que el diámetro del émbolo es:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \times P$$

$$\text{Diámetro del émbolo} = 65\text{mm}$$

Se considera un actuador con amortiguamiento en la salida y retorno del vástago para que el bajar y subir de las paletas no sea de manera violenta. La longitud del vástago se determinó de acuerdo al diseño de estructura de 2.5 plg.

Los sensores indican al microcontrolador cuando los vástagos están dentro o fuera. Y considerando el espacio se seleccionaron, para todos los actuadores, sensores magnéticos que son pequeños y se montan sobre el actuador, el cual, debe tener los émbolos magnetizados.

En la figura 5.7 se muestra el circuito electroneumático de uno de los brazos, en este diagrama se observan válvulas 5/2 con accionamiento eléctrico que funcionan como interfase para controlar al actuador (cilindro de doble efecto), entre cada conexión del actuador y salidas de las válvulas se conectan reguladores de caudal para controlar la velocidad del vástago. Se aplica el mismo circuito para todos los brazos que tienen la misma tarea de imprimir.

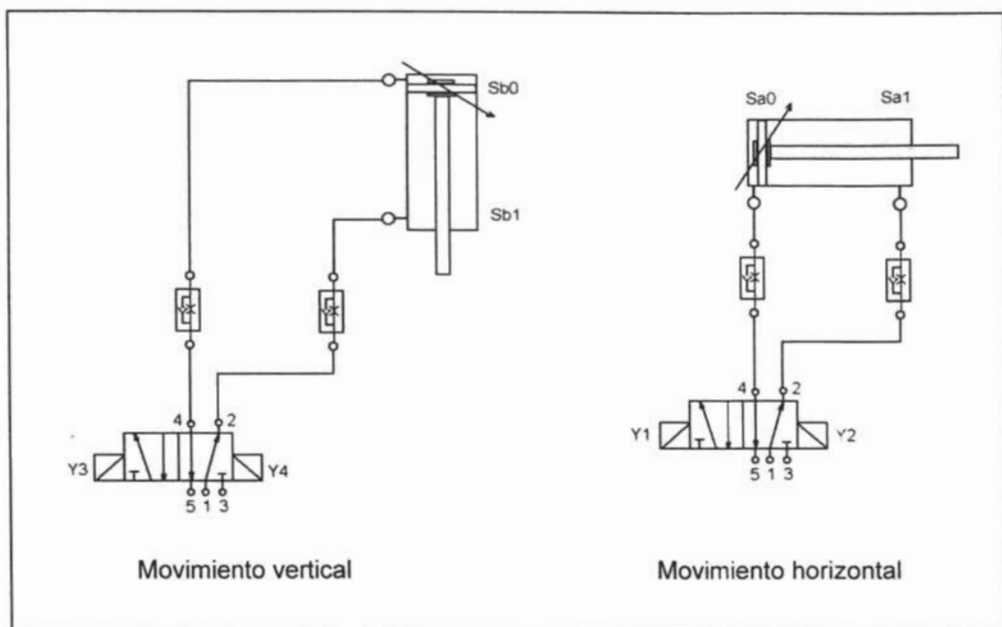


Figura 5.7 Circuito neumático del brazo del pulpo.

El circuito electroneumático que es el encargado de elevar y bajar las paletas se muestra en la figura 5.8, en este circuito es importante controlar la velocidad de entrada y salida del vástago para mayor seguridad del operador.

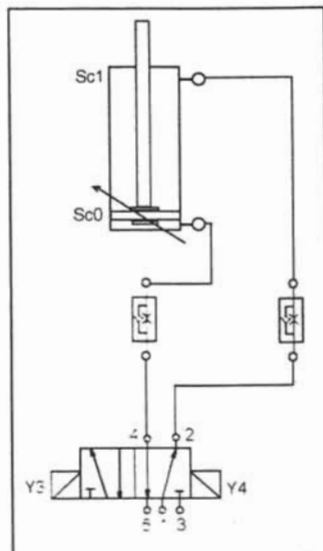


Figura 5.8 Circuito neumático de las paletas.

### 5.3 Diseño estructural.

Un aspecto fundamental en el diseño de una máquina es la selección de materiales ya que el costo juega un papel muy importante, el criterio aplicado se enlista como sigue;

- 1.- Que el material sea capaz de soportar el esfuerzo máximo calculado.
- 2.- Trabajar con materiales existentes o comerciales.
- 3.- Para aplicar la ley de Hooke. Trabajar por debajo del límite de fluencia del material.
- 4.- Maquinar lo menos posible. Es decir trabajar con aceros con bajo contenido de carbono.

Una vez que el primer brazo prototipo cumplió con los requerimientos, fue necesario diseñar una estructura que soportara los seis brazos, así como el mecanismo de alta precisión que permitiera la impresión de una prenda en cada brazo sin que existieran variaciones de impresión entre los seis brazos. Esto nos llevó a trabajar en una estructura circular de seis brazos fijos y 8 paletas con movimiento circular.

Para poder facilitar el estudio y análisis de la máquina se decidió dividir en cuatro partes principales de diseño, Como sigue: diseño de la parte superior, la parte intermedia, la parte central y la base.

#### ➤ La parte superior.

En el diseño de la parte superior comenzaremos con la explicación del carro transversal que será el encargado de contener los raseros (colector y aplicador de tinta).

- **El rasero aplicador de tinta** será el encargado de realizar la impresión; consta de dos cilindros verticales con una carrera de 25 mm. Y un diámetro de émbolo de 16 mm. capaces de generar una fuerza de 12 kg. cada uno. Dichos cilindros estarán soportados por una placa de aluminio de 0.375 plg. de espesor por 2.5 plg. ancho, como se muestra en la figura 5.3.1. la aplicación de la tinta será en la carrera de retroceso del cilindro horizontal, el ángulo de aplicación, dependerá

del tipo de tinta y del material colector, se podrá ajustar en este caso. Aquí es muy importante mencionar del ajuste de la velocidad del rasero que se efectuará mediante reguladores de flujo volumétrico de aire en la entrada y salida de cada cilindro.

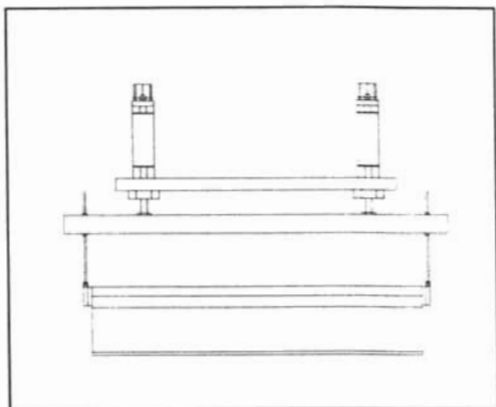
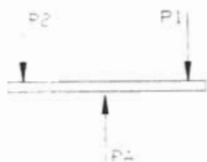


Figura5.3.1. Rasero aplicador.



$$P_1 = P_2 = 12\text{kg.}$$

$$F_y = 0$$

$$P_1 + P_2 - P_A = 0$$

$$P_A = 24\text{Kg.}$$

$$M_{\text{max}} = PL$$

$$M_{\text{max}} = 12\text{Kg.} \times 0.1\text{mts.}$$

$$M_{\text{max}} = 1.2\text{Kg} \times \text{m.}$$



$$I_x = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I_x = \frac{31.75 \times 10^{-3} \times (9.525 \times 10^{-3})^3}{12}$$

$$I_x = 2.2 \times 10^{-9} \text{ m}^4.$$

$$\sigma_{\max} = \frac{Mc}{I_x}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1.2 \text{ Kg} \times \text{m} \times 4.76 \times 10^{-3} \text{ m} \times 9.8 \text{ N}}{2.2 \times 10^{-9} \text{ m}^4} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1 \text{ Kg}}$$

$$\sigma_{\max} = 25 \text{ MPa}.$$

Limite de fluencia Al= 240MPa.

- El **rasero colector** será el encargado de regresar la tinta cuando el cilindro horizontal inicie su carrera, estará soportado por la misma placa de aluminio y su función dependerá de un perno con corredera dotado de un resorte que tirará de la goma contra el estencil.

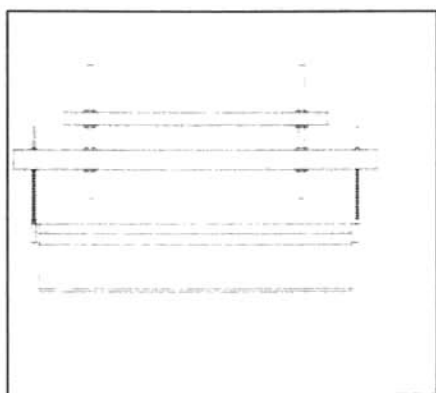


Figura 5.3.2. Rasero colector. de tinta.

$$F_{\text{resorte}} = 4\text{Kg.}$$

$$K_{\text{resorte}} = ?$$

$$X = 20\text{mm.}$$

$$F_{\text{resorte}} = K_{\text{resorte}} \times X \Rightarrow K = \frac{F}{X}$$

$$K = \frac{4\text{Kg.}}{20 \times 10^{-3}\text{m}} = 200 \frac{\text{Kg.}}{\text{m}}$$

- **El carro.** Será el encargado básicamente de realizar el acoplamiento de movimientos horizontal y vertical. Esta hecho de cuadrado sólido de 0.5 plg. (12.7 mm.) con cuatro rodamientos de 2 plg de diámetro con corredera y una separación de 1.0 mm. entre corredera y cara exterior de balero. Con el fin de evitar esfuerzos perjudiciales que provoquen deflexión (pandeo) en el vástago del cilindro horizontal y por consiguiente trabamiento en el proceso de impresión.

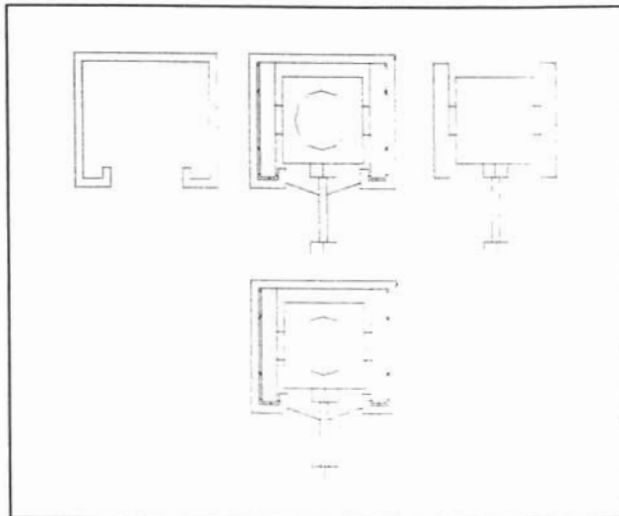


Figura 5.3.3 carro.

- **El porta marco.** Este será el encargado no solamente de contener el marco, con dimensiones máximas de 600mm X 500 mm., también debe tener la capacidad de ajustar el mismo por lo tanto debe tener rango de movimiento

radial, tangencial (con respecto del centro de la máquina), y horizontal con respecto de la paleta.

Este será el encargado de que las impresiones tengan un buen registro. Una vez ajustado no debe tener ningún movimiento.

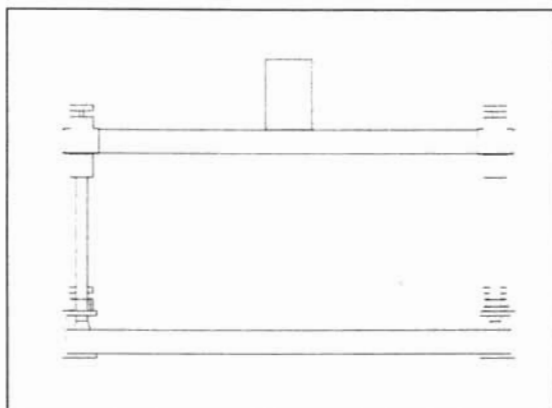


Figura 5.3.4 porta marco Vista frontal.

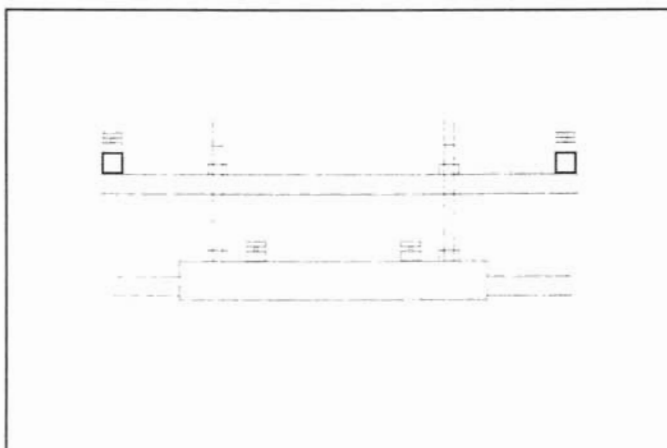


Figura 5.3.5 Porta marco vista lateral.

- El brazo.** El cilindro horizontal tiene una carrera de 500 mm. Y un diámetro del émbolo de 32 mm. El siguiente paso fue seleccionar la sección de la viga en voladizo que soportará una carga máxima de diseño y que cumpliera con las especificaciones geométricas de la máquina y sus componentes. Por dimensiones la mejor opción fue PTR de 3 plg \* 2 plg. (76.2 mm. \*50.8 mm.) Cal 14. (existente en el mercado).

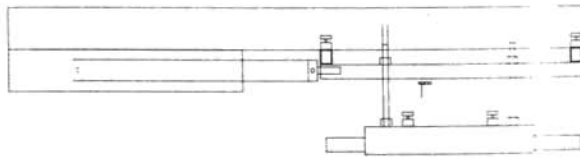


Figura 5.3.6 Brazo vista lateral.



$$\sum F_y = 0 \uparrow \oplus$$

$$FA - 3.66\text{Kg} \cdot \text{m} \times (1.4\text{m}) - (50\text{Kg} \cdot \text{m}) \times (0.6\text{m}) - 100\text{Kg} = 0$$

$$FA = 135\text{Kg}$$

$$M_{\text{max}} = [ 100\text{Kg} \cdot \text{m} \times (1.4\text{m}) ] + [ 3.66\text{Kg} / \text{m} (1.4\text{m})(0.7\text{m}) ] + [ 50\text{Kg} / \text{m} (0.6\text{m})(1.1\text{m}) ]$$

$$M_{\text{max}} = 176.58\text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b \times h^3$$

$$I_x = \frac{1}{12} (50.8 \times 10^{-3}) \times (76.2 \times 10^{-3})^3 - \frac{1}{12} (47.02 \times 10^{-3}) \times (72.42 \times 10^{-3})^3$$

$$I_x = 3.9 \times 10^{-7} \text{m}^4$$

$$\sigma_{\text{max.}} = \frac{M_{\text{max}} C}{I}$$

$$\sigma_{\text{max.}} = \frac{(176.58\text{kg} \cdot \text{m}) \times (38.1 \times 10^{-3}\text{m})}{3.9 \times 10^{-7} \text{m}^4} \times \frac{9.8\text{N}}{1\text{Kg}}$$

$$\sigma_{\text{max.}} = 169\text{MPa}$$

Limite de fluencia acero = 248MPa

Viga inferior que aloja el cilindro horizontal es un refuerzo de la principal y actúa como una sola pieza seleccionada en acero de bajo carbono para facilitar su maquinabilidad y soldabilidad.

Todos los brazos tendrán que ser soportados por un buje central hecho de dos placas de acero bajo carbono de 0.75 plg. (19.05 mm) de espesor, circulares que están unidas a un tubo mecánico, de 6 plg. (152 mm.) de diámetro interior y 0.625 plg. (15.87 mm.) de espesor, por medio de una junta con bisel E6010 alta penetración, E6013 paso caliente, E7018 Vista. Proceso de soldadura: arco eléctrico.

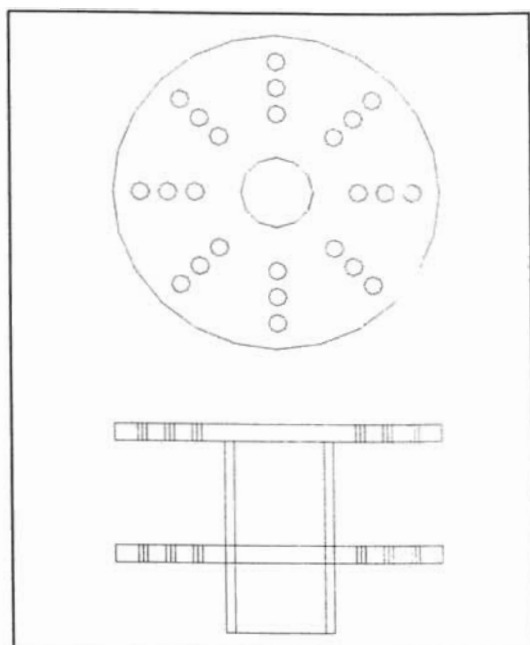


Figura 5.3.7 Buje central estático.

Cada brazo tendrá que estar acoplado con el buje y se sujetará con 4 tornillos de 0.5 plg. (12.7 mm.) baja resistencia cuerda estándar, 3 superiores y 1 inferior.

Las dimensiones del marco junto con el cilindro horizontal y su carrera, por geometría nos determina la distancia mínima permisible para cada brazo.

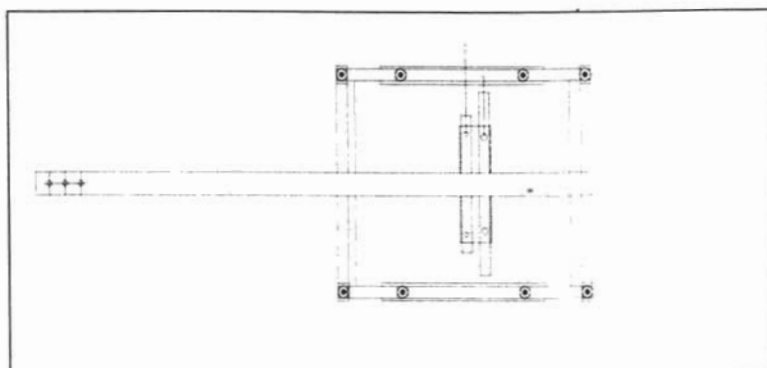


Figura 5.3.8 Vista superior de brazo.

Para ilustrar lo anterior el siguiente esquema determinará las dimensiones de la Máquina.

La parte superior consta de 6 brazos (6 colores), una estación para presecado y una estación para botonera de control.

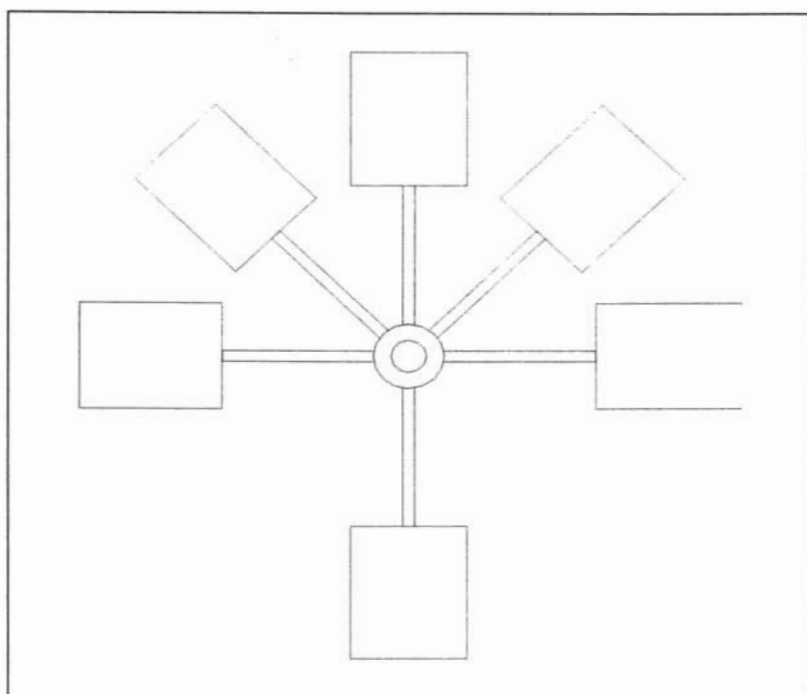


Figura 5.3.9. Vista superior de pulpo. Muestra las limitantes de dimensiones mínimas permisibles.

➤ **La parte intermedia.**

- **Las paletas.** Cada una de ellas esta formada de un perfil PTR de 3" X 2" cal. 14, soportada por un tirante de tubular cuadrado de 1.25 plg. (31.75 mm) como se muestra en la figura 5.3.9. La base para colocar la prenda, está hecha de aglomerado de alta densidad de ½ plg. de espesor, con un terminado superficial de formaica.

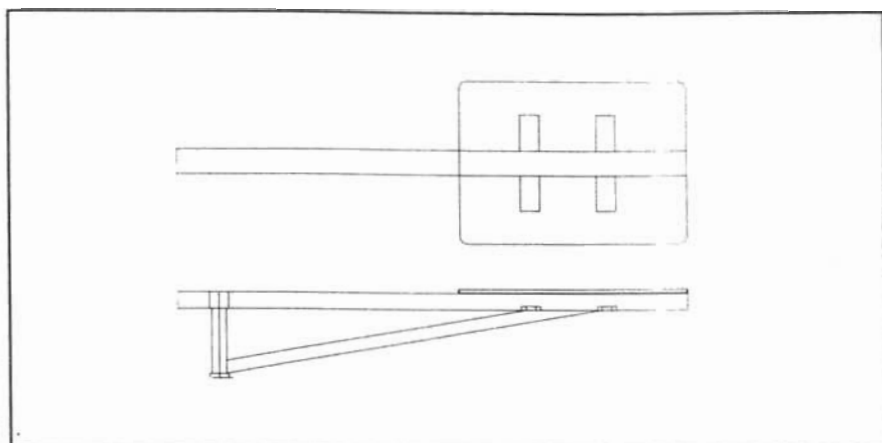


Figura 5.3.10. Las paletas.

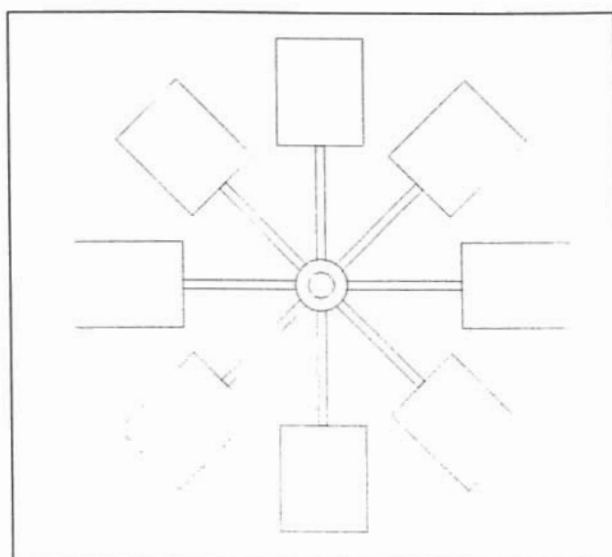


Figura 5.3.11. Vista superior de la parte intermedia.

- **Buje central dinámico.** Las 8 paletas estarán soportadas por un buje hecho de placa de  $\frac{1}{2}$  plg. de espesor unidas a un tubo mecánico con alojamiento para un buje central que esta hecho de bronce estándar (fosforado). Todo el carrusel,



deberá tener 4° de libertad es decir (ascendente, descendente, horario y antihorario).

La cara inferior del buje tendrá que descansar en cuatro rodamientos que harán el movimiento circular y a su vez tendrá que tener su base para perno que actuado por el cilindro central elevará la carga.

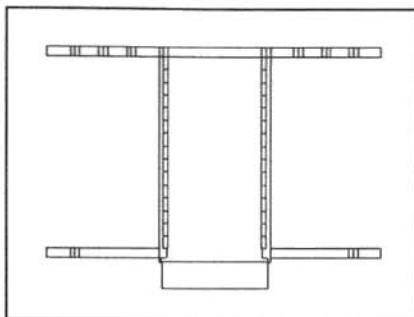


Figura 5.3.12 Buje central.

El peso de todas las paletas y el buje central dinámico es de 200 Kg., peso que se consideró para la elección del actuador neumático, tomando en cuenta que la presión de trabajo es de 6 Kg/cm<sup>2</sup>. que corresponderá a un diámetro del émbolo de 65 mm. este cilindro tendrá que ser restringido en la carrera de retroceso debido a que el peso no debe caer bruscamente.

#### ➤ La parte central.

La parte central debe ser capaz de soportar tanto al carrusel de los brazos como al carrusel de las paletas. Esta construido de un eje de tubo mecánico rectificado en campo con pared de 0.625 plg (15.87 mm.). Tiene una ranura que sirve de corredera para el perno que levantará la carga, tiene una placa de acero 1plg. de espesor que soportará los cuatro rodamientos en donde descansará y girará todo el carrusel en su posición inicial.

Deberá tener las bases para los soportes centrales (patas de la maquina) que serán de placa de 0.375 plg. (9.52 mm.) de espesor unidas a tope con bisel.

Deberá tener la base para el cilindro central que esta alojado en la parte interna del eje central.

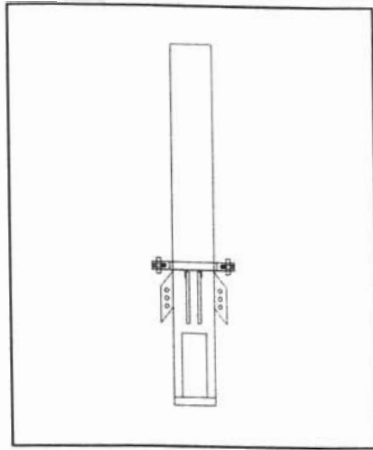


Figura 5.3.13 Parte central.

➤ **Diseño de la base.**

Para fines de diseño se consideraron 500 Kg. como peso total a ser soportado por las cuatro patas.

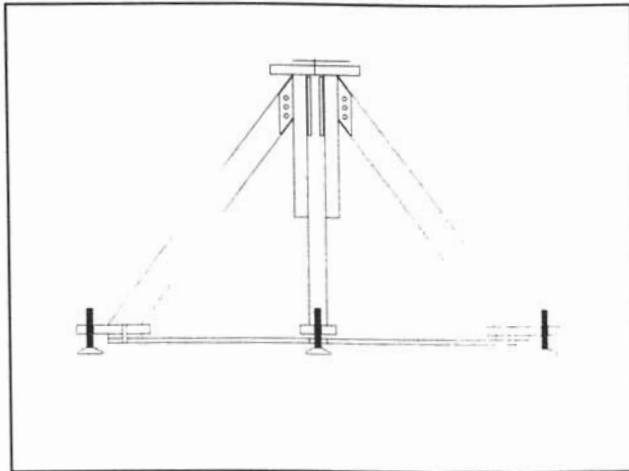
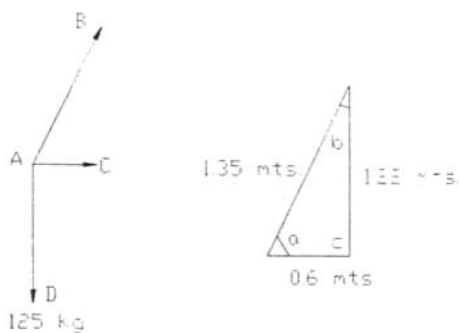


Figura 5.3.14 Soporte de la máquina.



$$\sum F_y = 0 \uparrow \oplus$$

$$AB \sin \alpha - AD \sin(270) = 0$$

$$AB = \frac{125 \text{ Kg}}{\sin 9} = -139.3 \text{ Kg.}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow \oplus$$

$$AC \cos(0) + AB \cos \alpha = 0$$

$$AC = 61.47 \text{ Kg.}$$

$$\text{solera } \frac{1}{2} \times \frac{3}{8} \text{''}$$

$$\text{Area} = bh$$

$$\text{Area} = (12.7 \times 10^{-3} \text{ m}) \times (9.52 \times 10^{-3} \text{ m})$$

$$\text{Area} = 1.209 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{61.47 \text{ Kg}}{1.209 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg.}}$$

$$\sigma = 5 \text{ MPa.}$$

Limite de fluencia acero = 248 MPa

PTR Cal. 10

esor 1.71mm.



Cal. 10

$$\text{espesor} = 1.71 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Area} = bh$$

$$\text{Area} = \left[ (50.8 \times 10^{-3}) (76.2 \times 10^{-3}) \right] + \left[ (43.64 \times 10^{-3}) (69.36 \times 10^{-3}) \right]$$

$$\text{Area} = 8.44 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{139.5 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ N}}{8.44 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 1 \text{ Kg}}$$

$$\sigma = 1.6 \text{ MPa}$$

Limite de fluencia acero = 248MPa

Ahora hablaremos de la base o soporte de toda la máquina que se construyó con cuatro columnas de acero estructural de calibre 10 con sujeción a la parte central por medio de tres tornillos de ½ plg. rosca estándar y cuatro tensores de solera de acero rectangular ½ plg. (12.7 mm.) X 0.375 plg. (9.52 mm.) que evitarán la abertura de los soportes (patas). Cada columna tiene en la punta inferior una placa de 1plg de espesor, donde se alojará un perno para la nivelación y calibración de toda la máquina. Que descansará en una base de placa de acero de 1plg con ranura para punta de tornillo. Y por último descansará en bases de neopreno, alta densidad de 1plg de espesor, para evitar vibraciones en su operación.

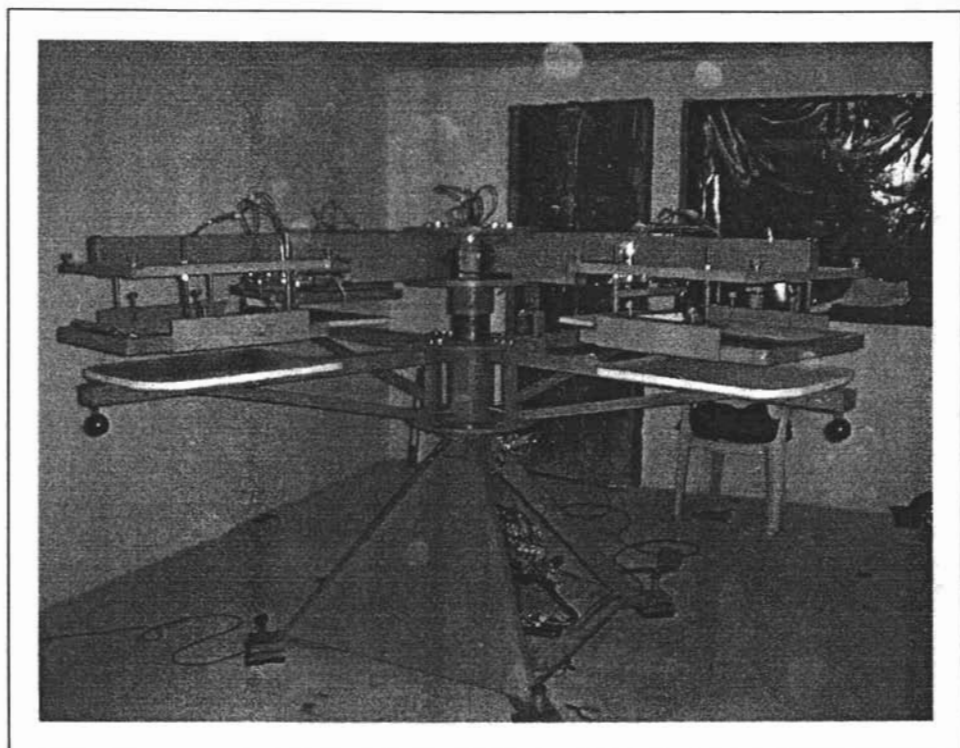


Figura 5.3.15. Pulpo Terminado.

### 5.3 Diseño de control

Para el diseño de la parte de control se requería de un sistema que fuera capaz de manipular 6 brazos, en donde cada brazo necesitaba realizar dos movimientos: uno vertical y uno horizontal. El movimiento vertical requiere de 2 sensores ( Sbo y Sb1) y 2 actuadores que son controlados por una válvula con dos bobinas para su accionamiento(Y3 y Y4), el movimiento horizontal requiere de 2 sensores(Sa0 y Sa1) y un actuador controlado por una válvula de dos bobinas para su accionamiento(Y1 y Y2).

En total se necesitaba controlar un sistema de 24 sensores y 12 válvulas (24 bobinas de accionamiento), más una bobina para el actuador central (Y5) y 2 sensores para dicho actuador (Sc0 y Sc1), es decir que se necesitaba un sistema con una capacidad mínima de control de 26 entradas y 25 salidas, como se muestra en la figura 5.3.1



Figura 5.3.1.- Entradas y salidas de control.

En este punto se consideraron dos opciones: adquirir un PLC(Control Lógico Programable) cuyas características se pudieran ajustar a los requerimientos del sistema, y por otro lado se consideró el diseño y construcción de un control electrónico basado en un microcontrolador. La primera opción representaba un costo relativamente elevado por el número de entradas y salidas a controlar, y aunado a nuestro sentido de innovación optamos por la segunda opción, aunque esta, sería un gran reto y una gran inversión de tiempo y esfuerzo, no dudamos en ningún momento en que esta, sería la mejor opción.

#### ➤ Interfaz.

Para la elección del microcontrolador, se debía de considerar principalmente el número de puertos disponibles para programar como E/S (Entradas/Salidas), es necesario destacar que existen en el mercado diversos microcontroladores con características que se aproximaban a las necesidades de nuestro sistema, sin

embargo, por capacidad, velocidad, accesibilidad y costo elegimos el microcontrolador AT90S8515 de la familia AVR de ATMEL, el cual posee un total de 32 puertos programables de I/O, sin embargo no fueron suficientes para los 51 puertos de I/O que se requerían como mínimo, esto nos llevó a plantear un sistema a base de multiplexores para las señales de salida, y demultiplexores para las señales de entrada, que ayudó a aumentar el número de puertos de I/O disponibles. El circuito integrado 74LS153 es un circuito que posee dos multiplexores de 4X1 (4 entradas y una salida), situación que fue aprovechada por el hecho de que cada brazo del pulpo posee 4 sensores que son acoplados a cada MUX, esto permite monitorear el estado de cada uno de los sensores y enviar una única señal al microcontrolador, de esta forma de ser 4 las señales que deberían estar conectadas directamente al  $\mu\text{c}$ , sólo una se conecta liberando 3 entradas.

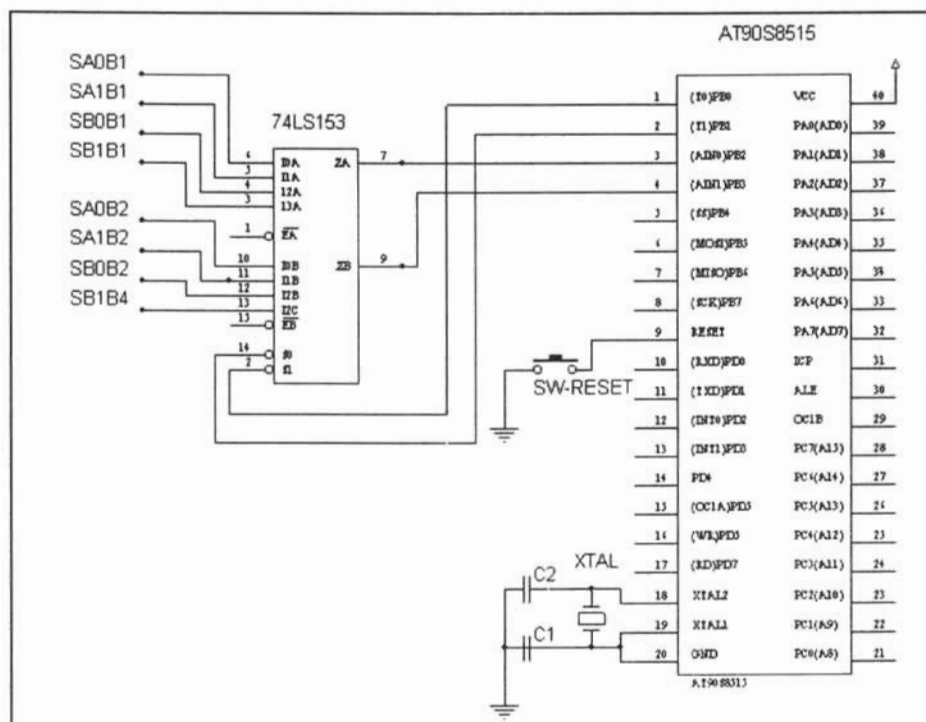


Figura 5.3.2.- Microcontrolador, multiplexor y tabla de estados.

Para las señales de salida del  $\mu$ c que controlan las bobinas de accionamiento de las válvulas se acopló el circuito integrado 74LS155 que son dos demultiplexores de 1X4 (una entrada y cuatro salidas), aprovechando la situación de que cada brazo requiere de 4 bobinas de accionamiento para controlar los actuadores que generan los movimientos se dispuso de un DEMUX para controlar los movimientos de cada brazo. Con este arreglo el  $\mu$ c ya no necesita generar 4 pulsos para las 4 bobinas, es suficiente un pulso, y el DEMUX se encargará de seleccionar la bobina que será accionada.

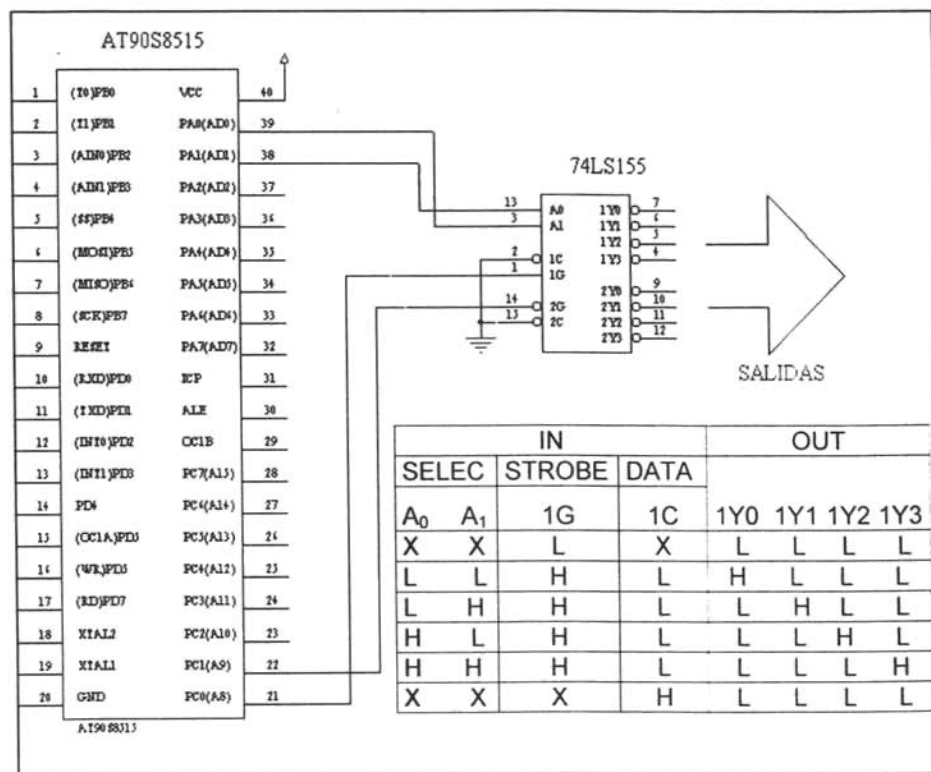


Figura 5.3.3.- Microcontrolador, demultiplexor y tabla de estados.



Las bobinas de accionamiento de cada válvula son alimentadas con 24 Vcd. situación que ofrece un riesgo a los circuitos lógicos debido a que su voltaje de trabajo es mucho menor(5Vcd), por lo tanto es conveniente aislar ambos niveles para evitar un corto en los circuitos lógicos, debido a esta situación proponemos el optoacoplador 4N25, el cual es un diodo emisor y un fototransistor acoplados ópticamente y su función principal será la de actuar como un relevador de estado sólido para aislar los dos niveles de trabajo 5Vcd y 24Vcd.

Por otro lado debido a la lógica que maneja el MUX fué necesario agregar a la salida del optoacoplador un transistor que funcionara como inversor de señal para poder conectar la bobina de accionamiento, este inversor tenía que hacer una doble función: la de inverso y la de driver para controlar la corriente de la bobina. Ahora, para que la bobina trabajara correctamente eran necesarios dos niveles de voltaje en sus terminales,(24Vcc y 0Vcc aproximadamente), esta situación hizo necesario el trabajo del transistor en sus regiones de corte y saturación.

Para la elección del transistor se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) Como el voltaje a controlar era positivo (+24Vcd) fue necesario utilizar un transistor NPN.
- 2) Como la bobina consume una potencia de 500mW y el voltaje de operación es de 24Vcd, por la ley de Joule tenemos:

$$P = V \times I \quad \Rightarrow \quad I = \frac{P}{V} = \frac{0.5}{24} = 20.8 \text{ mA}$$

Esta será la corriente de consumo de la bobina, misma que será controlada por el transistor en estado de saturación

- 3) En estado de corte el voltaje colector-emisor debía de ser de 24Vcd

Con estas características se eligió el transistor 2N3904, el cual es un transistor NPN de propósito general con amplias características (Ver hoja de especificaciones en el apéndice 1, que lo hacen un dispositivo idóneo para esta aplicación. Podemos observar que la corriente máxima de colector es de 200mA y solo necesitamos 20.83mA que es aproximadamente una décima parte del valor límite.

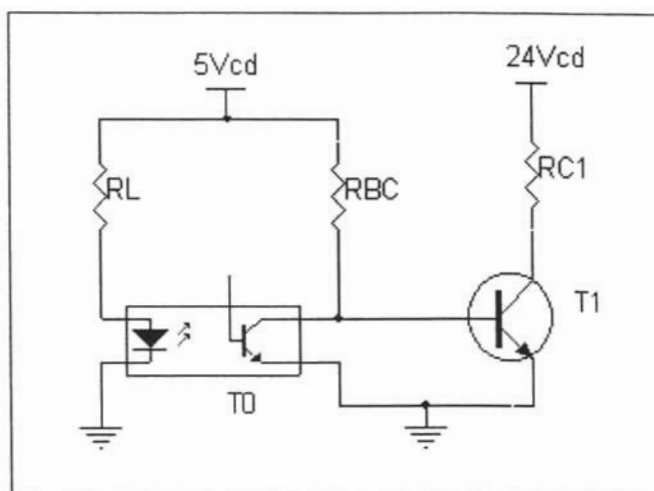


Figura 5.3.4.- Circuito optoacoplador

En la figura 1.5 mostramos el circuito propuesto para acoplar el optoaislador y el transistor. Podemos observar que cuando el diodo emisor del optoacoplador conduce,  $T_0$  recibe una polarización en la base y se satura, enviando la base de  $T_1$  a un valor aproximado de 0V, con esto el transistor  $T_1$  entra en corte desactivando la bobina de accionamiento ( $R_{C1}$ ), cumpliendo su función de inversor. Ahora para que la bobina de accionamiento se active, es necesario que  $T_1$  trabaje en la zona de saturación, situación que es posible cuando la base de  $T_1$  es polarizada a través de la resistencia  $R_{C0}$  y el transistor  $T_0$  trabaje en la zona de corte, condición que se cumplirá cuando el diodo emisor deje de conducir. Los niveles lógicos que alimentan al diodo emisor los proporciona el DEMUX 74LS155 como respuesta a la secuencia lógica del  $\mu C$ .

Recordemos que para garantizar que  $T_1$  trabaje en la zona de saturación se debe cumplir la condición:

$$V_B > \frac{R_B}{R_C} \frac{V_{CC}}{h_{FEmin}} + V_{BE}$$

Para encontrar el valor de  $R_B$  despejamos:

$$R_B < \frac{V_B - V_{BE}}{V_{CC}} R_C (h_{FEmin}) \quad (5.1)$$

Para encontrar el valor de  $R_C$  conocemos el valor de la potencia disipada por la bobina y el voltaje de operación (datos de fabricante), con estos datos podemos conocer el valor de  $I_C$ , este valor lo podemos encontrar usando la ley

de Joule:  $P = VI \Rightarrow I_C = \frac{P_b}{V_{CC}} = \frac{0.5}{24} = 20.8mA$

Ahora por la ley de Ohm tenemos:  $R_C = \frac{V_{CC}}{I_C} = \frac{24V}{20.8mA} = 1.15K\Omega$

Ahora sustituyendo en la ecuación 5.1 tenemos

$$R_B < \frac{5 - 0.7}{24} (1.15K\Omega)(100) \Rightarrow R_B < 20.6K\Omega$$

Un valor aproximado puede ser  $R_B = 18K\Omega = R_{BC}$

Podemos observar que la resistencia  $R_{BC}$  realiza dos funciones: cuando T0 está en corte  $R_{BC}$  es la resistencia que polariza la base de T1 y cuando T0 está en saturación  $R_{BC}$  limita la corriente del colector. Ahora necesitamos saber si el valor de  $R_{BC}$  es apropiado para T0 cuando está saturado.

Según el fabricante la corriente máxima del colector para el 4N25 es 150mA, aplicando la ley de Ohm el valor de la corriente es:

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_{BC}} = \frac{5V}{18K\Omega} = 277.77 \mu A$$

Este valor cumple con la condición de ser menor al valor de 150mA para no afectar el funcionamiento de T0

Al calcular el valor de  $R_L$  para polarizar el led emisor sabemos por el fabricante que: la corriente máxima que soporta el led es de 60mA y que el voltaje de polarización típico en el led es de 1.15V, así que suponemos una corriente de 10mA y tenemos:

$$V_{RL} = V_{CC} - V_L = 5V - 1.15V = 3.85V$$

$$\text{Ahora: } R_L = \frac{V_{RL}}{I_{RL}} = \frac{3.85V}{10mA} = 385\Omega \text{ Un valor aproximado es } 390\Omega$$

Este es el valor de R1 para evitar que el diodo emisor opere al límite de su capacidad.

### ➤ Programa.

Para el control de un brazo se elaboró el programa que básicamente permitía controlar los movimientos para el proceso de impresión, (Ver figura 5.3.6) que partió de un principio básico: primero activar un actuador, y auxiliados de un sensor magnético, detener la carrera del actuador, para activar el siguiente actuador. Este principio fue muy eficaz por que nos permitió garantizar siempre el principio y fin de cada uno de los movimientos del proceso.

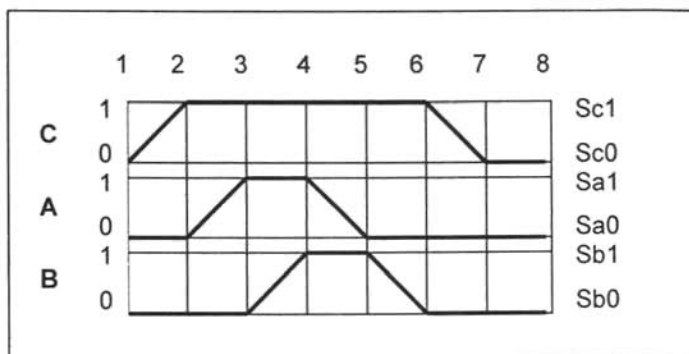
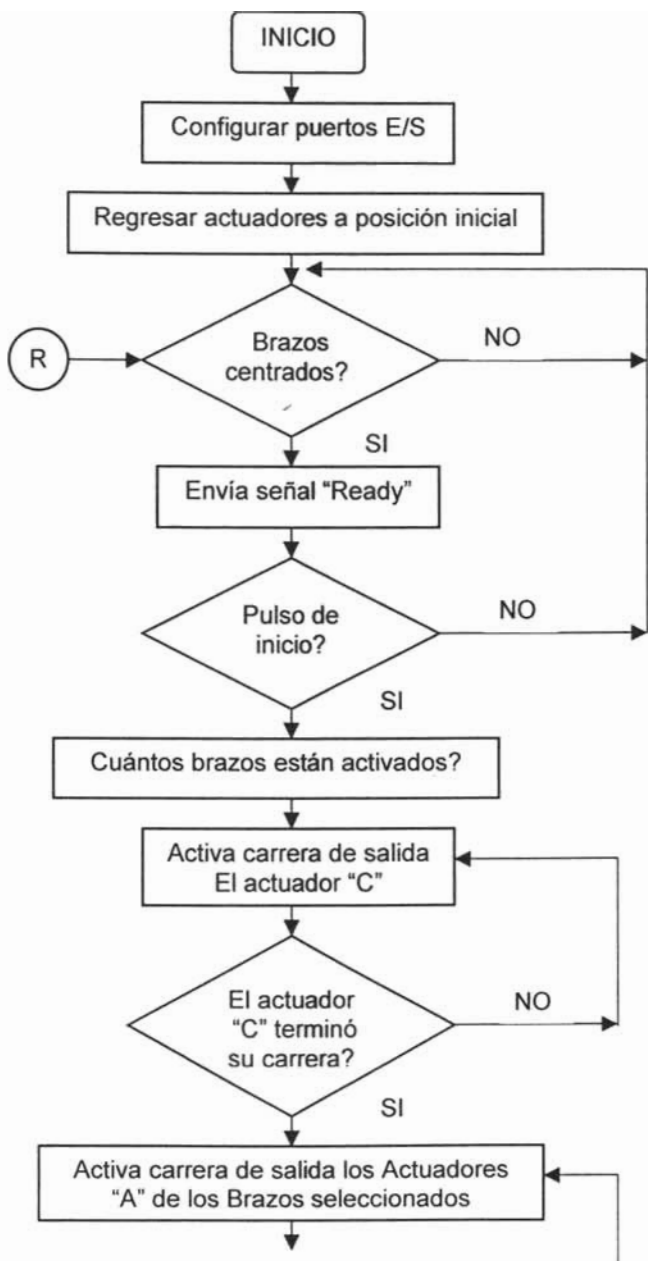
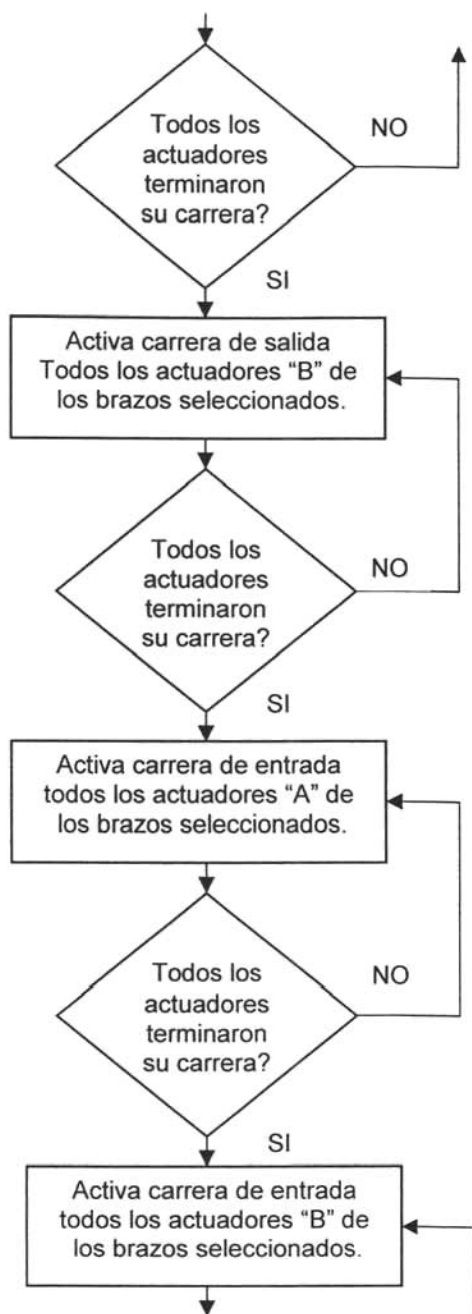


Figura 5.3.6 Diagrama de estados.

Para el control de 6 brazos el programa se debía de ajustar a los requerimientos de la interfaz que hacía posible la comunicación del  $\mu c$  con los sensores y actuadores del sistema respondiendo a la secuencia lógica del diagrama de estados que previamente se había diseñado tomando como base el programa anterior que se había usado para el control de un solo brazo.

A continuación se muestra de forma general la lógica con la que el programa fue estructurado tomando en cuenta las acciones que cada actuador debe efectuar.





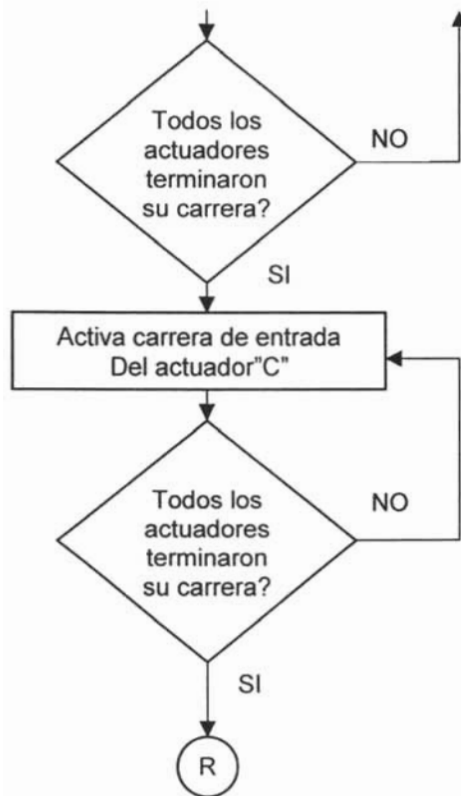


Figura 5.3.7.- Diagrama de flujo.

## ➤ Listado de programa

```
.include"C:\archivos de programa\AVRStudio\8515def.inc"
.org $000
ldi r16,$ff
out ddra,r16                               Configura puerto "A" con 8 salidas
ldi r16,$00
out ddrb,r16                               Configura puerto "B" con 8 entradas
ldi r16,$00
out ddrc,r16                               Configura puerto "C" con 8 entradas
ldi r16,$00
out ddrd,r16                               Configura puerto "D" con 8 entradas
ldi r16,$ff
out portb,r16                              Puerto "B" pull-up
ldi r16,$ff
out portc,r16                              Puerto "C" pull-up
ldi r16,$ff
out portd,r16                              Puerto "D" pull-up

<REGRESO DE RACEROS>

regresa_C:sbi porta,6                      Desactiva Y5
        sbic pinb,0                       ¿Actuador "C" abajo?
        rjmp regresa_C                   Salto
regresa_B:cbi porta,0                      Selecciona Y4
        cbi porta,1                      Selecciona Y4
        sbi porta,2                      Activa Y4
        cbi porta,3                      Selecciona Sb0
        sbi porta,4                      Selecciona Sb0
        in r16,pinb                       Lee condiciones iniciales
        cpi r16,$e2                       Compara condiciones iniciales en B
        breq regresa_A                   Salto
        rjmp regresa_B                   Salto
regresa_A:sbi porta,0                      Selecciona Y2
        cbi porta,1                      Selecciona Y2
        sbi porta,2                      Activa Y2
        cbi porta,3                      Selecciona Sa0
        cbi porta,4                      Selecciona Sa0
        in r16,pinb                       Lee datos en puerto B
        cpi r16,$e2                       Compara condiciones iniciales en B
        breq standby                       Salto
        rjmp regresa_A                   Salto
```



<ESPERA SEÑAL DE INICIO>

```
standby:cbi porta,7
brazos:sbic pind,0
    breq standby
    sbi porta,7
    sbic pind,0
    rjmp brazos
    sbi porta,7
    sbic pind,1
    rjmp brazos
    cbi porta,7
```

Brazos centrados

¿Hay pulso de inicio?

<¿CUANTOS BRAZOS?>

```
    in r16,pind
    andi r17,$1c
    cpi r17,00
    breq nobrazo
    rjmp standby
nobrazo:sbic pind,4
    ldi r17,$10
    sbic pind,3
    ldi r18,$08
    sbic pind,2
    ldi r19,$04
    ldi r20,$00
    add r20,r17
    add r20,r18
    add r20,r19
    <SALE C>
```

Lee datos en puerto D

¿Ningún brazo está seleccionado?

Salto

Salto

Memoriza el valor del brazo 3

Memoriza el valor del brazo 2

Memoriza el valor del brazo 1

R20 guarda los brazos seleccionados

```
sale_C:sbi porta,5
    cbi porta,6
    sbic pinb,1
    rjmp sale_C
```

Actuador "C" arriba

Actuador "C" arriba

Salta si "C" es detectado por Sc1

<SELECCIONA BRAZOS>

```
mov r16,r17
mov pinc,2,r16
mov r16,r18
com r16 ;2G negativo
mov pinc,1,r16
mov r16,r19
mov pinc,0,r16
```

Activa un MUX para cada brazo

<SALE A>

```
sale_A:sbi porta,1
      sbi portd,5
      sbi porta,0
      sbi porta,2
      sbi porta,3
      cbi porta,4
```

Selecciona la salida Y1

Activa Y1  
Selecciona la entrada Sa1  
Selecciona la entrada Sa1

<STOP AL ACTUADOR >  
<DETECTADO>

```
stop:sbis portb,2
      cbi portc,0
      sbis portb,3
      sbi portc,1
      sbis portb,4
      cbi portc,2
      in r16,pinb
      andi r16,$1c
      cpse r16,r20
      rjmp stop
```

Si el sensor del brazo1 detecta  
desactiva la válvula  
Si el sensor del brazo 2 detecta  
desactiva la válvula  
Si el sensor del brazo 3 detecta  
desactiva la válvula

Compara el valor de los sensores PB  
con los sw que seleccionan los  
brazos PD

<SALE B>

```
sale_B:sbi porta,3
      sbi porta,4
      sbi porta,1
      cbi porta,0
      sbi porta,2
      in r16, pinb
      cpi r16,$e1
      breq entra_A
      rjmp sale_B
```

Selecciona la entrada Sb1

Selecciona la salida Y3

Salta si "B" es detectado por Sb1

<ENTRA A>

```
entra_A:sbi porta,0
      cbi porta,1
      sbi porta,2
      cbi porta,3
      cbi porta,4
      in r16,pinb
      cpi r16,$e1
      breq entra_B
      rjmp entra_A
```

Selecciona la salida Y2

Selecciona la entrada Sa0

Salta si "A" es detectado por Sa0  
Salto  
Salto

<ENTRA B>	
entra_B:cbi porta,0	
cbi porta,1	
sbi porta,4	
cbi porta,3	
in r16,pinb	
cpi r16,\$e1	Salta si "B" es detectado por Sbo
breq entra_C	Salto
rjmp entra_B	Salto
<ENTRA C>	
entra_C:cbi porta,5	Selecciona la salida Y5
sbi porta,6	Selecciona la salida Y5
sbic pinb,0	Salta si "C" es detectado por Sc0
breq entra_C	Salto
rjmp standby	Salto

#### > Diagrama general.

En el apéndice 1 podemos observar el diagrama electrónico para el control de los movimientos de tres brazos para el pulpo, también se indican las conexiones necesarias para los otros tres brazos usando la misma secuencia y los mismos componentes que aquí se muestran. En la sección 4-B tenemos el  $\mu\text{C}$  AT90S8515 con los puertos PA y PC conectados, de acuerdo con el programa, como salidas y los puertos PB y PD conectados como entradas. Los puertos PA0 y PA1 son los encargados de seleccionar las salidas de los DEMUX 74LS155; los puertos PA3 y PA4 seleccionan más entradas de los MUX 74LS153; el puerto PA6 es el encargado de activar la válvula Y5 que a su vez controla el movimiento del actuador central (movimiento ascendente-descendente); el puerto PA7 envía una señal al tablero de control indicando que las paletas se encuentran en posición adecuada para poder iniciar el ciclo; los puertos PC0 a PC5 permiten inhabilitar o habilitar todos o cada uno de los DEMUX que controlan cada uno de los brazos; los puertos PB0 y PB1 esperan las señales de nivel bajo (0Vcd) de los sensores Sc0 y Sc1 que censan la posición del actuador C, las resistencias R41 y R42 ayudan a garantizar un nivel alto (5Vcd) cuando el sensor no detecta; los puertos PB2 a PB7 reciben las señales que mandan los MUX indicando la posición de

cada actuador, en la terminal 9 del  $\mu\text{c}$  se encuentra la señal de reset que puede ser activado desde el panel de control, se recomienda conectar un capacitor C3 para absorber posibles oscilaciones o ruido en la línea de transmisión; el puerto PD0 recibe la señal del sensor que indica la posición adecuada de las paletas para poder iniciar el ciclo; el puerto PD1 recibe la señal de inicio de ciclo; los puertos PD2 a PD7 reciben las señales que son enviadas desde el panel de control acerca de cuantos y cuales brazos fueron seleccionados para trabajar, con esta información el  $\mu\text{c}$  activará los DEMUX que corresponden a los brazos que fueron seleccionados, las resistencias R43 a R48 garantizan un nivel alto cuando los brazos no son seleccionados.

Los leds D1, D2, D3, D4 y D5 ubicados en la sección B-6, B-7 y B-8 ayudan a identificar la secuencia de los movimientos que manda paso a paso el  $\mu\text{c}$ , y son colocados únicamente para las válvulas del brazo 3 por que la secuencia de los movimientos se realiza al mismo tiempo para todos los brazos, por lo tanto no es necesario indicarlo en cada uno.

Finalmente en la figura 5.3.8 se muestra físicamente la tarjeta de control en donde podemos observar cada componente.

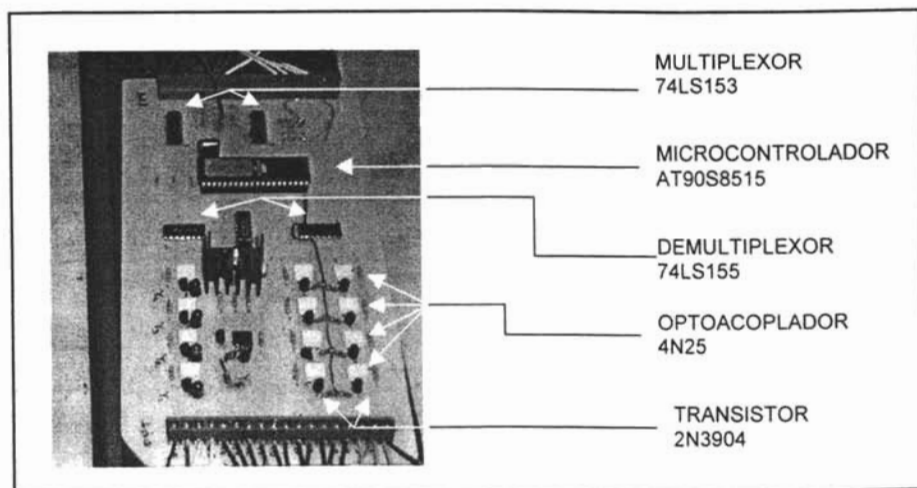


Figura 5.3.8 Tarjeta de control.

**CAPÍTULO VI**  
**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.**

El análisis técnico económico que se describirá a continuación será con el fin de demostrar que tan rentable es el pulpo automatizado (costo de materiales y construcción), ventajas y desventajas que presenta dicha máquina. Se considerará el análisis de costo operativo (mano de obra, materiales y consumo de energía), capacidad de producción y mantenimiento.

Primero comenzaremos con el costo de pulpo.

Parte	Descripción	Cant.	Precio Unitario.	Precio Total
01	Material estructura	Lte.	\$ 18 000.00	\$ 18 000.00
02	Mano de obra (manufactura)	Lte.	\$ 15 000.00	\$ 15 000.00
03	Material electrónica	Lte.	\$ 3 000.00	\$ 3 000.00
04	Material neumática	Lte.	\$ 48 000.00	\$ 48 000.00
05	Costo de instalación	Lte.	\$ 8 000.00	\$ 8 000.00
Costo total de máquina.				\$ 92 000.00

El pulpo será capaz de producir estampados con seis colores como máximo y considerando que podrá realizar 6 impresiones simultáneamente podemos entonces decir, que un estampado de seis colores lo podrá realizar en 6 ciclos, cada ciclo se ejecutará en un tiempo de 8 segundos. Considerando dos operarios para vestir y desvestir así como también para cuidar que en cada estación no haga falta tinta y limpieza parcial de pantallas,

$$(8 \text{ seg}) \times (6 \text{ ciclos}) = 48 \text{ seg.}$$

el tiempo aproximado para quitar y poner (desvestir y vestir) será de 60 seg.

$$(48 \text{ seg}) \times (60 \text{ seg}) = 108 \text{ seg}$$

Podemos decir que 6 prendas las tendremos en 108 seg. (1.8 min.) Para una jornada de 5 Hrs netas tendremos

$$\left( \frac{18000 \text{ seg}}{108 \text{ seg}} \right) = (166 \text{ salidas}) \times (6 \text{ prendas}) = 996 \text{ prendas}$$

entonces una producción de 996 prendas impresas con seis colores.

### Costo operativo.

Parte	Descripción	Cant	P.U costo	P.total costo	P.U. venta	P.total venta
01	Mano de obra por trabajo especializado	02	\$200.00	\$400.00	\$400.00	\$800.00
02	Materiales ( Solventes, Tintas, Trapo)	lte	\$200.00	\$200.00	\$400.00	\$400.00
03	Gastos varios (renta, predio, uso de suelo, consumo de energía)	Lte.	\$230.00	\$230.00	\$460.00	\$460.00
Costo operativo por día para 996 piezas				\$830.00		\$1660.00

Por los resultados de la tabla anterior podemos decir que el precio de costo de un estampado de seis colores será de \$ 0.83 M.N y trabajando con una utilidad del 100% el precio total de venta será de \$ 1.66 M.N. por prenda.

Producción	Total de ingreso por día	Utilidad neta por día	Utilidad neta por año.
996 Pzas.	\$1660.00	\$830.00	\$215800.00

Para fines de cálculo se consideraron 52 semanas del año y semana inglesa de producción.

Es decir:

$$(52 \text{ semanas}) \times (5 \text{ días}) = 260 \text{ días netos de trabajo}$$

$$(260 \text{ días}) \times (\$830.00) = \$215800.00 \text{ por año.}$$

Es decir la inversión de un pulpo se podrá recuperar en seis meses con una producción de 996 prendas diarias. Y con un máximo de seis colores.

**Ventajas.**

La calidad de la impresión siempre será la misma junto con la producción.

La precisión de la máquina será muy alta.

El trabajo no requiere de gran esfuerzo físico.

Para altas producciones el costo de operación es bajo.

**Desventajas**

Dependencia de agentes externos, (aire comprimido, energía eléctrica), para el funcionamiento.

Para producciones menores el costo de operación es mayor.

El costo de mantenimiento será nulo en el primer año de operación ya que todos los componentes tienen garantía. Tanto en el aspecto mecánico, como eléctrico y electrónico.



**CONCLUSIONES.**

La realización de este proyecto surgió como la necesidad de automatizar el proceso de impresión textil, para optimizar las condiciones existentes y lograr competitividad en el mercado, llevando a la práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, mismos que nos ayudaron a proponer y desarrollar este proyecto poniendo a prueba el potencial que como egresados tenemos. La experiencia adquirida es invaluable, no solo por el compromiso de terminar el proyecto con resultados positivos, si no el comprobar la importancia del trabajo en equipo, que si bien es cierto, no es nada fácil, se pueden lograr grandes cosas cuando se tienen los mismos intereses y las mismas convicciones.

Los resultados obtenidos después de 2 años de intenso trabajo en el proyecto nos demuestran que, a pesar de todas las mejoras que requiere la máquina, es posible mejorar aspectos como calidad, costos, y volumen de producción, entre otros.

La automatización de un proceso no es fácil, por una parte, existe el riesgo económico, y por otra, el gran número de conocimientos técnicos que son necesarios para lograr optimizarlo. Sin embargo, la sólida preparación adquirida en nuestra entrañable Universidad facilita la incursión en esta y otras áreas de la ingeniería. Para el diseño de una máquina se atraviesan una serie de obstáculos como económicos, tecnológicos o sociales que como profesionistas debemos de resolver utilizando la herramientas que nuestra preparación nos brinda.

Queremos mencionar que todos los premios y reconocimientos recibidos en concursos y presentaciones de este proyecto, nos dan la confianza y seguridad de continuar en esta línea, y nos dan la certeza de que este, es apenas el principio. Dentro de estos logros queremos mencionar el alto potencial de negocios con el que fue evaluado el proyecto y su aceptación para iniciar el proceso de incubación como empresa, lo cual nos brinda la oportunidad de establecernos como una empresa formal.

Por otro lado es invaluable la cantidad de experiencias de todo tipo que se pueden obtener en el desarrollo de una tesis, es una verdadera oportunidad de crecimiento, que si bien es cierto, se requiere mucha paciencia y dedicación, al final del camino siempre existirá la recompensa anhelada. En este caso el desarrollo de

tesis no solo nos da la oportunidad de titularnos, también nos ofrece la materialización el proyecto como oportunidad de autoempleo formal con la creación de una empresa de base tecnológica, y finalmente nuestra aportación: llevar el conocimiento adquirido a la práctica buscando mejorar la calidad de vida del ser humano, y contribuir con ello, a la grandeza de nuestra Universidad.

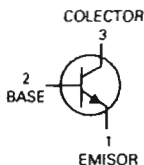
Por todo lo anterior agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de México especialmente a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por todos los conocimientos que en ella se adquirieron, por todas las satisfacciones y el apoyo recibido durante nuestra formación.

“Por mi Raza Hablara el espíritu”

## APÉNDICE 1

## Transistores de propósito general

### NPN de silicio



#### ESPECIFICACIONES MÁXIMAS (Dispositivos de Motorola)\*

Especificación	Símbolo	Valor	Unidad
Tensión colector-base	$V_{CB0}$	60	Vdc
Tensión colector-emisor	$V_{CE0}$	40	Vdc
Tensión emisor-base	$V_{EB}$	6.0	Vdc
Corriente de colector	$I_C$	200	mAcd
Disipación total de potencia $T_A = 25^\circ\text{C}$ Ajustar por encima de los $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625 5.0	mW mW/°C
Disipación total de potencia $T_A = 25^\circ\text{C}$ Ajustar por encima de los $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5 12	Watts mW/°C
Intervalo de la temperatura de almacenamiento	$T_J, T_{MB}$	-55 a +150	°C

#### CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS (1)

Característica	Símbolo	Máx.	Unidad
Resistencia térmica entre la unión y el ambiente	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Resistencia térmica entre la unión y el envase	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

#### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ . a menos que se indique otra cosa)

Característica	Símbolo	Min.	Máx.	Unidades
----------------	---------	------	------	----------

#### CARACTERÍSTICAS EN NO CONDUCCIÓN

Tensión de ruptura colector-base ( $I_B = 10 \mu\text{Acd}$ , $I_C = 0$ )	$BV_{CBO}$	60	—	Vdc
Tensión de ruptura colector-emisor (2) ( $I_C = 10 \text{mAcd}$ , $I_B = 0$ )	$BV_{CEO}$	40	—	Vdc
Tensión de ruptura emisor-base ( $I_E = 10 \mu\text{Acd}$ , $I_C = 0$ )	$BV_{EBO}$	6.0	—	Vdc
Corriente de corte de colector ( $V_{CE} = 30 \text{Vdc}$ , $V_{EB(EM)} = 3.0 \text{Vdc}$ )	$I_{CX}$	—	50	nAcd
Corriente de corte de la base ( $V_{CE} = 30 \text{Vdc}$ , $V_{EB(EM)} = 3.0 \text{Vdc}$ )	$I_{BX}$	—	50	nAcd

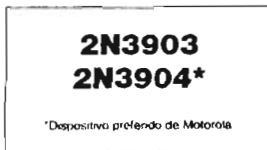
(1) Indica datos registrados JEDEC

(2) Prueba de pulsos: anchura del pulso  $\leq 300 \mu\text{s}$ , ciclo de trabajo  $\leq 2\%$

Los dispositivos preferidos son las opciones recomendadas por Motorola para su uso futuro y por su mayor valor global

Rev 2

© Motorola Inc. 1996



**MOTOROLA**  
**SEMICONDUCTOR**  
**TECHNICAL DATA**



## 6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator
- Meets or Exceeds all JEDEC Registered Specifications

### Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

### MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

#### INPUT LED

Reverse Voltage	$V_R$	3	Volts
Forward Current — Continuous	$I_F$	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	120	mW
		1.41	mW/°C

#### OUTPUT TRANSISTOR

Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	30	Volts
Emitter-Collector Voltage	$V_{ECO}$	7	Volts
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	70	Volts
Collector Current — Continuous	$I_C$	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	150	mW
		1.76	mW/°C

#### TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	$V_{ISO}$	7500	Vac
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	250	mW
		2.94	mW/°C
Ambient Operating Temperature Range (2)	$T_A$	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	$T_L$	260	°C

(1) Isolation surge voltage is an external device dielectric breakdown rating for this test. Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

(2) Refer to Quality and Reliability Section for test information.

**4N25\***  
**4N25A\***  
**4N26\***  
 (CTR = 20% Min)  
**4N27**  
**4N28**  
 (CTR = 10% Min)

\*Motorola Preferred Devices  
 STYLE 1 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE  
 CASE 730A-04



"T" LEADFORM  
 WIDE SPACED 0.4"  
 CASE 7300-05

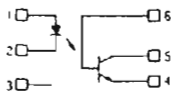


"S7" LEADFORM  
 SURFACE MOUNT  
 CASE 730C-04  
 (STANDARD PROFILE)



CASE 730F-04  
 (LOW PROFILE)

### SCHEMATIC



PIN 1 LED ANODE  
 2 LED CATHODE  
 3 N.C.  
 4 EMITTER  
 5 COLLECTOR  
 6 BASE




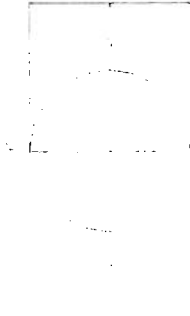
## APÉNDICE 2

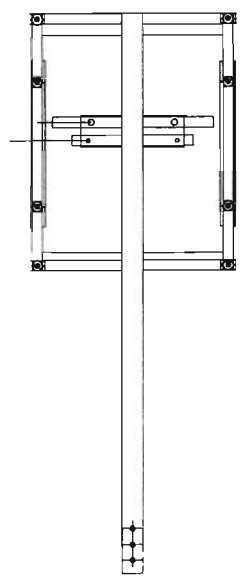
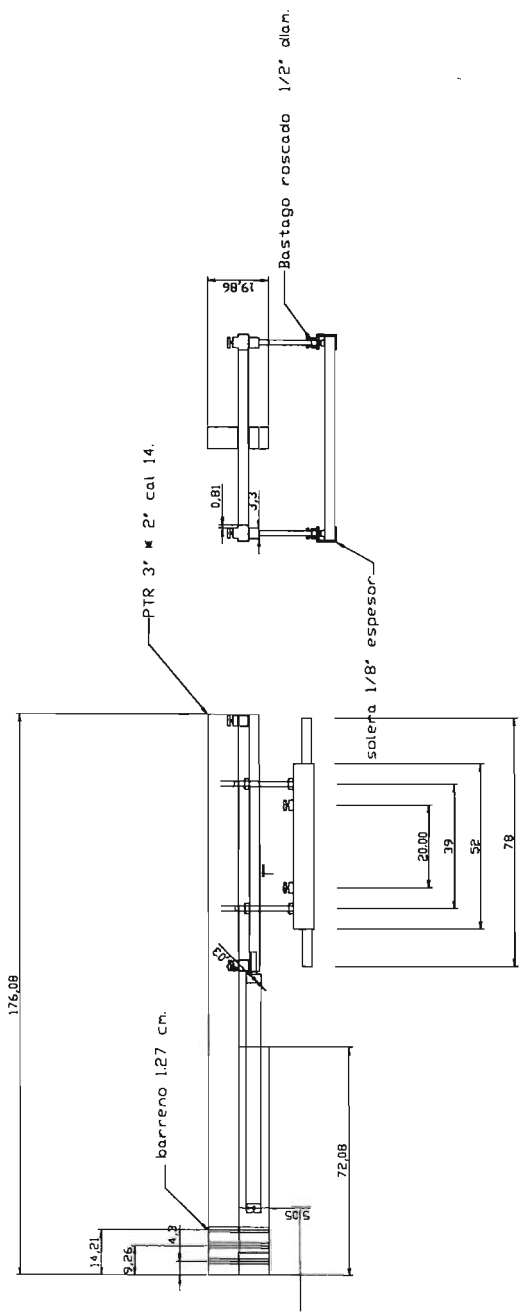


Propiedades físicas de materiales comunes.

Material.	Esfuerzo de fluencia Klb/plg2.		Esfuerzo último. Klb/plg2.		Módulo de elasticidad Klb/plg2.		Coeficiente de dilatación lineal por grado F $\alpha$
	Tensión	Cortante	Tensión	Cortante.	Tensión E	Cortante G	
Acero laminado en caliente, bajo contenido de carbono	36	21	65	45	30 000	12 000	6.5*10-6
Acero, laminado en caliente alto contenido de carbono.	65	40	120	105	30 000	12 000	7*10-6
Hierro colado			20tensión 80 comp.		15 000	6 000	6*10-6
Aluminio aleación 6061	35	26	38	30	10 000	4 000	12.8*10-6
Latón	15		40		15 000	6 000	10.5*10-6
Bronce	20		50		15 000	6 500	10*10-6
Cobre estruido	35	23	50		17 000	6 000	9.3*10-6.
Madera abeto Douglas, Compresión paralela a la veta.	5.8 comp.		7.4 comp.		1 760		

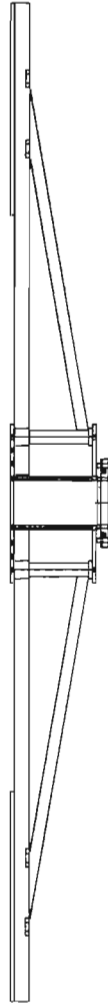
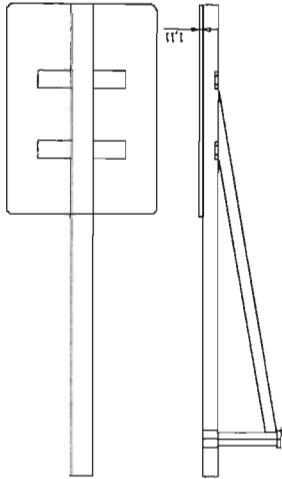
Propiedades de secciones geométricas.

	<p>Rectángulo  <math>A = bh,</math>  <math>I_x = \frac{1}{12}bh^3.</math>  <math>r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 0.288h</math></p>
	<p>Círculo;  <math>A = \frac{1}{4}\pi D^2 = \pi R^2.</math>  <math>I_x = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4},</math>  <math>r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \frac{D}{4} = \frac{R}{2},</math>  <math>J = I_x + I_y = \frac{\pi D^4}{32} = \frac{\pi r^4}{2}</math></p>



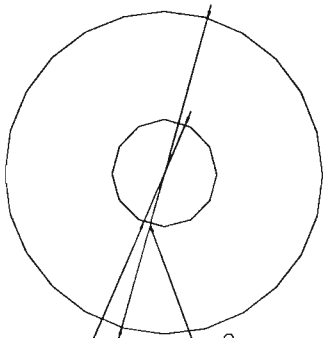
Diseño y construcción de un pulpo automatizado

Título: Parte Intermedia		Revisión: Ing. Nicolás Calva Tapia	
Fecha: 04-06-203	Cantidad 01	Acotaciones cm	Nombre:
Diseño: G.C.B.O. C.G.R.F.M.S	Revisión G.C.B.O C.G.R	Dibujo: F.M.S.P	

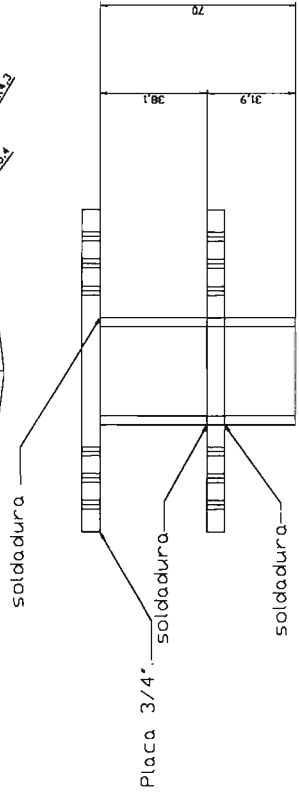
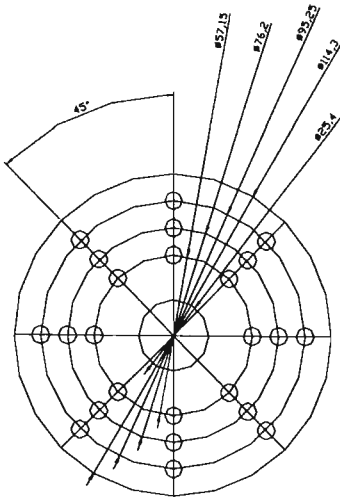


**Diseño y construcción de un pulpo automatizado**

<b>Título:</b> Parte Intermedia		<b>Revisión:</b> Ing. Nicolás Caiva Tapia	
<b>Fecha:</b> 04-06-203	<b>Cantidad</b> 01	<b>Acotaciones</b> cm	<b>Nombre:</b>
<b>Diseño:</b> G.C.B.O. C.G.R.F.M.S	<b>Revisión</b> G.C.B.O. C.G.R	<b>Dibujo:</b> F.M.S.P	



Barreno 6". Diam.  
 Con borde soldado  
 a pared externa  
 buje de acero.



soldadura

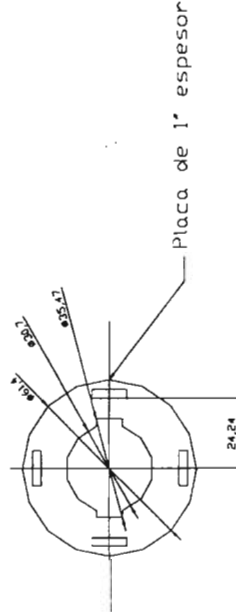
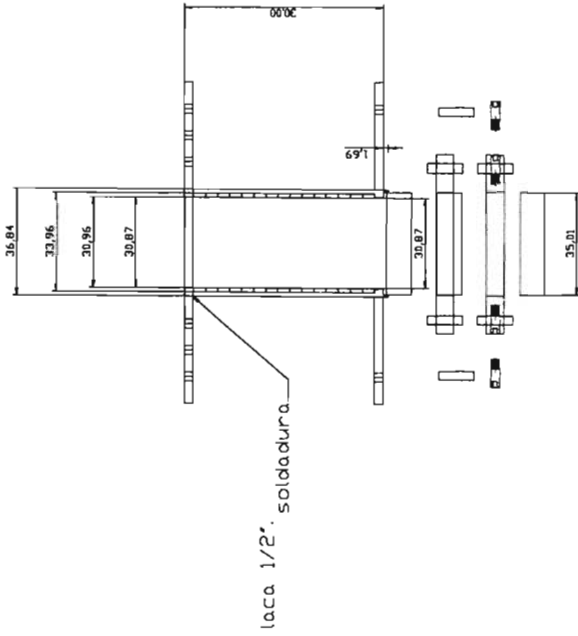
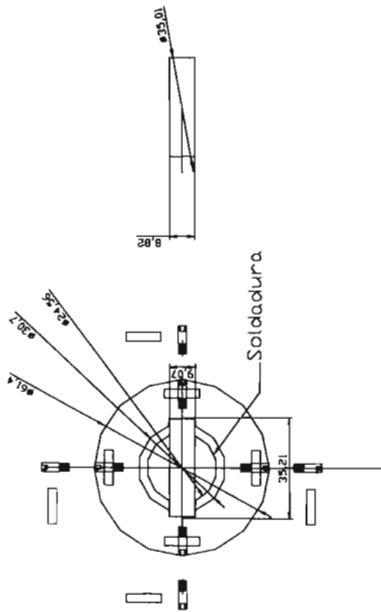
Placa 3/4"

soldadura

soldadura

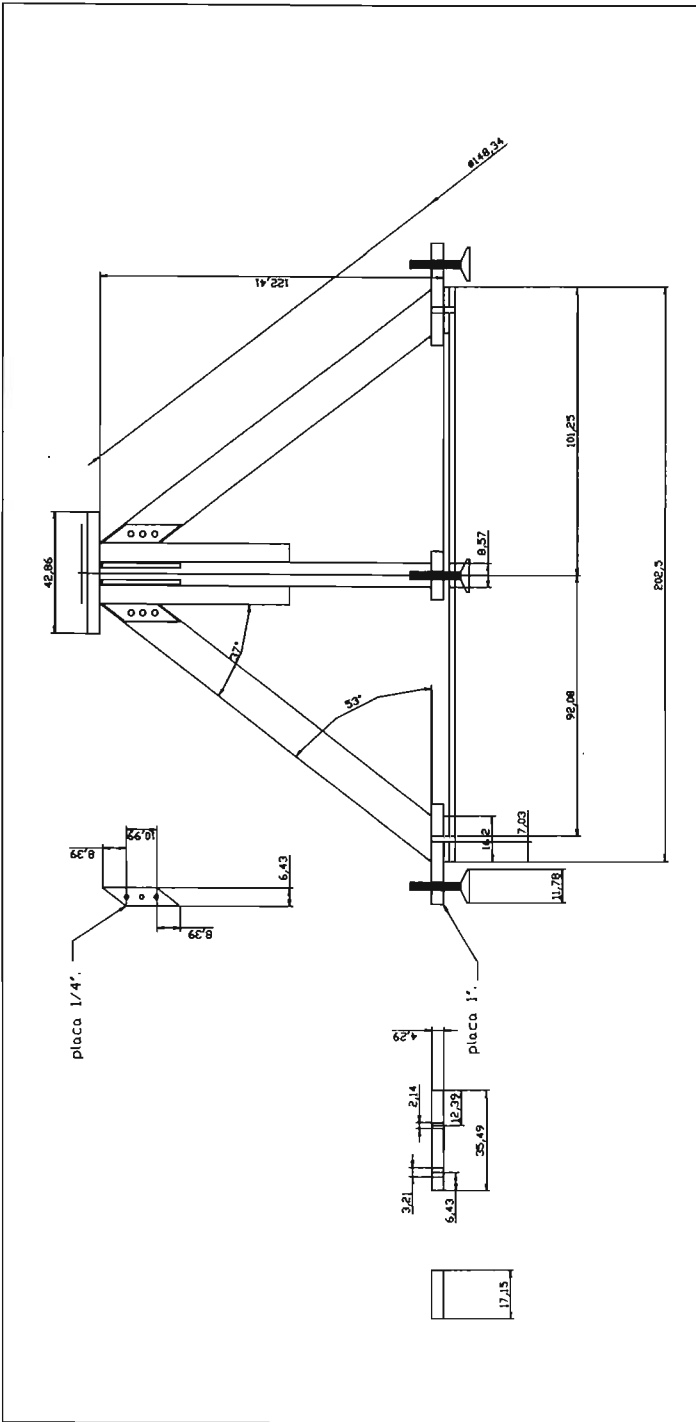
Diseño y construcción de un pulpo automatizado

Título: Parte Intermedia		Revisión: Ing. Nicolás Calva Tapla	
Fecha: 04-06-203	Cantidad 01	Acotaciones cm	Nombre:
Diseño: G.C.B.O, C.G.R.F.M.S	Revisión G.C.B.O C.G.R	Dibujo: F.M.S.P	



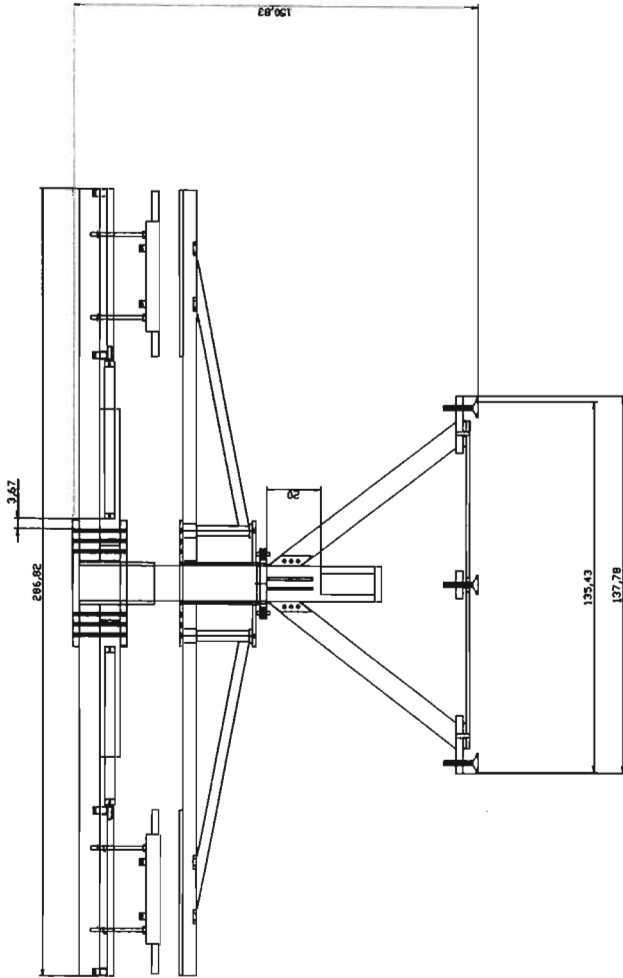
Diseño y construcción de un puipo automatizado

Título: Parte Intermedia		Revisión: Ing. Nicolás Calva Tapia	
Fecha: 04-06-203	Cantidad 01	Acotaciones cm	Nombre:
Diseño: G.C.B.O. C.G.R.F.M.S	Revisión G.C.B.O. C.G.R	Dibujo: F.M.S.P	



**Diseño y construcción de un pulpo automatizado**

<b>Título:</b> Parte Intermedia		<b>Revisión:</b> Ing. Nicolás Caiva Tapia	
<b>Fecha:</b> 04-06-203	<b>Cantidad:</b> 01	<b>Acolaciones:</b> cm	<b>Nombre:</b>
<b>Diseño:</b> G.C.B.O. C.G.R.F.M.S		<b>Revisión:</b> G.C.B.O. C.G.R	<b>Dibujo:</b> F.M.S.P



Diseño y construcción de un pulpo automatizado

Título: Parte Intermedia		Revisión: Ing. Nicolás Calva Tapia	
Fecha: 04-06-203	Cantidad 01	Acotaciones: cm	Nombre:
Diseño: G.C.B.O. C.G.R.F.M.S	Revisión G.C.B.O. C.G.R	Dibujo: F.M.S.P	



## **APÉNDICE 3**

Fuerza generada conociendo el diámetro del pistón y la presión de trabajo, sin considerar la fuerza del muelle (cilindro de simple efecto) y el área del vástago (carrera de retorno de cilindros de doble efecto; el coeficiente de rozamiento si se ha considerado).

Tamaño del cilindro $\phi$ piston, mm	Presión de trabajo en Kg/cm <sup>2</sup> .											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Fuerza en Kg.											
6	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
25	4	9	13	17	21	24	30	34	38	42	46	50
35	8	17	26	35	43	52	61	70	78	86	95	104
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144
50	17	35	53	71	88	106	124	142	159	176	194	212
70	34	69	104	139	173	208	243	278	312	346	381	416
100	70	141	212	283	353	424	495	566	636	706	777	848
140	138	277	416	555	693	832	971	1110	1248	1386	1525	1664
200	283	566	850	1133	1416	1700	1983	2266	2550	2832	3116	3400

Consumo de aire en cilindros neumáticos por centímetro de carrera en función del diámetro del pistón y de la presión de trabajo.

Consumo de aire para cilindros												
ϕ pistón mm	Presión de trabajo en Kg/cm <sup>2</sup>											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Consumo de aire en m <sup>3</sup> /min por cm de carrera del cilindro												
6	0.0005	0.0008	0.0011	0.0014	0.0016	0.0019	0.0022	0.0025	0.0027	0.003	0.0033	0.0036
12	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014
16	0.004	0.006	0.008	0.010	0.011	0.014	0.016	0.018	0.20	0.022	0.024	0.026
25	0.010	0.014	0.019	0.024	0.029	0.033	0.038	0.043	0.048	0.052	0.057	0.062
35	0.019	0.028	0.038	0.047	0.056	0.066	0.075	0.084	0.093	0.103	0.112	0.121
40	0.025	0.037	0.049	0.061	0.073	0.085	0.097	0.110	0.122	0.135	0.146	0.157
50	0.039	0.059	0.077	0.096	0.115	0.134	0.153	0.172	0.191	0.210	0.229	0.248
70	0.076	0.113	0.150	0.187	0.225	0.262	0.299	0.335	0.374	0.411	0.448	0.485
100	0.155	0.231	0.307	0.383	0.459	0.535	0.611	0.687	0.763	0.839	0.915	0.991

## **GLOSARIO**

Von-Neuman: tipo de arquitectura en la cual el microcontrolador utiliza un único bus por el que circulan datos e instrucciones, de igual forma utiliza una única memoria en donde se almacenan datos e instrucciones

Harvard. Tipo de arquitectura en la cual el microcontrolador posee buses separados para datos e instrucciones.

CISC (*Complex Instructions Set Computer*): tipo de arquitectura en la cual el microcontrolador posee un extenso número de instrucciones, capaces de realizar con una instrucción tareas relativamente complejas. La gran mayoría de los microcontroladores trabajan bajo esta arquitectura.

RAM (*Random Acces Momory*): memoria de lectura/escritura que puede ser fácilmente programada, borrada y reprogramada por el usuario.

ROM (*Read Only Memory*): memoria sólo de lectura programada permanentemente por el fabricante.

RISK (*Reduced Instructions Set Computers*): tipo de arquitectura en la cual el microcontrolador posee pocas instrucciones de programación que además realizan tareas muy sencillas .

SISC (*Specific Instruction Set Computer*): tipo de arquitectura en la cual el microcontrolador posee un número limitado de instrucciones específicas para una tarea concreta, estas instrucciones están pensadas para aplicaciones de control.

EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*): memoria no volátil que puede ser borrada aplicando rayos U.V sobre la ventana con que cuenta. Puede ser grabada nuevamente . Las tensiones de grabación están por encima de las tensiones normales de trabajo y varían entre los 12 y 25V.

EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*): memoria no volátil y a diferencia de la EPROM esta puede ser borrada eléctricamente y es posible borrar o grabar individualmente los bytes o palabras.

OTP (*One Time Programmable*): Memoria similar a la EPROM, la cual sólo puede ser grabada una sola vez y no posee ventana para borrarse con rayos U.V, lo cual la hace más económica.

FLASH: Memoria que permite el borrado de bloques enteros de información. Esta tecnología permite la reprogramación con las tensiones normales de trabajo cuando la memoria ya está montada en la placa de circuito impreso.

NVRAM (*Non-Volatile RAM*): Memoria RAM que se convierte en No-Volatil cuando se alimenta con una batería ó cuando su contenido es guardado en una EEPROM antes de quitar la alimentación y recuperado antes de reestablecerla.

**PWM (*Pulse Width Modulation*):** Técnica de conmutación en la que el voltaje de alimentación es aplicado totalmente a la carga y después retirado, estando los tiempos en nivel alto y bajo controlados con precisión.

**AVR:** Familia de microcontroladores de la compañía ATMEL, que trabaja bajo la arquitectura RISK.

**SPI (*Serial Peripheral Interface*):** Interface que permita la comunicación entre el microcontrolador con otro u otros, o con distintos periféricos.

**SRAM (*Static Random Acces Momory*):** Memoria de lectura/escritura que contiene celdas permanentes de memoria, y mantiene su información binaria indefinidamente, todo el tiempo que esté alimentado el circuito integrado.

**PROTOBOARD:** Tablilla de conexiones que puede usarse varias veces , consiste en una base de plástico con una rejilla de orificios interconectados y se utiliza para conectar componentes electrónicos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Askeland, Donald R., La ciencia e ingeniería de los materiales, grupo editorial Iberoamericana.
- [2] Boylestad, Robert L., Fundamentos de electrónica, prentice hall, 1999, cuarta edición.
- [3] Enríquez, Harper Gilberto, El abc de la instrumentación de control de procesos industriales, limusa noriega editores, México, 2000
- [4] Festo Didactic (México), Manual de trabajo, neumatica.
- [5] Fitzgerald, Robert W., Mecánica de materiales, Alfaomega.
- [6] French, E. Thomas, Vierk, Charles J., Dibujo de ingeniería, mc graw hill, tercera edición.
- [7] Gea, Jose Manuel, Ciclos neumáticos y electroneumáticos, alfaomega-marcombo, barcelona españa, 2000.
- [8] Harrington, David, Autocad 2002, prentice hall, México, 2002.
- [9] Henning, Henning, Foelectrónica, marcombo boixareu editores.
- [10] Hibbeler, Russell C., Mecánica para ingenieros estática, cecsa, sexta edición.
- [11] Lesur, Esquivel Luis, Manual de serigrafía, trillas, méxico, 2002.



- [12] Malvino, Albert Paul, Principios de electrónica, mc graw hill, sexta edición
- [13] Ruiz, Meza Raúl, Diseño de circuitos electrónicos de conmutación. instituto politécnico nacional.
- [14] Suárez , Maciel, Fuentes de alimentación, limusa, méxico, 2002
- [15] The Insiders'Guide Microprocessor hardware, microprocessor report.  
· volume 11, number 9, july 14, 1997
- [16] Tocci, Ronald J. Sistemas digitales principios y aplicaciones, prentice-hall hispanoamericana s.a, sexta edición
- [17] Tokheim, Roger, Fundamentos de los microprocesadores, mc graw hill, México, 1997.
- [18] Torres, Vicente, Microcontroladores, universidad politécnica de valencia.