



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

INGENIERÍA MECÁNICA

Seminario de Graduación 2010, previo a la Obtención del Título de

Ingeniero Mecánico

TEMA

“ESTUDIO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN BRAZO NEUMÁTICO PARA FACILITAR PROCESOS DE APRENDIZAJE EN EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

AUTOR:

AQUILES SANTIAGO REYES ROMO

TUTOR:

ING. SUSANA VALENCIA

AMBATO - ECUADOR

2011

CERTIFICACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **ESTUDIO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN BRAZO NEUMÁTICO PARA FACILITAR PROCESOS DE APRENDIZAJE EN EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**. Elaborado por el señor: Aquiles Santiago Reyes Romo, egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Agosto del 2011.

.....
Ing. Susana Valencia

AUTORÍA

Los contenidos emitidos en el trabajo de investigación: **“ESTUDIO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN BRAZO NEUMÁTICO PARA FACILITAR PROCESOS DE APRENDIZAJE EN EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DE LA CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Ambato, Agosto 15 del 2011

Aquiles Santiago Reyes Romo

C.I. 060345021- 4

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado primeramente a Dios, que hace todo posible, a mis padres que constituyen mi principal motivación y a mi familia que ha sido el motor de mi vida estudiantil y ha hecho que este sueño sea haga realidad.

Santiago Reyes

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato y en especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica, gracias a su formación y el apoyo de grandesmaestros, forjaron mi vida profesionalmente guiándola a seguir creciendo.

A la Ing. Susana Valencia, por su incondicional y acertada dirección en éste proyecto.

A mis compañeros que estuvieron a mi lado en los momentos buenos y malos de la carrera.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A.- PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO ESPAÑOL.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO INGLÉS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

B.- TEXTO

INTRODUCCIÓN.....	ix
-------------------	----

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.....	2
1.2.3 PROGNOSIS.....	2

1.2.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.5	PREGUNTAS DIRECTRICES	3
1.2.6	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4	OBJETIVOS.....	5
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO	6
2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.2	FUNDAMENTACION TEÓRICA.....	7
2.2.1	ROBOT INDUSTRIAL	7
2.2.2	OBJETIVOS DE LA ROBÓTICA INDUSTRIAL	8
2.2.3	GRADOS DE LIBERTAD DE UN ROBOT	9
2.2.4	ESTRUCTURA DE UN ROBOT INDUSTRIAL.....	10
2.2.5	ESLABONES Y ARTICULACIONES.....	11
2.2.6	ESTRUCTURAS BÁSICAS	12
2.2.7	AIRE NEUMÁTICO	14
2.2.8	APLICACIONES INDUSTRIALES Y TECNOLÓGICAS.....	14
2.2.9	SISTEMAS NEUMÁTICOS	15
2.2.10	ACTUADORES	16
2.2.11	CÁLCULO DE LA FUERZA.....	19
2.2.12	CONSUMO DE AIRE EN CILINDROS	20
2.2.13	TIPOS DE SUJECCIÓN	22
2.2.14	VÁLVULAS NEUMÁTICAS	22
2.2.15	FACTORES PARA SELECCIÓN DE VÁLVULAS.....	23
2.2.16	VÁLVULAS SOLENOIDES	24
2.2.17	MOTOR MONOFÁSICO.....	25
2.2.18	INTRODCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	26
2.2.19	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (LOGO)	28
2.2.20	ENTRADAS DIGITALES	29

2.2.21	SALIDAS DIGITALES	29
2.2.22	MOMENTOS DE INERCIA	30
2.3	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	31
2.4	FUNDAMENTACIÓN LEGAL	31
2.5	RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	34
2.6	HIPÓTESIS	34
2.7	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	35

CAPÍTULO III

3	METODOLOGÍA	36
3.1	ENFOQUE	36
3.2	MODALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.3	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLAES	39
3.5.1	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	39
3.5.2	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE	41
3.6	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	42
3.7	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	42

CAPÍTULO IV

4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	43
4.1.1	DATOS OBTENIDOS	43
4.1.1.1	DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ESLABONES	44
4.1.1.2	CILINDROS MONTADOS EN EL MECANISMO	46
4.1.1.3	SISTEMA DE TRANSMICIÓN DE MOVIMIENTO DE LA BASE	48
4.1.1.4	ELEMENTO TERMINAL	49

4.1.1.5	PLC VS MICROCONTROLADOR.....	50
4.1.1.6	ELECTROVÁLVULAS DE CONTROL.....	51
4.2	INTERPRETACION DE LOS DATOS.....	51
4.3	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	51

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1.-	CONCLUSIONES	52
5.2.-	RECOMENDACIONES	53

CAPÍTULO VI

6	PROPUESTA.....	54
6.1	EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE:.....	54
6.2	DATOS INFORMATIVOS	54
6.3	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	55
6.4	JUSTIFICACIÓN.....	56
6.5	OBJETIVOS.....	56
6.5.1	OBJETIVO GENERAL.....	56
6.5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	56
6.6	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	57
6.7	FUNDAMENTACIÓN	57
6.7.1	ESQUEMA NEUMÁTICO	57
6.7.1.1	CÁLCULO DE FUERZA DE LOS CILINDROS	58
6.7.1.1.1	CÁLCULO DE LA FUERZA TEÓRICA DEL CILINDRO A	59
6.7.1.1.2	CÁLCULO DE LA FUERZA TEÓRICA DEL CILINDRO B	60
6.7.1.2	CONSUMO DE AIRE DE LOS CILINDROS	62
6.7.1.2.1	CONSUMO DE AIRE DEL CILINDRO A.....	62
6.7.1.2.2	CONSUMO DE AIRE DEL CILINDRO B.....	62
6.7.1.3	SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS.....	63
6.7.1.4	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	64

6.7.1.5	ELEMENTOS DE CONEXIÓN	65
6.7.2	DISEÑO MECÁNICO.....	65
6.7.2.1	CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.....	65
6.7.2.1.1	CÁLCULO DE LOS MOMENTOS DE INERCIA DE LOS ELEMENTOS DEL MECANISMO	66
6.7.3	SISTEMA ELÉCTRICO.....	71
6.7.3.1	SELECCIÓN DEL AUTOMATA PROGRAMABLE	71
6.7.3.2	SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES.....	73
6.7.3.3	SELECCIÓN DEL CABLE.....	73
6.8	METODOLOGÍA	74
6.8.1	BIBLIOGRÁFICA.....	74
6.8.2	DE CAMPO	74
6.8.2.1	INSTALACIÓN DE LOS FINALES DE CARRERA.....	75
6.8.2.2	INSTALACIÓN DEL CONTROL NEUMÁTICO.....	77
6.8.2.3	ACOPLAMIENTO DEL MOTOR.....	79
6.8.2.4	INSTALACIÓN DE LA CAJA DE CONTROL Y SISTEMA ELÉCTRICO.....	81
6.9	ADMINISTRACIÓN	89
6.9.1	COSTOS DIRECTOS. (C.D).....	89
6.9.2	COSTOS INDIRECTOS.....	92
6.9.3	COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA (C.T.P).....	94
6.10	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	94
6.10.1	MANUAL DEL USUARIO.....	94
6.10.2	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	98
6.10.3	PLAN DE MEJORAS.....	99
	 BIBLIOGRAFÍA	 100
	ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1.Estructura de un robot industrial.....	10
Figura. 2.2. Tipos de articulaciones para robots.	11
Figura. 2.3. Configuraciones Básicas de robots industriales.	12
Figura. 2.4. Estructuras de los sistemas neumáticos.	15
Figura. 2.5. Cilindro simple efecto.....	17
Figura. 2.6. Cilindro de doble efecto.....	18
Figura. 2.7. Cilindro de doble efecto.....	20
Figura. 2.8. Consumo de aire en cilindros.	21
Figura. 2.9. Tipo de sujeción.....	22
Figura. 2.10. Simbología de válvulas distribuidoras neumáticas.....	23
Figura. 2.11. Válvula de solenoide de acción directa (retorno por fuelle).....	25
Figura. 2.12. Partes del motor eléctrico.	25
Figura. 2.13. Motor monofásico con condensador.....	26
Figura. 2.14. Estructura Básica de un PLC.	28
Figura. 2.15...Entradas y salidas del LOGO	29
Figura. 2.16. Momentos de inercia de figuras geométricas.	30
Figura. 2.17. Sistemas de coordenadas.	32
Figura. 2.18. Categorías Fundamentales.....	34
Figura. 6.1. Esquema Neumático.	58
Figura. 6.2. Cilindro Pistón.....	59
Figura. 6.3. Válvula solenoide 5/2.	64
Figura. 6.4. Filtro y regulador integrado	64
Figura. 6.5. Barra delgada de largo L, con eje de rotación en el extremo.	67
6.6. Placa rectangular de lados a y b, eje rotación en el centro perpendicular a la placa.....	68
Figura 6.7.Esfera sólida de radio R, eje de rotación por su eje de simetría.	69
Figura 6.8.Circuito eléctrico inversión de giro del motor.....	71
Figura 6.9 Secuencia de funcionamiento del brazo neumático	82
Figura. 6.10. Diagrama eléctrico de control.....	87
Figura. 6.11. Elementos terminales.....	99

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 4.1 Estado de los eslabones.....	45
IMAGEN 4.2 Estado de los cilindros.	47
IMAGEN 4.3 Estado del engranaje.	48
IMAGEN 4.4 Estado del elemento terminal.	49
IMAGEN 6.1 Final de carrera	75
IMAGEN 6.2 Soporte.	76
IMAGEN 6.3 Finales de carrera instalados	76
IMAGEN 6.4 Finales de carrera instalados	76
IMAGEN 6.5 Elementos necesarios para sistema control neumático	77
IMAGEN 6.6 Instalación de los elementos en las electroválvulas.	78
IMAGEN 6.7 Instalación de racores en los cilindros	78
IMAGEN 6.8 Sujeción de las electroválvulas en la caja	79
IMAGEN 6.9 Acoplamiento del motor	80
IMAGEN 6.10 Acoplamiento del piñón y rueda.	80
IMAGEN 6.11 Conexión del circuito eléctrico y de control	86
IMAGEN 6.12.- Caja del circuito de control	88

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4.1.-Eslabón N°1.	44
TABLA 4.2.-Eslabón N°2.	44
TABLA 4.3.-Cilindro A.....	46
TABLA 4.4.-Cilindro B	46
TABLA 4.5.- Engranaje.....	48
TABLA 4.6.-Elemento terminal.	49
TABLA 4.7.- Ventajas y desventajas de los PLC vs Microcontroladores.....	50
TABLA 4.8.- Aplicaciones de las electroválvulas	51
TABLA 6.1 Entradas y salidas requeridas para la selección del PLC.....	72
TABLA 6.2 Materiales para instalación finales de carrera	75
TABLA 6.3 Materiales para control de cilindros neumáticos.	77
TABLA 6.4 Acoplamiento del motor para el giro horizontal del mecanismo.....	79
TABLA 6.5 Elementos del sistema eléctrico de control.....	81
TABLA 6.6 Elementos del tablero de control.	89
TABLA 6.7 Costos de materiales utilizados para el sistema neumático.	90
TABLA 6.8. Costos de materiales utilizados para el sistema de control y eléctrico.....	91
TABLA 6.9. Costos de materiales utilizados para el sistema de transmisión del movimiento horizontal.	92
TABLA 6.10. Costos de maquinaria y equipos.	93
TABLA 6.11. Costos de mano de obra.	93
TABLA 6.12. Costo total de la máquina.	94
TABLA 6.13. Plan de Mantenimiento Preventivo.....	98

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

SEMINARIO DE GRADUACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA 2011

TEMA: ESTUDIO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN BRAZO NEUMÁTICO PARA FACILITAR PROCESOS DE APRENDIZAJE EN EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Autor: Aquiles Santiago Reyes Romo

Fecha: Agosto – 2011

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo surge de la necesidad de automatizar el mecanismo de brazo neumático del Laboratorio de Neumática, para uso didáctico que conlleve a los estudiantes a cumplir con la parte práctica del desarrollo de la materia. El sistema como se encontró, no contaba con los debidos dispositivos de mando y control de los actuadores, por lo que era desaprovechado para el laboratorio y hacia una utilización indebida del espacio físico.

Usando las herramientas adecuadas como la observación directa se obtuvo resultados favorables que posteriormente se encausó hacia un análisis técnico de la mejor propuesta para la culminación de los objetivos que se plateo al inicio del proyecto.

Llegando a la conclusión que la implementación de un sistema didáctico automatizado en el mecanismo de brazo neumático dinamiza el proceso de aprendizaje.

UNIVERSITY TECHNICAL OF AMBATO

SEMINAR GRADUATION OF MECHANICAL ENGINEERING 2011

THEME:STUDY OF AUTOMATION IN A PNEUMATIC ARM TO FACILITATE LEARNING PROCESSES IN THE LABORATORY OF NEUMATIC OF THE FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING OF TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO.

Author: AquilesSnatiago Reyes Romo

Date: May – 2010.

SUMMARY EXECUTIVE

This research work arises from the need to automate the arm mechanism Laboratory Pneumatic for use that involves teaching students to meet the practical development of the subject. The system as found, did not have the due control devices and control of the actuators, so it was wasted for the laboratory and into improper use of physical space.

Using the right tools and direct observation was obtained favorable results were subsequently indicted to a technical analysis of the best proposal for the completion of the objectives is plated at the start of the project.

Concluding that the implementation of an automated teaching system in the pneumatic arm mechanism streamlines the learning process.

INTRODUCCIÓN

La ejecución de este proyecto se realizará en el laboratorio de Neumática de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica con la idea de servir de modelo para los alumnos de la asignatura. Igualmente se pretende que sea una máquina-exposición del trabajo que se desarrolla en el laboratorio.

El presente trabajo de investigación se compone de seis capítulos ordenados de la siguiente manera: El primer capítulo trata sobre el problema que va a ser investigado. EL segundo se compone de todo el Marco Teórico que rige la investigación. El tercer capítulo consta de la metodología que es bibliográfica de campo y experimental. El cuarto capítulo trata sobre al análisis e interpretación de resultados, de los cuales se tiene las fotografías tomadas antes de la culminación del proyecto. El quinto capítulo pertenece a las conclusiones y recomendaciones. Para finalmente en el sexto capítulo plantear la propuesta que motivo la realización de este proyecto, aquí se detalla los cálculos realizados, esquemas, costos así como manual del usuario, plan de mantenimiento y un plan de mejoras.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.

ESTUDIO DE AUTOMATIZACIÓN DE UN BRAZO NEUMÁTICO PARA FACILITAR PROCESOS DE APRENDIZAJE EN EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DE LA CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.

El incremento constante de la automatización en los sistemas neumáticos, utilizados en múltiples aplicaciones industriales a nivel mundial, hace indispensable que los ingenieros y técnicos mantengan actualizados los conocimientos, además que se requiere una relación profunda entre lo teórico y práctico, a la par del desarrollo tecnológico acelerado que vivimos actualmente.

En el Ecuador las industrias muestran un deficiente grado de utilización de mecanismos neumáticos automatizados, para la realización de tareas como por ejemplo: la manipulación de piezas con sustancias químicas peligrosas, brazos manipuladores destinados a la interacción hombre-máquina como transporte de vidrios de centro para mesas, para reparación de líneas eléctricas, en líneas de ensamblaje de automóviles para procesos de soldadura, las operaciones de carga y

descarga de máquinas como prensas, estampadoras, hornos o la posibilidad de usar un mismo robot para transferir una pieza a través de diferentes máquinas de procesado, manipulación de piezas sobre una plataforma o bandeja (palet), etc.

El laboratorio de Neumática de la Facultad de Ingeniería Mecánica cuenta con instrumentos para la realización de prácticas de Neumática, cuyos mecanismos no facilitaban los procesos de aprendizaje ya que no mostraron una aplicación práctica en la automatización de los procesos, lo que ha dejado inservible a varios aparatos y dispositivos existentes en dicho laboratorio y a vista de los estudiantes no se los encuentra interesantes para fortalecer sus conocimientos porque simplemente no están operables.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.

El desinterés para facilitar procesos de aprendizaje en el área de neumática en mecanismos controlados automáticamente, utilizando los equipos con los que cuenta el laboratorio, ha dejado relegados instrumentos que podrían ser utilizados con la debida automatización y que muestren novedosas formas de utilización de los mismos.

Así mismo el desconocimiento de los potenciales usos y fines que se le puede dar a los mecanismos neumáticos para el transporte de materiales, influyó directamente para que los estudiantes sean apáticos a la creación y desarrollo de nuevos mecanismos y procesos útiles y acordes a las necesidades empresariales del país.

1.2.3 PROGNOSIS.

Al no realizar la automatización del brazo neumático se estaría negando a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica la oportunidad de fortalecer su aprendizaje con mecanismos neumáticos que cumplan operaciones básicas de

transporte o levantamiento de pequeñas muestras, limitando su desarrollo académico.

En un mundo cada vez más competitivo y globalizado la falta de dispositivos didácticos, que faciliten a los estudiantes el aprendizaje en la carrera de Ingeniería Mecánica, influye de manera negativa en muchos aspectos que conforman la formación integral del estudiante como la competitividad, lo que afecta su posterior inserción en el campo laboral limitando muchas oportunidades de crecimiento personal e institucional.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿La automatización de un brazo neumático facilitará el proceso de aprendizaje en el laboratorio de Neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES.

- ¿Cuáles son los tipos de automatización que se puede realizar en el brazo neumático?
- ¿Qué tipo de proceso puede facilitar el aprendizaje a los estudiantes en el laboratorio de Neumática de la carrera de Ingeniería Mecánica?
- ¿Cuáles serán los dispositivos adecuados para el funcionamiento del brazo neumático automatizado?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

Temporal.

El presente trabajo de investigación se realizará en el periodo de Febrero a Agosto del 2011.

Espacial.

Este estudio se realizará en la ciudad de Ambato sector Huachi Chico, en el laboratorio de Neumática de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

De contenido.

Campo: Diseño de elementos mecánicos y automatización

Área:

- Sistemas CAD- CAM
- Control industrial
- Electrotecnia
- Neumática y Oleohidráulica
- Diseño de Proyectos de Investigación.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

La razón principal que se realizó el proyecto de investigación es estimular en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica la utilización de los equipos neumáticos susceptibles a automatización, para facilitar su proceso de aprendizaje en pequeñas aplicaciones prácticas, pero que sirvan como punto de partida para desarrollar una visión más amplia de lo que se puedan lograr a nivel industrial, contribuyendo con el adelanto tecnológico del país.

El presente trabajo permitió que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en las aulas, en un mecanismo que contribuya con el fortalecimiento académico y desarrollo de sus competencias mejorando su nivel, para otorgar reconocimiento a la carrera de Ingeniería Mecánica y por ende a la Universidad Técnica de Ambato acrecentando su prestigio.

El estudio de automatización fue factible de realizar ya que se cuenta con los conocimientos necesarios en el área de Neumática, Control y Automatización,

además el laboratorio de Automatización y Neumática dispone de los equipos necesarios como: brazo neumático y compresor así mismo existen en el mercado nacional y local, los equipos y dispositivos requeridos para el desarrollo del proyecto como: PLC, electroválvulas, motores, etc. Con costos accesibles para su adquisición.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Realizar la automatización de un brazo neumático para facilitar procesos de aprendizaje en el laboratorio de Neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar los tipos de automatización posibles para un brazo neumático.
- Determinar el mejor proceso que facilite el aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
- Implementar los dispositivos adecuados para el funcionamiento del brazo neumático automatizado.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO.

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

Se ha investigado alguna referencia parecida al tema de nuestro trabajo de investigación, en los proyectos y tesis de la Facultad de Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, pero no se ha encontrado ninguna por lo que se ha ampliado la investigación a otras Universidades del País encontrándose las siguientes Tesis de la Escuela Politécnica Nacional de Quito.

Fuente: Tesis

Autor: Lenin Giovanny Polanco Herrera, Edison Jair Villarruel Cuadrado

Año de Publicación: 2009

Lugar: Escuela Politécnica Nacional.

Tema: “Diseño y construcción de un módulo didáctico con controladores programables; para el laboratorio de automatización industrial de procesos mecánicos de la facultad de ingeniería mecánica”.

Conclusiones:

- Una vez finalizado el proyecto se ha cumplido el objetivo principal que comprendía el diseño y construcción de un módulo didáctico con controladores programables para el laboratorio de Automatización Industrial de Procesos Mecánicos de la Facultad de Ingeniería Mecánica que posee como aplicación un brazo robótico manipulador.

Fuente: Tesis

Autor: Diego Armando Moya Pinta

Año de Publicación: 2010

Lugar: Escuela Politécnica Nacional.

Tema: “Modelo y análisis cinemático de un robot manipulador esférico industrial aplicando matlab”.

Conclusiones:

- Al finalizar la investigación se concluye presentando una alternativa de análisis al proceso de diseño y modelamiento cinemático de un robot industrial. Este proceso involucra varias etapas, entre las cuales esta: el diseño funcional, el análisis cinemático, el diseño mecánico estructural, el diseño del control automático y la construcción. El presente proyecto de investigación entrega una metodología simple que resume el diseño funcional con la ayuda de una plataforma CAD, en este caso particular el SolidWorks, y el análisis cinemático con la ayuda de Matlab.
- El diseño funcional del robot esférico responde a características esencialmente geométricas y no a un diseño detallado donde se involucren, fuerzas, momentos y aceleraciones.

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.2.1 ROBOT INDUSTRIAL.

En el país no hay una definición consensuada para describir el concepto de robot industrial, pero se puede encontrar varias definiciones aceptadas a nivel mundial.

- **Definición del RIA.**

ROBOTICS INSTITUTE OF AMÉRICA lo define como un manipulador multifuncional y reprogramable capaz de mover materiales, piezas, herramientas o

dispositivos especializados según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.¹

- **Definición de la organización internacional de estándares (ISO).**

Robot manipulador industrial.

Manipulador multifuncional reprogramable de 3 o más grados de libertad, capaz de manipular piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas.

Por tanto, es un dispositivo mecánico controlado por elementos eléctricos y electrónicos capaz de desarrollar tareas industriales previamente programadas por el hombre en un lenguaje computacional. La concepción de la robótica en su sentido más amplio abarca en la actualidad sistemas muy diversos que involucran: sensores, actuadores, control automático computarizado e “inteligentes” es decir con capacidad de relación con el entorno a través de retroalimentación sensorial, autoprogramación y toma de decisiones.

2.2.2 OBJETIVOS DE LA ROBÓTICA INDUSTRIAL.

Los procesos industriales de producción masiva requieren aumentar y mejorar la calidad de los productos fabricados; ya que la repetitividad y la precisión son dos características fundamentales de la robótica, esta permite mejorar el nivel de competitividad y productividad de las industrias y empresas manufactureras.

Las causas que ocasionan la mejora de la productividad se pueden resumir como sigue:

Aumento de la velocidad en los procesos productivos. La repetición automática de los movimientos del robot, con optimización de la velocidad, representa una

¹ BARRIENTOS A.; Fundamentos de Robótica; Segunda Edición; España; 2007; Pág.17-18.

reducción en el ciclo parcial controlado por el manipulador, así como un incremento del rendimiento total en la línea de producción o montaje.

El elevado tiempo de funcionamiento sin fallos, que es previsible esperar de un robot industrial, repercute favorablemente en la consecución de un trabajo uniforme e ininterrumpido.

El robot permite trabajar a la máxima velocidad a las máquinas a las que atiende, así como operar con las características más favorables de los equipos junto con los que trabaja.

Acoplamiento ideal para producciones de series cortas y medianas. La fácil programación, unida a la adaptabilidad de numerosas herramientas de trabajo, permite al robot constituirse como una célula flexible de fabricación.

Rápida amortización de la inversión. La sustitución de la mano de obra que el robot introduce va acompañada de una reducción importante de los costos directos e indirectos. Cabe destacar, un mejor uso de las herramientas, lo que implica su mayor duración y, por otra parte, un decrecimiento en los desperdicios de material.²

2.2.3 GRADOS DE LIBERTAD DE UN ROBOT.

Los robots consisten en un conjunto de eslabones conectados mediante articulaciones que permiten el movimiento relativo entre los eslabones adyacentes. En el caso de los robots industriales el número de grados de libertad suele equivaler al número de articulaciones siempre y cuando cada articulación tenga un solo grado de libertad.

Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior, se denomina grado de libertad (GDL).

² ANGULO USÁTEGUI J., AVILÉS R.; Curso de Robótica; 1ra. Edición; Ed. Paraninfo; Madrid; 1985; Pág. 19 -20.

El número de GDL del robot viene dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. Puesto que mayoritariamente se utilizan las articulaciones de rotación y prismática, con un solo GDL cada una, el número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones de que se compone.

2.2.4 ESTRUCTURA DE UN ROBOT INDUSTRIAL.

- Eslabones y articulaciones
- Reductores
- Actuadores
- Sistema sensorial
- Sistema de control
- Elementos terminales

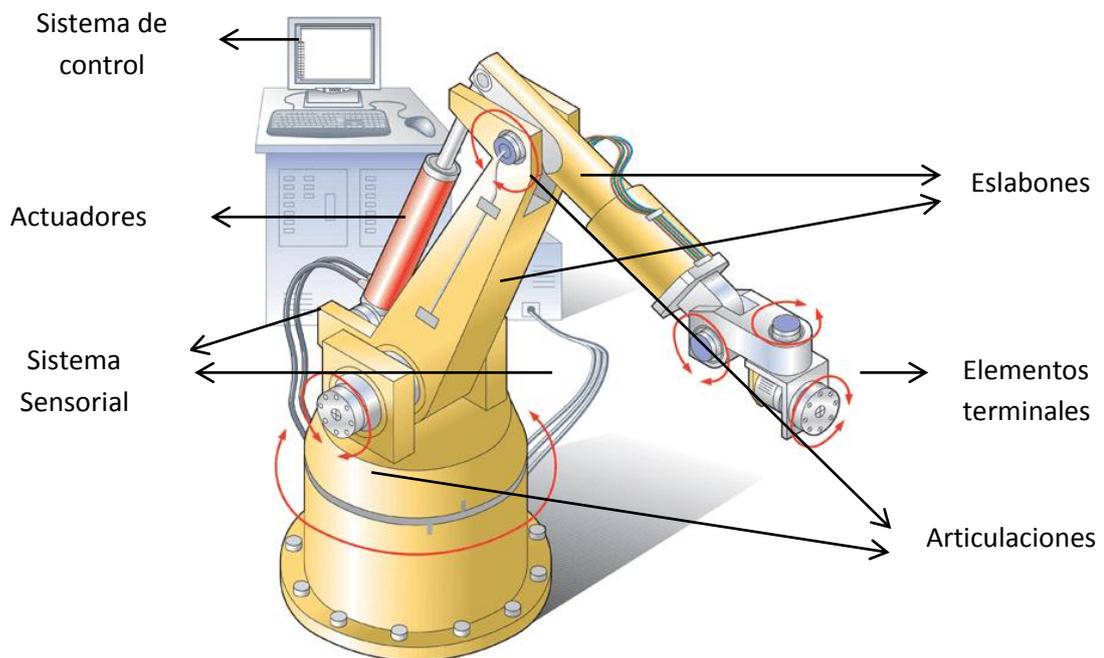


Fig. 2.1 Estructura de un robot industrial.³

³ www.kalipedia.com/tecnologia/tema/movimiento-robots.

2.2.5 ESLABONES Y ARTICULACIONES.

Mecánicamente, un robot está formado por una serie de elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos.

La figura 2.2 muestra los distintos tipos de articulaciones que disponen los sistemas brazo – robot.

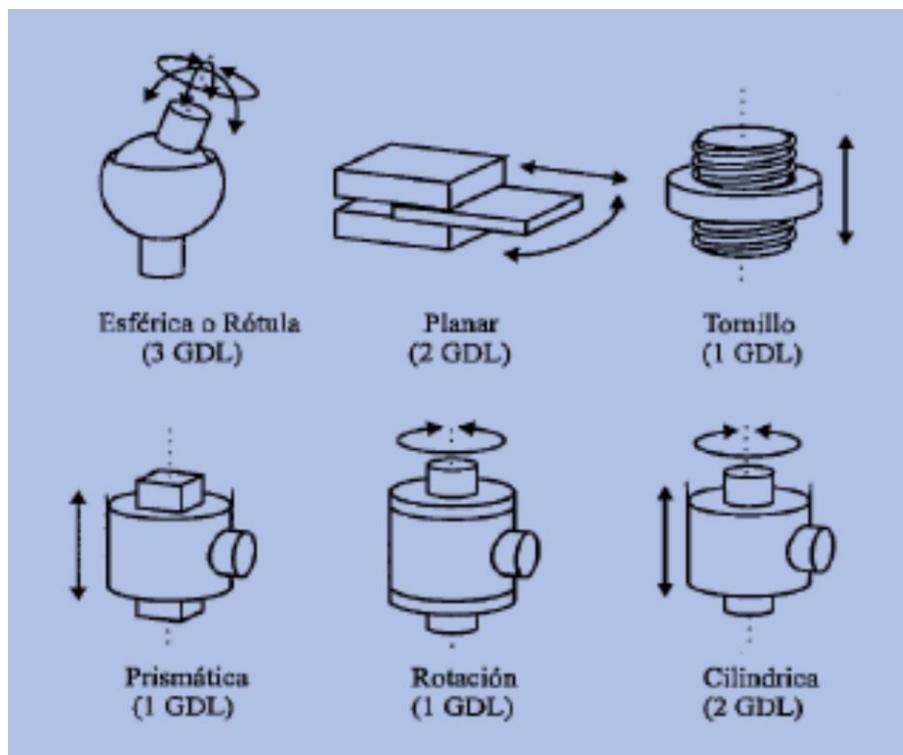


Fig. 2.2 Tipos de articulaciones para robots.⁴

El movimiento de cada articulación puede ser de desplazamiento, de giro, o una combinación de ambos. Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación se denomina grado de libertad (GDL) de este modo son posibles seis tipos diferentes de articulaciones, aunque en la práctica, en los robots sólo se emplean la de rotación y la prismática.

⁴ BARRIENTOS A.; Fundamentos de Robótica; Segunda Edición; España; 2007;Pág.17-18.

2.2.6 ESTRUCTURAS BÁSICAS.

La estructura típica de un manipulador consiste en un brazo compuesto por elementos con articulaciones entre ellos. En el último enlace se coloca un órgano terminal o efector final, tal como una pinza o un dispositivo especial para realizar operaciones. Se consideran, en primer lugar, las estructuras más utilizadas como brazo de un robot manipulador.

Estas estructuras tienen diferentes propiedades en cuanto a espacio de trabajo y accesibilidad a posiciones determinadas. En la figura 2.3 se muestran cuatro configuraciones básicas.

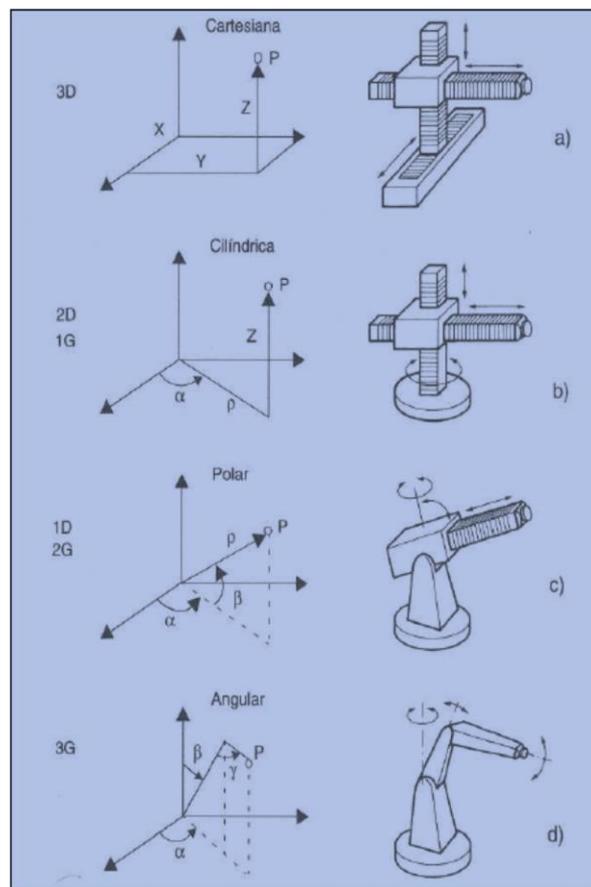


Fig. 2.3 Configuraciones Básicas de robots industriales.⁵

⁵ OLLERO, A; Robótica manipuladores y robots móviles. Alfaomega. España. 2001. Pág. 19.

- ***Configuración Cartesiana.***

Se ilustra en la figura 2.3. a) La configuración tiene tres articulaciones prismáticas (3D o estructura PPP) esta configuración es bastante usual en estructuras industriales, tales como pórticos, empleadas para el transporte de cargas voluminosas.

La especificación de la posición de un punto se efectúa mediante las coordenadas cartesianas x , y , z . Los valores que deben tomar las variables articulares corresponden directamente a las coordenadas que toma el extremo del brazo.

Por consiguiente en esta configuración se simplifica la tarea del controlador del robot que debe generar las órdenes para ejecutar una trayectoria definida mediante una secuencia de puntos expresados en coordenadas cartesianas.

Sin embargo, la configuración no resulta adecuada para acceder a puntos situados en espacios relativamente cerrados y su volumen de trabajo es pequeño cuando se compara con el que puede obtenerse con otras configuraciones

- ***Configuración Cilíndrica.***

Esta configuración tiene dos articulaciones prismáticas y una de rotación (2D, 1G). La primera articulación es normalmente de rotación (estructura RPP), como se muestra en la fig. 2.3. b) la posición se especifica de forma natural en coordenadas cilíndricas.

- ***Configuración Polar o Esférica.***

Esta configuración se caracteriza por dos articulaciones de rotación y una prismática (2G, 1D o estructura RRP). En este caso, las variables articulares expresan la posición del extremo del tercer enlace en coordenadas polares, tal como se muestra en la fig.2. 3 c).

- **Configuración Angular.**

Esta configuración es una estructura con tres articulaciones de rotación (3G o RRR), tal como se muestra en la fig. 2.3 d). La posición del extremo final se especifica de forma natural en coordenadas angulares.

La estructura tiene un mejor acceso a espacios cerrados y es fácil desde el punto de vista constructivo. Es muy empleada en robots manipuladores industriales, especialmente en tareas de manipulación que tengan una cierta complejidad.

- **Configuración Scara.**

Esta configuración es especialmente diseñada para realizar tareas de montaje en un plano. Está constituida por dos articulaciones de rotación con respecto a dos ejes paralelos, y una de desplazamiento en sentido perpendicular al plano.

2.2.7 AIRE NEUMÁTICO.

El aire neumático que se utiliza para las diferentes aplicaciones en la industria tiene las siguientes características:

- Debe ser seco y sin contaminantes
- Debe ser limpio lo que se consigue con filtros de hasta 40 micras
- El aire comprimido para su utilización no sobrepasa los 10 bar y en uso general está entre 6 a 8 bar.⁶

2.2.8 APLICACIONES INDUSTRIALES Y TECNOLÓGICAS.

Dentro de las aplicaciones más notables podemos destacar las siguientes:

- Maquinaria para industria: plástica, alimentos, petrolera, textil, bebidas, agrícola, etc.
- Equipamiento para robótica y manipulación automatizada.

⁶ CABRERA Santiago, Guía de Módulo Neumática y Oleohidráulica. 2010, Pág. 2.

- Accionamiento de válvulas y control de compuertas.
- Equipo para montaje industrial.⁷

2.2.9 SISTEMAS NEUMÁTICOS.

Consideramos a un sistema como neumático cuando su funcionamiento es en base a aire comprimido es decir a presión superior a la atmosférica.

El circuito neumático está compuesto por una fuente de alimentación llamada compresor del cual se obtiene el aire comprimido, el cual se almacena en un receptor, del cual se conduce por medio de válvulas a los actuadores como pueden ser cilindros.

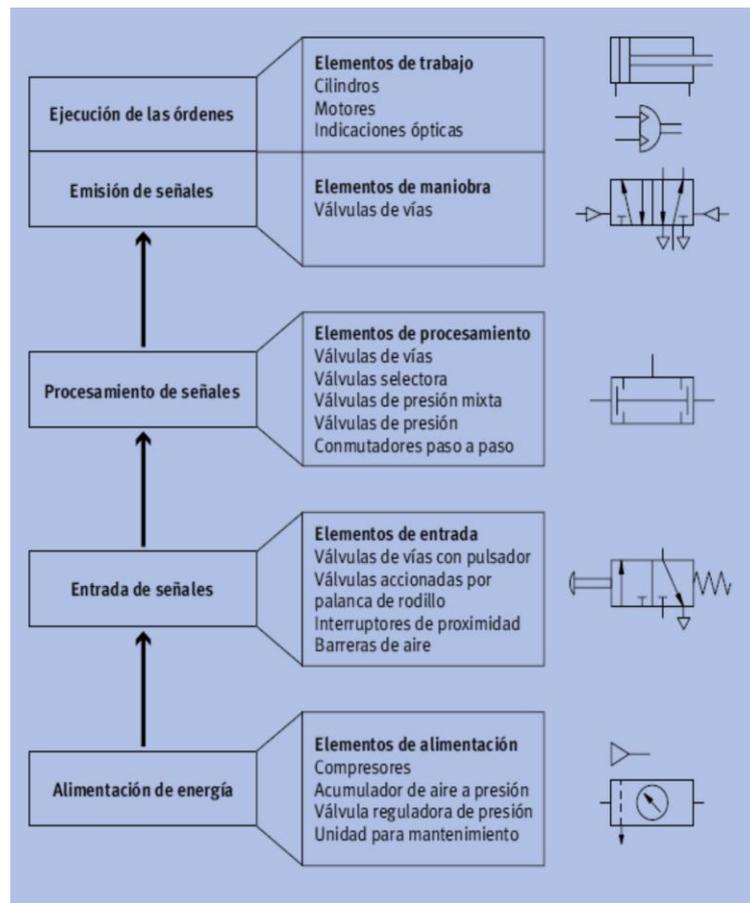


Fig. 2.4 Estructuras de los sistemas neumáticos.⁸

⁷ CABRERA Santiago, Guía de Módulo Neumática y Oleohidráulica. 2010, Pág.4.

2.2.10 ACTUADORES.⁹

Son elementos de sistemas de control que transforman la salida de un micro controlador en una acción de control para una máquina o dispositivo. Por ejemplo algunas aplicaciones de los actuadores se ven si es necesario transformar la salida eléctrica del controlador en un movimiento lineal que realiza el desplazamiento de una carga o en la acción que controle líquido que entra y circula en una tubería.

Los actuadores pueden ser de diferente tipo: mecánicos neumáticos, hidráulicos, y eléctricos.

➤ *Actuadores hidráulicos y neumáticos.*

Estos tipos de actuadores obtienen su energía mediante movimiento de fluidos, en el caso de los actuadores hidráulicos el fluido suele ser aceite a presión, mientras que en los actuadores neumáticos el fluido es aire comprimido. La diferencia entre estos actuadores radica en la capacidad para contener la presión del fluido, los sistemas neumáticos suelen operar a unos 100 psi mientras que los hidráulicos operan de 1000 a 3000 psi.

Los sistemas neumáticos se complementan con los electrónicos para obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Utilizan válvula de control, señales de realimentación finales de carrera, etc. PLC les permite programar la lógica de funcionamiento de un cilindro o un conjunto para realizar una tarea específica.¹⁰

➤ **Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo.**

Tenemos los cilindros neumáticos que generan movimiento rectilíneo con elementos mecánicos combinados con accionamientos eléctricos supone un gasto considerable

⁸ Festo. Fundamentos de Neumática

⁹ BOLTON W; Mecatrónica: Sistemas de Control electrónico en la Ingeniería Mecánica y Electrónica; Alfaomega Segunda Edición.; México; 2006.

¹⁰ CREUS A; Neumática e Hidráulica; Alfaomega; Primera Edición; México 2007; Pág. 10.

➤ **Cilindros de simple efecto.**¹¹

Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa. El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande.

En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm. Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

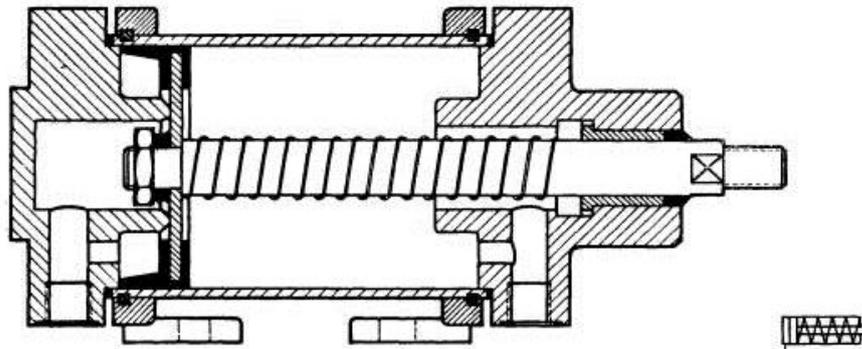


Fig. 2.5 Cilindro de simple efecto.¹²

➤ **Cilindros de doble efecto.**¹³

La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno.

¹¹ www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm.

¹² www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm.

¹³ www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm.

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

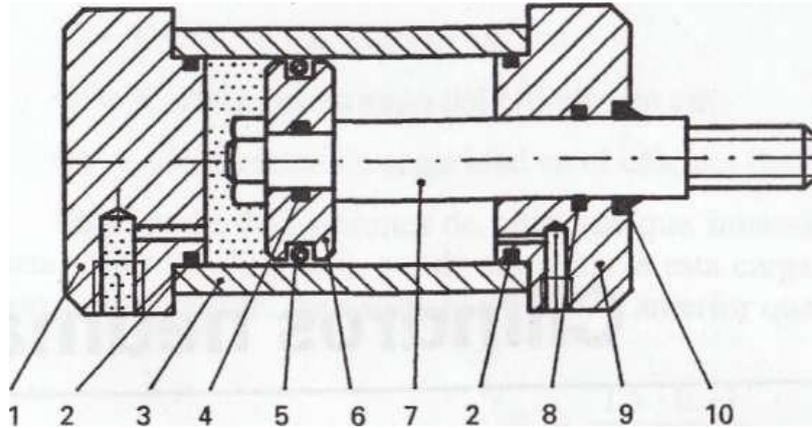


Fig. 2.6 Cilindro de doble efecto.¹⁴

Esencialmente un cilindro neumático se compone de tapa trasera (1), tubo o camisa (3), pistón (6), vástago (7) y tapa delantera (9). Para conseguir la estanqueidad es preciso que tanto las tapas, como el pistón y el vástago, posean las correspondientes juntas de cierre. Así, en las tapas se montan juntas estáticas (2), en el pistón juntas estáticas (4) y dinámica (5), y en el vástago la dinámica (8). La junta (10) es lo que se denomina anillo rascador, y tiene por misión limpiar el vástago de impurezas de polvo y suciedad que pueden adherirse a la superficie, cada vez que éste avanza y se pone en contacto con el aire ambiente.¹⁵

Cuando las velocidades de traslación de las masas que operan los cilindros son altas, es prudente amortiguar la velocidad al final de la carrera para evitar choques

¹⁴ SERRANO. N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008. Pág.88.

¹⁵ SERRANO. N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008. Pág. 88.

toscas, ruido excesivo, y deterioro de algunas partes. La amortiguación se realiza en el mismo cilindro.

2.2.11 CÁLCULO DE LA FUERZA.

La fuerza desplegada por un cilindro de doble efecto al avanzar el vástago depende de la presión del aire, de la sección del émbolo y del rendimiento o pérdidas por rozamiento en las juntas dinámicas. En el retroceso es importante también considerar el diámetro del vástago.

Generalmente la fuerza de un cilindro se calcula para una presión de aire de unos 6 bar, que es la que normalmente, garantiza la red de distribución. Eso no significa que puedan ser consideradas otras presiones por encima o por debajo de la mencionada.

En todos los casos, y dada la facilidad con que se regula la presión, es conveniente sobredimensionar algo el cilindro por si, accidentalmente, en un momento determinado, la red proporciona una presión inferior a la estimada en principio.¹⁶

El rendimiento de los cilindros, depende del diseño del mismo y, por tanto, del fabricante. Como orientación se puede considerar.

- Para cilindros de hasta $D = 40 \text{ mm} \rightarrow R = 0,85$
- Para cilindros superiores a $D = 40 \text{ mm} \rightarrow R = 0,95$

En cilindros de doble efecto, Fig. 2.6, la fuerza efectiva de avance será:

¹⁶ SERRANO. N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008. Pág. 89.

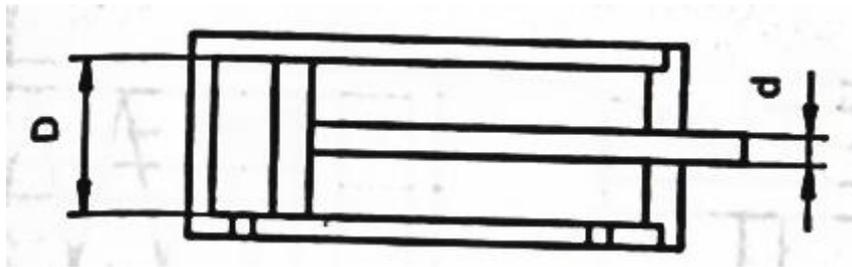


Fig. 2.7 Cilindro de doble efecto.¹⁷

$$F_a = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot R \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Dónde:

F_a = Fuerza del cilindro (Kgf ó N)

F_r = Fuerza de retroceso (Kgf ó N)

D = Diámetro del cilindro en centímetros (cm)

d = Diámetro del vástago en centímetros (cm)

P = Presión del aire en bar

R = Rendimiento del cilindro

La fuerza en el retroceso para estos mismos cilindros será:

$$F_r = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P \cdot R \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Para obtener la fuerza real será necesario multiplicar dicha fuerza por el rendimiento así tenemos:

$$F_{ra} = F_a * R \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

$$F_{rr} = F_r * R \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

2.2.12 CONSUMO DE AIRE EN CILINDROS.

El consumo de aire en cilindros o en otros actuadores es de vital importancia para evaluar las dimensiones del compresor y del depósito, o simplemente para

¹⁷ SERRANO. N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008. Pág.88.

conocer el gasto energético de los elementos neumáticos. El consumo de aire de un cilindro depende de diferentes factores como: sección del cilindro, carrera del mismo, frecuencia del ciclo y presión de trabajo. Normalmente el consumo de aire en litros se expresa a presión atmosférica o a 1 presión del aire libre. Pero no solamente consume aire el cilindro sino que el resto de 3 componentes, incluidas las tuberías, favorecen también a aumentar el consumo. En los cilindros de doble efecto, será necesario considerar el ciclo completo, es decir, avance y retroceso del émbolo.

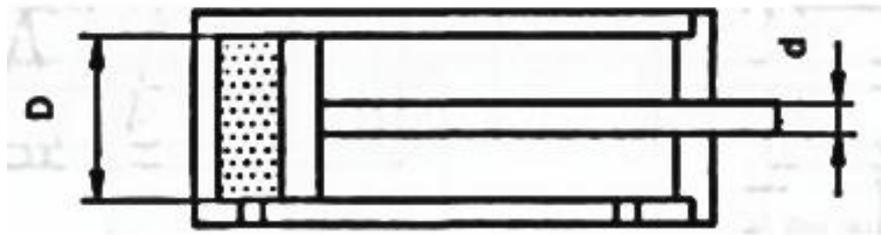


Fig. 2.8 Consumo de aire en cilindros.¹⁸

$$Q = \frac{\pi.C.P.n}{4000} (2D^2 - d^2) \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

Dónde:

Q = Consumo total de aire en l/min

D = Diámetro del cilindro en cm

d = Diámetro del vástago en cm

C = Carrera del vástago en cm

P = Presión de trabajo del cilindro en bar

n = Número de ciclos por minuto

Los consumos adicionales por tuberías y otros elementos neumáticos se estiman entre el 20 y 30% del consumo de los cilindros.

¹⁸ SERRANO. N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008. Pág.92.

2.2.13 TIPOS DE SUJECIÓN.

El tipo de sujeción depende de la forma en la que esté acoplado el cilindro en los equipos y máquinas. El tipo de sujeción facilita el uso de los cilindros para diferentes fines, en la figura 2.9 representa los tipos de fijación más comunes para cilindros neumáticos.

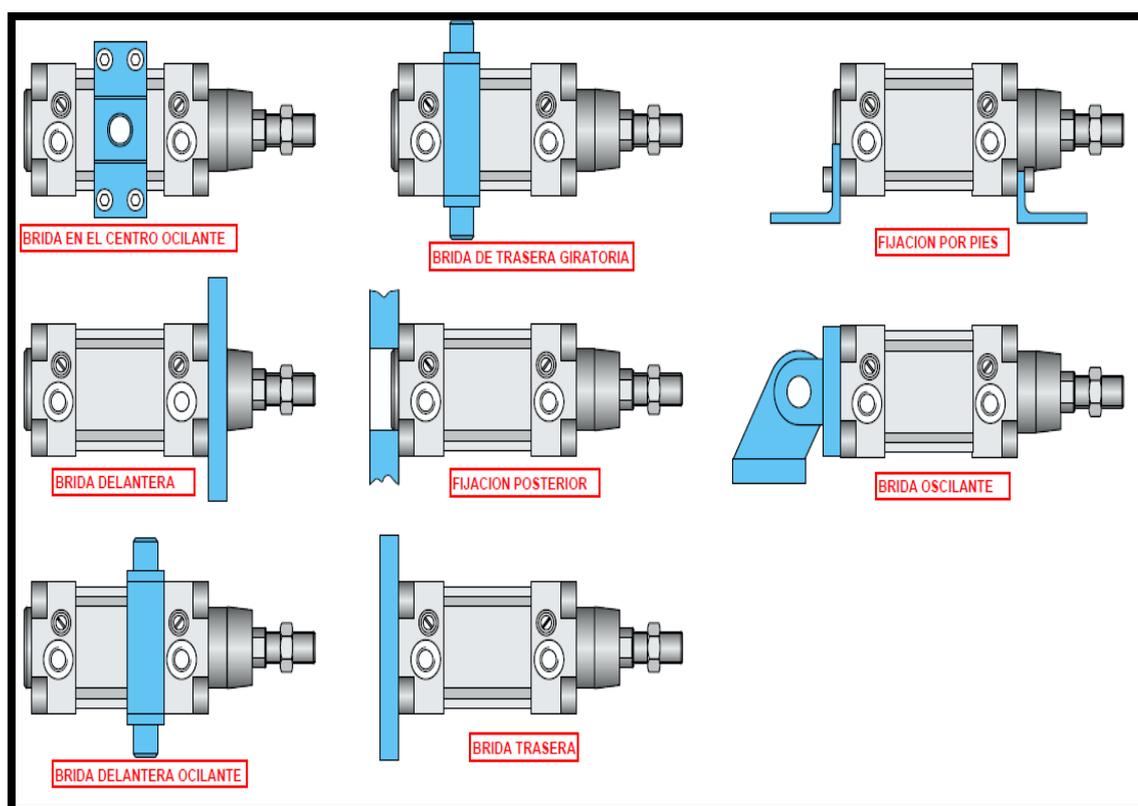


Fig. 2.9 Tipo de sujeción.¹⁹

2.2.14 VÁLVULAS NEUMÁTICAS.

Las válvulas neumáticas o también llamadas distribuidoras cumplen con la función de distribuir el aire comprimido hacía varias vías en el arranque, la parada y el cambio de sentido del movimiento del pistón dentro del cilindro.

¹⁹ Festo. Fundamentos de Neumática.

En cuanto a la simbología de estas válvulas se ocupa la norma DÍN-ISO 1219 (Internacional Standard Organization) y CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas), que se detalla en la Fig. 2.10

Tipificación según vías/posiciones: Válvula X/Y

X: Significa el número de vías o tomas de interconexión hacia la alimentación de la presión, salidas y escapes, así como: 2, 3, 4 o 5

Y: Representa la cantidad de posiciones del distribuidor, así: 2 o 3

ISO 1219 Alfabética	CETOP Numérica	Función
P	1	Conexión del aire comprimido (alimentación)
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías o vías de trabajo
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga o escape
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
L	9	Fuga

Fig. 2.10 Simbología de válvulas distribuidoras neumáticas.²⁰

Válvula normal cerrada = No permite el paso del aire en posición de reposo. Si se excita (acciona), permite circular el aire comprimido.

Válvula normal abierta = En reposo el paso del aire está libre y al excitarla (accionarla) se cierra.

Posición de partida = Movimiento de las partes móviles de una válvula al estar montada en un equipo y alimentarla a la presión de la red neumática.²¹

2.2.15 FACTORES PARA SELECCIÓN DE VÁLVULAS.²²

Los principales factores que se toman en cuenta a la hora de seleccionar el tipo de válvula son:

²⁰ CREUS A; Neumática e Hidráulica; Alfaomega; Primera Edición; México 2007. Pág. 52.

²¹ CREUS A; Neumática e Hidráulica; Alfaomega; Primera Edición; México 2007. Pág. 52.

²² CABRERA Santiago, Guía de Módulo Neumática y Oleohidraulica. 2010, Pág.61-62.

Número de vías: Dependiendo del dispositivo actuador demandado tenemos:

- Cilindro simple efecto: Válvula 3/2
- Cilindro doble efecto: Válvula 4/2, 5/3, 5/2

Número de posiciones: Dependiendo de las condiciones operativas del circuito:

- Cilindro doble efecto con parada intermedia: Válvula 5/3
- Cilindro doble efecto sin parada intermedia: Válvula 5/2

Tipo de mando: Según la naturaleza de la señal que entra tenemos:

- Musculares (de mano o pie)
- Mecánicos
- Neumáticos y eléctricos.

Tamaño de la válvula: Según el caudal de aire comprimido:

- Velocidad de actuadores
- Presión de trabajo.

2.2.16 VÁLVULAS SOLENOIDES.

En este tipo de válvulas el accionamiento se realiza por medio de bobinas de solenoide que en el caso de máxima seguridad están siempre alimentadas, para que ante un fallo en la alimentación eléctrica, vayan a la posición de seguridad. Estas válvulas distribuidoras las hay de 2/2 (2 vías, 2 posiciones) o 3/2 (3 vías, 2 posiciones), 4/2 (4 vías, 2 posiciones) y 5/2 (5 vías, 2 posiciones). Las válvulas de 5 vías son semejantes a las de 4 vías diferenciándose en que disponen de orificios de escape separados para cada tubería de entrada.

Los sistemas electroneumáticos permiten un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Controlan los cilindros utilizando válvulas de solenoide y adquieren

las señales de realimentación a través de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos con final de carrera.



Fig. 2.11 Válvula de solenoide de acción directa (retorno por fuelle).²³

2.2.17 MOTOR MONOFÁSICO.

El funcionamiento de un motor se basa en la acción entre los campos magnéticos opuestos que giran un rotor, (eje interno) de manera opuesta al estator (imán externo o bobina), esto sería hablando en términos generales.

La mayoría de los motores monofásicos son de caballaje fraccionario es decir menos de 1 HP y su utilización se da mayoritariamente en aplicaciones pequeñas como artefactos electrodomésticos tales como: máquinas de coser, taladros, aspiradoras, acondicionadores de aire, etc.

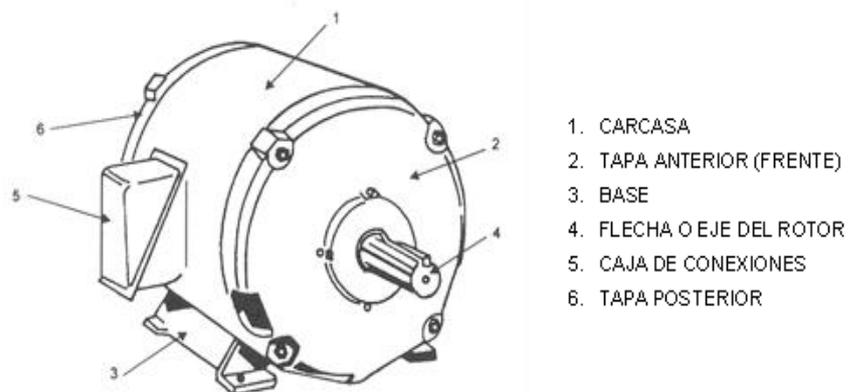


Figura 2.12 Partes del motor eléctrico.²⁴

²³ CREUS A; Neumática e Hidráulica; Alfaomega; Primera Edición; México 2007. Pág. 61.

²⁴ www.educarchile.cl/UserFiles/P0029/File/Objetos.../ELE.../Motor.doc.

Motor de condensador.

El motor monofásico tiene un condensador conectado en serie al bobinado auxiliar de arranque que mejora el par de arranque, llegando a conseguir uno de 3.5 veces el par nominal. En la Fig. 2. 13, se puede ver el esquema del motor monofásico de fase partida con condensador.

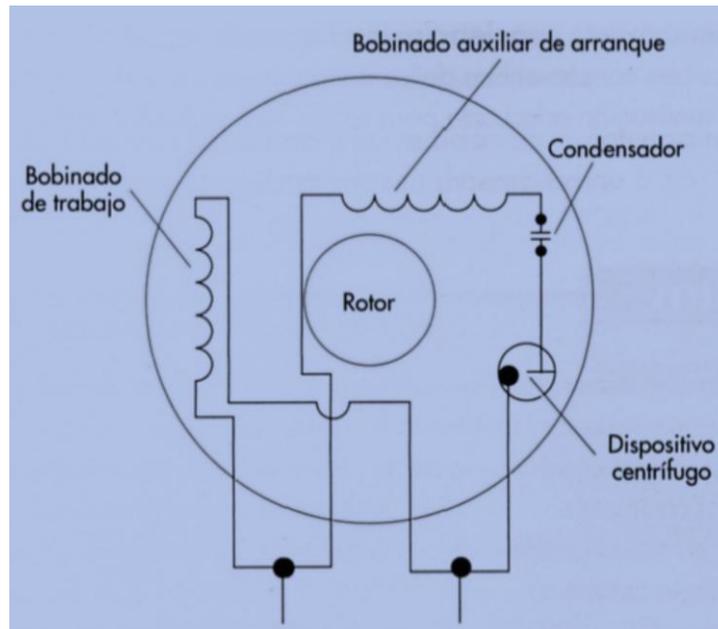


Figura 2.13 Motor monofásico con condensador.²⁵

2.2.18 INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.

En la industria actual, la mayor parte de los procesos de fabricación son automatizados. En los sistemas automatizados la decisión, la inteligencia que realiza las acciones de fabricación no las realiza el ser humano. La inteligencia del proceso está contenida en la unidad de control o mando del sistema de fabricación. La realización tecnológica de esa inteligencia ha adoptado diferentes formas o implementaciones a lo largo de la historia industrial. Desde automatismos puramente mecánicos, hasta los autómatas programables actuales.

²⁵ <http://pdf.rincondelvago.com/motores-de-corriente-alterna.html>.

El termino Automatización viene de la palabra griega “auto” y significa la ejecución por medios propios de un proceso, en el que materia, información o energía es cambiado o transformado. Lamentablemente aún no hay una definición estandarizada para automatización, que sea ampliamente reconocida por las sociedades de ingenieros o institutos normativos.

➤ **Definición.**²⁶

En 1978, la Asociación de Fabricantes de Equipos Eléctricos de los Estados Unidos (NEMA), relevó una estandarización para los controladores programables, después de 4 años de trabajo un comité formado por representantes de los constructores de controladores programables. NEMA STANDARD ICS3-1978, define un controlador programable como:

“Un aparato electrónico de operación digital que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para funciones específicas tales como: secuencias lógicas, temporización, conteo, aritméticas; para controlar, mediante módulos de entradas y salidas analógicas o digitales, varios tipos de máquinas o procesos”.

Como se observa en la figura 2.14 se muestra el esquema de un PLC, en el cual el programa de control es almacenado en la memoria del PLC, que controla mediante módulos de entrada/salida varios tipos de procesos.

²⁶ PIEDRAFITA; Ingeniería de la Automatización Industrial, Primera Edición, Alfaomega, México 2001, Pág. 1.

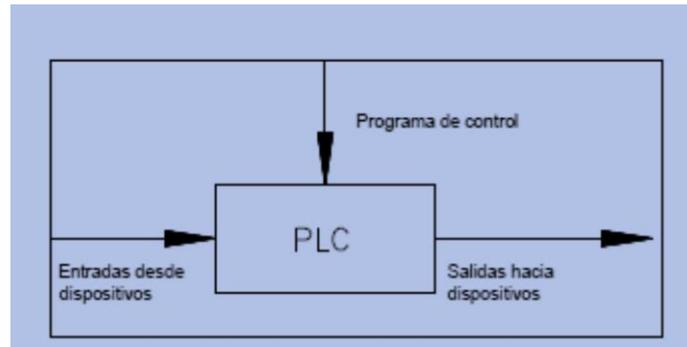


Fig. 2.14 Estructura Básica de un PLC.²⁷

2.2.19 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (LOGO).

LOGO es el módulo lógico universal de Siemens, que lleva integrados elementos y parámetros de:

- Control
- Unidad de manejo e indicación con iluminación de fondo
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Interfaz para módulo de programación (Card) y cable para PC
- Funciones básicas muy utilizadas preprogramadas, por ejemplo para conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, interruptor de software
- Temporizador
- Marcas digitales y analógicas
- Y entradas y salidas en función del modelo.

Para las aplicaciones en serie en la construcción de máquinas pequeñas, aparatos y armarios de distribución, así como en el sector de instalaciones, existen variantes especiales sin unidad de operación y de visualización.

²⁷ BOLTON; Mecatrónica, Alfaomega, Tercera edición, México, 2006, Pág. 444.

2.2.20 ENTRADAS DIGITALES.

Las entradas digitales se identifican mediante una **I**. Los números de las entradas digitales (I1, I2,...) corresponden a los números de los bornes de entrada de LOGO! Basic y de los módulos digitales conectados en el orden de montaje.

2.2.21 SALIDAS DIGITALES.

Las entradas y salidas del LOGO se muestra en la codificación que tienen tanto las entradas como las salidas del módulo de forma general, las salidas digitales se identifican con una **Q**. Los números de las salidas (Q1, Q2,... Q16) correspondan a los números de los bornes de salida de LOGO! Basic y de los módulos de ampliación conectados en el orden de montaje.

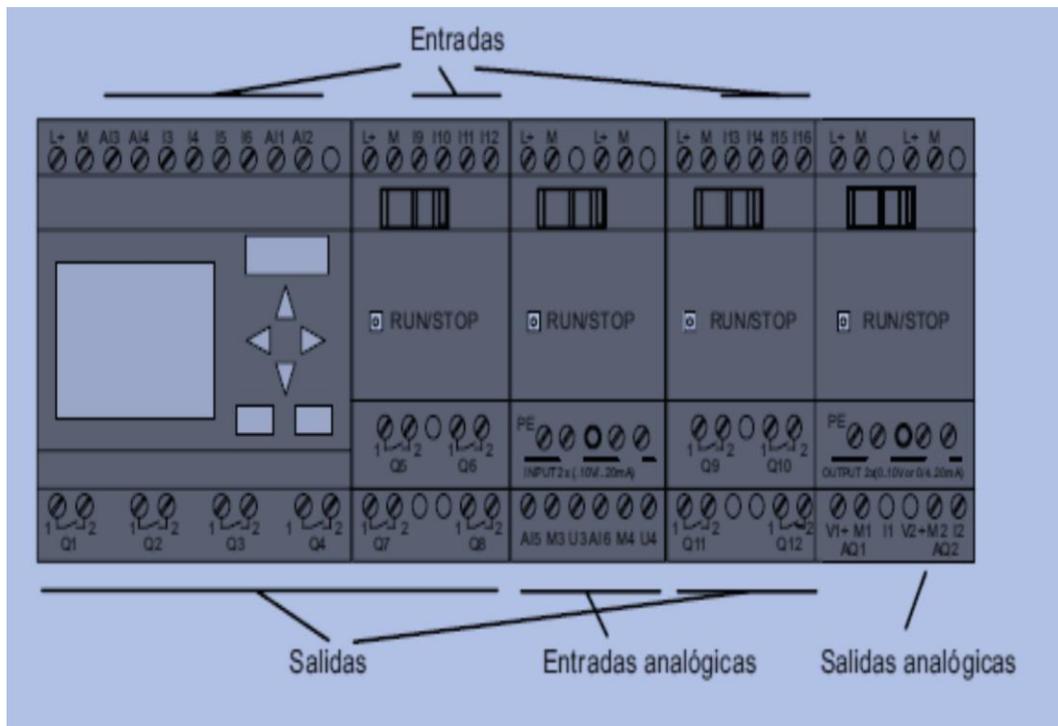


Fig. 2.15 Entradas y salidas del LOGO.²⁸

²⁸ Siemens Manual Logo! Edición 2005. Pág. 102.

2.2.22 MOMENTOS DE INERCIA.

El momento de inercia I es una cantidad que depende del eje de rotación, el tamaño y la forma del objeto.

En la figura 2.16 se dan los momentos de inercia respecto al centro de masa de figuras geométricas conocidas, de distribución de masa homogénea, cuando giran en torno al eje que se indica.

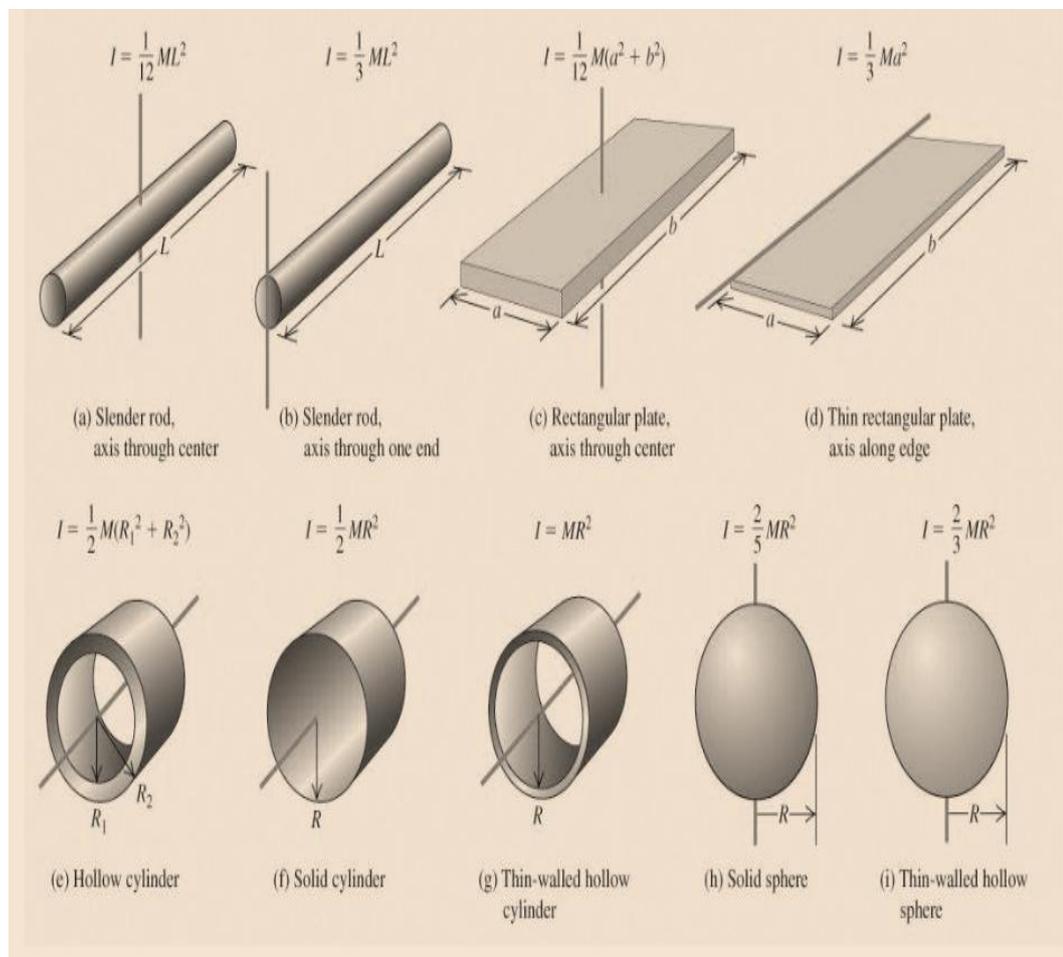


Fig. 2.16 Momentos de inercia de figuras geométricas.²⁹

²⁹ www.slideshare.net/momentos%20inercia%20biblio/clculo-de-momento-de-inercia.htm.

2.3 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.

La investigación se ubica en el paradigma crítico-propositivo; crítico porque analizará los diferentes mecanismos de automatización para un brazo neumático y su mejor selección dentro de la ponderación de características cualitativas de los diferentes elementos que necesitare la automatización para su buen funcionamiento y propositiva porque busca plantear alguna solución práctica al problema investigado.

2.4 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

En el país no se cuenta con normas que regulen la automatización de mecanismos neumáticos pero se encuentra en la **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR** artículos como:

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

La Organización Internacional de Estándares (ISO), tiene definidas varias normas relativas a los Robots Manipuladores Industriales. Estas normas son adoptadas como norma Europea, indicándose este hecho, mediante las siglas EN-ISO en su denominación. En su mayoría éstas se encuentran traducidas al español, estando identificadas entonces como normas UNE EN ISO. Ver [anexo A].

Todos los sistemas de coordenadas responden a sistemas ortogonales que están de acuerdo a la regla de la mano derecha.

Los giros definidos en torno a los ejes X, Y y Z del sistema se denominan respectivamente A, B y C, y se consideran positivos de acuerdo a la regla del sacacorchos. La figura 2.17 representa estos aspectos.

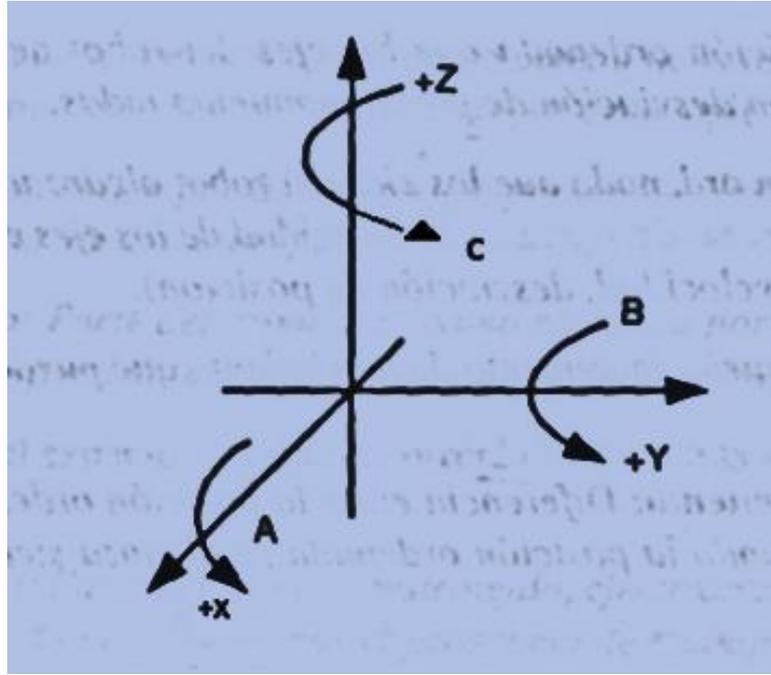


Fig. 2.17 Sistemas de coordenadas.³⁰

Las características que evalúan la calidad de la trayectoria se realizan comparando la trayectoria seguida por el robot y la trayectoria ideal.

➤ ***Componentes del sistema de transmisión de la potencia.***

Elementos como motores, ejes, engranajes, correas de transmisión, o varillas deben estar cubiertos por protecciones fijas, o en el caso de que las protecciones sean removibles, éstas no podrán ser retiradas mientras el robot efectúe un movimiento peligroso.

³⁰ BARRIENTOS A.; Fundamentos de Robótica; Segunda Edición; España; 2007; Anexo 1

➤ ***Indicación del estado.***

El estado del mando en cada momento debe quedar indicado (por ejemplo: encendido, fallo detectado, funcionamiento automático).

➤ ***Etiquetado.***

Los mandos deben estar etiquetados, indicando claramente cuál es su función.

➤ ***Parada de protección.***

El robot puede tener una o más paradas de protección, diseñadas para ser conectadas con dispositivos de protección externos.

La parada de protección controlará el peligro causando una parada de todos los movimientos del robot, quitando la energía de los actuadores y originando la interrupción de cualquier otra fuente de peligro.

Esta parada se puede iniciar manualmente o de manera automática desde un sistema de control.

2.5 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.

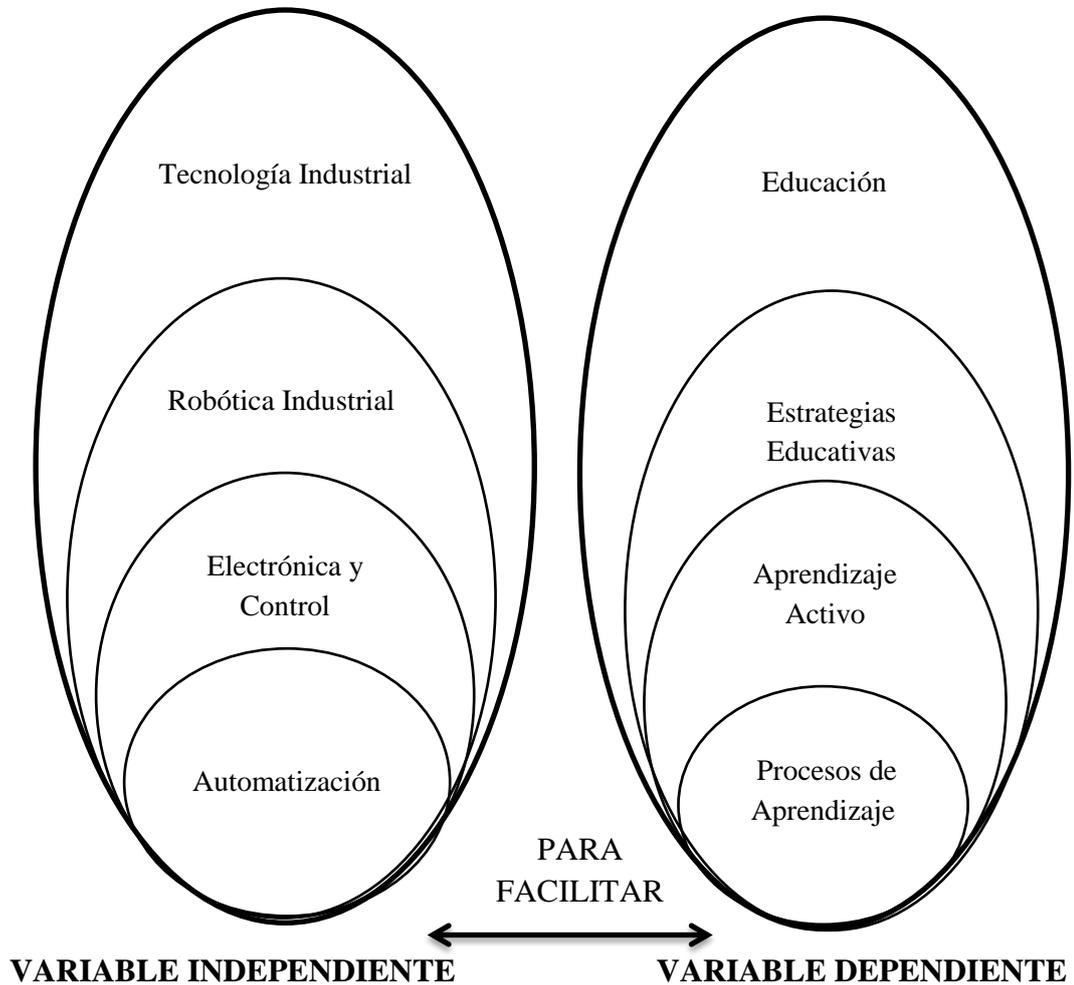


Fig. 2.18 Categorías Fundamentales

Elaborado por: El Investigador

2.6 HIPÓTESIS.

La automatización de un brazo neumático promoverá el desarrollo de procesos de aprendizaje en el laboratorio de Neumática, en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.7 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.

Variable Independiente: Automatización de un brazo neumático.

Variable dependiente: Desarrollo de procesos de aprendizaje.

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA.

3.1 ENFOQUE.

El enfoque de la investigación es particularmente cualitativo porque se basa en normas y especificaciones que busca la comprensión de la mejor selección de automatización para un brazo neumático y su utilización en los procesos de aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato desde el marco de referencia de los actores directos de la investigación.

3.2 MODALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.

Bibliográfica.

Se manejó una investigación bibliográfica porque se recolecto toda la información necesaria para profundizar y desarrollar toda la teoría, conceptos y criterios de selección de los distintos libros, catálogos, publicaciones científicas, revistas de diversos autores, para obtener un juicio aceptable que se aplicó a la automatización del brazo neumático.

De Campo.

Esta investigación es también de campo porque hay un predominio de lo exploratorio y científico ya que se realizó en el Laboratorio de Neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato donde aplicando la técnica de observación se recolectó la información en forma directa

del mecanismo de brazo neumático y se estableció las necesidades reales que cumplieron con los objetivos.

Experimental.

Por último se utilizó la modalidad experimental, debido a que se tomó en cuenta la mejor automatización del brazo neumático para obtener buenas características de funcionamiento en los procesos de aprendizaje.

3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación fue exploratoria porque su metodología fue flexible, de mayor amplitud al estudio de automatización de un brazo neumático y su utilidad en los procesos de aprendizaje de los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Esta investigación además fue descriptiva porque permitió predicciones elementales, de dimensión precisa requirió de conocimientos técnicos y de investigación para comparar entre dos o más opciones. Comprobando la correlación de variables si es o no aceptable es decir comprobar la hipótesis en el Laboratorio de Neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y su contribución en el desarrollo de procesos que faciliten el aprendizaje.

Finalmente esta investigación fue explicativa, ya que se identificó las variables con las cuales nos concentramos para el desarrollo de la investigación, permitiéndonos además aportar en el desarrollo del conocimiento, motivo por el cual el rigor científico se convirtió en un pilar fundamental de su ejecución.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Para el presente trabajo de investigación se manejó la técnica bibliográfica y los instrumentos que se utilizaron fueron los libros, catálogos, normas, revistas, así como la observación directa, debido a que fue un trabajo de investigación netamente técnico y no preciso el uso de herramientas como la encuesta o entrevista, por lo tanto se determinó que la población y muestra fue nula.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

3.5.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE.

Variable Independiente: Automatización de un brazo neumático.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Automatización significa la ejecución por medios propios de un proceso, en el que materia, información o energía es cambiado o transformado.	Automatización	¿Qué elementos de automatización serán los más adecuados?	- Automatas Programables - Microcontroladores	Bibliográfica Libros, revistas, catálogos, internet.
Un sistema se considera como neumático cuando su funcionamiento es en base a aire comprimido.	Aire comprimido	¿En qué rango de presión trabaja el compresor?	- Baja - Mediana - Alta	Observación
	Neumática	¿Qué tipos de actuadores posee el manipulador del Laboratorio de Neumática.	- Cilindro de simple efecto - Cilindro de doble efecto	Observación
		¿Qué tipo de electroválvula es la más adecuada?	- Válvula solenoide 3/2 - Válvulas solenoide 4/2	Bibliográfica Libros, revistas,

Variable independiente: Automatización de un brazo neumático. (Continuación).

<p>Brazo neumático es un manipulador multifuncional reprogramable de 3 o más grados de libertad, capaz de manipular piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas.</p>	<p>Manipulador</p>	<p>¿Qué tipo de configuración tiene el manipulador?</p> <p>¿Cuáles son las características más relevantes de sus eslabones?</p>	<p>-Válvula solenoide 5/2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cartesiana - Cilíndrica - Polar - Angular - Sacara <p>- Peso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones - Estado de conservación. 	<p>catálogos.</p> <p>Observación</p> <p>Observación</p>
--	--------------------	---	---	---

3.5.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE.

Variable dependiente: Desarrollo de procesos de aprendizaje.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Se entiende por aprendizaje como la conducta de “aprender”, es decir, adquirir, procesar, comprender y aplicar luego una información que nos ha sido “enseñada”. Para aprender necesitamos de tres factores fundamentales: observar, estudiar y practicar. El último asegura que se aplica lo aprendido utilizando las herramientas necesarias.	Aprendizaje	¿Cuál es el componente del aprendizaje que los alumnos desarrollaran?	-Inteligencia y conocimientos previos. -Experiencia -Motivación	Bibliográfica Observación.
La definición de aprendizaje afirma que existen ciertos procesos que se llevan a cabo cuando una persona se dispone a aprender, siendo uno de los más importantes el proceso activo.	Proceso Activo	¿Cuál es el proceso activo que los alumnos realizaran para mejorar su proceso de aprendizaje?	-Guía de practicas -Realización de practicas	Observación

3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La recolección de información para el presente trabajo de investigación, radicó fundamentalmente en la observación directa y estudios de tipo experimental, los cuales se realizaron en la biblioteca y en el laboratorio de Neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, también usamos información del Internet para obtener los datos técnicos y normas de los componentes del brazo neumático.

La razón principal para la uso de estas técnicas e instrumentos es que permitieron establecer la funcionalidad e importancia de la investigación en función de las variables de la hipótesis con su respectiva comprobación, estableciendo las respectivas conclusiones y recomendaciones para el cumplimiento del objetivo planteado.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

Para el procesamiento y análisis de la experiencia o práctica se establecerá una guía sobre el procedimiento adecuado a seguir para la realización de la práctica, con la implementación de un sistema automatizado.

Se realizará pruebas de funcionamiento del brazo neumático con la presencia de los docentes calificadores y del área de Neumática

Con la información obtenida se procederá de la siguiente forma:

- Revisión crítica de la información recopilada.
- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos con ayuda del marco teórico.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

El análisis del estado en que se encontró el brazo neumático perteneciente al laboratorio de Neumática, ayudará a mejorar la apreciación de las aplicaciones prácticas que se pueden realizar con este tipo de mecanismos funcionando para facilitar el aprendizaje.

El análisis de resultados para el presente trabajo de investigación se realizó desde el punto de vista técnico, utilizando la técnica de la observación directa para determinar la condición y particularidades de las partes que forman el mecanismo.

4.1.1 DATOS OBTENIDOS.

El mecanismo de brazo Neumático existente en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica se encuentra ocupando un área importante de espacio, que hay que tomar en cuenta ya que el laboratorio de Neumática es relativamente pequeño.

Es importante determinar el estado en el que se encuentra cada parte del mecanismo, lo que se detallan a continuación en las siguientes tablas de información.

4.1.1.1 DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ESLABONES.

TABLA 4.1.- Eslabón N°1.

(Elaborado por: El Autor)

Material	acero
Peso	6,36 kg
Dimensiones	745x32 mm
Estado	bueno

TABLA 4.2.- Eslabón N°2.

(Elaborado por: El Autor)

Material	acero
Peso	7,04 kg
Dimensiones	15x33x800 mm
Estado	bueno

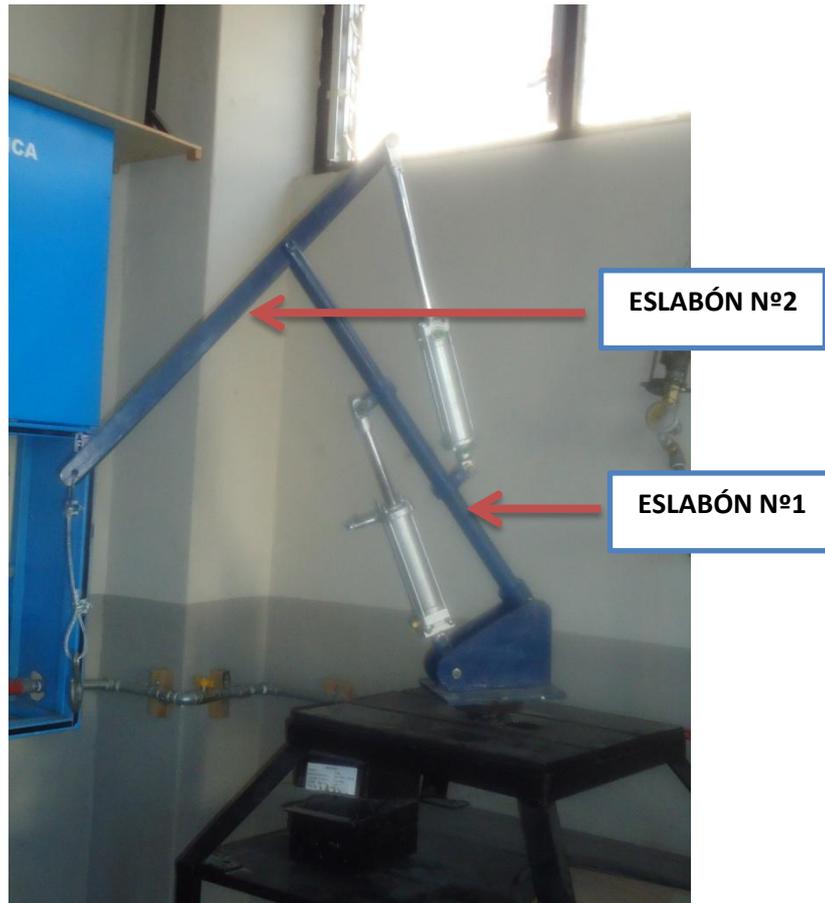


IMAGEN 4.1 Estado de los eslabones.³¹

Interpretación.

El día Lunes 28 de Abril se ha procedido a realizar la observación directa del mecanismo de brazo neumático, del cual se procede a desmontar los dos eslabones, que tiene el mecanismo para tomar datos de su peso, medidas y el estado visible de conservación, lo que se documenta en las tablas 4.1 y 4.2 que a rasgos generales se puede llegar a la conclusión que se encuentran en buen estado de conservación, pero para cumplir con su tarea dependen del correcto funcionamiento de los cilindros a las que están acoplados.

³¹ El Autor.

4.1.1.2 CILINDROS MONTADOS EN EL MECANISMO.

TABLA 4.3.- Cilindro A.

(Elaborado por: El Autor)

Material	acero
Peso	2,8 kg
Diámetro del Cilindro	45 mm
Carrera de vástago	125mm
Diámetro del vástago	18mm
Diámetro de las tomas de entra de aire	1/4 plg
Estado	bueno

TABLA 4.4.- Cilindro B.

(Elaborado por: El Autor)

Material	aluminio
Peso	2,7 kg
Diámetro del Cilindro	50 mm
Carrera de vástago	140 mm
Diámetro del vástago	16 mm
Diámetro de las tomas de entrada de aire	1/4 plg
Estado	bueno

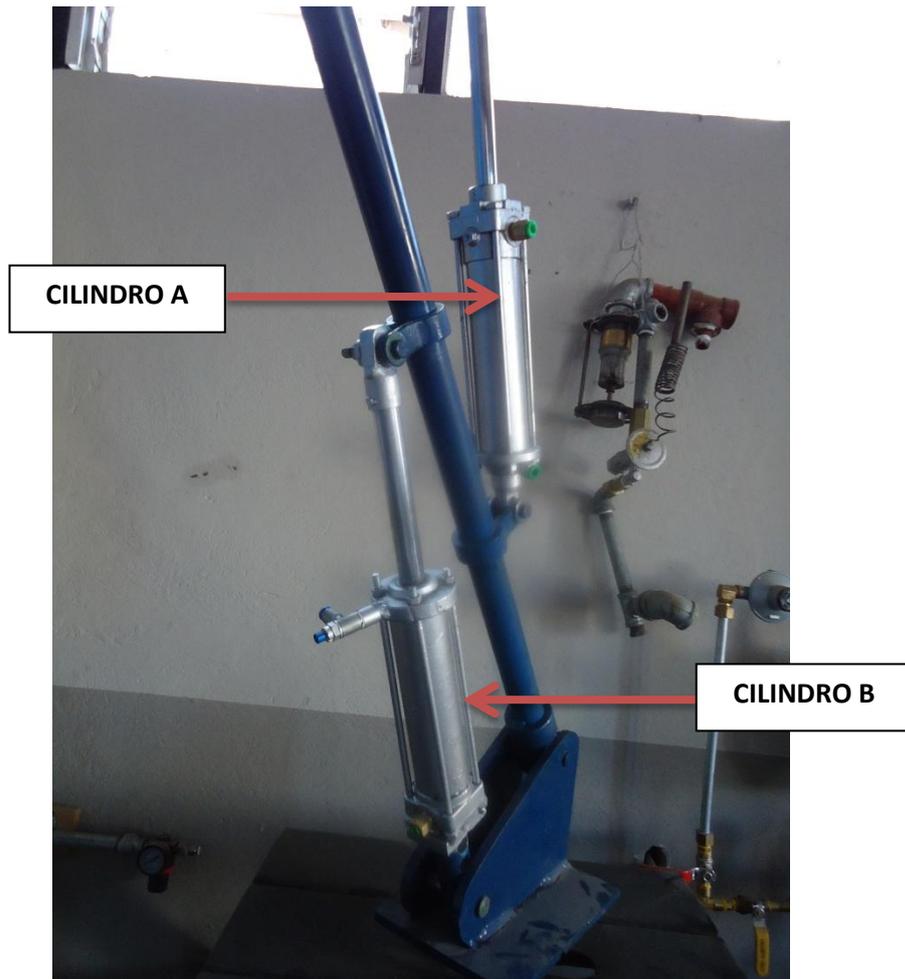


IMAGEN 4.2 Estado de los cilindros.³²

Interpretación.

El día miércoles 26 de Abril se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento de los cilindros utilizando el compresor de la universidad y ante la falta de electroválvulas que realicen la activación de los mismos no se pudo realizar una prueba completa de los cilindros así que se tuvo que hacer una prueba individual y solo de avance y retorno de cada cilindro en forma individual, es decir que hace falta los dispositivos de control para que funcionen los cilindros en conjunto y de la forma secuencial.

³² El Autor.

4.1.1.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO DE LA BASE.

TABLA 4.5.- Engranaje.

(Elaborado por: El Autor)

Material	Acero
# de Dientes	69
Diámetro Primitivo	150 mm
Estado	Bueno



IMAGEN 4.3 Estado del engranaje.³³

Interpretación.

El día Jueves 28 de Abril se realizó las pruebas de verificación del estado del engranaje y se procede con la toma de sus medidas, las cuales se dificultan en cierto momento ya que el engrane se encuentra soldado a la placa base que sostiene toda la estructura del brazo.

³³ El Autor.

Se concluye que este es de mucha importancia ya que permite el giro sobre su propio eje, este carece del elemento necesario para transmitirle la potencia que se requiere para vencer el peso del mecanismo y girar el ángulo deseado.

4.1.1.4 ELEMENTO TERMINAL.

TABLA 4.6.- Elemento terminal.

(Elaborado por: El Autor)

Material	Acero Galvanizado
Peso	0.5 lb
Tipo de sujeción a la barra	Cuerda de acero
Estado	Bueno



IMAGEN 4.4 Estado del elemento terminal.³⁴

³⁴ El Autor.

Interpretación

El día Jueves 28 de Abril se realizó la inspección del elemento terminal del brazo del cual se tomó datos de peso, material y tipo de sujeción a la barra y se determinó que es un gancho que está unido a la barra por medio de una cuerda de acero que no asegura un buen equilibrio del elemento que se quiera transportar.

4.1.1.5 PLC VS MICROCONTROLADOR.

TABLA 4.7.- Ventajas y desventajas de los PLC vs Microcontroladores.
(Elaborado por: El Autor)

PLC		MICROCONTROLADOR	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Facilidad de programación.	Conocimiento especializado de programación.	De relativamente fácil programación	Conocimiento avanzado de diseño de microcontroladores.
Empleo de poco espacio.	Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas.	Ocupa espacio muy reducido	El costo está en función de la complejidad de las tareas.
Posibilidad de añadir modificaciones sin elevar costos.	Sensibles a condiciones extremas de trabajo.	Diseñados para cosas específicas.	Sensibles a la electroestática.
Fácil instalación.	Viene con un número de entradas y salidas dados por el fabricante.	Instalación demanda de mano de obra especializada	Se ajusta a las especificaciones del usuario.

4.1.1.6 ELECTROVÁLVULAS DE CONTROL.

TABLA 4.8.- Aplicaciones de las electroválvulas.

(Elaborado por: El Autor)

ELECTROVÁLVULAS DE CONTROL	APLICACIONES
3/2	CILINDRO SIMPLE EFECTO
5/2	CILINDRO DE DOBLE EFECTO SIN PARADA INTERMEDIA
5/3	CILINDROS DE DOBLE EFECTO CON PARADA INTERMEDIA

4.2 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.

De la observación directa y con la información recopilada en las tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6 se llega a la conclusión que el mecanismo neumático está incompleto y para que sus partes, que están en buenas condiciones, puedan funcionar, se necesita un sistema automatizado y de control Neumático que pueda ser manipulado por los estudiantes, con los elementos de características ponderadas en las tablas 4.7 y 4.8

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Con la implementación de los elementos de control, accionamiento, mando o pilotaje y transmisión que demandó el brazo neumático para su funcionamiento en el Laboratorio de Neumática se logró facilitar la utilización del mecanismo para promover el interés de los estudiantes hacia un aprendizaje práctico que se demuestra mediante guías de práctica que servirán como referencia para los docentes y estudiantes de la materia de Neumática. Ver [anexo B].

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.- CONCLUSIONES.

- Del estudio se concluyó que es necesario realizar la automatización del brazo Neumático para representar de forma didáctica el funcionamiento de cada elemento para generar una mejor comprensión en cuanto a toma de decisiones y al uso adecuado de cada elemento que involucran un proyecto, dentro de la rama de Neumática y control ya que en las condiciones actuales del mecanismo este está inoperable e inservible y solo ocupa espacio en el Laboratorio de Neumática de la Facultad de Mecánica.
- Por medio del estudio se concluyó que para facilitar los procesos de aprendizaje es importante contar con un mecanismo que sea didáctico y preste las condiciones de maniobrabilidad y funcionalidad adecuadas.
- Se determinó que la mejor opción para realizar el control de los dispositivos que necesita el mecanismo es un PLC tipo LOGO.
- Por medio de la investigación realizada se determinó que para el control Neumático de los cilindros es necesario utilizar electroválvulas 5/2 ya que son las recomendadas para el control de cilindros Neumáticos de doble efecto.

- Con la automatización al sistema de rotación con engranaje, que esta acopado al mecanismo en su base, se lograra realizar el control de giro del mecanismo.

5.2.-RECOMENDACIONES.

- Es necesario antes de iniciar con el funcionamiento del mecanismo asegurarse que todos los elementos estén conectados debidamente y que no haya cables flojos o sueltos en la caja de revisión, así como los elementos neumáticos estén debidamente acoplados y con las seguridades necesarias para evitar fugas de aire.
- Se debe indicar de manera didáctica cada movimiento que realice el mecanismo ya que ayudará a tener una mejor comprensión de su funcionamiento con fines educativos.
- Es necesario también que todos los elementos que se han agregado al mecanismo para su funcionamiento y los acoples que se han hecho, presten la facilidad para montar y desmontar y así asegurar una mejor funcionalidad cuando se tenga que revisar o cambiar alguno de estos dispositivos.

CAPÍTULO VI

6 PROPUESTA.

TEMA:

Automatización de un brazo Neumático para facilitar procesos de aprendizaje en el Laboratorio de Neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

INSTITUCION EJECUTORA:

Universidad Técnica de Ambato

BENEFICIARIOS:

Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica

UBICACIÓN:

Ambato-Ecuador

6.1 EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE:

Aquiles Santiago Reyes Romo, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.2 DATOS INFORMATIVOS.

Para elaborar la automatización del brazo Neumático que permita facilitar a los estudiantes su proceso de aprendizaje en la muestra y funcionamiento del mecanismo, mediante la utilización de electroválvulas controladas por un PLC, y

un sistema de control electrónico del motor que permita su giro y retorno con relés, dejando la maniobrabilidad a cargo de los alumnos, partiremos del estado en el que se encontró el brazo y con los dispositivos actuadores actuales con los que cuenta, así como algunos parámetros establecidos por el diseñador, estos son:

1.-El compresor con el que cuenta la facultad es de 2 Hp, y trabaja con presiones de 3 hasta 6 bar.

2.-Se determina trabajar con una presión de 5 Bar, para el funcionamiento del sistema Neumático del Brazo.³⁵

3.-El peso que se plantea elevar y transportar en un inicio para demostración es de 5lb.

4.-El control de los cilindros neumáticos mediante las electroválvulas se va a realizar mediante la programación de un PLC LOGO, que nos permite levantar y bajar las barras del brazo para el transporte de piezas, mientras que el giro de todo el brazo se realizará mediante el control del motor utilizando relés y los temporizadores del PLC LOGO.

6.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.

Plantear la automatización del prototipo de brazo neumático existente en el Laboratorio de Neumática surge de muchos factores entre ellos los más importantes que se considera son:

- En la actualidad son cada vez más comunes los robots que realizan múltiples funciones industriales y en nuestro País es una tecnología nueva y escasa.

³⁵CABRERA Santiago, Guía de Módulo Neumática y Oleohidraulica. 2010, Pág.2.

- Dar uso a los elementos que no funcionan y que ocupan espacio innecesario en el Laboratorio para que los estudiantes aumenten su criterio y visualicen nuevas posibilidades y mejores aplicaciones con los conocimientos de Automatización y Neumática.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica no existe un proyecto de similares características, por tal razón es de mucho interés el desarrollo de esta propuesta para que las nuevas generaciones de estudiantes, que vienen adquiriendo el conocimiento teórico desde los semestres iniciales, les sea factible visualizar en la práctica la concepción básica de lo que es un mecanismo de transporte, tipo brazo automatizado.

6.4 JUSTIFICACIÓN.

La automatización del brazo neumático tiene la necesidad de dejar factible el control del accionamiento y rotación del mismo, y su interés se basa en su posterior uso por parte de los estudiantes para facilitar el proceso de aprendizaje teórico-práctico en el laboratorio de Neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.5 OBJETIVOS.

6.5.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar la automatización del brazo Neumático para facilitar a los estudiantes de la Carrera de Mecánica una mejor comprensión en su proceso de aprendizaje teórico-práctico.

6.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Seleccionar los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del mecanismo.

- Implementar los dispositivos necesarios para la realización de cada movimiento que va a realizar el brazo neumático.
- Realizar las pruebas de funcionamiento respectivas y obtener resultados favorables.

6.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

Para la realización de la presente propuesta se cuenta con el material didáctico necesario como: libros de Neumática y Automatización, catálogos, revistas, fotos, tablas, internet, etc. Que nos brindaran los conceptos básicos y técnicos que necesitamos conocer para ejecutar la automatización del mecanismo. Además se va a recurrir a personal con experiencia en el área de Neumática y Automatización, etc.

Por otro lado en el mercado local existen todos los dispositivos neumáticos como por ejemplo: electroválvulas, racores, mangueras de presión, reguladores de caudal, etc. Los dispositivos electrónicos como: motores eléctricos, finales de carrera, PLC LOGO, etc. Necesarios para la construcción de la propuesta.

Por lo expuesto anteriormente podemos manifestar que el tema propuesto es factible de realizar.

6.7 FUNDAMENTACIÓN.

6.7.1 ESQUEMA NEUMÁTICO.

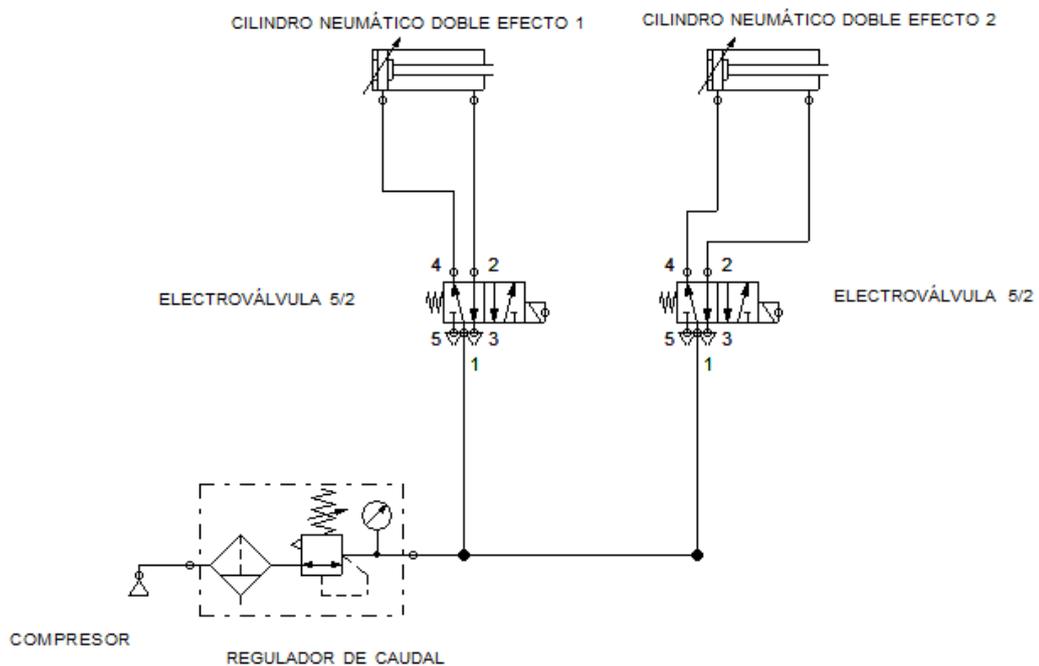


Fig. 6.1 Esquema Neumático.³⁶

6.7.1.1 CÁLCULO DE FUERZA DE LOS CILINDROS.

Partimos de la presión mínima y máxima del compresor con el que cuenta en el laboratorio de Neumática de la Carrera de Mecánica, el mismo que tiene las siguientes características:

Voltaje: 110 V

Potencia: 2 HP

Presión de Trabajo: 3 a 6 bar.

Unidades de Transformación:

1 psi = 0,0689 bar.

Para el cálculo de la fuerza desarrollada por los cilindros partimos de parámetros impuestos de las guías de observación desarrolladas en el capítulo 4 en las tablas 4.3 y 4.4, así tenemos:

³⁶ El Autor.

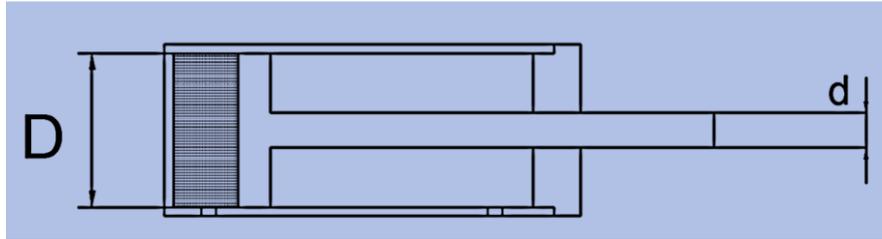


Fig. 6.2 Cilindro Pistón.³⁷

$$Fa = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot R$$

$$Fr = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P \cdot R$$

Dónde:

Fa = Fuerza del cilindro (Kgf ó N)

Fr = Fuerza de Retroceso (Kgf ó N)

D = Diámetro del cilindro en centímetros (cm)

d = Diámetro del vástago en centímetros (cm)

P = Presión del aire en bar

R = Rendimiento del cilindro

6.7.1.1.1 CÁLCULO DE LA FUERZA TEÓRICA DEL CILINDRO A.

Dónde:

D = 4,5 cm

d = 1,8 cm

P = 5 Bar

R = 0.95 ➔ Recomendado para Cilindros superiores a D=40 mm³⁸

³⁷ EL AUTOR

³⁸ SERRANO. N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008, Pág. 90

$$Fa = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot R \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

$$Fa = \frac{\pi}{4} (4,5\text{cm})^2 (5\text{bar})(0,95)$$

$$Fa = 75,54 \text{ kgf}$$

$$Fa = 740,34 \text{ N}$$

$$Fr = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P \cdot R \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

$$Fr = \frac{\pi}{4} (4,5^2\text{cm} - 1,8^2\text{cm})(5\text{bar})(0,95)$$

$$Fr = 63,45 \text{ kgf}$$

$$Fr = 621,89 \text{ N}$$

Fuerza real

$$Fra = Fa * R \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

$$Fra = 740,34 * 0,95$$

$$Fra = 703,33 \text{ N}$$

$$Frr = Fr * R \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

$$Frr = 621,89 * 0,95$$

$$Frr = 590,79 \text{ N}$$

6.7.1.1.2 CÁLCULO DE LA FUERZA TEÓRICA DEL CILINDRO B.

$$D = 5 \text{ cm}$$

$$d = 1,6 \text{ cm}$$

$$P = 5 \text{ Bar}$$

$$R = 0.95 \longrightarrow \text{Recomendado para Cilindros superiores a } D=40 \text{ mm}^{39}$$

$$Fa = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot R \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

$$Fa = \frac{\pi}{4} 5\text{cm}^2 (5\text{bar})(0,95)$$

$$Fa = 93,26 \text{ kgf}$$

$$Fa = 914 \text{ N}$$

$$Fr = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P \cdot R \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

$$Fr = \frac{\pi}{4} (5^2\text{cm} - 1,6^2\text{cm})(5\text{bar})(0,95)$$

$$Fr = 83,71 \text{ kgf}$$

$$Fr = 820,41 \text{ N}$$

Fuerza real

$$Fra = Fa \cdot R \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

$$Fra = 914 \cdot 0,95$$

$$Fra = 868,3 \text{ N}$$

$$Frr = Fr \cdot R \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

$$Frr = 820,41 \cdot 0,95$$

$$Frr = 779,39 \text{ N}$$

³⁹ SERRANO. N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008, Pág. 90

6.7.1.2 CONSUMO DE AIRE DE LOS CILINDROS.

$$Q = \frac{\pi \cdot C \cdot P \cdot n}{4000} (2D^2 - d^2)$$

Dónde:

Q = Consumo total de aire en l/min

D = Diámetro del cilindro en cm

d = Diámetro del vástago en cm

C = Carrera del vástago en cm

P = Presión de trabajo del cilindro en bar

n = Número de ciclos por minuto

6.7.1.2.1 CONSUMO DE AIRE DEL CILINDRO A.

$D = 4,5 \text{ cm}$

$d = 1,8 \text{ cm}$

$P = 5 \text{ Bar}$

$C = 12,5 \text{ cm}$

$n = 7,5 \text{ c/min}$

$$Q = \frac{\pi \cdot C \cdot P \cdot n}{4000} (2D^2 - d^2) \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

$$Q_A = \frac{\pi (12,5\text{cm})(5\text{bar})(7,5 \text{ c/min})}{4000} (2(4,5\text{cm}^2) - (1,8\text{cm}^2))$$

$$Q_A = 13,72 \text{ l/min}$$

6.7.1.2.2 CONSUMO DE AIRE DEL CILINDRO B.

$D = 5 \text{ cm}$

$$d = 1,6 \text{ cm}$$

$$P = 5 \text{ Bar}$$

$$C = 14 \text{ cm}$$

$$n = 12 \text{ c/min}$$

$$Q = \frac{\pi \cdot C \cdot P \cdot n}{4000} (2D^2 - d^2) \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

$$Q_B = \frac{\pi (14\text{cm})(5\text{bar})(12 \text{ c/min})}{4000} (2(5\text{cm}^2) - (1,6\text{cm}^2))$$

$$Q_B = 31,3 \text{ l/min}$$

$$Q_T = Q_A + Q_B$$

$$Q_T = 13,71 + 31,29$$

$$Q_T = 45,015 \text{ l/min}$$

6.7.1.3 SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS.

Con el criterio de selección según el tipo de actuador requerido en nuestro caso cilindros de doble efecto se puede utilizar válvulas 4/2, 5/3, 5/2.⁴⁰

Para realizar el movimiento y control de los cilindros neumáticos se selecciona dos 2 válvulas solenoides de 5 vías 2 posiciones, con tomas de 1/8 plg.

En la figura 6.3 se indica la válvula mencionada Ver [anexo C].

⁴⁰ CABRERA Santiago, Guía de Módulo Neumática y Oleohidráulica. 2010, Pág.61.



Fig. 6.3 Válvula solenoide 5/2.⁴¹

6.7.1.4 UNIDAD DE MANTENIMIENTO.

Cumple con las función de eliminar impurezas que lleva el aire combinando elementos para filtrado, regulación de presión y lubricación. Ver figura 6.4



Fig. 6.4 Filtro y regulador integrado.⁴²

Funciones:

- Remueven agua y partículas sólidas mayores de 5 micrones

⁴¹ www.industriasociadas.com/Airtac/Valvulas.htm.

⁴² www.industriasociadas.com/Airtac/Filtros%20y%20Unidades%20de%20Mantenimiento.htm.

- El aire pasa a presión de izquierda a derecha a través del filtro.
- Lleva un manómetro integrado en el regulador para el control de la presión.

6.7.1.5 ELEMENTOS DE CONEXIÓN.

Para efectuar la instalación final y el acoplamiento de todos los elementos del sistema neumático se requiere de los siguientes compendios:

- Manguera plástica de poliuretano de 6mm
- Racores de para tomas de ¼ para manguera de 6 mm
- Silenciadores. Ver [anexo D].

6.7.2 DISEÑO MECÁNICO.

6.7.2.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.

$$v = 1200 \text{ rpm}$$

reducción de velocidad de 4 a 1

$$w = \frac{1200}{4} = 300 \text{ rpm}$$

Dónde:

v = velocidad del nominal motor en rpm

w = velocidad angular del motor en rad/seg

$$300 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}} * \frac{\text{min}}{60 \text{ seg}} = 31,41 \text{ rad/seg}$$

t = Tiempo de trabajo de un ciclo 10 seg

$$\alpha = \frac{w}{t} \quad (\text{Ecuación 6.1})$$

Dónde:

$\alpha = \text{aceleración angular}$

$$\alpha = \frac{31,41}{10}$$

$$\alpha = 3,141 \text{ rad/seg}^2$$

Para conocer el torque necesario para vencer la inercia que opone el mecanismo se recurre a las siguientes formulas:

$$\tau = I * \alpha$$

$$Hd = \tau * w$$

Dónde:

$\tau = \text{Torque en KN}$

$I = \text{Momento de Inercia en Kg m}^2$

$Hd = \text{Potencia requerida en wattios}$

$w = \text{velocidad angular del motor}$

6.7.2.1.1 CÁLCULO DE LOS MOMENTOS DE INERCIA DE LOS ELEMENTOS DEL MECANISMO.

ESLABON N°1

$m = 6,36 \text{ kg}$

$L = 745 \text{ mm} = 0,745 \text{ m}$

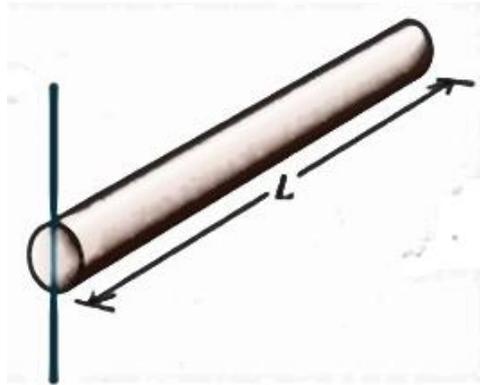


Fig. 6.5 Barra delgada de largo L , con eje de rotación en el extremo.⁴³

$$I = \frac{1}{3} * m * L^2 \quad (\text{Ecuación 6.2})$$

Dónde:

$m =$ Masa del elemento en Kg

$L =$ Longitud de la barra en m

$$I = \frac{1}{3} * 6,36 * 0,745^2$$

$$I = 1,17 \text{ kg m}^2$$

ESLABON N°2

$$m = 7,04 \text{ kg}$$

$$a = 15 \text{ mm} = 0,015 \text{ m}$$

$$b = 800 \text{ mm} = 0.8 \text{ m}$$

⁴³ www.slideshare.net/momentos%20inercia%20biblio/clculo-de-momento-de-inercia.htm

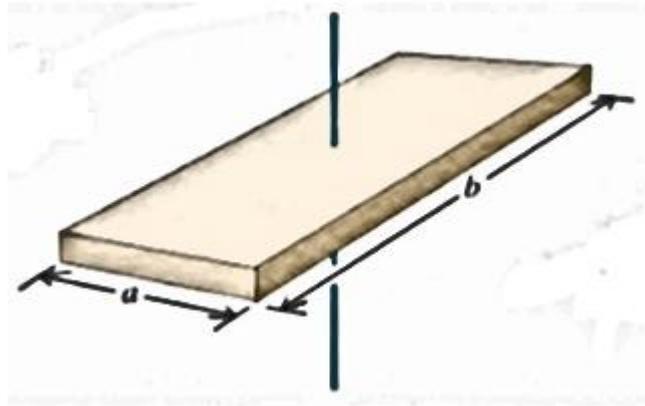


Fig. 6.6 Placa rectangular de lados a y b, eje rotación en el centro Perpendicular a la placa.⁴⁴

$$I = \frac{1}{12} * m * (a^2 + b^2) \quad \text{(Ecuación 6.3)}$$

Dónde:

$m =$ masa del elemento en Kg

$a =$ Lado más pequeño en m

$b =$ Lado más grande en m

$$I = \frac{1}{12} * 7,04 * (0,015^2 + 0,8^2)$$

$$I = 0.37 \text{ kg m}^2$$

PESO A CARGAR

$$m = 5 \text{ lb} = 2,3 \text{ kg}$$

$$R = 0,35 \text{ m}$$

⁴⁴ www.slideshare.net/momentos%20inerencia%20biblio/clculo-de-momento-de-inercia.htm

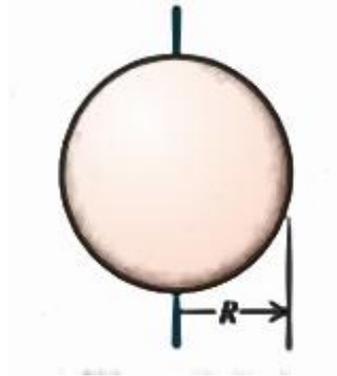


Fig. 6.7 Esfera sólida de radio R, eje de rotación por su eje de Simetría.⁴⁵

$$I = \frac{2}{5} * m * R^2 \quad \text{(Ecuación 6.4)}$$

Dónde:

R = Radio de la esfera maciza en metros

$$I = \frac{2}{5} * 2,3 * 0,35^2$$

$$I = 0,1127 \text{ kg m}^2$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_P$$

$$I_T = 1,17 + 0,37 + 0,1127$$

$$I_T = 1,66 \text{ kg m}^2$$

$$\tau = I * \alpha \quad \text{(Ecuación 6.5)}$$

$$\tau = 1,66 * 3,141$$

$$\tau = 5,23 \text{ Nm}$$

⁴⁵ www.slideshare.net/momentos%20inercia%20biblio/clculo-de-momento-de-inercia.htm

$$Hd = \tau * w \quad (\text{Ecuación 6.6})$$

$$Hd = 5,23 * 31,41$$

$$Hd = 164,3 \text{ wattios}$$

$$164,3 \text{ wattios} * \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ wattios}} = 0,22 \text{ HP}$$

➡ Se selecciona un motor de ¼ Hp

Recalculo con un peso de 7 Kg

$$I = \frac{2}{5} * m * R^2$$

$$I = \frac{2}{5} * 7 * 0,35^2$$

$$I = 0,343 \text{ kg m}^2$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_P$$

$$I_T = 1,17 + 0,37 + 0,343$$

$$I_T = 1,89 \text{ kg m}^2$$

$$\tau = I * \alpha$$

$$\tau = 1,89 * 3,141$$

$$\tau = 5,95 \text{ Nm}$$

$$Hd = \tau * w$$

$$Hd = 5,93 * 31,41$$

$$Hd = 186,9 \text{ wattios}$$

$$186,3 \text{ wattios} * \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ wattios}} = 0,25 \text{ HP}$$

6.7.3 SISTEMA ELÉCTRICO.

El sistema eléctrico del mecanismo consiste en la inversión de giro del motor monofásico seleccionado anteriormente.

A continuación se presenta el esquema eléctrico del mismo:

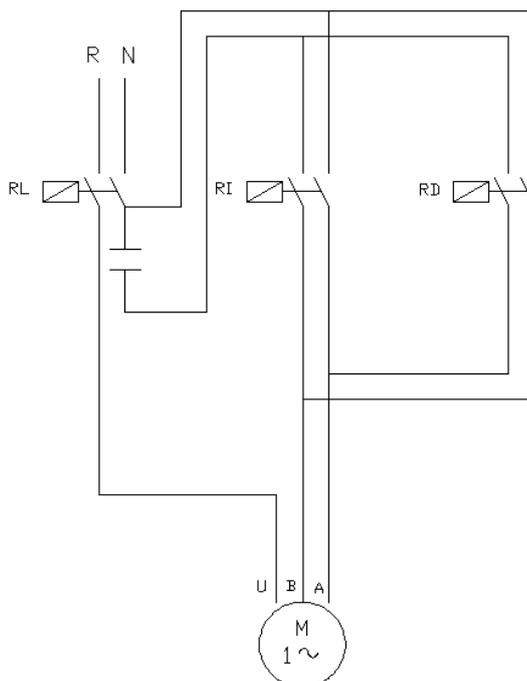


Fig. 6.8 Circuito eléctrico inversión de giro del motor.⁴⁶

6.7.3.1 SELECCIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE.

Para la selección del autómata programable PLC es necesario identificar el número de entradas y salidas que demanda el ciclo de trabajo del mecanismo, lo cual está en directa dependencia con los actuadores que vamos a utilizar así como sus respectivos accionadores.

En la tabla que sigue se detalla las diferentes entradas y salidas que se necesitará para nuestro mecanismo.

⁴⁶ El Autor.

TABLA 6.1 Entradas y salidas requeridas para la selección del PLC.
(Elaborado por: El Autor)

DETALLE	ENTRADA : ACCIONAMIENTOS	SALIDA: ACTUADORES
Switch: inicio ciclo	1	
Switch: Paro emergencia	1	
Final Carrera: aprobación inicio ciclo	1	
Final de carrera A-	1	
Final de carrera A+	1	
Final de carrera B-	1	
Final de carrera B+	1	
Activación Electroválvula Cilindro A		1
Activación Electroválvula Cilindro B		1
Accionamiento relé de línea		1
Accionamiento relé motor giro izquierda		1
Accionamiento relé motor giro derecha		1
Indicador luz continua o intermitente		1
Salida para accionamiento de carga		1
TOTAL	7	7

De los resultados obtenidos en la tabla 6.1, se ha determinado que el número de entradas que requiere el mecanismo para el funcionamiento planteado son 7, de igual manera el número de salidas que demanda el sistema son 7, tomando en cuenta que en el mercado local existen muchos tipos de PLC y también tomando en cuenta los costos son variados, se procede a seleccionar un LOGO OBA6 [Ver anexo E] de 8 entradas y 4 salidas con un módulo de expansión de 4 entradas y 4 salidas. Todos estos equipos funcionan a 110 voltios.

6.7.3.2 SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES.

Los actuadores serán seleccionados partiendo del consumo de corriente del motor para el sistema de giro del mecanismo, tomando en cuenta que el valor de la corriente de arranque es 4 a 8 veces la corriente del motor a plena carga y aunque su duración será muy corta o de pocos segundos podrían producir sobrecargas en la red de conexión.

Partiendo de esto se determina que:

La intensidad de corriente del motor a plena carga es de 0.8 A

El valor de la corriente de arranque es: 4 veces

Por lo tanto:

$$I = 0.8A * 4$$

$$I = 3.2 A$$

La corriente que los actuadores deben soportar es de 3,2 amperios por lo que debemos seleccionar:

- 3 Relés CAMSCO de 5 amperios de capacidad
- 2 selectores de 2 posiciones CAMSCO de hasta 5 amperios
- 1 pulsador tipo Hongo de hasta 5 amperios.

6.7.3.3 SELECCIÓN DEL CABLE.

Para realizar las conexiones de los elementos de accionamiento con los actuadores así como el LOGO se realiza tomando en cuenta el criterio de corriente máxima a la cual funciona el circuito, como le describimos en el ítem anterior (3,2 amperios).

Basados en la norma A.W.G (American Wire Gauge Standard) Ver [Anexo F] obtenemos como resultado la selección de un alambre de cobre sólido número 14 con capacidad de hasta 6 amperios.

6.8 METODOLOGÍA.

El desarrollo de la presente propuesta se sustenta en el modelo operativo que sigue:

6.8.1 Bibliográfica.

El marco teórico investigado en el presente documento se describe en el capítulo II y IV, del cual se obtienen las referencias técnicas y científicas que guían la posterior selección y acondicionamientos de los diferentes dispositivos requeridos para la automatización del mecanismo, y fueron factores fundamentales la utilización de libros, revistas, catálogos e internet para su elaboración.

6.8.2 De Campo.

Para el acondicionamiento y la puesta a punto de todos los dispositivos que se requieren para el funcionamiento del mecanismo, se plantea la siguiente forma de proceder:

Es importante realizar todas las actividades de forma secuencial y lógica para no tener complicaciones en el acondicionamiento de los dispositivos, para lo cual se ha planteado el siguiente orden de actividades.

- 1.- Acondicionamiento de los finales de carrera para la activación de los cilindros.
- 2.- Instalación de los sistemas de control neumático.
- 3.- Instalación del motor que de la movilidad al mecanismo en sentido horizontal.
- 4.- Instalación del sistema de control eléctrico y de mando.

6.8.2.1 INSTALACIÓN DE LOS FINALES DE CARRERA.

TABLA 6.2 Materiales para instalación finales de carrera.

(Elaborado por: El Autor)

ELEMENTO	MATERIAL	VOLTAJE DE TRABAJO	TIPO	CANTIDAD
Final de carrera	plástico	15A 110 -220 VOL	DE RODILLO	5
	MATERIAL	DIMENSIONES	CANTIDAD	
Elemento de sostén	acero	50 X 35 mm; e= 6 mm	3	

Se buscó las posiciones más adecuadas para que de acuerdo a la configuración de las articulaciones de las barras, permitan el accionamiento de los finales de carrera tipo rodillo que facilitan el deslizamiento en las barras para su accionamiento y desconexión, siendo estos lugares los más cercanos a las articulaciones de los eslabones.



IMAGEN 6.1.- Final de carrera.⁴⁷

La construcción de los soportes comienza con el corte de las plancha de acero de 6 mm de espesor de acuerdo a las medidas de la tabla 6.2 se hacen los canales para que se pueda regular la posición del mismo, estos orificios se hacen para

^{47, 48} El Autor.

pernos M4 x 30 mm que viene ya dada en los orificios de los finales de carrera, y que a la vez permiten el desmontaje de los mismos del mecanismo.

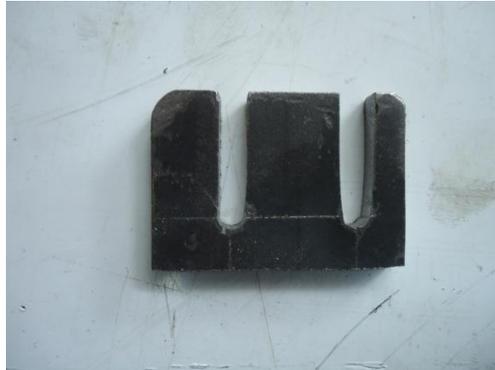


IMAGEN 6.2.- Soporte.⁴⁸

Finalmente se fija los elementos de sostén a las barras mediante puntos de suelda sin dejar de pasar la pulidora en ellos para no dejar superficies ásperas y que puedan lastimar cuando se manipulen.



IMAGEN 6.3-6.4 Finales de carrera instalados.⁴⁹

⁴⁹ El Autor.

6.8.2.2 INSTALACIÓN DEL CONTROL NEUMÁTICO.

TABLA 6.3 Materiales para control de cilindros neumáticos.

(Elaborado por: El Autor)

ELEMENTO	TIPO	DIMENSIONES	CANTIDAD
Electroválvula	5/2		2
Racores	recto	1/4 plg	4
Racores	recto	1/8 plg	6
Silenciadores		1/8 plg	4
Manguera	Plástica	6mm	8m

Para la instalación y del sistema neumático se partió de la selección de los elementos faltantes para realizar el control de los cilindros neumáticos que se encuentran acoplados a las barras.



IMAGEN 6.5.- Elementos necesarios para sistema control neumático.⁵⁰

Una vez que se llegó a determinar los elementos necesarios se procede a la instalación de los mismos en los diferentes elementos, es decir los racores y silenciadores en las electroválvulas, teniendo precaución en que ellos deben tener los compendios de protección como es el teflón, para evitar las fugas de aire en estos dispositivos.



IMAGEN 6.6.- Instalación de los elementos en las electroválvulas.⁵¹

Así como también se debe instalar los racores seleccionados para los cilindros según la toma que estos tengan en este caso de $\frac{1}{4}$ plg con salida para manguera de 6mm.



IMAGEN 6.7.- Instalación de racores en los cilindros.⁵²

Finalmente se busca un lugar adecuado para las electroválvulas y se decide ubicarlas en la caja de control, ya que en ella se encontraran todos los elementos de control é ira afuera de ella, porque facilita la conexión y desconexión de las

^{50, 51} El Autor.

⁵² El Autor.

mangueras plásticas. Para ello se realiza orificios para tornillos M3 x 40mm con tuerca de la misma media para sujetarlos a la caja de control.



IMAGEN 6.8.- Sujeción de las electroválvulas en la caja.⁵³

6.8.2.3 ACOPLAMIENTO DEL MOTOR.

TABLA 6.4 Acoplamiento del motor para el giro horizontal del mecanismo.

(Elaborado por: El Autor)

ELEMENTO	TIPO	VOLTAJE	VELOCIDAD	CANTIDAD
MOTOR	MONOFÁSICO	110 VOL	1200 RPM	1
	MATERIAL	DIMENSIONES	NÚMERO DE DIENTES	CANTIDAD
RUEDA	Acero	D= 150 mm	69	1
PIÑON	Acero	D=70 mm	33	1

Para realizar el giro del motor se realiza el acoplamiento del piñón al eje del motor con dos prisioneros de 6 x 10mm.

⁵³ El Autor.

Luego se debe fijar el motor a la mesa de sostén del mecanismo, de manera que el piñón engrane correctamente con la rueda sobre la que se sostiene el brazo. El motor esta sujetado a la plancha de sostén del mecanismo con 4 pernos M5 x 30mm.



IMAGEN 6.9.- Acoplamiento del motor.⁵⁴

La transmisión del movimiento horizontal del mecanismo, se realiza mediante un piñón de 33 dientes y una rueda de 69 dientes los dos son engranajes rectos, el piñón esta acoplado al eje del motor seleccionado para transmitir el movimiento a la rueda sobre la cual se sostiene el mecanismo de brazo neumático.



IMAGEN 6.10.- Acoplamiento del piñón y rueda.⁵⁵

^{54, 55} EL Autor.

⁵⁵ El Autor.

6.8.2.4 INSTALACIÓN DE LA CAJA DE CONTROL Y SISTEMA ELÉCTRICO.

TABLA 6.5 Elementos del sistema eléctrico de control.

(Elaborado por: El Autor)

ELEMENTO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD
PLC	LOGO OBA6	1
RELES	CAMSCO 2P	3
FUSIBLE	4A	1
BORNERA	12 AWG	25
RIEL DIM	METALICA	1 m
ALAMBRE	# 14	8 m

La puesta en marcha de la secuencia de funcionamiento se hace mediante la programación del LOGO que es un autómata programable en el cual se ha programado de forma lógica y secuencial para que cumpla con las funciones de control, de los actuadores y finales de carrera del mecanismo, lo cual se representa en la figura 6.9, como un diagrama de flujo.

Los elementos que constan en el diagrama son los que siguen:

Cilindro neumático A

Cilindro neumático B

Final de carrera FC1 para cilindro neumático A+ (vástago afuera)

Final de carrera FC2 para cilindro neumático A- (vástago adentro)

Final de carrera FC3 para cilindro neumático B+ (vástago afuera)

Final de carrera FC4 para cilindro neumático B- (vástago adentro)

Final de carrera FC5 para aprobación de inicio de ciclo

La programación del LOGO se la realizó con el software de la empresa distribuidora del producto LOGO!Soft Comfort V6.0. Ver [Anexo G].

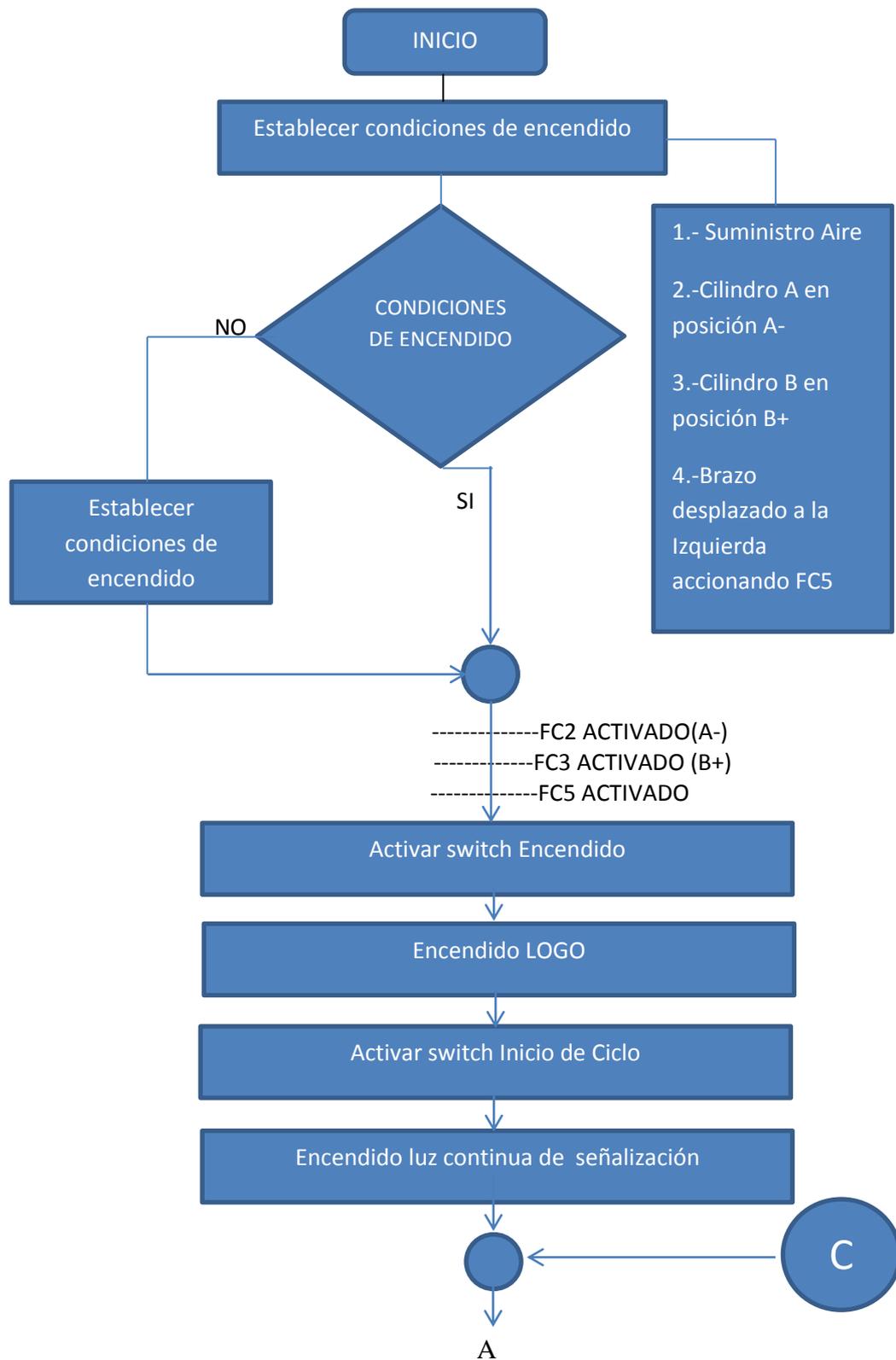


Fig. 6.9 Secuencia de funcionamiento del brazo neumático.⁵⁶

⁵⁶ El Autor.

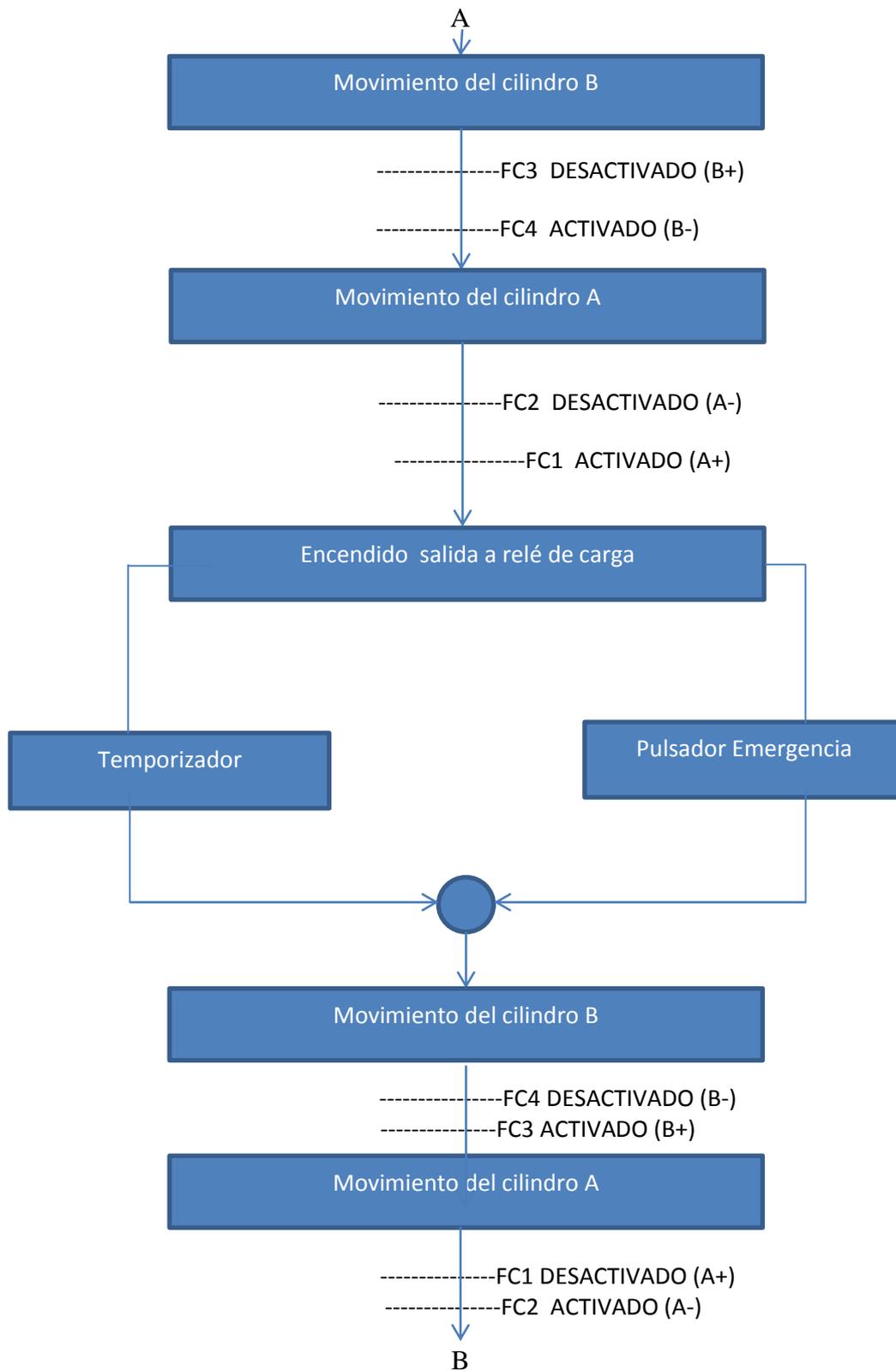


Fig. 6.9 Secuencia de funcionamiento del brazo neumático.⁵⁷ (Continuación)

⁵⁷ El Autor.

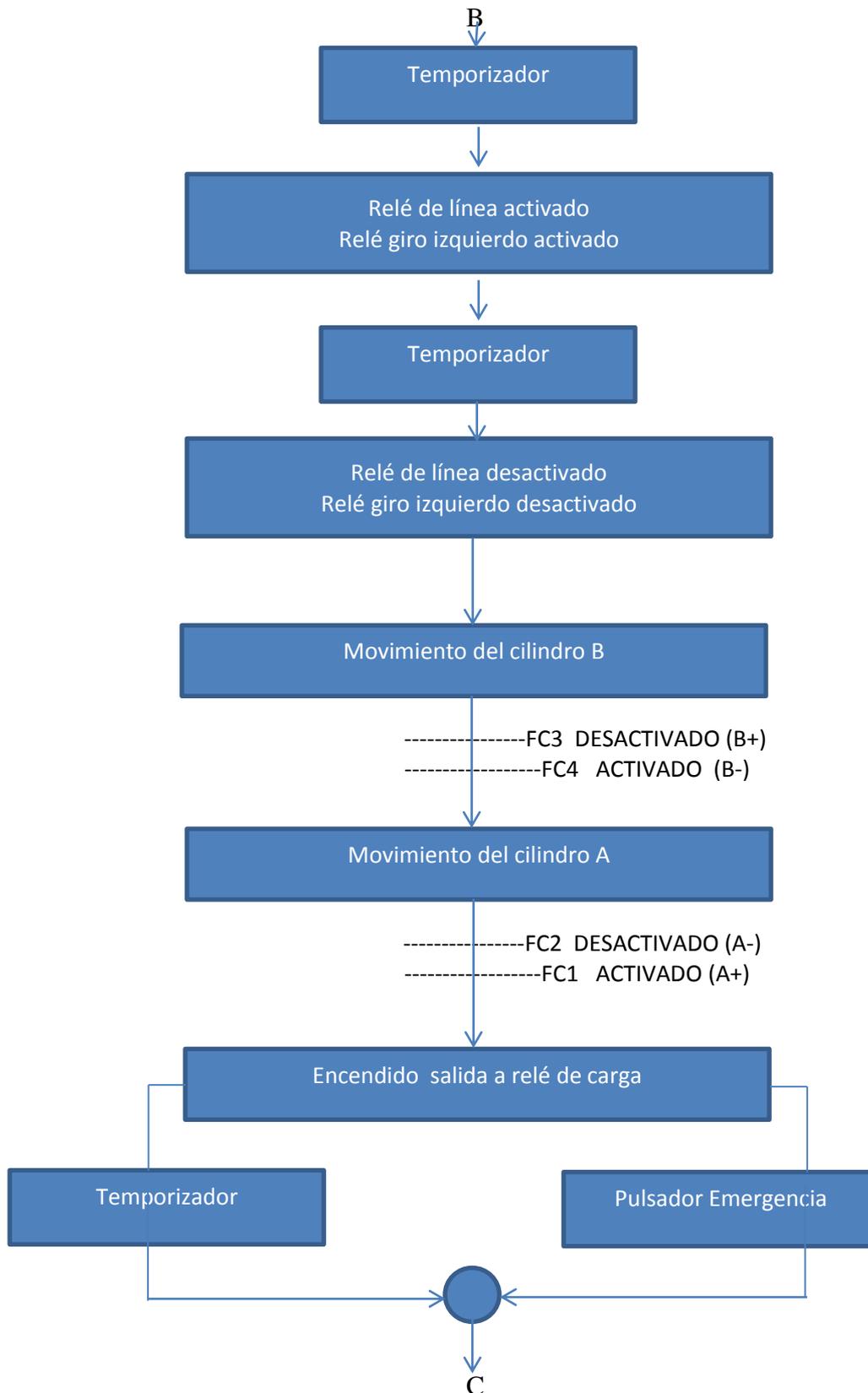


Fig. 6.9 Secuencia de funcionamiento del brazo neumático.⁵⁸ (Continuación)

⁵⁸ El Autor.

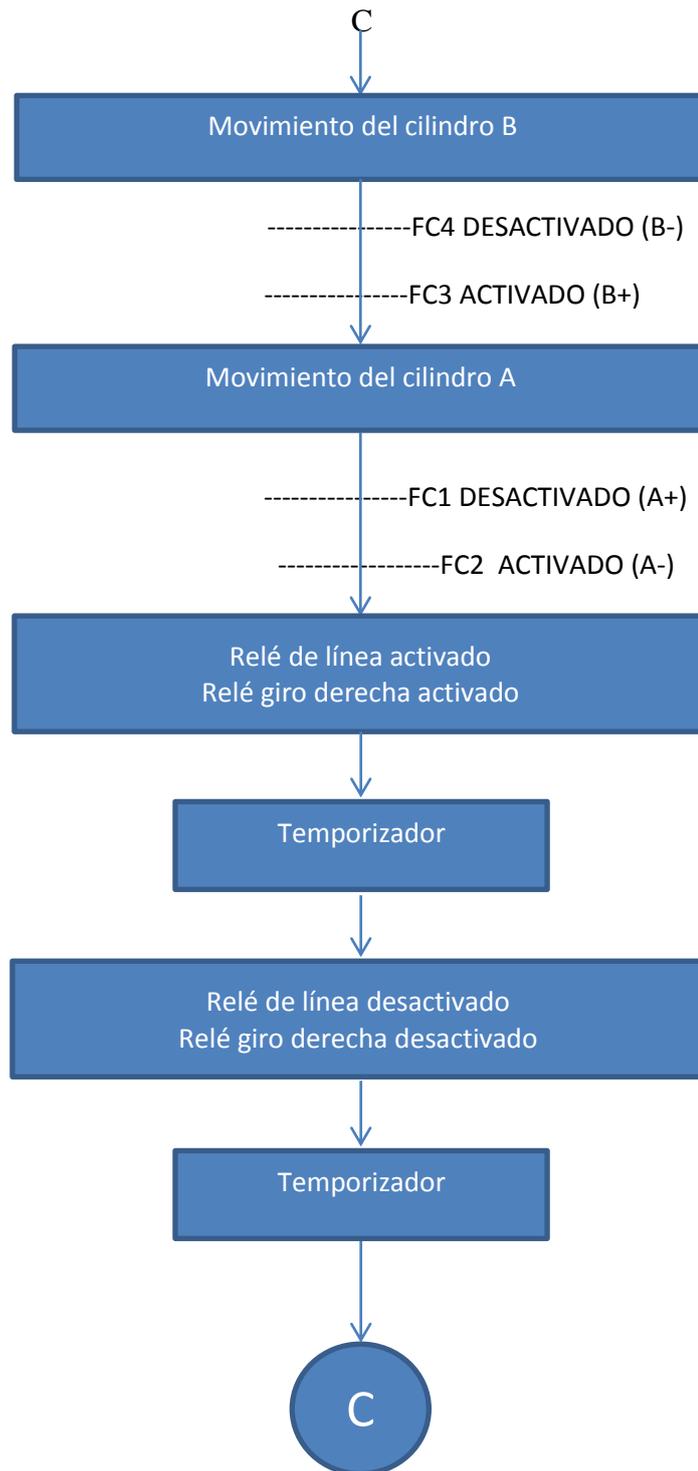


Fig. 6.9 Secuencia de funcionamiento del brazo neumático.⁵⁹ (Continuación)

⁵⁹ El Autor.

Los demás dispositivos detallados en la Tabla 6.5 se encuentran etiquetados y ordenados en la caja de revisión como se muestra en la imagen 6.11



IMAGEN 6.11.- Conexión del circuito eléctrico y de control.⁶⁰

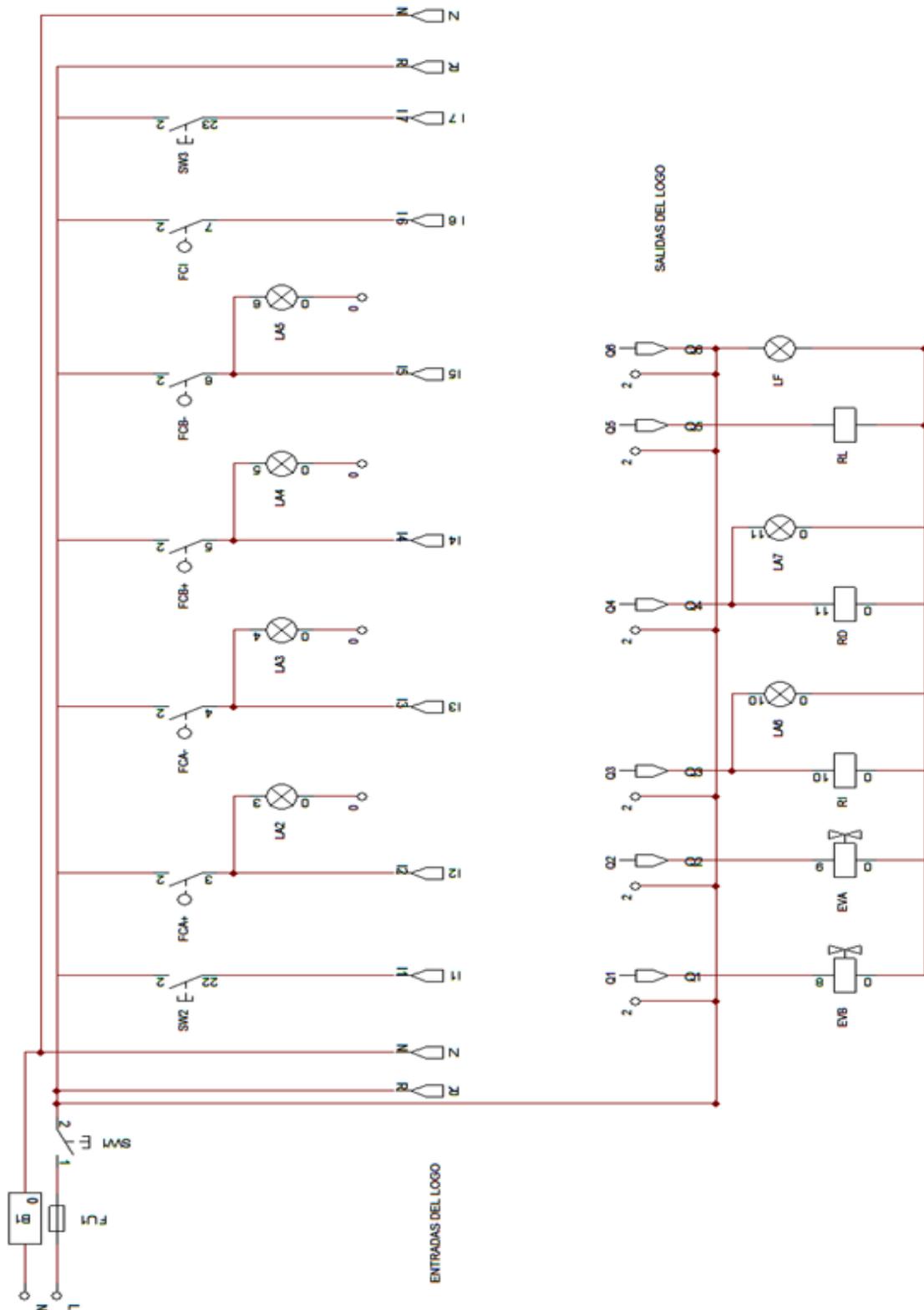
Por ello se va a detallar en la figura 6.10 la conexión de los diferentes elementos de control electrónico que funcionan de manera lógica y secuencial con el PLC LOGO. Para realizar la inversión del giro del motor necesitamos de relés de 8 pines, ya que solo necesitamos de un contacto normalmente abierto para permitir el paso de la corriente en un sentido y de igual manera otro normalmente abierto, para el cambio de giro.

Es importante llevar una señalización tal como se muestra en el esquema eléctrico ya que, esto nos facilitara al momento de realizar las conexiones en la caja de control para lo cual se ha ocupado una libreta marcadora con letras y números, que se colocaran en los cables para tener una correcta ubicación de los mismos.

Todos los cables cuentan también con los respectivos terminales que son importantes para la seguridad del cableado.

⁶⁰ El Autor.

Fig. 6.10. Diagrama eléctrico de control.⁶¹



⁶¹ El Autor.

Es necesario que todos los dispositivos usados para la automatización del sistema estén bien referenciados y ubicados en una caja de revisión que se adquirió la misma que tiene las siguientes dimensiones: alto 30 cm, ancho 17 cm, largo 30 cm.



IMAGEN 6.12.- Caja del circuito de control.⁶²

Para el tablero principal de control se tiene elementos indicadores, que se han dispuesto a manera didáctica para el control y supervisión de la secuencia lógica de funcionamiento del sistema.

Estos dispositivos se detallan en la siguiente tabla 6.6

⁶² El Autor

TABLA 6.6 Elementos del tablero de control.

(Elaborado por: El Autor)

ELEMENTO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD
SELECTOR CAMSCO	2 POSICIONES	1
SELECTOR LUZ VERDE	2 POSICIONES	1
PULSADOR PARO EMERGENCIA	TIPO HONGO	1
LUZ PILOTO	COLOR NARANJA	7

En la caja de revisión se taladra los agujeros necesarios para la instalación de los selectores y el paro de emergencia así como las luces pilotos que nos indicaran la secuencia en la que se van activando los diferentes dispositivos y actuadores.

Una vez instalados los selectores y luz pilotos se etiquetará cada uno de los pulsadores según su utilidad y aplicación, ya que deben estar bien referenciados todos los mandos para que los estudiantes que manipulen el mecanismo no tengan dudas al momento de operar el sistema.

6.9 ADMINISTRACIÓN.

6.9.1 COSTOS DIRECTOS. (C.D)

Los costos directos son los precios de los materiales utilizados directamente en la automatización del mecanismo de brazo, y se presentan en las siguientes tablas 6.7, 6.8, 6.9.

Costos de Materiales (C.M.)

TABLA 6.7 Costos de materiales utilizados para el sistema neumático.

(Elaborado por: El Autor)

Cantidad	Unidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Unidad	Unidad de mantenimiento neumática	50	50
2	Unidad	Válvula 5/2 solenoide de una bobina	31,50	63
8	Metros	Manguera poliuretano 6mm	0,72	5,76
6	Unidad	Racor 1/8 salida para manguera 6	3	18
4	Unidad	Racor 1/4 salida para manguera de 6	3	12
1	Unidad	Conector T de 1/8	1,80	1,80
4	Unidad	Silenciadores de 1/8	1,10	4,40
1	Unidad	Teflón	0,15	0,15
Total				155,11

TABLA 6.8. Costos de materiales utilizados para el sistema de control y eléctrico.

(Elaborado por: El Autor)

Cantidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (usd)
1	PLC LOGO 230RC	143,54	143,54
1	Módulo de expansión	70	70
5	Fin de carrera 110-220 Vol 5A	4,91	24,55
3	Relé CAMSCO auxiliar 8 pines 110-220 Vol 5A	4,66	13,98
3	Base para relé 8 pines	1,45	4,35
1	Selector 2 posiciones	2	2
1	Selector 2 posiciones luz verde	5,45	5,45
1	Pulsador tipo hongo	4,60	4,60
6	Luz piloto 110 Vol Neón color naranja	0,27	1,62
1	Riel DIM metálica	1,53	1,53
24	Bornera Legrand 12 AWG	1	24
1	Fusible y porta fusible 4 A	1,48	1,48
8	Cable flexible 14 AWG	0,21	6,30
4	Cable flexible sucre 3x16 AWG	1,25	5
1	Enchufe blindado 3P	1,70	1,70
1	Libreta marcadora números y letras	14	14
50	Terminal aislado tipo pin N° 16	0,04	2
30	Terminal aislado tipo abierta N°16	0,03	0,90
40	Terminal aislado tipo espiga N°16	0,07	2,80
Total			329,8

TABLA 6.9. Costos de materiales utilizados para el sistema de transmisión del movimiento horizontal.
(Elaborado por: El Autor)

Cantidad	Unidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Unidad	Motor monofásico de ¼ HP	47	47
5	Kilogramos	Plancha de acero de 5 mm	1,55	7,75
1	Unidad	Piñón # dientes 33	12	12
4	Unidad	Pernos hexagonal, rodela, tuercas 5*30 mm	0.40	1.60
Total				68,35

$$C.D = 155,11 + 329,8 + 68,35$$

Total Costos directos (C.D) = 553,26 USD.

6.9.2 COSTOS INDIRECTOS.

Son los gastos correspondientes a la utilización de maquinaria y equipos, costos de mano de obra entre otros gastos que no se ven reflejados directamente en la automatización del mecanismo de brazo neumático, pero que fueron necesarios para su realización y se describen en las tablas siguientes 6.10, 6.11.

a) Costo de Máquinas y Equipos. (C.M.E)

TABLA 6.10. Costos de maquinaria y equipos.
(Elaborado por: El Autor)

Maquinaria	Costo/Hora	Horas de utilización	Valor Total (USD)
Suelda Eléctrica	0.80	1	0,80
Esmeril	0.50	2	1
Taladro de mano	0.50	1	0,50
Taladro pedestal	0.50	2	1
Compresor de aire	0.50	2	1
Herramientas mano	0.20	20	4
Total			8,3

b) Costos de Mano de Obra. (C.M.O)

Consideramos los costos de mano de obra a la instalación correspondiente para el funcionamiento de la automatización del mecanismo.

TABLA 6.11. Costos de mano de obra.
(Elaborado por: El Autor)

Instalación	Costo/Hora	Horas de trabajo	Valor Total (USD)
Eléctrica	5	25	125
Neumática	4	20	80
Mecánica	4	20	80
Total			285

c) Costos de operación. (C.OP)

El costo de operación es el valor de consumo de energía, como consecuencia de operación de la máquina, debido a las pruebas de funcionamiento realizadas.

$$C.OP = 7.65 \text{ USD}$$

$$C.I = 8,3 + 285 + 7.65$$

Total Costos Indirectos (C.I) = 301 USD.

6.9.3 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA. (C.T.P)

En la tabla 6.12 se indican la suma total de los costos para la realización de la automatización del mecanismo.

TABLA 6.12. Costo total de la máquina.
(Elaborado por: El Autor)

COSTOS	VALOR (USD)
Directos	553
Indirectos	301
TOTAL	854

6.10 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.

6.10.1 MANUAL DEL USUARIO.

Descripción de las entradas del logo OBA6.

I1 Da la orden para que se inicie el ciclo de trabajo

- I2 Indica que el cilindro A se encuentra actuado (A+)
- I3 Indica que el cilindro A se encuentra contraído (A-)
- I4 Indica que el cilindro B se encuentra actuado (B+)
- I5 Indica que el cilindro B se encuentra contraído (B-)
- I6 Da consentimiento para que se pueda empezar el ciclo de trabajo. Asegura la posición de inicio
- I7 Para o detiene la secuencia de funcionamiento,.

Descripción de las salidas del logo oba6.

- Q1 permite el funcionamiento de la electroválvula del cilindro B
- Q2 permite el funcionamiento de la electroválvula del cilindro A
- Q3 permite el funcionamiento del relé para giro izquierdo del motor
- Q4 permite el funcionamiento del relé para giro derecho del motor
- Q5 permite el funcionamiento del relé de línea para inversión de giro del motor
- Q6 permite el funcionamiento lámpara de señalización, luz continua en condiciones de trabajo normal, o intermitente en condiciones de falla o paro de emergencia
- Q7 salida para accionamiento del elemento terminal para acción de carga y descarga.

Modo de funcionamiento

Condiciones de encendido.

Previo al encendido de la máquina se debe revisar las siguientes condiciones de arranque:

- 1.- Conectar suministro de aire para las electroválvulas.
- 2.- Cilindro A debe encontrarse contraído y actuando micro de presencia del mismo en posición A- (I3).

3.- Cilindro B debe encontrarse salido y actuando micro de presencia del mismo en posición B+ (I4)

4.- El brazo debe ubicarse de tal manera que se encuentra actuando el micro de consentimiento de inicio de ciclo (I6).

Nota.- En el caso de que fuera actuado primero el switch de inicio de ciclo (I1) y posteriormente se actué el micro de consentimiento de inicio de ciclo (I6), se deberá resetear el switch de inicio de ciclo para que se ponga en marcha el programa.

5.- Conectar suministro de energía eléctrica.

Encendido.

Para que la máquina se ponga en funcionamiento debemos encender el switch principal que se encuentra ubicado en la parte superior de la caja de control, esto hará que se encienda el PLC LOGO. Este switch lleva incorporada una luz indicadora, la misma que mostrará una luz continua si la máquina se encuentra en posición de trabajo normal, y mostrará una luz intermitente si el switch de emergencia ha sido accionado.

Nota.- Con esta acción solamente se está energizando la máquina pero todavía no entra en funcionamiento la misma

A continuación se debe verificar que el switch de emergencia no se encuentre actuado, y que haya las condiciones de encendido, luego se debe poner en posición ON el switch de inicio ciclo. El brazo entonces hará dos movimientos para bajar a coger la carga y esperará el tiempo programado para la misma, o si se oprime el paro de emergencia se detendrá todo el tiempo mientras el paro de emergencia no se haya soltado y reseteado el switch de inicio ciclo, y posteriormente subirá para girar y bajar a descargar teniéndose en este punto de igual manera la opción de parar el proceso mediante el paro de emergencia.

El ciclo será continuo y la máquina trabajará bajando para tomar la carga, subiendo y girando para bajar a descargar, subiendo y girando en sentido contrario para volver a tomar la carga o empezar un nuevo ciclo.

La máquina parará cuando se haya presionado el paro de emergencia o apagado la máquina, en cuyo caso se deberá volver a chequear condiciones de encendido para volver a operar y mandar a funcionar la secuencia del proceso.

Conclusión

Se concluye de las pruebas realizadas y del análisis técnico bibliográfico que el peso recomendado para que realicen las prácticas es de 5 a 15 lb.

Recomendación

Se recomienda a los estudiantes que vayan a realizar las practicas con el mecanismo, así como a los que estén presentes observando, que guarden una distancio prudente en un radio de 1,5 m a partir de la cara frontal de la estructura.

6.10.2 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

TABLA 6.13. Plan de Mantenimiento Preventivo.
(Elaborado por: El Autor)

Nº	ACTIVIDADES	FRECUENCIA
1	Revisar que los cables de encendido no estén quemados o pelados.	Siempre
2	Observar el estado de los cables de la caja de revisión no esté suelto ni pelado.	Siempre
4	Verificar que las mangueras estén acopladas correctamente en los cilindros y las electroválvulas.	Siempre
5	Oír si no existen fugas de aire en las conexiones.	Siempre
6	Comprobar el apriete de las articulaciones y de sujeción de toda la máquina.	Cada 45 horas uso
7	Verificar el estado de las tomas de salida del aire (silenciadores) de las válvulas solenoides.	Cada 45 horas uso
8	Verificar el apriete y sujeción de los finales de carrera	Cada 45 horas uso
9	Ajustar el mecanismo de transmisión de movimiento piñón-engranaje	Cada 90 horas uso
10	Lubricar el los elementos que están sujetos a rotación.	Cada 180 horas uso
11	Verificar el estado de operación del motor.	Cada 360 horas uso

6.10.3 PLAN DE MEJORAS.

El plan de mejoras consiste en la implementación de elementos terminales que provean nuevas funciones al mecanismo como se muestra en la fig. 6.11 este plan de mejoras se lo podrá realizar a medida que el laboratorio de Neumática vaya adquiriendo nuevos equipos y dispositivos que se puedan complementar con los ya existentes.

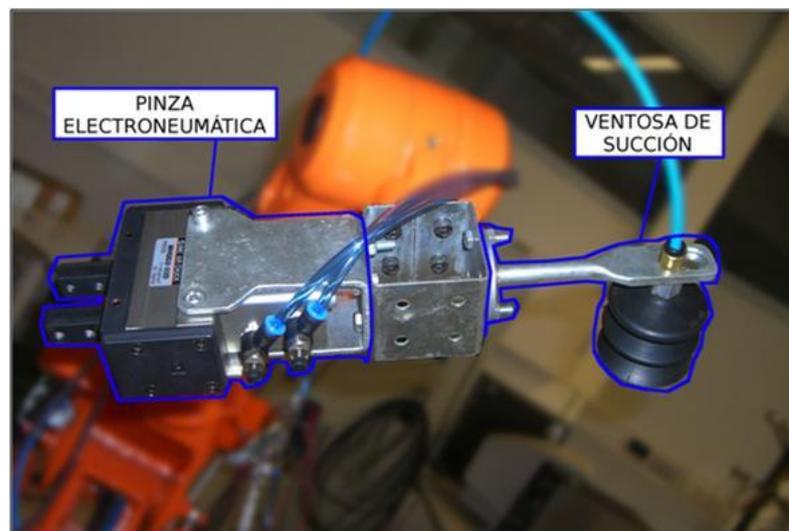


Fig. 6.11 Elementos terminales.⁶³

⁶³ <http://ira.unileon.es/es/content/celuladeclasificaci%C3%B3n#nogo>

BIBLIOGRAFÍA

- ANGULO USÁTEGUI J., AVILÉS R.; Curso de Robótica; 1ra. Edición; Ed. Paraninfo; Madrid; 1985.
- BARRIENTOS A.; Fundamentos de Robótica; Segunda Edición; España; 2007.
- BOLTON W; Mecatrónica: Sistemas de Control electrónico en la Ingeniería Mecánica y Electrónica; Alfaomega Segunda Edición.; México; 2006.
- CREUS A; Neumática e Hidráulica; Alfaomega; Primera Edición; México 2007.
- GRAIG. J ; Robótica; Tercera Edición; México; 2006.
- IÑIGO; Robots Industriales Manipuladores, Primera Edición, Ediciones UPC, España, 2004.
- NARANJO L, HERRERA L, MEDINA A; Tutoría de la Investigación Científica; Ambato 2008.
- OLLERO. A; Robótica manipuladores y robots móviles. Alfaomega. España. 2001.
- PIEDRAFITA; Ingeniería de la Automatización Industrial, Primera Edición, Alfaomega, México 2001.
- SCHROM. J; Estrategias educativas para El Aprendizaje Activo; Ecuador 1999.
- SERRANO. N; Neumática; Paraninfo; Quinta Edición; España 2008.
- www.kalipedia.com/tecnologia/tema/movimiento-robots
- www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm tema fecha de ingreso y dirección
- www.industriasociadas.com/Airtac/Valvulas.htm
- www.2.udec.cl/~jinzunza/fisica/cap8.pdf
- www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/salvatori_a_m/capitulo2.pdf
- www.ceduvirt.yolasite.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20Matlab.pdf

- www.davidrojasticsplc.wordpress.com/
- www.forosdeelectronica.com/f24/diferencias-ventajas-entre-plc-pic-736/

ANEXOS

- A.- Normativa Sobre Robots Industriales
- B.- Guía de Practica N°1
- C- Catálogo Airtag de Válvula solenoide 5/2.
- D.- Catálogo Airtag Racores, Manguera y Silenciadores
- E.- Catálogo características LOGO OBA6
- F.- Norma AWG para selección de cable
- G.-.Programación del LOGO
- H.- Planos

ANEXO [A]
NORMATIVA SOBRE ROBOTS INDUSTRIALES

ANEXO 1

Normativa sobre robots industriales

La Organización Internacional de Estándares (ISO), tiene definidas varias normas relativas a los Robots Manipuladores Industriales. Estas normas son adoptadas como norma Europea, indicándose este hecho, mediante las siglas EN-ISO en su denominación. En su mayoría éstas se encuentran traducidas al Español, estando identificadas entonces como normas UNE EN ISO.

El texto de las normas ISO puede obtenerse en www.iso.org. Las normas trasladadas al español, son mantenidas y distribuidas por AENOR, pudiéndose obtener estas normas a través de su página WEB (www.AENOR.es). La elaboración de las citadas normas en español es realizada por el comité técnico AEN/CTN 116 Sistemas Industriales Automatizados, cuya secretaría está desempeñada por la Asociación Española de Robótica y Automatización de las Tecnologías de la Producción (AER-ATP www.aeratp.com)

En la tabla siguiente se muestran las normas ISO existentes para Robots Manipuladores Industriales. En el caso de que exista la versión en español (Norma UNE) se indica ésta.

Norma	Título
UNE EN ISO 8373:1998	Vocabulario
EN ISO 9787:1999	Sistemas de coordenadas y movimientos
EN ISO 9946:1999	Presentación de las características
UNE EN ISO 9283:1998	Criterios de análisis de prestaciones y métodos de ensayo relacionados
UNE EN ISO 10218-1:2006	Seguridad
UNE EN ISO 15187:2003	Interfaces gráficas de usuario para la programación y el funcionamiento de robots (GUI-R)
UNE EN ISO 9409-1:1996	Interfaces mecánicas parte 1: Interfaces por placa
UNE EN ISO 9409-2:2003	Interfaces mecánicas parte 2: Ejes
EN ISO 11593:1996	Sistemas de intercambio automático de efector. Vocabulario y presentación de características
UNE EN ISO 14539:2000	Transporte de objetos con dispositivos de agarre tipo empuñadura. Vocabulario y presentación de características

En este Anexo se comentan las normas relativas a vocabulario (UNE EN ISO 8373:1994), Sistemas de coordenadas y movimientos (EN ISO 9787:1999), Presentación de las características (EN ISO 9946:1999), Criterios de análisis de prestaciones y métodos de ensayo (UNE EN ISO 9283: 1998) y Seguridad (UNE EN ISO 10218-1: 2006). Se recomienda al lector la lectura de estas normativas en su formato original o al menos de los resúmenes comentados incluidos en este Anexo.

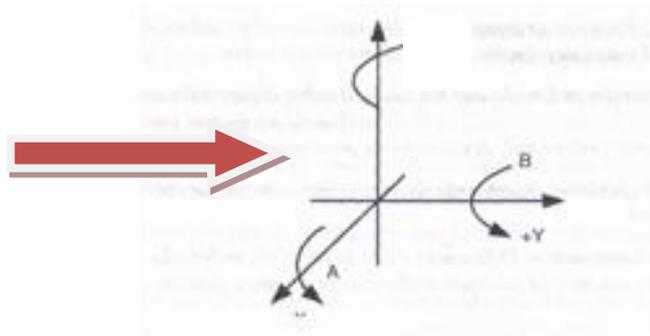


Figura 1. Sistemas de

El sistema de coordenadas de la base se denota por O, X_0, Y_0, Z_0 . Su origen O , debe ser definido por el fabricante. El eje Z_0 se debe situar en la dirección de la estructura mecánica, perpendicular a la superficie de fijación de la base del robot y alejándose de ésta. Para la definición del eje X_0 es necesario definir previamente el punto central del espacio de trabajo C_0 . Este se define como la posición del punto de referencia de la muñeca (véase definición en vocabulario) cuando cada articulación del brazo robot está en mitad del recorrido de su rango de movimiento (recuérdese que el punto central de la herramienta, no es el extremo del robot). Una vez identificado éste, el eje X_0 se debe situar desde el origen O hacia la proyección de C_0 sobre la superficie de montaje de la base del robot. Si la geometría del robot impidiera esta selección para el eje X_0 , el fabricante deberá especificar cual es ésta.

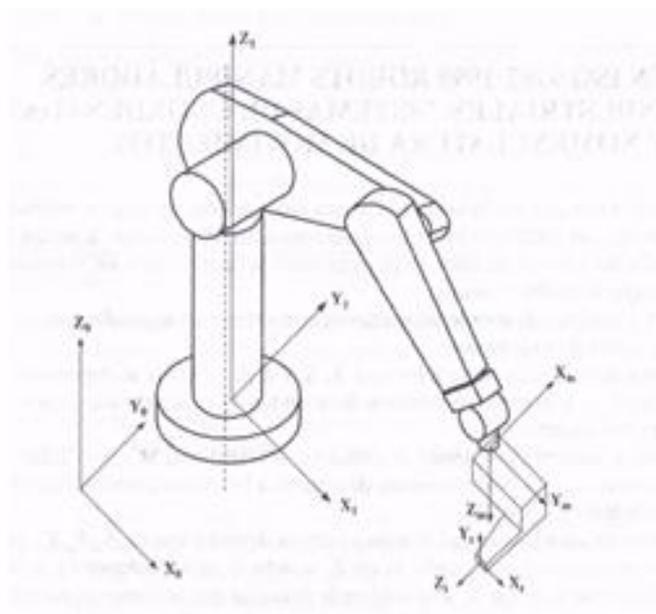


Figura 2. Sistema de coordenadas.

sí mismo sus movimientos aprovechando que el funcionamiento repetitivo, les da la oportunidad de evaluar modos de compensar errores.

Configuración: *Conjunto de valores de los desplazamientos de las articulaciones (igual al número de ejes principales) que determinan completamente y en todo instante la forma que adopta brazo.*

El término brazo queda definido en la norma como el conjunto de eslabones y articulaciones interconectados que posicionan la muñeca. Es decir, lo limita a los, habitualmente, tres primeros ejes. Sin embargo, en general, debe entenderse por configuración a los valores de la totalidad de los ejes del robot.

Eslabón: *Cuerpo rígido que mantiene unidas las articulaciones.*

Articulación prismática: *Unión entre dos eslabones que permite a una de ellos tener un movimiento lineal en relación con el otro.*

Articulación rotativa: *Unión entre dos eslabones que permite a una de ellos tener un movimiento giratorio alrededor del otro.*

Interfase mecánica: *Superficie de montaje en el extremo de la estructura articulada sobre la cual está fijada el elemento terminal.*

Grado de libertad: *Cada una de las variables (de un máximo de 6) necesarias para definir los movimientos de un cuerpo en el espacio.*

Es importante hacer notar que, a diferencia de la terminología adoptada por éste y otros textos, la norma diferencia entre grado de libertad y ejes del robot. Mientras que los grados de libertad corresponden exclusivamente al espacio de la tarea (sin hacer referencia al robot en la definición al robot), los ejes corresponden al espacio del robot. En un robot redundante el número de ejes será superior al de grados de libertad.

Sistema de coordenadas de Taller: *Sistema de coordenadas fijo, asociado a la tierra, independiente de los movimientos del robot.*

En la versión inglesa de esta norma se denomina a este sistema de coordenadas como WORLD, cuya traducción MUNDO, está más acorde con la expresión habitual en español que la expresión TALLER.

Sistema de coordenadas de la base: *Sistema de coordenadas fijo, asociado a la superficie de fijación de la base del robot.*

Sistema de coordenadas de la interfase mecánica: *Sistema de coordenadas asociado a la interfase mecánica.*

Sistema de coordenadas de la herramienta: *Sistema de coordenadas asociado a la herramienta o al útil terminal. Se le denomina TCS.*

Punto de referencia de la muñeca: *Punto de intersección de los dos primeros ejes secundarios (los que son más cercanos a los ejes principales). En su defecto punto descrito sobre el primer eje secundario.*

De manera simple, se entiende que los ejes secundarios son aquéllos destinados fundamentalmente a orientar el extremo del robot, es decir, aquellos que quedan sin considerar los tres primeros dedicados a posicionar (ejes principales). El punto de referencia de la muñeca, cuando el robot cumple las condiciones necesarias para realizar el desacoplamiento cinemá-

Tiempo de estabilización de posición (t)	Cuantifica con qué rapidez un robot puede pararse en una posición alcanzada. Se mide como el tiempo transcurrido desde el momento en que se cruza la banda límite hasta que se mantenga siempre dentro de la misma la (banda queda delimitada por la repetibilidad).
Rebose de posición (OV)	Es la distancia máxima que se separa el robot de la posición finalmente alcanzada, considerada a partir de del momento en que el robot cruza por primera vez la banda límite.
Deriva de las características de posicionamiento (dAP)	La deriva de la precisión de posición ($dAP_p, dAP_a, dAP_b, dAP_c$) es la variación de la precisión de posición durante un tiempo T especificado La deriva en la repetibilidad de la posición ($dRP_p, dRP_a, dRP_b, dRP_c$) es la variación de la repetibilidad de posición durante un tiempo T especificado. Las medidas de la deriva deben empezar en frío (tras encender el robot) y continuar durante varias horas mientras se calienta.
Intercambiabilidad (E)	Es la distancia máxima entre los baricentros de las posiciones alcanzadas, cuando diferentes robots del mismo tipo se intercambian bajo las mismas condiciones ambientales, el mismo montaje mecánico y utilizan el mismo programa de tareas.

* Las características que evalúan la calidad de la trayectoria se realizan comparando la trayectoria seguida por el robot y la trayectoria ideal. En general, las medidas se obtienen tras repetir la trayectoria el número de veces especificado en la norma (típicamente 10) con el 100 por 100 de la carga y a diferentes velocidades. Las características de trayectoria consideradas son las siguientes:

Precisión de trayectoria (AT)	Cuantifica la capacidad del robot de repetir una trayectoria. Se mide en base a obtener la trayectoria media seguida por el robot tras hacerle repetir una trayectoria programada varias veces y medir la máxima distancia entre la trayectoria programa y la trayectoria media (medida sobre planos normales a la trayectoria programada). Se evalúa tanto la precisión de la trayectoria en posición AT_p , como en orientación AT_a, AT_b, AT_c .
Repetibilidad en la trayectoria (RT)	Evalúa la dispersión de las trayectorias seguidas por el robot en el mismo caso que la medida de la precisión de la trayectoria. Su valor se cuantifica tanto en posición RT_p (máximo de los radios de círculos en el plano normal a la trayectoria programada, con centro en la trayectoria media), como en orientación (RT_a, RT_b, RT_c).
Precisión de la trayectoria en reorientación	Evalúa la influencia de la orientación sobre la precisión de la trayectoria (AT_p). Se obtiene midiendo la precisión de la trayectoria lineal a velocidad constante con variación de la orientación.
Error al doblar una Esquina (CR)	Se cuantifica como la mínima distancia entre el punto de la esquina y la trayectoria seguida por el robot cuando se le pide que realice la esquina.
Rebose de esquina (CO)	Es la máxima desviación de la trayectoria programada después de que el robot haya iniciado la segunda trayectoria de la esquina con velocidad constante.

Movimiento peligroso: Cualquier movimiento que pueda causar daños físicos o afectar a la salud de las personas.

Movimientos simultáneos: Movimiento de dos o más robots al mismo tiempo bajo el control de una misma unidad de control y que puede ser coordinado o sincronizado mediante una correlación matemática.

Singularidad: Condición causada por el alineamiento de 2 o más ejes del robot y que da como resultado un movimiento de recorrido o velocidad impredecible.

Modo de control a velocidad reducida: Modo de control del movimiento del robot en el que la velocidad de su extremo se limita a un máximo de 250 mm/s, permitiendo así a las personas tener tiempo suficiente para evitar un movimiento peligroso del robot o para detener al mismo.

 **Parada de protección:** Un tipo de interrupción de la operación que permite la parada del movimiento del robot por motivos de seguridad y que retiene el estado de modo que se facilite un re-arranque.

Como ejemplo aclaratorio de lo que puede ser la parada de protección, se puede considerar la parada que actúa cuando se detecta la entrada de un operador en la zona de seguridad (mediante alfombras sensibles, células fotoeléctricas, etc.). La norma establece las siguientes diferencias con la parada de emergencia:

	Parada de emergencia	Parada de protección
Localización	El operador debe poder acceder de modo rápido y sin obstáculos.	Determinada por la distancia de seguridad.
Activación	Manual.	Manual o automática.
Rearme	Solo manual.	Manual o automático.
Frecuencia de uso	Escasa. Sólo en emergencias.	Variable.
Efecto	Quita la energía de todos los elementos con peligro potencial.	Controla las medidas de protección.

Se establecen en la norma una serie de requisitos y medidas de protección a incluir en el diseño de los robots. Se recoge a continuación una síntesis de los mismos (Nota: la información contenida en los cuadros siguientes responde a una traducción e interpretación libre por parte de los autores del contenido del punto 5 de la norma con fines únicamente didácticos. Por tanto, no debe en ningún caso ser utilizado de manera sustitutiva a la normativa).



Funciones de parada del robot.	Parada de emergencia.	<p>Cada unidad de control capaz de ordenar el movimiento del robot o de otras acciones potencialmente peligrosas, debe incluir una parada de emergencia que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esté acorde con lo indicado en las normas IEC 60204-1:2005, apartados 9.2.5.4.2 y 10.7, así como con la norma ISO 13850. - Tenga prioridad sobre todas los demás mandos del robot. - Origine la parada de todos los elementos peligrosos. - Quite la energía de los actuadores. - Elimine cualquier otro peligro asociado al robot. - Quede activa hasta que se rearme. - Sólo pueda ser rearmada manualmente. - Tras el rearme se permita el re-arranque del robot, pero que no se origine éste de manera automática.
	Indicador de parada de emergencia.	<p>Si se incluye una señal de salida de «parada de emergencia activada»:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La señal debe permanecer activa aun cuando se quite la energía del robot. - Alternativamente, se puede generar un aviso independiente de parada de emergencia.
	Parada de protección.	<ul style="list-style-type: none"> - El robot puede tener una o más paradas de protección, diseñadas para ser conectadas con dispositivos de protección externos. - La parada de protección controlará el peligro causando una parada de todos los movimientos del robot, quitando la energía de los actuadores y originando la interrupción de cualquier otra fuente de peligro. - Esta parada se puede iniciar manualmente o de manera automática desde un sistema de control.
	Control a velocidad reducida.	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando se trabaje bajo el modo de velocidad reducida, la velocidad del elemento terminal o del punto central de la herramienta (TCP), no debe exceder los 250 mm/s. - El modo de control a velocidad reducida debe haber sido diseñado y construido de modo que la presencia de cualquier mal funcionamiento individual, razonablemente observable, origine la limitación de la velocidad al valor de velocidad reducida. - Se debe de proporcionar un método de ajuste del «off-set» de la velocidad del TCP.



Modos de operación	Selección del modo de operación.	<ul style="list-style-type: none"> - Los modos de operación deben poderse escoger mediante un procedimiento seguro (por ejemplo, conmutador protegido con llave, palabra de paso, etc.). Este procedimiento debe: - Indicar sin posible confusión el modo que se escoge. - No iniciar por sí mismo el movimiento del robot. - Se puede proporcionar una señal que indique el modo seleccionado.
	Modo automático.	<ul style="list-style-type: none"> - En este modo el robot debe ejecutar la tarea programada. El controlador no debe estar en modo manual y las medidas de seguridad deben estar activas. - El funcionamiento automático debe ser interrumpido si se detecta cualquier condición de parada. - La salida de este modo debe pasar por una parada.
	Modo manual a velocidad reducida.	<ul style="list-style-type: none"> - Este modo permite que el robot sea operado directamente por el operador, estando prohibido el funcionamiento automático. - Es aplicable en las fases de programación por guiado, verificación del programa y en determinadas tareas de mantenimiento. - Los usuarios deben estar informados de que, en lo posible, este modo debe ser utilizado garantizando que no haya operarios dentro de la zona de seguridad. - Antes de conmutar al modo automático, se debe rearmar cualquier medida de seguridad desactivada.

Terminal portátil de programación	Terminales inalámbricos.	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe incluir un indicador visual de que el terminal está activo. - La pérdida de la comunicación debe originar una parada de protección de todos los robots controlados desde el terminal. La recuperación de la comunicación no debe originar que se reanude el movimiento del robot sin una aceptación deliberada por parte del operador. - Se debe informar del tiempo máximo de respuesta en las comunicaciones. - Se debe prestar atención a no confundir los estados de parada de emergencia activa e inactiva.
	Control de múltiples robots.	Si un mismo terminal controla varios robots, se deberían tener en cuenta los requisitos incluidos en el apartado «Control de movimientos simultáneos» de esta norma.

Control de movimientos simultáneos	Terminal portátil de programación único.	Uno o más controladores de robots pueden estar unidos por un solo terminal portátil de programación. Cuando se configure para ello, este único terminal debe tener la capacidad de mover, bien uno solo, o bien varios de los robots de manera simultánea. En el modo de operación manual, todas las funciones del sistema del robot deben quedar bajo el control del terminal.
	Requerimientos de diseño seguro.	<ul style="list-style-type: none"> - La activación de cada uno de los robots, se debe realizar mediante selección individual, debiéndose mostrar, sobre el dispositivo utilizado para la selección, una indicación de qué robot ha sido seleccionado. Para poder activar un robot todos deberán estar en el mismo modo de operación (por ejemplo, modo manual a velocidad reducida). - Sólo se deben activar los robots explícitamente seleccionados, debiéndose indicar de una manera claramente visible desde la zona de seguridad, qué robots están activos. - Se deben prevenir los encendidos no esperados de robots no activados. - El sistema robot no debe responder a las órdenes o condiciones remotas que causen situaciones de peligro.

Operaciones en colaboración con humanos	General.	Los robots que estén diseñados para trabajar en colaboración con humanos, deberán incluir una señal visual que estará activa cuando se esté desarrollando la tarea en colaboración.
	Parada.	Los robots deben detenerse cuando un humano entre en la zona de trabajo en colaboración. Esta parada debe cumplir lo indicado en el apartado «Características del sistema de control (HW y SW)».
	Guiado manual.	<p>Cuando exista, el sistema de guiado manual debe estar instalado cerca del elemento terminal del robot, y debe estar equipado con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parada de emergencia, acorde con lo indicado los apartados anteriores «Parada de emergencia» y «Parada de emergencia desde el terminal». - Dispositivo de habilitación, conforme a lo indicado en el apartado anterior «Dispositivo de habilitación». - El robot debe trabajar a velocidad reducida (no superior a 250 mm/seg), cumpliendo lo indicado en el apartado «Características del sistema de control (HW y SW)». - Si se sobrepasara la velocidad reducida, deberá actuar la parada de protección.
	Monitorización de la posición y velocidad.	<ul style="list-style-type: none"> - El robot debe mantener una distancia de seguridad con el operador, en concordancia con la norma ISO 13855 (esta distancia será función de la velocidad relativa entre operador y robot). De no mantenerse esta distancia, debe de actuar la parada de protección. - El robot debe actuar a velocidad reducida, debiéndose monitorizar su posición. Estas funciones deben realizarse de acuerdo a lo indicado en «Características del sistema de control (HW y SW)».

Lím. de movimiento de los ejes (Cont.)	Dispositivos limitadores modificables dinámicamente.	<ul style="list-style-type: none"> - Son aquellos dispositivos capaces de definir un espacio restringido, cuya activación o situación puede cambiar durante una parte del ciclo de trabajo del robot. Pueden ser realizados, por ejemplo, mediante barreras ópticas, detectores activados mediante levas, o detectores de contacto que puedan ocultarse. - Estos dispositivos y los sistemas de control asociados, deben ser conformes a lo indicado en la norma ISO 13849-1:199, en lo relativo a categoría 3, salvo que un análisis de riesgo justifique otra categoría.
--	--	--

Otros:	Movimientos sin fuente de energía.	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe diseñar al robot de modo que, en situaciones de emergencia o anormales, sea posible mover los ejes sin el uso de sus actuadores. - Cuando sea posible, esto debe poder hacerlo una sola persona. Los controles que permiten el movimiento sin los actuadores (habitualmente liberación de frenos o equivalente) deben ser fácilmente accesibles, pero deben estar protegidos para evitar su activación involuntaria. - Las instrucciones deben incluir el procedimiento a seguir para conseguir estos movimientos, junto a recomendaciones de cómo entrenar a los operarios para actuar en estas situaciones de emergencia o anormales. - Las instrucciones deben incluir avisos relativos a los peligros que la acción de la gravedad y la liberación de los ejes (por ejemplo, frenos), puedan ocasionar. Si es posible se deben incluir estos avisos cerca de los dispositivos de liberación.
	Amarres para el transporte.	Se deben incluir amarres o puntos donde incorporar éstos al objeto de transportar el robot.
	Conectores eléctricos.	Los conectores eléctricos que puedan originar peligro si son extraídos, o si se rompen, deben ser diseñados y construidos para evitar la extracción involuntaria.

La norma acaba dando una serie de requisitos relativos a la información que se debe proporcionar al usuario en el manual de instrucciones del robot

Por último, se destacan el contenido de sus Anexos A y D. En el primero se recogen una serie de peligros a considerar en los robots, incluyendo ejemplos de situaciones dónde aparecen estos peligros y la zona donde se puede presentar. En el Anexo D se incluyen una serie de prestaciones de seguridad a incluir de manera optativa, como son sensores anticolidión o garantizar la precisión de las trayectorias a cualquier velocidad.

ANEXO [B]
GUÍA DE PRÁCTICA N°1

GUÍA DE PRÁCTICA N°1

TEMA: ELABORACIÓN DE GUIAS DE PRUEBAS A REALIZARSE CON EL BRAZO NEUMÁTICO

INTRODUCCIÓN

Este documento de instrucción servirá a los estudiantes de la materia de Neumática para que se familiaricen con los dispositivos actuadores y de control que trabajan con aire comprimido. La exitosa ejecución de esta guía práctica proporcionará al estudiante conocimiento práctico de los dispositivos con sus respectivos actuadores pudiendo determinar potenciales aplicaciones con fines didácticos.

OBJETIVOS:

GENERAL

Realizar una práctica con el brazo neumático automatizado

ESPECIFICOS

- Señalar cada una de las partes del sistema neumático
- Definir los grados de libertad que tiene el mecanismo
- Cuantificar las variables como el tiempo de duración que cumple un ciclo

EQUIPO UTILIZADO

Compresor

Mecanismo de brazo neumático

Peso a transportar 5lb

PROCEDIMIENTO

1. Conectar el compresor a la toma de la unidad de mantenimiento del mecanismo
2. Asegurarse que todos los elementos estén debidamente conectados y en la posición correcta.
3. Calibrar la unidad de mantenimiento a 5 bar
4. Llevar el mecanismo a la posición inicial de ciclo.
5. Conectar la fuente la toma de energía eléctrica.
6. Colocar un peso de 5 lb en el elemento terminal en este caso un gancho
7. Pulsar el selector de encendido
8. Verificar que al pulsador de paro de emergencia este desactivado.
9. Pulsar el selector de inicio de ciclo
10. Verificar en el panel de control mediante las luces del panel como se va accionando cada elemento.
11. Tomar los datos de presión de trabajo y tiempo de trabajo del mecanismo.
12. Repetir los pasos del 3 al 11 variando el peso a 10 lb y la conservar la misma presión

TABLA DE DATOS

CONDICIONES DE TRABAJO DEL MECANISMO

Presión de trabajo (Bar) : _____

Peso de la carga (lb) : _____

Tiempo en cumplir un ciclo (segundos): _____

CARACTERÍSTICAS DEL BRAZO

Grados de libertad del mecanismo: _____

Tipo de Configuración del brazo : _____

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

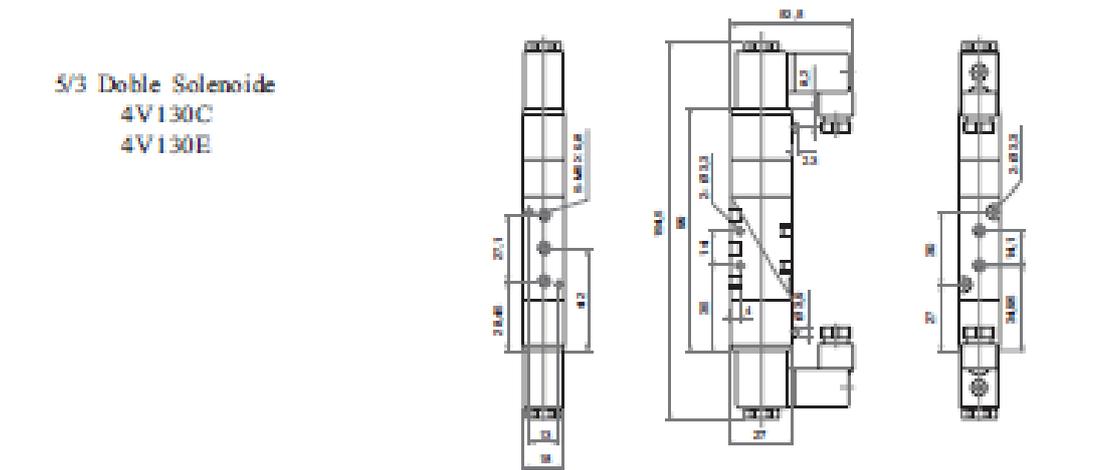
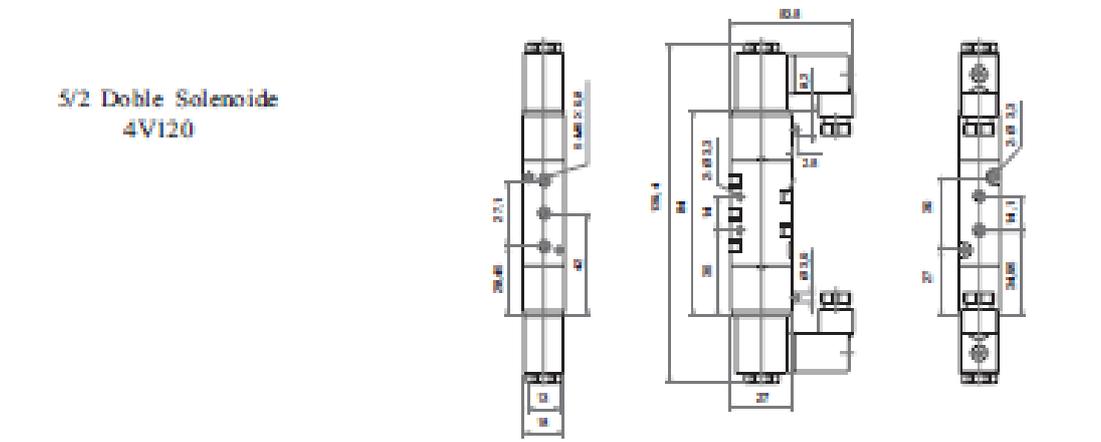
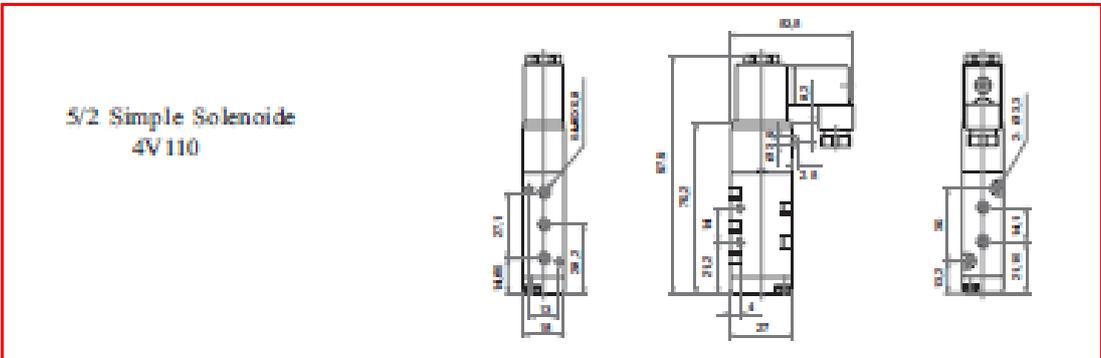
1. ¿Por los movimientos realizados cuantos grados de libertad tiene el mecanismo?
2. ¿Qué configuración cartesiana tiene el brazo neumático?
3. ¿Qué tiempo le toma al mecanismo culminar un ciclo?
4. ¿Hay variación del tiempo cuando se aumenta el peso a transportar?

ANEXO [C]

CATÁLOGO AIRTAG DE VÁLVULA SOLENOIDE

5/2.

VALVULAS SOLENOIDES - 5/2 - 5/3 VIAS
SERIE 4V1 - M5



VALVULAS SOLENOIDES - 5/2 - 5/3 VIAS

SERIE 4V1 - 1/8"

AIRTAC

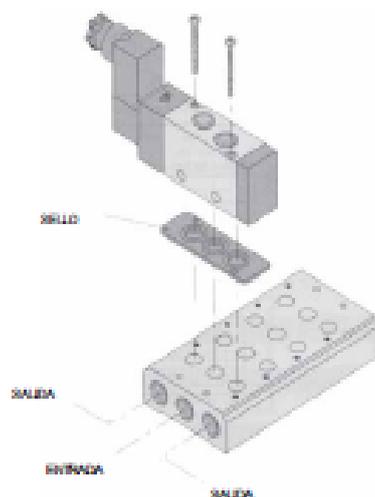


Código	Rosca	Vías	Operador de la Válvula	Referencia - Voltaje
A13005	1/8"	5/2	Simple solenoide / regreso resorte	4V110-06-DC12V
A13010	1/8"	5/2	Simple solenoide / regreso resorte	4V110-06-DC24V
A13015	1/8"	5/2	Simple solenoide / regreso resorte	4V110-06-AC110V
A13020	1/8"	5/2	Simple solenoide / regreso resorte	4V110-06-AC220V
A13025	1/8"	5/2	Doble solenoide	4V120-06-DC12V
A13030	1/8"	5/2	Doble solenoide	4V120-06-DC24V
A13035	1/8"	5/2	Doble solenoide	4V120-06-AC110V
A13040	1/8"	5/2	Doble solenoide	4V120-06-AC220V
A13045	1/8"	5/3	Doble solenoide / centros cerrados	4V130C-06-DC12V
A13050	1/8"	5/3	Doble solenoide / centros cerrados	4V130C-06-DC24V
A13055	1/8"	5/3	Doble solenoide / centros cerrados	4V130C-06-AC110V
A13060	1/8"	5/3	Doble solenoide / centros cerrados	4V130C-06-AC220V
A13065	1/8"	5/3	Doble solenoide / centros abiertos	4V130E-06-DC12V
A13070	1/8"	5/3	Doble solenoide / centros abiertos	4V130E-06-DC24V
A13075	1/8"	5/3	Doble solenoide / centros abiertos	4V130E-06-AC110V
A13080	1/8"	5/3	Doble solenoide / centros abiertos	4V130E-06-AC220V



MANIFOLD PARA VALVULAS

SERIE 4V1 - 1/8"



Código	Estaciones
A13200	2
A13205	3
A13210	4
A13215	5
A13220	6
A13225	7
A13230	8
A13235	9
A13240	10
A13245	11
A13250	12

Como ordenar sus válvulas en manifold

- Seleccione las válvulas que requiere su sistema
- Elija el código de acuerdo al número de estaciones
- Puede combinar válvulas de operador solenoide 4V1 con válvulas de operador neumático 4A1

Código	Bobina
A13300	DC12V
A13305	DC24V
A13310	AC24V
A13315	AC110V
A13320	AC220V

4V110



4V120



4V130C



4V130E



Especificaciones Técnicas

Operación	Flotante interno
Área de asiento (CV)	12mm ² (0,67)
Lubricación	No requiere lubricación
Presión de operación	1,5 ~ 8 Kg./cm ² (21 ~ 114 PSI)
Máxima presión	10,5 Kg./cm ² (150 PSI)
Temperatura	5 ~ 60°C (41 ~ 140°F)
Corriente a la bobina	50/60Hz
Variación de voltaje	± 10%
Consumo de potencia	AC: 3VA DC: 25W
Alimentación de la bobina	Clase F
Protección bobina	IP65 (DIN40050)
Conector	Tipo DIN
Máxima frecuencia	5 Ciclos / seg.
Tiempo de respuesta	0,05 Seg.

ANEXO [D 1]
CATÁLOGO AIRTAG RACORES.

RACORES INSTANTANEOS SERIE P - EN PULGADAS

AIRTAC



Código	Referencia	Rosca PT	Manguera OD
A50105	PC 1/4-U10	10/32"	1/4"
A50110	PC 1/4-N01	1/8"	1/4"
A50115	PC 5/16-N01	1/8"	5/16"
A50120	PC 1/4-N02	1/4"	1/4"
A50125	PC 5/16-N02	1/4"	5/16"
A50130	PC 3/8-N02	1/4"	3/8"
A50135	PC 1/4-N03	3/8"	1/4"
A50140	PC 3/8-N03	3/8"	3/8"
A50145	PC 1/2-N03	3/8"	1/2"
A50150	PC 3/8-N04	1/2"	3/8"
A50155	PC 1/2-N04	1/2"	1/2"



Código	Referencia	Rosca PT	Manguera OD
A51105	PL 1/4-U10	10/32"	1/4"
A51110	PL 1/4-N01	1/8"	1/4"
A51115	PL 5/16-N01	1/8"	5/16"
A51120	PL 1/4-N02	1/4"	1/4"
A51125	PL 5/16-N02	1/4"	5/16"
A51130	PL 3/8-N02	1/4"	3/8"
A51135	PL 1/4-N03	3/8"	1/4"
A51140	PL 3/8-N03	3/8"	3/8"
A51145	PL 1/2-N03	3/8"	1/2"
A51150	PL 3/8-N04	1/2"	3/8"
A51155	PL 1/2-N04	1/2"	1/2"



Código	Referencia	Manguera OD
A55110	PUC 1/4	1/4"
A55115	PUC 5/16	5/16"
A55120	PUC 3/8	3/8"
A55125	PUC 1/2	1/2"



Código	Referencia	Manguera OD
A55210	PUL 1/4	1/4"
A55215	PUL 5/16	5/16"
A55220	PUL 3/8	3/8"
A55225	PUL 1/2	1/2"



Código	Referencia	Manguera OD
A55310	PUT 1/4	1/4"
A55315	PUT 5/16	5/16"
A55320	PUT 3/8	3/8"
A55325	PUT 1/2	1/2"



Código	Referencia	Manguera OD
A55410	PY 1/4	1/4"
A55415	PY 5/16	5/16"
A55420	PY 3/8	3/8"
A55425	PY 1/2	1/2"



ANEXO [D 2]
CATÁLOGO AIRTAG DE MANGUERA

MANGUERA PARA AIRE
SERIE NA / PF / PUA

AIRTAC



POLIURETANO

Código	Referencia	Ø OD	Color
A 60000	PUA0425T	4 mm	Transparente
A 60010	PUA0425B	4 mm	Azul
A 60020	PUA0640T	6 mm	Transparente
A 60030	PUA0640B	6 mm	Azul
A 60040	PUA0850T	8 mm	Transparente
A 60050	PUA0850B	8 mm	Azul
A 60060	PUA1065T	10 mm	Transparente
A 60070	PUA1065B	10 mm	Azul
A 60080	PUA1280B	12 mm	Azul
A 61010	UA2AT	1/4"	Transparente
A 61020	UA2AB	1/4"	Azul
A 61030	UA3AT	3/8"	Transparente
A 61040	UA3AB	3/8"	Azul
A 61050	UA4AB	1/2"	Azul

NYLON

Código	Referencia	Ø OD	Color
A 62000	NA0425T	4 mm	Transparente
A 62010	NA0640T	6 mm	Transparente
A 62020	NA0860T	8 mm	Transparente
A 62030	NA1075T	10 mm	Transparente
A 62040	NA1290T	12 mm	Transparente
A 63010	NA2AT	1/4"	Transparente
A 63015	NA5/16A	5/16"	Transparente
A 63020	NA3AT	3/8"	Transparente
A 63030	NA4AT	1/2"	Transparente

POLIETILENO

Código	Referencia	Ø OD	Color
A 64000	PF0425T	4 mm	Transparente
A 64010	PF0640T	6 mm	Transparente
A 64020	PF0860T	8 mm	Transparente
A 64030	PF1075T	10 mm	Transparente
A 64040	PF1295T	12 mm	Transparente
A 65010	PF2AT	1/4"	Transparente
A 65015	PF-5/16A	5/16"	Transparente
A 65020	PF3AT	3/8"	Transparente
A 65030	PF4AT	1/2"	Transparente

ANEXO [D 3]
CATÁLOGO AIRTAG DE SILENCIADORES

SILENCIADORES

Se instalan en los escapes de las válvulas para reducir el nivel de ruido y evitar la entrada de polvo



Código	Referencia	Rosca
A 32005	SL-M5	M5
A 32010	SL-01	1/8"
A 32015	SL-02	1/4"
A 32020	SL-03	3/8"
A 32025	SL-04	1/2"
A 32030	SL-06	3/4"
A 32035	SL-08	1"

CONTROL DE FLUJO CON SILENCIADOR

Se instalan en los escapes de las válvulas para reducir el nivel de ruido, evitar la entrada de polvo y regular la velocidad de un cilindro.



Código	Referencia	Rosca
A 32205	MSC-2	1/8"
A 32210	MSC-4	1/4"
A 32215	MSC-6	3/8"
A 32220	MSC-8	1/2"

ANEXO [E]

**TABLAS CATÁLOGO CARACTERÍSTICAS LOGO
OBA6**

A.2 Especificaciones técnicas: LOGO! 230...

LOGO! 230RC /LOGO! 230RCo	
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC
Margen admisible	85 ... 265 V CA 100 ... 253 V CC
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente	
<ul style="list-style-type: none"> • 115 V c.a. • 240 V CA • 115 V CC • 240 V CC 	10 ... 40 mA 10 ... 25 mA 5 ... 25 mA 5 ... 15 mA
Compensación de fallos de tensión	
<ul style="list-style-type: none"> • 115 V CA/CC • 240 V CA/CC 	tip. 10 ms tip. 20 ms
Potencia disipada en caso de	
<ul style="list-style-type: none"> • 115 V c.a. • 240 V CA • 115 V CC • 240 V CC 	1,1 ... 4,6 W 2,4 ... 6,0 W 0,5 ... 2,9 W 1,2 ... 3,6 W
Tamponaje del reloj a 25 °C	tip. 80 h
Exactitud del reloj de tiempo real	típ. ±2 s / día
Entradas digitales	
Cantidad	8
Separación galvánica	no
Tensión de entrada L1	
<ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 • señal 0 • señal 1 	<40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC
Intensidad de entrada para	
<ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	<0,03 mA >0,08 mA
Tiempo de retardo para	
<ul style="list-style-type: none"> • 0 tras 1: 120 V AC 240 V c.a. : 120 V c.c. : 240 V c.c. • 1 tras 0 : 120 V c.a. 240 V c.a. : 120 V c.c. : 240 V c.c. 	tip. 50 ms tip. 30 ms tip. 25 ms tip. 15 ms tip. 65 ms tip. 105 ms tip. 95 ms tip. 125 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m

Especificaciones técnicas

LOGO! 230RC /LOGO! 230RCo	
Salidas digitales	
Cantidad	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé
Separación galvánica	sí
En grupos de	1
Activación de una entrada digital	sí
Corriente constante I_{th}	máx. 10 A por relé
Corriente de cierre	máx. 30 A
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de	
230/240 V CA	1.000 W
115/120 V CA	500 W
Tubos fluorescentes con reactor electrónico (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactora potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactora potencia B16 900 A
Derating	ninguno; en todo el rango de temperatura
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación	
Mecánica	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz

Atención: A este respecto se deberán considerar los datos técnicos de los reactores de lámparas fluorescentes con condensadores. Si se excede la corriente de cierre máxima admisible, las lámparas fluorescentes se deberán conectar a través de los relés auxiliares correspondientes.

Los datos se han determinado con los equipos siguientes:

Lámparas fluorescentes Siemens 58W VVG 5LZ 583 3-1 no compensadas.

Lámparas fluorescentes 58W VVG 5LZ 583 3-1 compensadas en paralelo con 7 μ F.

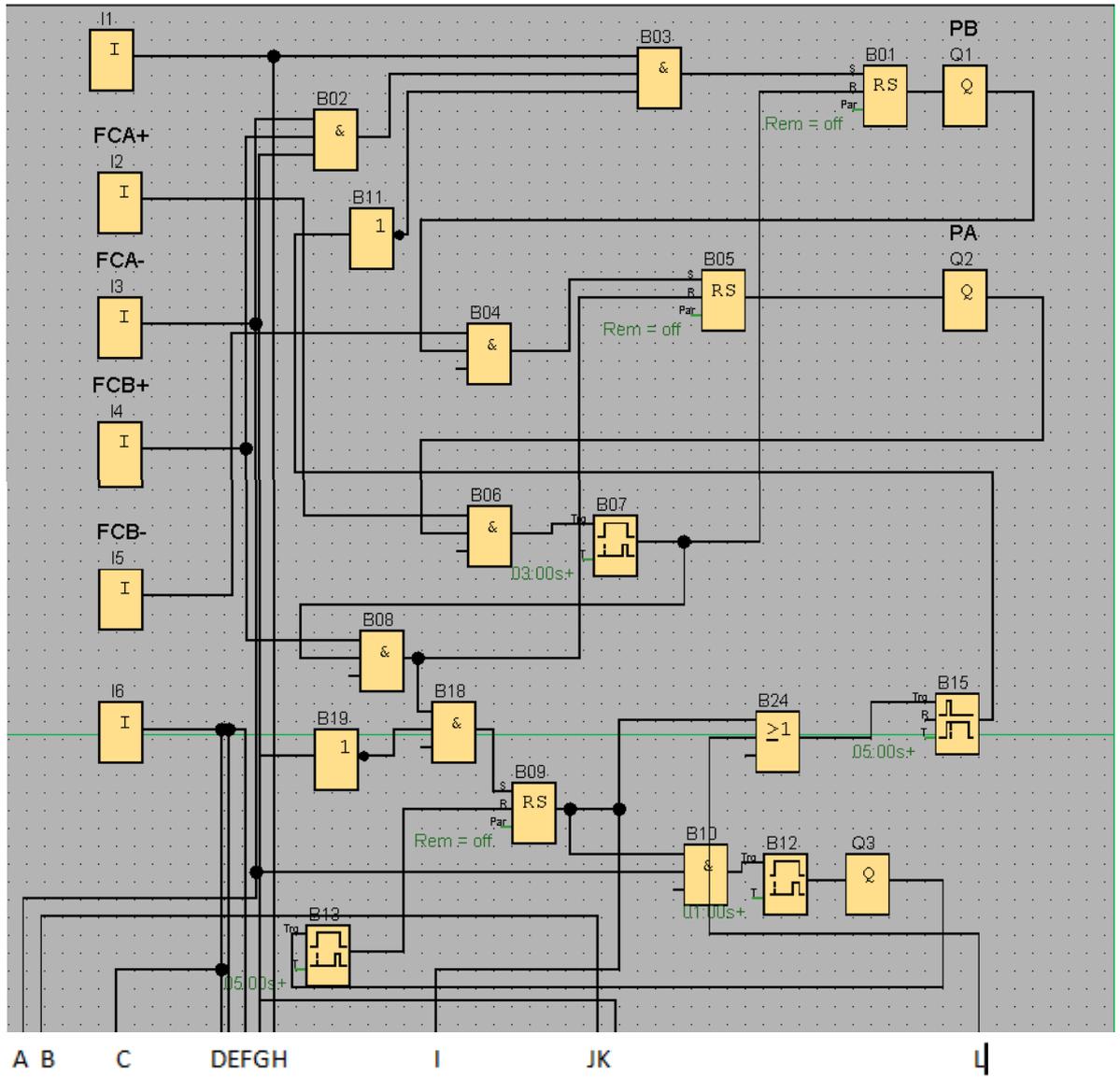
Lámparas fluorescentes 58W VVG 5LZ 501 1-1N (reactor electrónico).

ANEXO [F]
NORMA AWG PARA SELECCIÓN DE CABLE

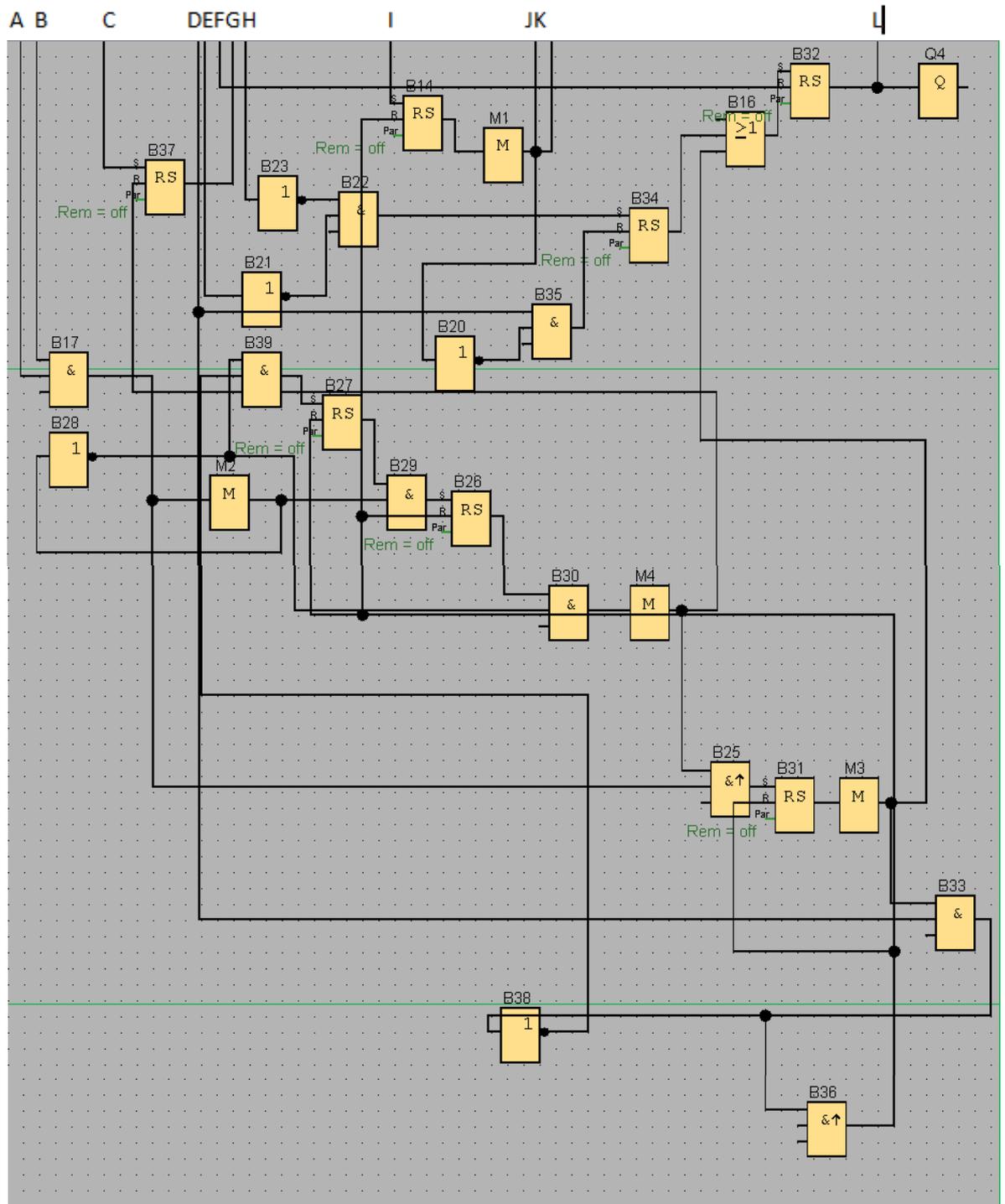
Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (O/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18

ANEXO [G]
PROGRAMACIÓN DEL LOGO

Ventana de trabajo y programación del Logo

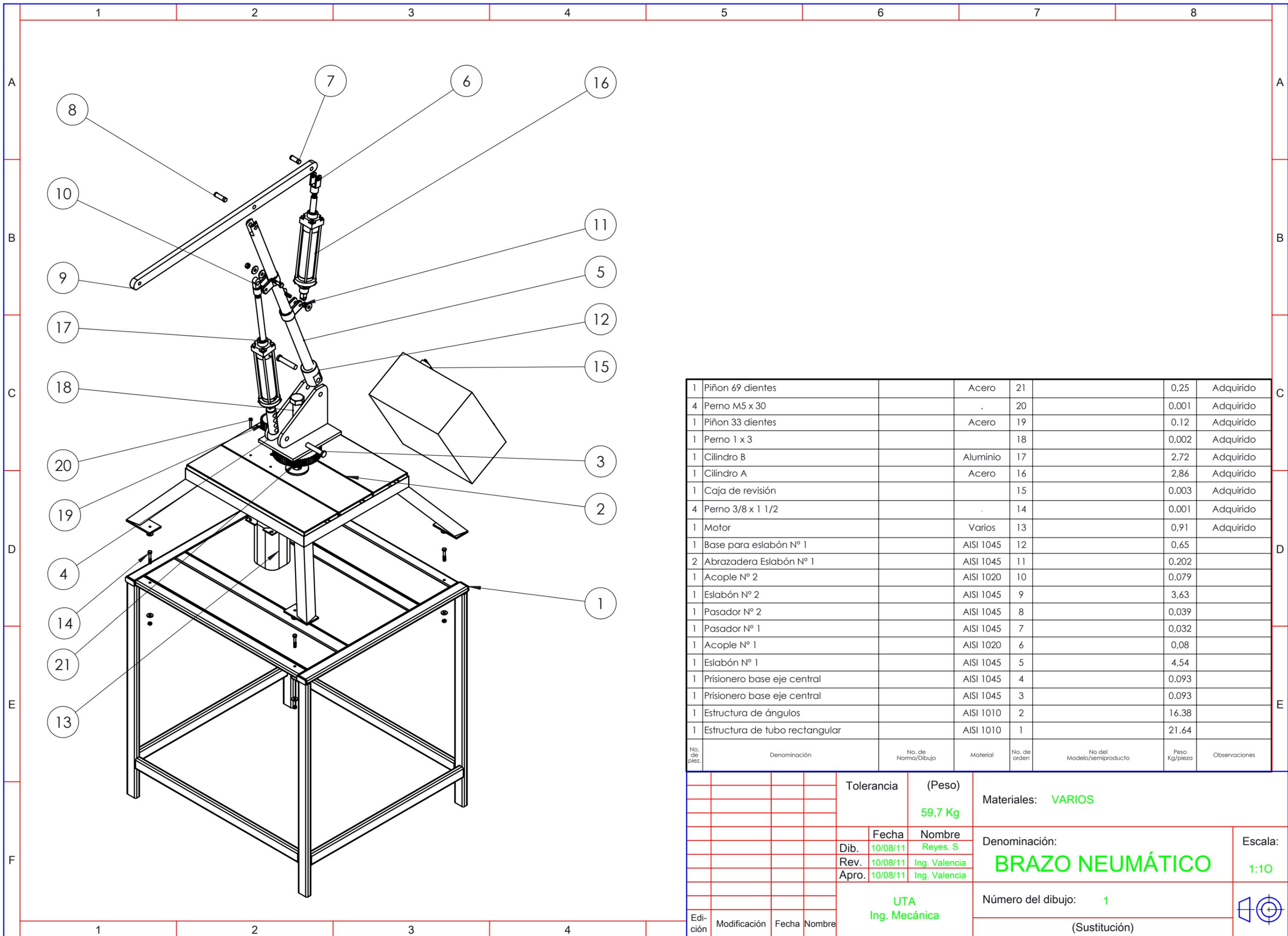


Ventana de trabajo y programación del Logo (continuación)



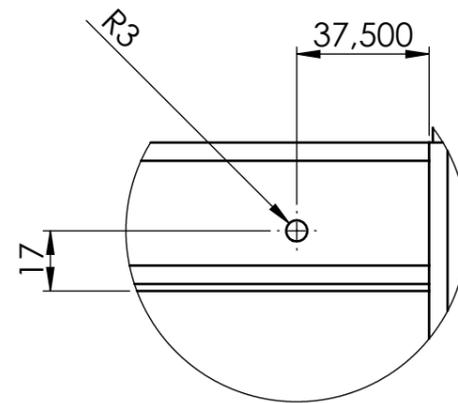
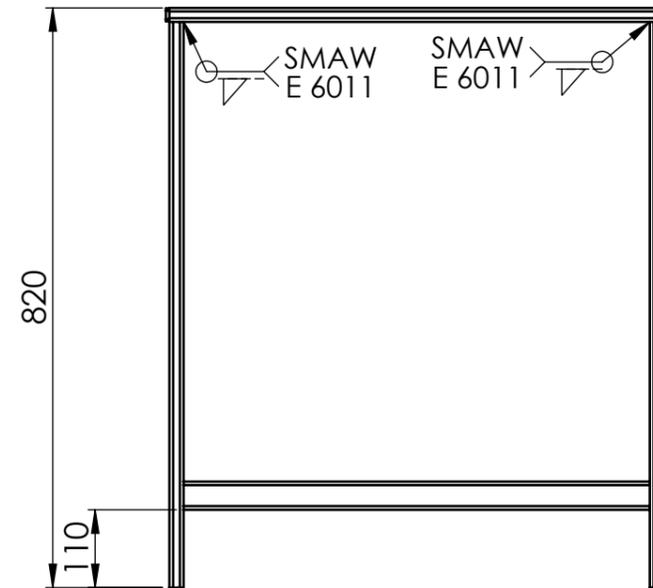
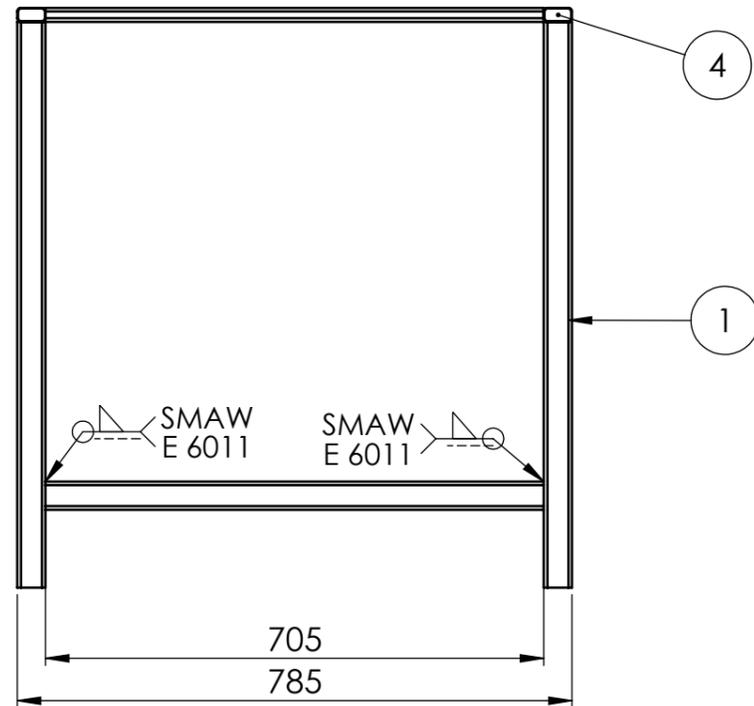
ANEXO [H]

PLANOS

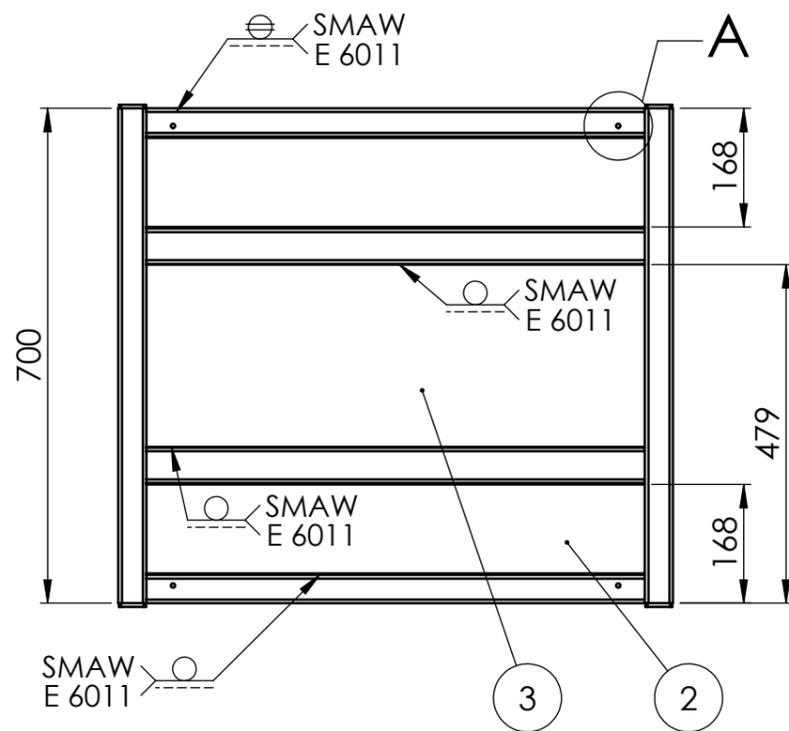


No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
1	Piñon 69 dientes		Acero	21		0,25	Adquirido
4	Perno M5 x 30		.	20		0.001	Adquirido
1	Piñon 33 dientes		Acero	19		0.12	Adquirido
1	Perno 1 x 3			18		0.002	Adquirido
1	Cilindro B		Aluminio	17		2,72	Adquirido
1	Cilindro A		Acero	16		2,86	Adquirido
1	Caja de revisión			15		0.003	Adquirido
4	Perno 3/8 x 1 1/2		.	14		0.001	Adquirido
1	Motor		Varios	13		0,91	Adquirido
1	Base para eslabón N° 1		AISI 1045	12		0,65	
2	Abrazadera Eslabón N° 1		AISI 1045	11		0.202	
1	Acople N° 2		AISI 1020	10		0.079	
1	Eslabón N° 2		AISI 1045	9		3,63	
1	Pasador N° 2		AISI 1045	8		0,039	
1	Pasador N° 1		AISI 1045	7		0,032	
1	Acople N° 1		AISI 1020	6		0,08	
1	Eslabón N° 1		AISI 1045	5		4,54	
1	Prisionero base eje central		AISI 1045	4		0.093	
1	Prisionero base eje central		AISI 1045	3		0.093	
1	Estructura de ángulos		AISI 1010	2		16.38	
1	Estructura de tubo rectangular		AISI 1010	1		21.64	

Tolerancia		(Peso)		Materiales: VARIOS	
		59,7 Kg			
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dib.	10/08/11	Reyes. S		BRAZO NEUMÁTICO	
Rev.	10/08/11	Ing. Valencia		Escala:	
Apro.	10/08/11	Ing. Valencia		1:10	
Edición		Nombre		Número del dibujo: 1	
Modificación		Fecha		UTA	
				Ing. Mecánica	
				(Sustitución)	

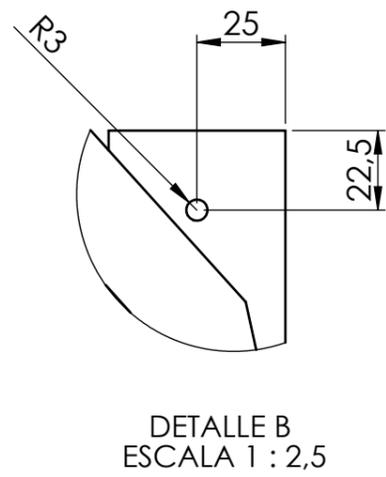
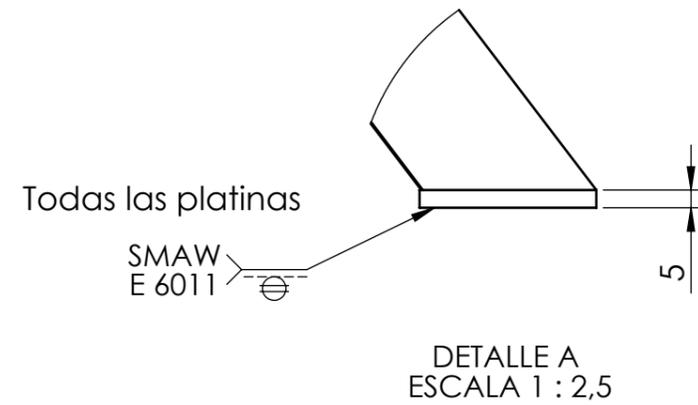
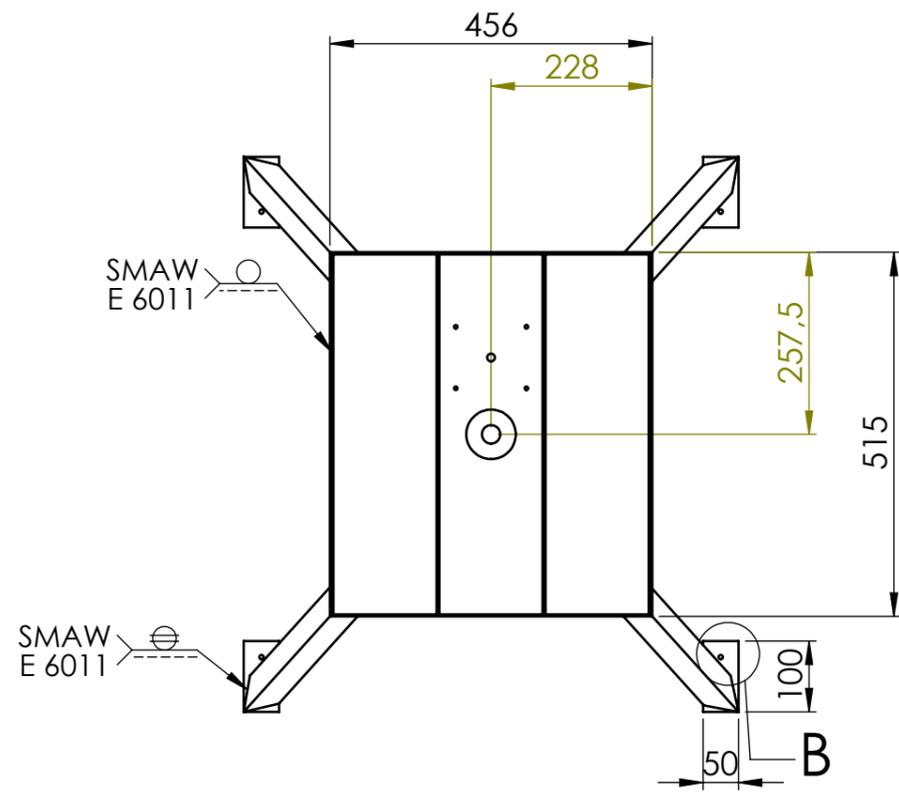
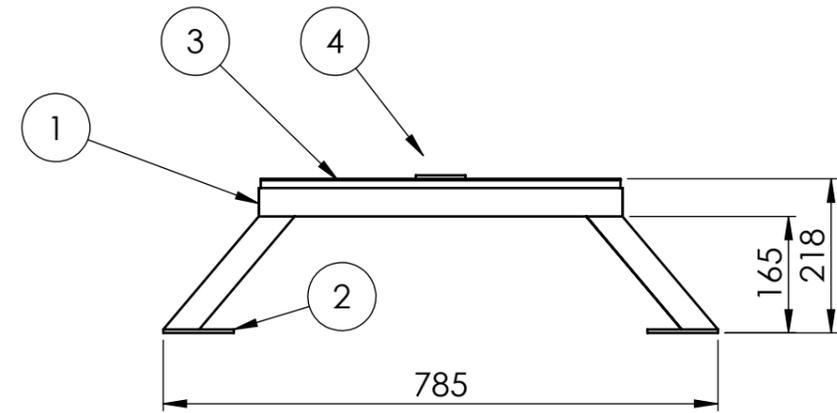
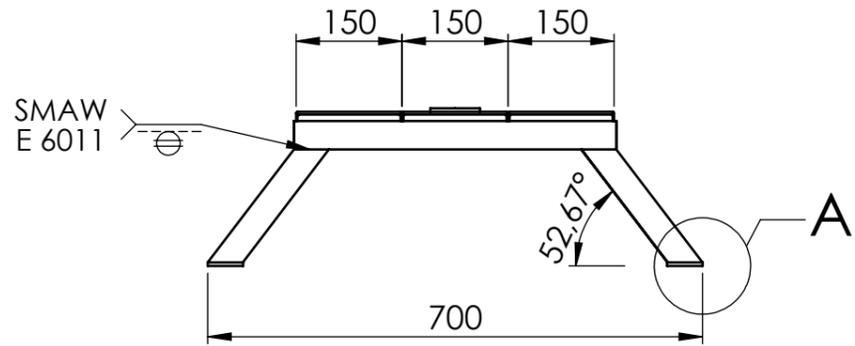


Soldar con la estructura de ángulos



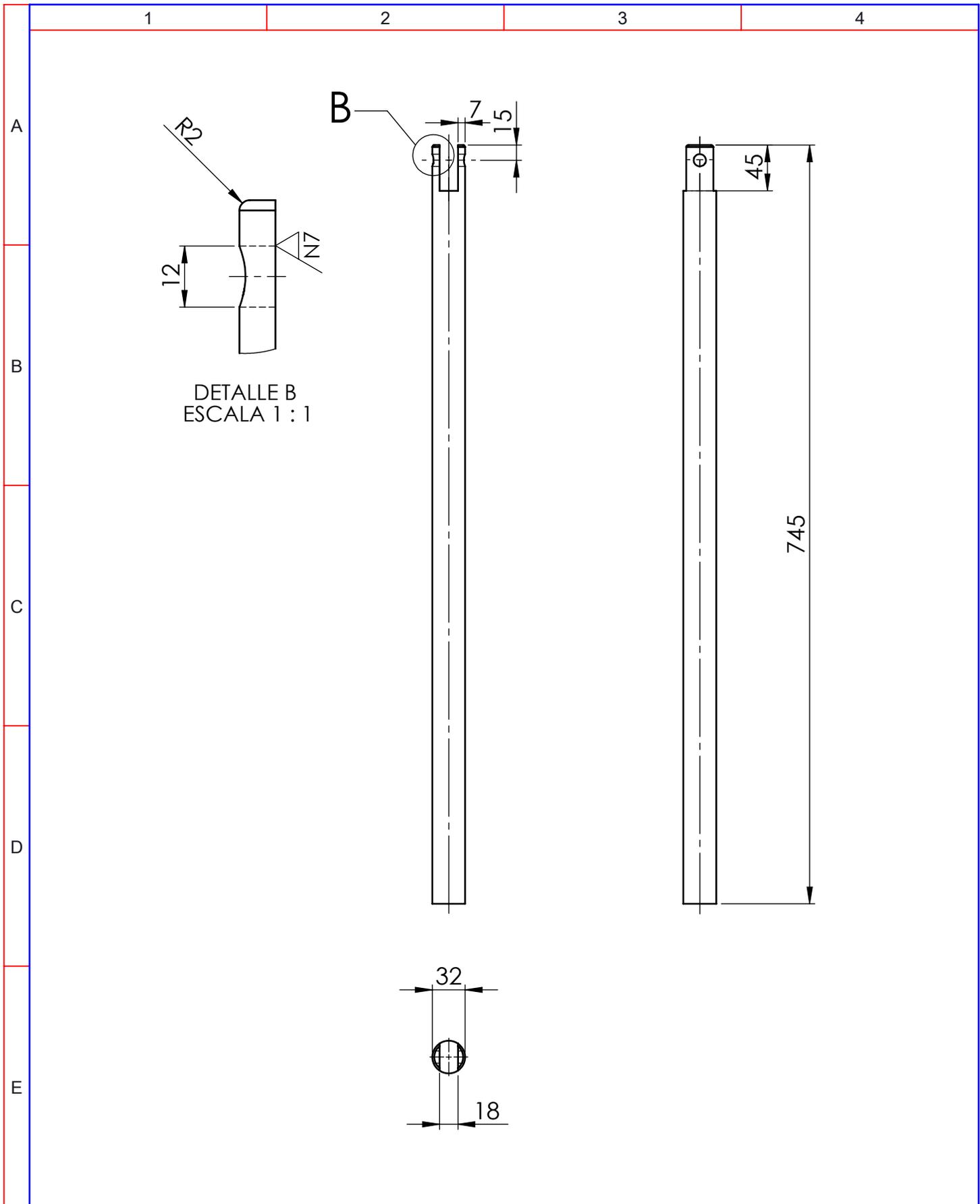
4	Tapas		AISI 1010	4			
1	Plancha de Tol		AISI 1010	3		0,92	705x300x1
2	Plancha de Tol		AISI 1010	2		0,92	705x150x1
3	Estructura de tubo rectangular		AISI 1010	1			40x20x2
No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg pieza	Observaciones

		Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1010			
		± 1	21.6 Kg				
		Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:	
		Dib. 10/08/11	Reyes. S	Estructura de tubo rectangular		1:10	
		Rev. 10/08/11	Ing. Valencia				
		Apro. 10/08/11	Ing. Valencia				
		UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 1 de 12			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

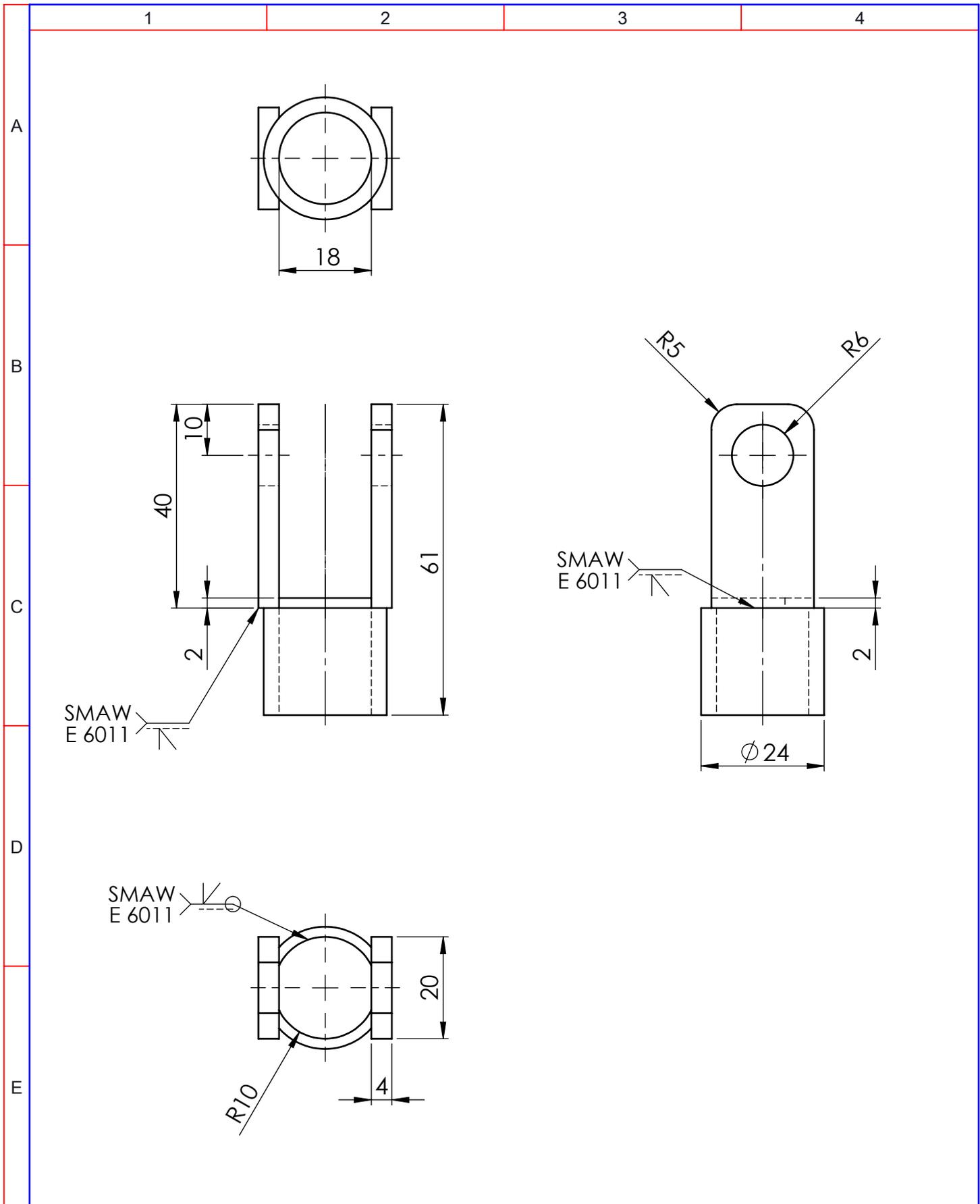


No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
1	Eje para rodamiento		AISI 1045	4		0.918	
3	Perfi C		AISI 1010	3		3.240	
4	Platina		AISI 1010	2		0.196	
8	Ángulo		AISI 1010	1			

Tolerancia		(Peso)	Materiales: AISI 1010	
± 1		16,38 Kg		
Fecha		Nombre	Denominación: Estructura de ángulo	
Dib.	10/08/11	Reyes. S		
Rev.	10/08/11	Ing. Valencia		
Apro.	10/08/11	Ing. Valencia		
UTA		Número del dibujo: 2 de 12		Escala: 1:10
Ing. Mecánica		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1045	
				±0,3	6,36 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: Eslabón N°1	Escala: 1:5
			Dib.	10/08/11	Reyes. S		
			Rev.	10/08/11	Ing. Valencia		
				Apro.	10/08/11	Ing. Valencia	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 5 de 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)		
				±0,5	0,079 Kg	Materiales: AISI 1020	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib. 10/08/11	Reyes. S		
				Rev. 10/08/11	Ing. Valencia		
				Apro. 10/08/11	Ing. Valencia	Acople N° 1	1:1
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

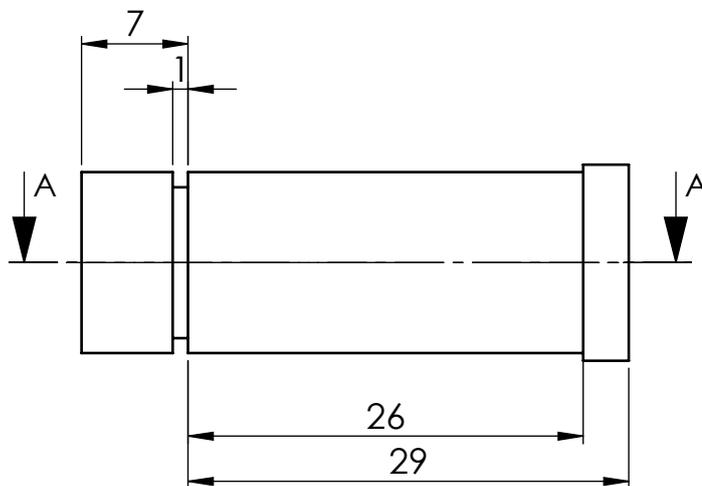
3

4

A

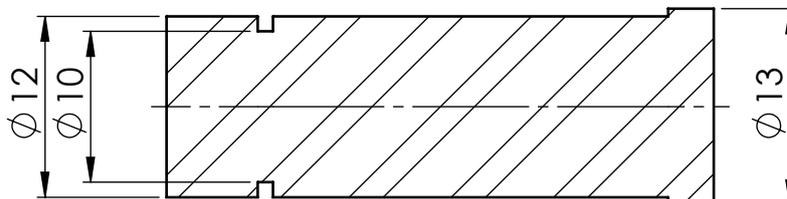
N7/

B



C

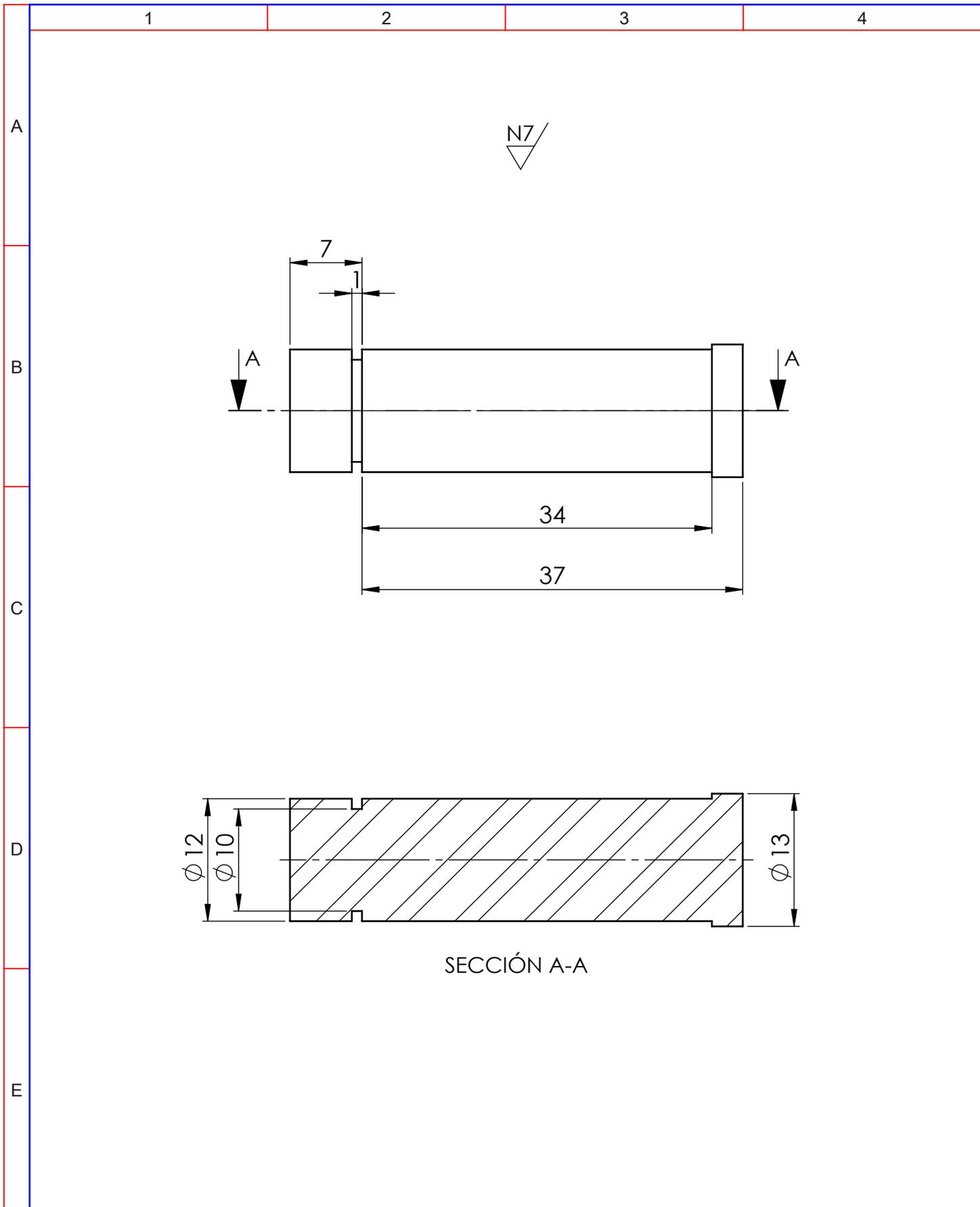
D



SECCIÓN A-A

E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1045			
				±0,1	0,032 Kg				
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dib.	10/08/11	Reyes. S			Pasador N°1	2:1
			Rev.	10/08/11	Ing. Valencia				
				Apro.	10/08/11	Ing. Valencia			
				UTA		Número del dibujo:			
				Ing. Mecánica		7 de 12			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1045	
				±0,1	0,039 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: Pasador N°2	Escala: 2:1
			Dib.	10/08/11	Reyes. S		
			Rev.	10/08/11	Ing. Valencia		
			Apro.	10/08/11	Ing. Valencia		
				UTA		Número del dibujo: 8 de 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	

1

2

3

4

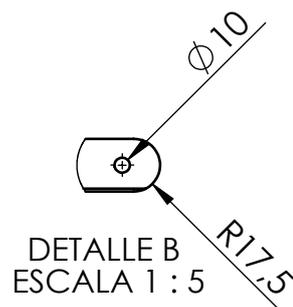
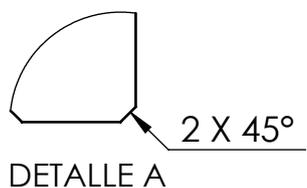
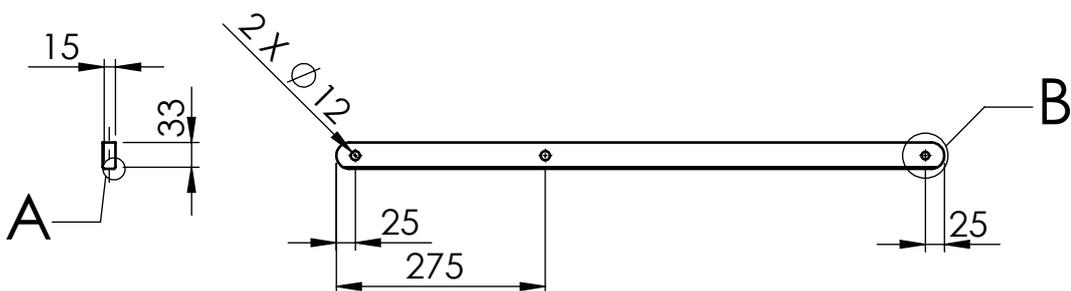
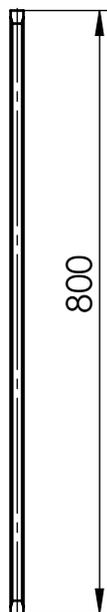
A

B

C

D

E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1045	Escala:
				$\pm 0,1$	7,04 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: Eslabón N° 2	1:10
			Dib.	10/08/11	Reyes. S		
			Rev.	10/08/11	Ing. Valencia		
			Apro.	10/08/11	Ing. Valencia	Número del dibujo: 9 de 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	

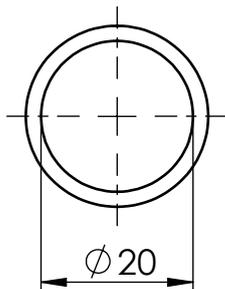
1

2

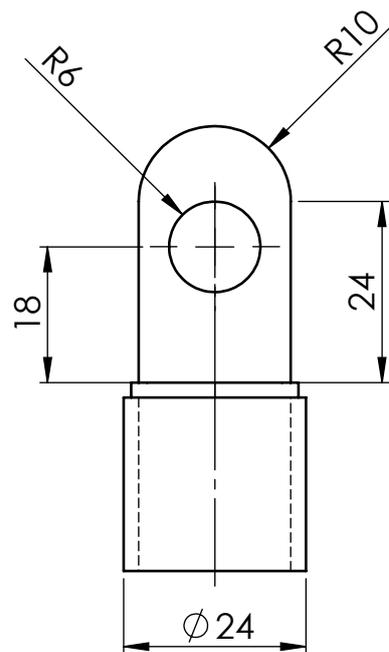
3

4

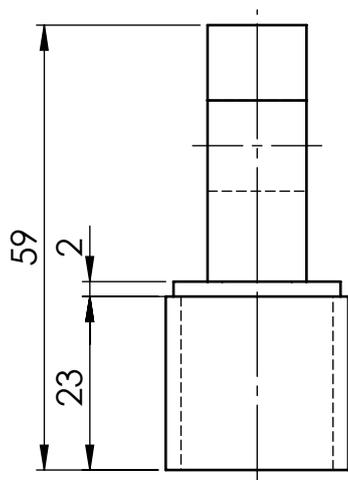
A



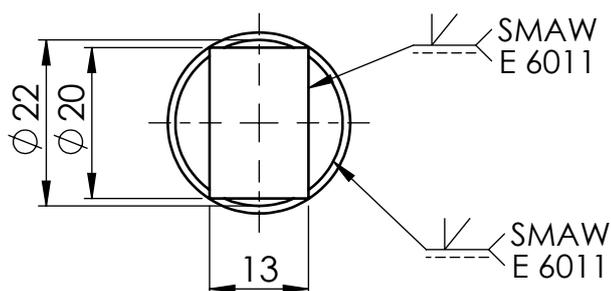
B



C



D



E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1020	
				$\pm 0,5$	0,08 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	10/08/11	Reyes. S		
			Rev.	10/08/11	Ing. Valencia		
			Apro.	10/08/11	Ing. Valencia	Acople N° 2	1:1
				UTA		Número del dibujo:	
				Ing. Mecánica		10 de 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

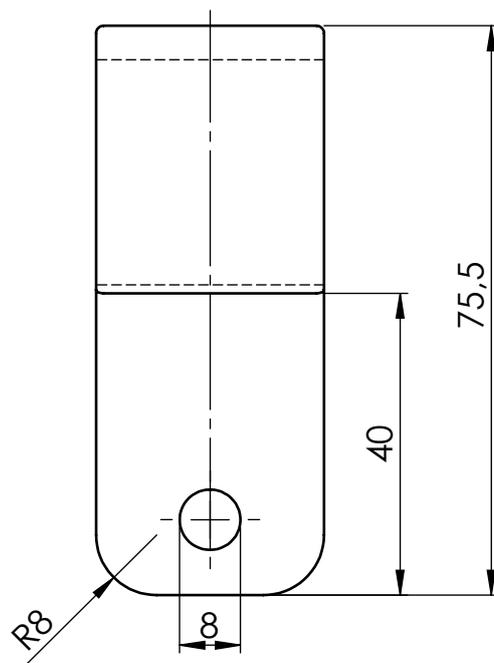
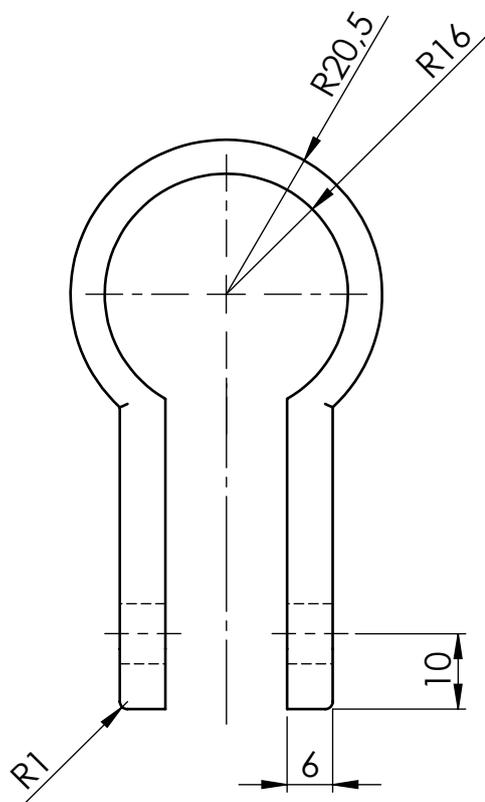
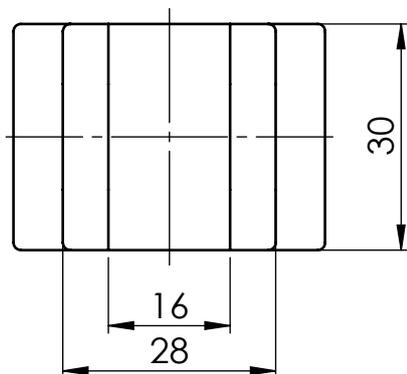
A

B

C

D

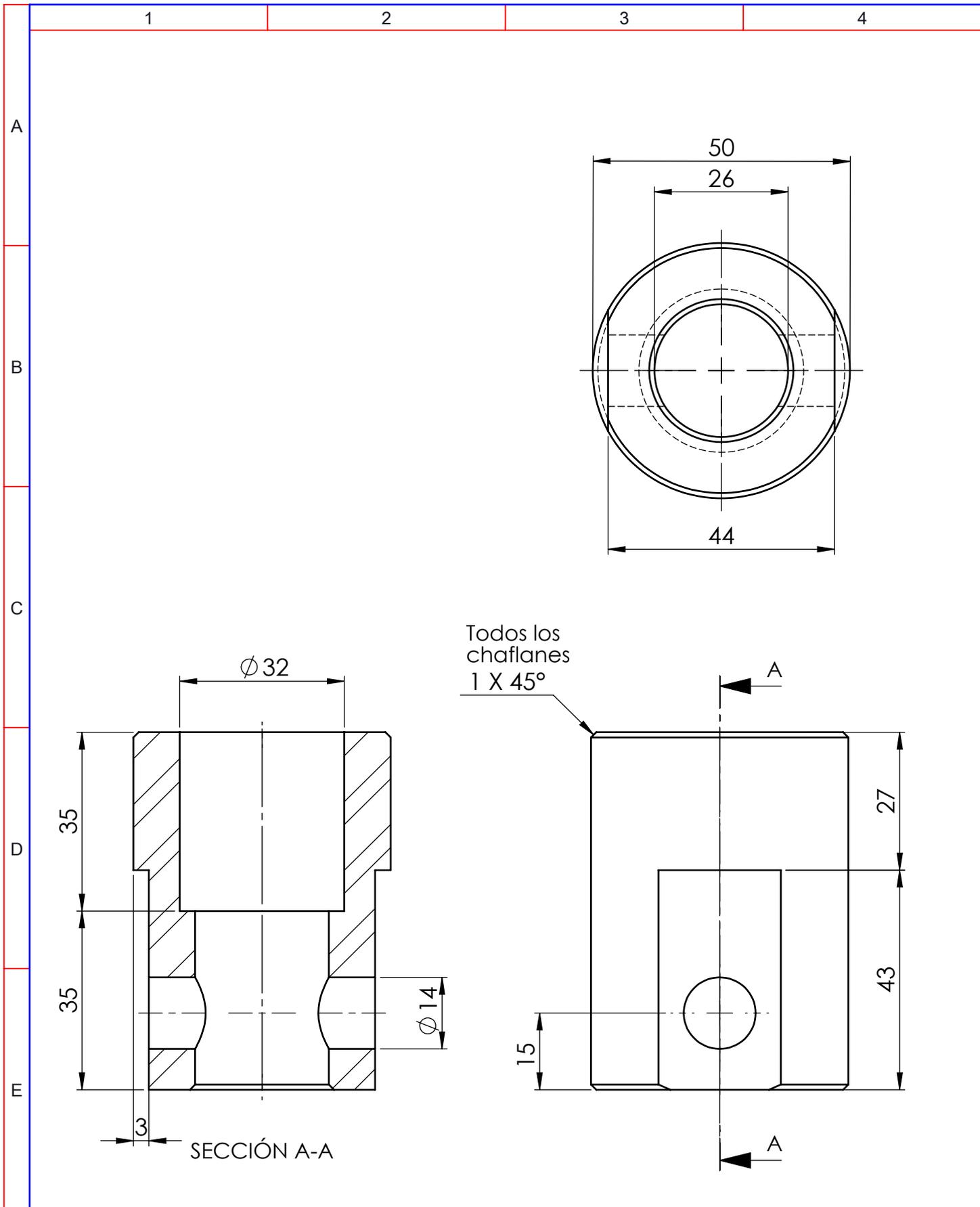
E



Todos los
redondeos
de R1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1045		
				±0,3	0,2 Kg	Denominación:		
				Fecha	Nombre	Abrazadera eslabón N°1		
			Dib.	10/08/11	Reyes. S			Escala:
			Rev.	10/08/11	Ing. Valencia			1:1
				Apro.	10/08/11	Ing. Valencia		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	11 de 12	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		





				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1045	Escala: 1:1
				±0,3	0,65 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: Base para eslabón N°1	
			Dib.	10/08/11	Reyes. S		
			Rev.	10/08/11	Ing. Valencia		
			Apro.	10/08/11	Ing. Valencia	Número del dibujo: 12 de 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	