



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO  
DIDÁCTICO PARA REALIZAR PROCESOS DE  
VERIFICACIÓN Y ESCARIADO DE PIEZAS MECÁNICAS  
EN EL LABORATORIO DE NEUTRÓNICA E HIDRÓNICA”.**

**AUTOR: DIEGO PAÚL TOAPANTA IZA**

**DIRECTOR: ING. WASHINGTON FREIRE**

**CODIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS**

**LATACUNGA,**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICADO**

**ING. FREIRE WASHINGTON (DIRECTOR)**

**ING. FÉLIX MANJARRÉS (CODIRECTOR)**

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA REALIZAR PROCESOS DE VERIFICACIÓN Y ESCARIADO DE PIEZAS MECÁNICAS EN EL LABORATORIO DE NEUTRÓNICA E HIDRÓNICA”** realizado por el señor **DIEGO PAÚL TOAPANTA IZA**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, en el Reglamento de Estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que ayudará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y dos discos compactos el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autoriza el señor Diego Paúl Toapanta Iza que entregue a la señora Ing. Katya Torres Vásquez, en su calidad de Directora de la Carrera.

Latacunga, 19 Junio del 2015

.....  
Ing. Washington Freire  
**DIRECTOR**

.....  
Ing. Félix Manjarrés  
**CODIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

YO, DIEGO PAÚL TOAPANTA IZA

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA REALIZAR PROCESOS DE VERIFICACIÓN Y ESCARIADO DE PIEZAS MECÁNICAS EN EL LABORATORIO DE NEUTRÓNICA E HIDRÓNICA”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 19 Junio del 2015

.....

Diego Paúl Toapanta Iza

C.C.:050307939-4

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

YO, DIEGO PAÚL TOAPANTA IZA

**AUTORIZACIÓN**

A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca Virtual de la Institución del trabajo titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA REALIZAR PROCESOS DE VERIFICACIÓN Y ESCARIADO DE PIEZAS MECÁNICAS EN EL LABORATORIO DE NEUTRÓNICA E HIDRÓNICA”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 19 Junio del 2015

.....

Diego Paúl Toapanta Iza

C.C.:050307939-4

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**DEDICATORIA**

Primero quiero agradecer a Diosito y a la Virgencita del Cisne quienes han sido una luz a lo largo de toda mi vida por darme fuerzas, valentía y determinación para concluir este proyecto de ha sido constante en mi vida estudiantil y no decaer ante los problemas y situaciones adversas y por ser esa fuente de sabiduría que guía mi camino.

A mis padres lindos Héctor y Ofelia quienes admiro mucho porque a pesar de las dificultades siempre están presentes por la felicidad de mis hermanos y la mía con su amor incondicional y comprensión están junto a mí lado dándome aminos y brindándome su apoyo en todo momento de mi vida, les dedico mi proyecto de grado con mucho orgullo porque es el sacrificio que hacen para llegar a darme una buena profesión digna y admirable.

A mis abuelitos Papito Cesar y Mamita Lucrecia a quienes siempre les llevo en mi corazón ya que educaron con valores muy importantes como el respeto la perseverancia y sobre todo a ser noble, abuelito aunque no esté físicamente a mi lado yo sé que siempre estas espiritualmente en mi gracias por todo tu apoyo papito lindo a ti también te dedico mi proyecto.

A mis hermanos Richard, Mishell, Juanito quienes me han demostrado su apoyo incondicional los quiero mucho, a mis Tías Nacha, Nancy, Maruja, Amparo y mis Tíos Freddy, Galo, Jorge por estar siempre presentes en mi vida estudiantil y su apoyo desconsiderado hacia mí.

**DIEGO PAÚL.**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Diosito y a la Virgencita del Cisne por llenar mi vida de bendiciones, y no dejarme desmayar en los momentos difíciles, por haberme permitido culminar una meta más trazada hace mucho tiempo y que hoy al fin se hace realidad.

A toda mi familia padres, hermanos, primos, tíos, abuelos, quienes hicieron posible la culminación de mis estudios académicos, ya que con su apoyo y los incontables consejos que supieron brindarme a lo largo de todo este tiempo de preparación he logrado llegar hasta estas instancias.

Mi gratitud a los Ingenieros Washito Freire y Félix Manjarrés que con su tiempo y paciencia contribuyeron para que este proyecto culmine con éxito.

A mis mejores amigos de la U por todos esos momentos inolvidables que quedaran grabados siempre en mi mente y por ese apoyo en los buenos y malos momentos los cual me ha demostrado la verdadera amistad Robert, Pato éxitos en su esta nueva etapa laboral y familiar.

**DIEGO PAÚL**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |             |
|---|-------------|
| <b>CARATULA</b> .....                           | <b>i</b>    |
| <b>CERTIFICADO</b> .....                        | <b>ii</b>   |
| <b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....         | <b>iii</b>  |
| <b>AUTORIZACIÓN</b> .....                       | <b>iv</b>   |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                        | <b>v</b>    |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                     | <b>vi</b>   |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....                | <b>vii</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                  | <b>xv</b>   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....                   | <b>xxi</b>  |
| <b>RESUMEN</b> .....                            | <b>xxi</b>  |
| <b>SUMMARY</b> .....                            | <b>xxiv</b> |
| <br>  |             |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....                         | <b>1</b>    |
| <b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....      | <b>1</b>    |
| 1.1. Antecedentes.....                          | 1           |
| 1.2. Justificación e importancia.....           | 2           |
| 1.3. Alcance .....                              | 3           |
| 1.4. Objetivos.....                             | 4           |
| 1.4.1. Objetivo General .....                   | 4           |
| 1.4.2. Objetivos Específicos.....               | 4           |
| <br>  |             |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....                        | <b>5</b>    |
| <b>2. FUNDAMENTO TEÓRICO.</b> .....             | <b>5</b>    |
| 2.1. Sistemas de automatización industrial..... | 5           |
| 2.1.1. Objetivos de la automatización. ....     | 5           |
| 2.1.2. Niveles de automatización.....           | 6           |

|  |    |
|--|----|
| 2.2. Sistemas de producción modular.....                   | 6  |
| 2.2.1. Objetivos del sistema de producción modular.....    | 8  |
| 2.2.2. Ventajas.....                                       | 8  |
| 2.2.3. Desventajas.....                                    | 9  |
| 2.3. Principio de funcionamiento del módulo didáctico..... | 9  |
| 2.4. Estación de procesamiento.....                        | 10 |
| 2.5. Función.....  | 10 |
| 2.6. Seguridad.....  | 10 |
| 2.7. Combinación modular.....                              | 11 |
| 2.8. Comunicación entre estaciones.....                    | 11 |
| 2.9. Escariado mecánico.....                               | 12 |
| 2.9.1. Proceso de Escariado.....                           | 12 |
| 2.9.1.1.Requisitos previos para escariar.....              | 13 |
| 2.9.2. Verificación en piezas mecánicas.....               | 14 |
| 2.10. Material mecánico.....                               | 14 |
| 2.11. Tipos de fuerzas que actúan en los materiales.....   | 16 |
| 2.12. Pinza mecánica o Gripper.....                        | 18 |
| 2.13. Elementos que conforman la parte eléctrica.....      | 19 |
| 2.13.1.Sensores.....                                       | 19 |
| 2.13.2. Tipos de Sensores.....                             | 20 |
| 2.14.Proceso de taladrado.....                             | 24 |
| 2.14.1. Operaciones Relacionadas.....                      | 24 |



|   |           |
|---|-----------|
| 2.15. Sistemas neumáticos. ....                                   | 25        |
| 2.16. Actuadores Neumáticos. ....                                 | 27        |
| 2.16.1. Actuadores lineales. ....                                 | 28        |
| 2.16.2. Actuadores de giro. ....                                  | 29        |
| 2.16.3. Válvulas neumáticas.....                                  | 29        |
| 2.16.4. Racores.....  | 31        |
| 2.16.5. Manguera de Poliuretano. ....                             | 32        |
| 2.17. Sistema eléctrico.....                                      | 32        |
| 2.17.1. Relé.....   | 32        |
| 2.17.2. Clasificación de los motores Dc. ....                     | 33        |
| 2.17.3. Módulos de expansión del S7-1200.....                     | 37        |
| 2.18. Modelos de CPU.....   | 38        |
| 2.19. Comunicación industrial. ....                               | 38        |
| 2.19.1. Interfaz PROFINET integrada.....                          | 38        |
| 2.19.2. PROFINET: El estándar abierto de industria ETHERNET. .... | 39        |
| 2.20. Red ethernet. ....  | 39        |
| 2.20.1. Ethernet Industrial. ....                                 | 39        |
| 2.21. Medios de Transmisión.....                                  | 40        |
| 2.21.1. Campo de aplicación de la red Ethernet industrial. ....   | 40        |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>3. DESARROLLO DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....</b>                    | <b>42</b> |
| 3.1. Despliegue de la función de calidad.....                     | 42        |

|  |    |
|--|----|
| 3.2. Consideraciones del proyecto. ....  | 42 |
| 3.3. Técnica del despliegue en función de la calidad. ....                         | 43 |
| 3.4. Beneficios del despliegue en función de la calidad. ....                      | 43 |
| 3.5. Casa de la calidad .....  | 44 |
| 3.5.1. Requerimientos de clientes.....   | 45 |
| 3.6. Matriz de planteamiento .....   | 45 |
| 3.6.1. Contiene dos tipos de información. ....                                     | 45 |
| 3.7. La voz del cliente.....   | 46 |
| 3.8. La voz del Ingeniero. ....  | 47 |
| 3.9. Diagrama de la Casa de la Calidad.....  | 48 |
| 3.9.1. Conclusiones de la Casa de la Calidad. ....                                 | 49 |
| 3.10. Descripción del módulo didáctico.....  | 51 |
| 3.11. Análisis funcional. ....   | 53 |
| 3.11.1. Definición. ....   | 53 |
| 3.11.2. Características de construcción del módulo didáctico. ....                 | 54 |
| 3.12. Estructura funcional. ....   | 54 |
| 3.12.1. Análisis funcional del módulo didáctico. ....                              | 54 |
| 3.12.2. Análisis funcional del sistema estructural. ....                           | 55 |
| 3.13. Determinación funcional del diagrama de ensamblaje del sistema modular. .... | 55 |
| 3.13.1. Consideraciones del equipo modular.....                                    | 56 |
| 3.14. Diseño morfológico. ....   | 56 |
| 3.14.1. Mesa perfilada.....  | 57 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.14.2. Alternativa más relevante para la mesa perfilada. .... | 60        |
| 3.15. Módulo trasmisor de potencia. ....                       | 60        |
| 3.16. Evaluación para cada Alternativa criterio. ....          | 63        |
| 3.17. Plato Giratorio. ....                                    | 64        |
| 3.17.1.Módulo de Verificación. ....                            | 67        |
| 3.18. Módulo de proceso de Escariado. ....                     | 70        |
| 3.19. Módulo de Sujeción de la pieza mecánica. ....            | 72        |
| 3.20. Matriz Morfológica. ....                                 | 74        |
| <b>CAPÍTULO IV</b> .....                                       | <b>77</b> |
| <b>4. SELECCIÓN DE EQUIPOS.</b> .....                          | <b>77</b> |
| 4.1. Diseño estructural del modulo didactico. ....             | 77        |
| 4.2. Parámetros de diseño. ....                                | 78        |
| 4.3. Sistema de taladrado. ....                                | 78        |
| 4.4. Diseño de la estación de taladrado. ....                  | 81        |
| 4.4.1. Análisis estructural en Ansys 16 .....                  | 81        |
| 4.5. Sistema de sujeción de la probeta cilíndrica.....         | 84        |
| 4.5.1. Diseño de la estación de sujeción. ....                 | 86        |
| 4.5.2. Análisis estructural en Ansys 16 .....                  | 86        |
| 4.6. Sistema de empuje de la probeta cilíndrica .....          | 90        |
| 4.6.1. Diseño del sistema de empuje. ....                      | 91        |
| 4.6.2. Análisis estructural en Ansys 16 .....                  | 91        |
| 4.6.3. Resultados obtenidos.....                               | 93        |

|  |     |
|--|-----|
| 4.6.4. Sistema de transporte - plato giratorio.....                          | 95  |
| 4.7. Equipos neumáticos. ....  | 100 |
| 4.7.1. Cilindro magnético sin vástago. ....                                  | 103 |
| 4.7.2. Gripper Neumático.....  | 108 |
| 4.7.3. Cilindro compacto Actuador 3. ....                                    | 113 |
| 4.7.4. Cilindro de la estación de verificación. ....                         | 118 |
| 4.7.5. Cilindro neumático de giro.....                                       | 122 |
| 4.7.6. Motor neumático. ....   | 123 |
| 4.7.7. Electroválvulas.....  | 126 |
| 4.7.8. Adaptador del grupo de electroválvulas Manifold.....                  | 128 |
| 4.7.9. Manifold.....   | 128 |
| 4.8. Accesorios adicionales que conforma el diseño neumático. ....           | 129 |
| 4.8.1. Controladores de flujo directo. ....                                  | 129 |
| 4.8.2. Racores.....  | 129 |
| 4.8.3. Regulador de presión.....   | 130 |
| 4.9. Selección de los equipos eléctricos .....                               | 131 |
| 4.9.1. Sensor fotoeléctrico.....   | 131 |
| 4.9.2. Sensor Inductivo .....  | 131 |
| 4.9.3. Sensor magnético. ....  | 132 |
| 4.9.4. Módulo de entradas y salidas. ....                                    | 134 |
| 4.9.5. Motor reductor. ....  | 134 |
| 4.10. Selección de equipos para la automatización del módulo didáctico. .... | 139 |

|   |            |
|---|------------|
| 4.10.1. Controlador lógico programable (PLC).....                     | 139        |
| a) Panel touch KTP 400 color. ....                                    | 141        |
| <b>CAPÍTULO V .....</b>   | <b>142</b> |
| <b>5. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....</b>                    | <b>142</b> |
| 5.1. Introducción.....  | 142        |
| 5.2. Diagrama de bloques del módulo didáctico. ....                   | 142        |
| 5.3. Ensamblaje estructural y mecánico. ....                          | 142        |
| a) Montaje de la estructura base. ....                                | 147        |
| b) Montaje del soporte de la estación de taladrado. ....              | 148        |
| c) Montaje del sistema de sujeción. ....                              | 149        |
| d) Montaje de la estación de verificación y expulsión neumático. .... | 149        |
| e) Movimiento de transmisión del plato giratorio. ....                | 150        |
| 5.4. Implementación del sistema eléctrico. ....                       | 151        |
| 5.4.1. Sensor Fotoeléctrico emisor receptor. ....                     | 151        |
| 5.4.2. Sensor inductivo.....  | 152        |
| 5.4.3. Sensores magnéticos. ....                                      | 152        |
| 5.4.4. Actuador eléctrico. ....                                       | 153        |
| 5.4.5. Montaje del tablero de control.....                            | 154        |
| 5.4.6. Diagrama de flujo del proceso de taladrado y verificación..... | 155        |
| <b>CAPÍTULO VI.....</b>   | <b>157</b> |
| <b>6. PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>                                   | <b>157</b> |
| 6.1 Pruebas mecánicas. ....   | 157        |
| 6.2 Pruebas eléctricas.....   | 158        |

|   |            |
|---|------------|
| 6.3 Pruebas de programación.....              | 160        |
| <b>CAPÍTULO VII .....</b>                     | <b>161</b> |
| <b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b> | <b>161</b> |
| 7.1. Conclusiones.....                        | 161        |
| 7.2. Recomendaciones .....                    | 163        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>       | <b>164</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                            | <b>167</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1 Estaciones modulares didácticos. ....      | 8  |
| Figura 2.2 Estación de Procesamiento .....            | 10 |
| Figura 2.3 Combinación de Estaciones.....             | 11 |
| Figura 2.4 Comunicación de Estaciones. ....           | 12 |
| Figura 2.5 Tensión .....                              | 16 |
| Figura 2.6 Compresión.....                            | 16 |
| Figura 2.7 Deformación. ....                          | 17 |
| Figura 2.8 Esfuerzo de corte. ....                    | 18 |
| Figura 2.9 Gripper.....                               | 19 |
| Figura 2.10 Sensores .....                            | 19 |
| Figura 2.11 Funcionamiento del sensor. ....           | 20 |
| Figura 2.12 Sensor Inductivo. ....                    | 21 |
| Figura 2.13 Sensor Óptico.....                        | 22 |
| Figura 2.14 Sensor magnético.....                     | 23 |
| Figura 2.15 Proceso de taladrado .....                | 24 |
| Figura 2.16 Sistema neumático básico.....             | 26 |
| Figura 2.17 Unidad de mantenimiento.....              | 27 |
| Figura 2.18 Clasificación de los actuadores.....      | 27 |
| Figura 2.19 Cilindro de simple efecto.....            | 28 |
| Figura 2.20 Cilindro de doble efecto.....             | 29 |
| Figura 2.21 Actuador mediante piñón y cremallera..... | 29 |
| Figura 2.22 Electroválvula. ....                      | 31 |
| Figura 2.23 Racores. ....                             | 32 |
| Figura 2.24 Relé.....                                 | 32 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.25 Clasificación de los motores DC. ....         | 33 |
| Figura 2.26 Motor reductor Bosch .....                    | 33 |
| Figura 2.27 Estructura de un PLC.....                     | 35 |
| Figura 2.28 PLC S7-1200 .....                             | 36 |
| Figura 2.29 Módulos de Expansión. ....                    | 38 |
| Figura 2.30 PROFINET .....                                | 40 |
| Figura 2.31 Conexiones de la red Ethernet. ....           | 41 |
| Figura 3.1 Pasos para realizar un QFD. ....               | 43 |
| Figura 3.2 Benéficos del QFD. ....                        | 43 |
| Figura 3.3 Diagrama de la Casa de la calidad. ....        | 44 |
| Figura 3.4 Casa de la Calidad. ....                       | 48 |
| Figura 3.6 Simbología del módulo funcional.....           | 53 |
| Figura 3.7 Caja negra del equipo a diseñarse nivel 0..... | 55 |
| Figura 3.8 Criterios a analizar.....                      | 57 |
| Figura 3.9 Plancha mecanizado de Duralón.....             | 58 |
| Figura 3.10 Plancha perfilada de Aluminio FESTO. ....     | 58 |
| Figura 3.11 Motor pasó a paso.....                        | 61 |
| Figura 3.12 Motor Reductor.....                           | 62 |
| Figura 3.13 Motor Neumático.....                          | 63 |
| Figura 3.14 Plato giratorio de tres posiciones. ....      | 64 |
| Figura 3.15 Plato giratorio de 6 posiciones.....          | 65 |
| Figura 3.16 Plato giratorio de cuatro posiciones.....     | 66 |
| Figura 3.17 Actuadores lineales.....                      | 68 |
| Figura 3.18 Actuador neumático lineal doble efecto. ....  | 69 |
| Figura 3.19 Taladro eléctrico .....                       | 70 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 3.20 Taladro neumático. ....                                      | 71 |
| Figura 3.21 Gripper Eléctrico. ....                                      | 72 |
| Figura 3.22 Pinza Neumática. ....  | 73 |
| Figura 4.1 Diseño estructural del módulo didáctico. ....                 | 77 |
| Figura 4.2 Parámetros de corte del taladrado. ....                       | 79 |
| Figura 4.3 Factor de corte para brocas. ....                             | 81 |
| Figura 4.4 Mallado de la estación de taladrado. ....                     | 82 |
| Figura 4.5 Soporte D-Tensión Von Mises. ....                             | 83 |
| Figura 4.6 Desplazamiento de la estación de taladrado. ....              | 83 |
| Figura 4.7 Factor de seguridad. ....                                     | 84 |
| Figura 4.8 Cargas sobre el gripper. ....                                 | 84 |
| Figura 4.9 Mallado de la estación de sujeción. ....                      | 87 |
| Figura 4.10 Soporte de la estación de sujeción D-Tensión Von Mises. .... | 88 |
| Figura 4.11 Desplazamiento de los acoples del gripper. ....              | 89 |
| Figura 4.12 Factor de seguridad. ....                                    | 89 |
| Figura 4.13 Cargas en el brazo de empuje. ....                           | 91 |
| Figura 4.14 Mallado de la estación de verificación. ....                 | 93 |
| Figura 4.15 Soporte de la estación de verificación y expulsión. ....     | 94 |
| Figura 4.16 Desplazamiento de la platina del cilindro doble efecto. .... | 94 |
| Figura 4.17 Factor de seguridad. ....                                    | 95 |
| Figura 4.18 Esfuerzos distribuidos en el plato giratorio. ....           | 96 |
| Figura 4.19 Mallado. ....  | 97 |
| Figura 4.20 Plato giratorio D-Tensión Von Mises. ....                    | 98 |
| Figura 4.21 Desplazamiento máximo del plato giratorio. ....              | 99 |
| Figura 4.22 Factor de seguridad. ....                                    | 99 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 4.23 Momentos laterales.....   | 101 |
| Figura 4.24 Factor G. ....  | 102 |
| Figura 4.25 Cálculo para encontrar el diámetro del cilindro. ....               | 105 |
| Figura 4.26 Gripper.....  | 108 |
| Figura 4.27 Selección del modelo HFZ .....                                      | 109 |
| Figura 4.28 Diagrama del cuerpo libre de la pinza o Gripper.....                | 110 |
| Figura 4.29.Factor de sujeción del gripper neumático.....                       | 110 |
| Figura 4.30 Fuerza externa de sujeción del gripper de la serie HFZ Airtac. .... | 111 |
| Figura 4.31 Punto de sujeción.....  | 112 |
| Figura 4.32 Tabla de los momentos que actúan en las garras.....                 | 112 |
| Figura 4.33 Factor de carga según su requerimiento. ....                        | 114 |
| Figura 4.34 Fuerza del cilindro aplicada a la salida del pistón. ....           | 115 |
| Figura 4.35 Carga Vs velocidad del actuador 3. ....                             | 116 |
| Figura 4.36 Fuerza aplicada al final de la carrera. ....                        | 117 |
| Figura 4.37 Carrera del cilindro. ....  | 117 |
| Figura 4.38 Cilindro compacto SDAS 20*50. ....                                  | 118 |
| Figura 4.39 Cilindro de la estación de comparación.....                         | 119 |
| Figura 4.40 Grafico de potencia, par, y consumo. ....                           | 125 |
| Figura 4.41 electroválvulas de doble efecto.....                                | 127 |
| Figura 4.42 Especificaciones de la electroválvula. ....                         | 128 |
| Figura 4.43 Manifold de 5 estaciones. ....                                      | 129 |
| Figura 4.44 Controladores de flujo directo. ....                                | 129 |
| Figura 4.45 Racor.....  | 130 |
| Figura 4.46 Regulador de presión. ....  | 130 |
| Figura 4.47 Sensor transmisor - receptor IBEST.....                             | 131 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 4.48 Sensor Inductivo. ....                            | 132 |
| Figura 4.49 Sensor Magnético. ....                            | 133 |
| Figura 4.50 Módulo de entradas y salidas.....                 | 134 |
| Figura 4.51 Motor reductor. ....                              | 135 |
| Figura 4.52 Fusible.....                                      | 138 |
| Figura 4.53 Canaletas de plástico.....                        | 138 |
| Figura 4.54 Riel DIN.....                                     | 139 |
| Figura 4.55 PCL'S SIMATIC S7-1200 1214c AC-DC-RLY.....        | 141 |
| Figura 4.56 Paneles de operador SIMATIC.....                  | 141 |
| Figura 5.1 Diagrama de bloque del módulo didáctico. ....      | 142 |
| Figura 5.2 Perfil de aluminio. ....                           | 143 |
| Figura 5.3 Tornillo Allen DIN 912. ....                       | 144 |
| Figura 5.4 Tuercas cabeza de martillo. ....                   | 144 |
| Figura 5.5 Soportes metálico.....                             | 145 |
| Figura 5.6 Plancha perfilada FESTO. ....                      | 145 |
| Figura 5.7 Mesa móvil. ....                                   | 146 |
| Figura 5.8 Montaje de los soportes del módulo didáctico. .... | 147 |
| Figura 5.9 Montaje de los soportes de las estaciones. ....    | 147 |
| Figura 5.10 Soporte de la estación de taladrado. ....         | 148 |
| Figura 5.11 Sistema de sujeción.....                          | 149 |
| Figura 5.12 Estación de verificación y expulsión. ....        | 150 |
| Figura 5.13 Plato Giratorio. ....                             | 151 |
| Figura 5.14 Ubicación de sensores fotoeléctricos.....         | 152 |
| Figura 5.15 Ubicación del sensor Inductivo. ....              | 152 |
| Figura 5.16 Sensores Magnéticos. ....                         | 153 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Figura 5.17 Motor reductor.....     | 154 |
| Figura 5.18 Tablero de control..... | 154 |
| Figura 5.19 Diagrama de flujo.....  | 155 |
| Figura 6.1 Módulo Didáctico.....    | 160 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1 Valores orientados de avances y velocidad de corte.....            | 13 |
| Tabla 3.1 Descripción del módulo integrador.....                             | 52 |
| Tabla 3.2 Ventajas y Desventajas Duralon. ....                               | 58 |
| Tabla 3.3 Ventajas y Desventajas Placa perfilada FESTO. ....                 | 59 |
| Tabla 3.4 Ventajas y Desventajas Ensamble perfilado. ....                    | 59 |
| Tabla 3.5 Criterios ponderados del perfil de aluminio.....                   | 60 |
| Tabla 3.6 Ventajas y Desventajas del motor pasó a paso. ....                 | 61 |
| Tabla 3.7 Ventajas y Desventajas del motor reductor.....                     | 62 |
| Tabla 3.8 Ventajas y Desventajas de los motores neumáticos.....              | 63 |
| Tabla 3.9 Ventajas y Desventajas plato giratorio de tres posiciones. ....    | 65 |
| Tabla 3.10 Ventajas y Desventajas plato giratorio de 6 posiciones. ....      | 65 |
| Tabla 3.11 Ventajas y Desventajas plato giratorio de cuatro posiciones. .... | 66 |
| Tabla 3.12 Ventajas y Desventajas Actuadores eléctricos lineales.....        | 68 |
| Tabla 3.13 Ventajas y Desventajas Actuadores neumáticos lineales.....        | 69 |
| Tabla 3.14 Ventajas y Desventajas del taladro Eléctrico.....                 | 70 |
| Tabla 3.15 Ventajas y Desventajas del taladro neumático.....                 | 71 |
| Tabla 3.16 Tabla de criterios ponderados de la estación de taladrado.....    | 72 |
| Tabla 3.17 Ventajas y Desventajas de un Gripper Eléctrico.....               | 73 |
| Tabla 3.18 Ventajas y Desventajas de un Gripper neumático. ....              | 73 |
| Tabla 3.19 Tabla de criterios ponderados del gripper.....                    | 74 |
| Tabla 3.20 Matriz morfológica. ....  | 74 |
| Tabla 4.1 Cargas que actúan en la estación de taladrado.....                 | 81 |
| Tabla 4.2 Resultado de estudios.....   | 82 |
| Tabla 4.3 Asignación de tipo de material.....                                | 86 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 4.4 Cargas que actúan en la estación de sujeción. ....                 | 86  |
| Tabla 4.5 Resultado de estudios.....   | 88  |
| Tabla 4.6 Asignación de tipo de material.....                                | 91  |
| Tabla 4.7 Cargas que actúan en la estación de verificación y expulsión. .... | 92  |
| Tabla 4.8 Resultado de estudios.....   | 93  |
| Tabla 4.9 Cargas que actúan en el plato giratorio.....                       | 96  |
| Tabla 4.10 Resultado de estudios.....  | 98  |
| Tabla 4.11 Cilindro sin Vástago RMS F – 16*300-LB-T.....                     | 104 |
| Tabla 4.12 Tabla de especificaciones técnicas del Gripper .....              | 108 |
| Tabla 4.13 Especificaciones técnicas SDAS 20*50.....                         | 118 |
| Tabla 4.14 Especificaciones técnicas del AIR MI 25*50-S-SA. ....             | 119 |
| Tabla 4.15 Modelo: AIR ACK-25*90. ....                                       | 123 |
| Tabla 4.16 Características de los actuadores.....                            | 126 |
| Tabla 4.17 Características técnicas del regulador de presión. ....           | 130 |
| Tabla 4.18 Especificaciones técnicas de sensores LMT12PO. ....               | 131 |
| Tabla 4.19 Especificaciones técnicas de sensor inductivo.....                | 132 |
| Tabla 4.20 Especificaciones técnicas de sensor magnético. ....               | 133 |
| Tabla 4.21 Datos técnicos. ....  | 134 |
| Tabla 4.22 Especificaciones técnicas del motor reductor Bosch. ....          | 137 |
| Tabla 4.23 Características del fusible .....                                 | 138 |
| Tabla 4.24 Características técnicas del PLC. ....                            | 139 |
| Tabla 5.1 Características técnicas de los perfiles de aluminio.....          | 143 |
| Tabla 5.2 Elementos y materiales utilizados en la implementación. ....       | 146 |
| Tabla 6.1 Factores de seguridad de las estaciones. ....                      | 158 |
| Tabla 6.2 Tabla de descripción del cableado. ....                            | 159 |

## **RESUMEN**

El presente módulo didáctico de verificación y escariado de piezas mecánicas está diseñado a la orientación profesional de las industrias, mediante el cual los estudiantes puedan integrar diferentes procesos y puedan realizar prácticas adquirir conocimientos importantes para su formación en el ámbito industrial. El módulo didáctico se implementó en el laboratorio de Neutrónica e Hidrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L. El presente proyecto tiene como finalidad realizar el taladrado, escariado y verificación de las piezas didácticas, el sistema de taladrado cuenta con un taladro neumático y un gripper (pinza) neumática que sirve de sujeción para que se realiza la perforación de cada una de las piezas. En la estación de verificación comprobamos que cada una de las piezas se encuentre perforada, una vez realizada la comprobación, la pieza será transportada al siguiente módulo. Para transportar las piezas didácticas el módulo cuenta con un plato divisor de 6 posiciones el cual le permite transportar las piezas a las diferentes estaciones. La automatización del módulo se realizó con un PLC S7-1200 el cual posee una comunicación con un panel touch KTP-400 que nos permite visualizar el funcionamiento del módulo didáctico. Los planos mecánicos se realizan con el software SolidWord que le permite determinar los tipos de esfuerzos que actúa en cada estación.

### **PALABRAS CLAVES.**

- PROCESOS INDUSTRIALES,
- AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.
- CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.
- PROCESOS DE MECANIZADO-MÓDULO DIDÁCTICO.

## SUMMARY

This training module verification and reaming of mechanical parts is designed to vocational guidance industries by which students can integrate different processes and practices can make gain important knowledge for training in industry. The training module was implemented in the laboratory Neutron and Hydronic of the University of the Armed Forces ESPE-L. This project aims to perform drilling, reaming and verification of didactic pieces, the drilling system comprises a drill, gripper (clamp) pneumatic serves fastening to drilling each is performed one of the pieces. Verification station check that each of the parts be punctured, once the check, the part will be transported to the next module. A didactic piece to transport the module has a 6-position rotary table which allows you to transport the parts to the different seasons. The automation module was S7-1200 a PLC which has a communication with a KTP-touch panel 400 that displays permit us training module operation. The mechanical drawings are made with SolidWord software that lets you determine the types of efforts that acts at each station.

### **Keywords.**

- INDUSTRIAL PROCESSES,
- INDUSTRIAL AUTOMATION.
- PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER.
- MACHINING PROCESSES - TRAINING MODULE.



## **CAPÍTULO I**

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La manera que se viene dando en la actualidad en el control de procesos de la Industria y observando la necesidad que tiene los estudiantes de la Universidad de la Fuerzas Armadas de integrarse a la Industria, propone como objetivo Diseñar y Construir un módulo didáctico de Verificación y Escariado de piezas mecánica en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.

Al no contar los estudiantes con un sistema modular didáctico de Verificación y Escariado de piezas mecánicas donde puedan realizar prácticas experimentales, motivo por el cual se ve la necesidad de crearlos para que tanto como el tutor como el estudiante puedan tener a su alcance, una herramienta para así fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos y ponerlos en práctica en el laboratorio.

#### **1.1. Antecedentes**

En la actualidad la mayoría de los procesos industriales exigen una automatización debido a que las exigencias de producción son cada vez mayores. Esto con lleva al desarrollo de máquinas o autónomas, capaces de realizar las labores que realizarían las personas de una manera rápida, eficaz y segura. Para la creación de estas máquinas o autónomas se realizan mediante aplicaciones de neumática, electro neumática, hidráulica, mecánica, circuitos de control, etc. Son elementos que forman parte del área de automatización.

Los nuevos sistemas de procesos de automatización buscan tener un mejor rendimiento, mejorando e incrementando la velocidad, la calidad y la precisión en máquinas y sistemas de montaje, producción y control, con varios sistemas de actuadores, permitiendo así disminuir los riesgos que en forma manual realiza un operador

Con la implementación del módulo didáctico de Verificación y Escariado de piezas mecánicas se puede desarrollar soluciones en el ámbito de la Automatización Industrial, por esta razón la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L ha empezado a investigar en diferentes campos de procesos industriales así como también en la implementación de producción modular. Con el módulo didáctico implementado en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica facilitarán la formación profesional orientada a la industria, y los estudiantes podrán realizar diversos talleres prácticos aplicando así los conocimientos adquiridos que se imparten en todas las asignaturas en todas las carreras tanto así como: Ingeniería Electromecánica, Mecatrónica, Electrónica e Instrumentación.

Por estos motivos, es necesario disponer de elementos constituidos en un módulo didáctico que permitirá realizar procesos de Escariado en piezas mecánicas en el cual estén agrupando un conjunto de Dispositivos Didácticos y distintas alternativas para conseguir remediar inquietudes y para efectuar pruebas de laboratorio oportunas.

### **1.2. Justificación e importancia.**

Estos elementos forman parte del área denominada automatización en las carreras de ingeniería se debe visualizar la aplicación de los elementos que conforman a los autómatas. Muchas veces el alumno no ve una aplicación tangible y que mejor contar con un prototipo donde se muestre la integración de estos procesos.

Los módulos didácticos se emplearán como herramientas auxiliares para así mostrar proyectos de ingeniería, pero también pueden ser un excelente material didáctico para la enseñanza, aprendizaje, elaboración e interpretación de planos o diagramas que definen un proyecto o sus diferentes elementos.

Este proyecto tiene como finalidad de poder educar, capacitar, e instruir al docente y estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL. Para que por medio de estos módulos puedan probar el funcionamiento de

los procesos industriales y así conseguir un conocimiento más profundo de las materias relacionadas con el tema.

### **1.3.Alcance**

Este proyecto trata de elaborar un sistema modular didáctico que permitirá la Verificación y el Proceso de Escariado de piezas mecánicas permitiendo continuar con la línea de procesos hacia los siguientes módulos didácticos.

El proceso empieza con el ingreso de la pieza al plato divisor, una vez ubicada la pieza en el plato, esta gira un cierto ángulo hasta la posición en donde un sensor verifica la existencia del agujero y un vástago se desplaza y confirma la existencia del agujero, una vez verificada regresa a su posición inicial. El plato divisor es accionado por un motor eléctrico hacia la posición donde se realizará el proceso de escariado la pieza será sujeta por una pinza o mordaza para así asegurar la inmovilidad del material a procesar para después bajar el escariador y realizar el acabado fino luego de ejecutar el proceso retornara a su posición inicial y se abrirá la pinza o mordaza de sujeción conjuntamente los procesos se ejecutaran en paralelo.

Se acoplarán al módulo didáctico un electroimán, sensores inductivos como capacitivos para verificar que las piezas se hallen perfectamente colocadas y se tendrá muy en cuenta la velocidad de avance y el arranque del material, las piezas acabadas son sacadas a través de un expulsor eléctrico para continuar con los siguientes módulos didácticos.

Además constará de una red Ethernet Abierta para poder comunicarse con los otros procesos que se encuentran implementados.

A través de este sistema los estudiantes podrán simular procesos industriales automatizados que ayudara para el aprendizaje y enseñanza y obtener así el conocimiento del funcionamiento de un sistema industrial básico de esta manera será utilizado solo para fines didácticos.

## **1.4.Objetivos.**

### **1.4.1.Objetivo General**

- Diseñar y Construir un módulo didáctico para realizar procesos de Verificación y Escariado en piezas mecánicas dentro de una línea de producción en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.

### **1.4.2.Objetivos Específicos.**

- Diseñar e implementar un módulo didáctico para ejecutar procesos de verificación y escariado en piezas mecánicas.
- Realizar en montaje de los equipos e instrumentos que intervienen en cada proceso dentro de la estructura del módulo didáctico.
- Controlar los procesos de verificación y escariado de las piezas mecánicas para integrar un sistema de módulos de producción.
- Realizar verificaciones de funcionamiento del sistema modular didáctico implementado en el proceso de verificación y escariado de piezas mecánicas.
- Realizar guías de laboratorio para efectuar prácticas y demostrar el funcionamiento teórico de los sistemas de producción modular.

## **CAPÍTULO II**

### **2.FUNDAMENTO TEÓRICO.**

#### **2.1.Sistemas de automatización industrial.**

Los sistemas de automatización se definen como un conjunto de métodos y procedimientos con el fin de sustituir al operario en tareas tanto físicas como mentales que serán previamente programadas. Con los procesos industriales se tiene entendido que forman parte del sistema en que a partir de la entrada de material energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch.

Este proyecto pretende hacer visible la viabilidad de la implantación de sistemas de control y automatización en procesos industriales, poniendo énfasis en la replicación de diferentes procesos modulares. Como principales ventajas de la implantación de sistemas de control y automatización está la reducción de costes, calidad, seguridad así como el aumento y control de la producción, y como ventaja de la replicación la considerable reducción de los costes de diseño, implantación y mantenimiento. [1].

##### **2.1.1.Objetivos de la automatización.**

- Lograr una eficiencia en la producción.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, eliminando los trabajos forzados e incrementando la seguridad.
- Disminuir el tiempo de mantenimiento y además que el operador no necesite tener vastos conocimientos para realizar este proceso.
- Mejorar la calidad de los productos eliminando el error humano mediante los procesos automatizados.

### 2.1.2.Niveles de automatización.

- a. **Operación manual:** Se elaboran piezas sin recurrir a máquinas. El ser humano realiza las operaciones usando herramientas. Es responsable de seguir el orden correcto de operaciones. Dar forma a una pieza con lima.
- b. **Mecanizado:** La máquina realiza la operación, sin embargo el ser humano opera la máquina y es responsable de seguir la secuencia de operaciones. Mecanizado de piezas con torno convencional.
- c. **Automatización parcial:** La máquina realiza varias operaciones en secuencia y de forma autónoma, pero necesita de la intervención humana para poner y retirar piezas. Dobladora automática.
- d. **Automatización total:** la máquina es totalmente autónoma. No necesita intervención humana. El operador realiza tareas de supervisión y mantenimiento preventivo. Centro de maquinado con alimentador automático.
- e. **Integración:** Todas las máquinas están interconectadas y trabajan cooperativamente. La intervención humana es requerida a nivel gestión y planeación estratégica. [2]

### 2.2.Sistemas de producción modular.

Con los sistemas modulares de producción se ha dado un giro muy importante a la producción industrial de las empresas, a mejorar su productividad y calidad de los productos y así aumentando el tiempo producción.

En lo educativo los sistemas modulares de producción será una herramienta didáctica muy eficaz que complementara el conocimiento de los estudiantes en áreas de control industrial, neumática, electrónica, etc.

Con el fin de generar nuevas ideas los cuales podrán implementar en los sistemas modulares, comprometidos a la formación académica los diseños de cada módulo serán capaces de variar sus posiciones así como también de sus componentes o elementos montados con el fin de cumplir varias tareas de acuerdo a la necesidad del diseñador o del trabajo que se va a realizar.

En un sistema de producción modular se puede insertar infinitas tareas o a su vez repotenciar algún proceso que permita diseñar nuevos mecanismo, al cambiar los elementos de la estación se vuelve en un instrumento de investigación el cual ayuda a reforzar conocimientos de: electrónica, control automático, redes industriales, neumática, hidráulica, mecatrónica, mecánica industrial, programación de PLC, sistema de producción.

El Controlador Lógico Programable también conocido como PLC, servirá para realizar la programación del proceso industrial así como controladores para realizar control de la estación. Las estaciones se deberán comunicar por medio de redes industriales, o programando que la estación sea capaz de comunicarse haciendo uso de elementos simples como sensores, actuadores ópticos, capaces de enviar señales de control.

Para el control interno del módulo dispondrá de un micro controlador, un módulo Ethernet que sirve para la comunicación industrial y la capacidad de integrar la conectividad de equipos modulares, el módulo cuenta con una interfaz amigable y segura para el estudiante, en donde se podrá controlar las variables de entrada y salida.

Las estaciones de Escariado mecánico y Verificación de piezas mecánicas al ser diseñadas y construidas se acoplarán a un sistema de producción modular donde se garantiza que funcione correctamente con otros procesos como se puede observar en la figura 2.1.



**Figura 2.1 Estaciones modulares didácticos.**

**Fuente: [3].**

### **2.2.1.Objetivos del sistema de producción modular.**

Cuyo objetivo principal es la eliminación de los desperdicios o recursos que no intervengan activamente en un proceso que añada valor al producto final y como consecuencia de ello, se mencionara algunos objetivos complementarios tales como:

- La reducción del costo total del producto.
- Incremento de la calidad del producto reduciendo el porcentaje de rechazos.
- Mejor aprovechamiento de la superficie de la planta.
- Desarrollar el potencial del personal.

### **2.2.2.Ventajas.**

Las razones más frecuentes en una empresa para implementar un MPS son las siguientes:

- Reducción de costos.
- Incremento de calidad.
- Respuesta rápida.
- Aprovechamiento de recursos.



- Ayuda mutua.

### **2.2.3.Desventajas.**

- Necesidad de una rápida respuesta a problemas de balanceo.
- Necesidad de algunas máquinas suplementarias.
- Rechazo de operadores de bajo rendimiento.

Ya con todos los objetivos mencionados y ventajas, desventajas ya antes redactadas, que servirá para así tener en cuenta los aspectos más importante que debe tener el módulo didáctico y que deberán aplicar en el construcción del módulo de producción modular [3].

### **2.3.Principio de funcionamiento del módulo didáctico.**

Las estaciones del Sistema de Producción Modular facilitan la formación profesional orientada a la industria, y el hardware consiste en componentes de tipo industrial. De esta manera ayuda al desarrollo de varios procesos en una misma estación como son:

- Planificación.
- Montaje.
- Programación.
- Funcionamiento.
- Mantenimiento.
- Localización de averías.

#### **2.4.Estación de procesamiento.**



**Figura 2.2 Estación de Procesamiento**

**Fuente: [3].**

#### **2.5.Función.**

Su función empieza en la integración de módulos de diferentes procesos industriales aguas abajo en dos direcciones además el módulo de procesamiento permite ver, reconocer y seleccionar diferentes equipos neumáticos como eléctricos y mecánicos que conforman al momento de diseñar el módulo didáctico además constará de una red Ethernet Abierta para poder comunicarse con los otros procesos que se encuentran implementados. A través de este sistema los estudiantes podrán simular procesos industriales automatizados que ayudara para el aprendizaje y enseñanza y obtener así el conocimiento del funcionamiento de un sistema industrial básico de esta manera será utilizado solo para fines didácticos.

#### **2.6.Seguridad.**

Un aspecto importante de mencionar es la seguridad en el puesto de trabajo como es lógico, la parada de emergencia, las señales y las puertas de seguridad y los controles a prueba de fallos forman parte de un sistema compuesto por estaciones del MPS el cual brinda confianza al momento de realizar los diferentes procesos en los módulos didácticos .

### **2.7. Combinación modular.**

Las estaciones modulares pueden combinarse directamente con estaciones individuales son los diversos aspectos que determinan la decisión de que combinación se requiere, cuentan con una mesa móvil, tiene sus espacios muy bien distribuidos como para realizar las siguientes operaciones de control, proceso, y seguridad.

- Objetivos didácticos
- Ampliación de estaciones existentes
- Presupuesto



**Figura 2.3 Combinación de Estaciones**

**Fuente:** [3]

### **2.8. Comunicación entre estaciones.**

Las estaciones están diseñadas para transportar materia prima de una a otra estación un solo módulo puede transferir la pieza a la siguiente estación para procesarla, la estación envía una señal para su comunicación a través de sensores ópticos instalados que son designados como emisor y receptor.



**Figura 2.4 Comunicación de Estaciones.**

**Fuente:** [3]

## **2.9.Escariado mecánico.**

### **2.9.1.Proceso de Escariado.**

Se llama escariado a una operación de mecanizado que se realiza para conseguir un acabado fino y de precisión en agujeros que han sido taladrados con broca a un diámetro ligeramente inferior. Cuando se necesita un orificio liso y de dimensiones muy exactas, primero se taladra a un tamaño ligeramente inferior y luego se escaria a la dimensión exacta. Es, por tanto, una operación complementaria del taladro.

### **Parámetros para realizar un óptimo proceso de escariado.**

#### **a)La velocidad de corte.**

Tiene una gran influencia en la calidad superficial del agujero escariado y en la vida de la herramienta. Elevar la velocidad por encima de la óptima ocasionará el aumento del desgaste de la herramienta debido al aumento de la temperatura de corte.

El aumento de la velocidad también produce recrecimiento del filo (material soldado al filo de corte).

### b) Avance.

El avance influye directamente en el desgaste del filo de corte. Al aumentar el avance, el esfuerzo de corte aumenta casi proporcionalmente. Sin embargo, el avance tiene menos influencia sobre la calidad superficial y sobre el desgaste de la herramienta que la velocidad de corte (el avance puede variar dentro de una amplia gama sin tener demasiada influencia en la calidad de acabado del agujero ni en la vida de la herramienta). Por lo tanto se recomienda seleccionar el avance más elevado posible, con objeto de acortar el tiempo de escariado sin reducir significativamente la vida de la herramienta.

**Tabla 2.1**

#### Valores orientados de avances y velocidad de corte.

| No | Material                                  | Avance rápido<br>V<br>m/min | Avance rápido<br>S<br>m/min | Metal duro<br>V<br>m/min | Metal duro<br>S<br>m/min |
|----|---|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1  | Acero no aleado<br>500 N/mm <sup>2</sup>  | 8-10                        | 0,3-1,2                     | 12 -16                   | 0,2-0,6                  |
| 2  | Acero no aleado<br>1100 N/mm <sup>2</sup> | 3-5                         | 0,16 -<br>0,8               | 8-12                     | 0,2-0,6                  |
| 3  | Acero no aleado<br>1200 N/mm <sup>2</sup> | 2-3                         | 0,1-0,6                     | 5-8                      | 0,1 -0,4                 |
| 4  | Fundición Gris                            | 7-9                         | 0,4-2,0                     | 12-15                    | 0,25-0,7                 |
| 5  | Aleaciones Cu Zn                          | 14-17                       | 0,4-2,0                     | 15-20                    | 0,25-0,7                 |
| 6  | Aleaciones de<br>aluminio                 | 11-14                       | 0,4-2,0                     | 12-15                    | 0,2-0,8                  |

**Fuente:** [4]

#### 2.9.1.1.Requisitos previos para escariar.

Con el fin de conseguir una buena tolerancia de escariado, se deben tener en cuenta los siguientes requisitos.

- a. **Estados de la herramienta:** Si la herramienta está reafilada, es indispensable una concetricidad exacta y un afilado de alta calidad.
- b. **Material de la pieza a mecanizar.** El taladro inicial de la pieza es un factor clave. La superficie frontal debe ser plana y si el agujero es avellanado, se debe usar una guía al chaflanar o garantizar la concetricidad del avellanado.
- c. **Agujeros pasantes.** Para obtener mejores resultados de escariado, los agujeros a escariar deberían ser pasantes. Esto facilita la salida del fluido de corte, así como de las virutas. Los escariadores de labios helicoidales negativos son ventajosos en el escariado de agujeros pasantes
- d. **Agujeros ciegos.** Usar escariadores de labios rectos en agujeros ciegos. [5]

### **2.9.2.Verificación en piezas mecánicas.**

#### **Función.**

Es verificar y detectar mediante la ayuda de un sensor magnético y de un cilindro de doble efecto que las piezas mecánicas se encuentren perfectamente realizados.

### **2.10.Material mecánico.**

#### **Aluminio estructural.**

Son perfiles de aluminio y sus accesorios sirven para la construcción de estructuras de máquinas, dispositivos, líneas de montaje, redes de aire comprimido, etc. Sus propiedades mecánicas son de acuerdo al tipo de perfil que sea utilizado.

**Aluminio Compuesto.**

Aluminio compuesto se compone de dos láminas de Aluminio y un núcleo central de polietileno brindan una capacidad de adaptación a las formas y despieces más diversos, su estructura combina ligereza y alta resistencia a la rotura, por lo que se manipula con gran facilidad. Vienen en todo tipo de colores y su fácil instalación y bajo mantenimiento proporcionan una reducción global de costos a largo plazo.

**Material Acrílico.**

Acrílico es un material que deriva del plástico que tiene diferentes aplicaciones y usos. Dentro de sus ventajas resiste estar expuesto por periodos de tiempo muy largos a rayos ultravioleta sin que esto dañe su superficie. Su gran flexibilidad hace que el Acrílico sea uno de los materiales más utilizados en las construcciones de equipos modulares.

**Aluminio.**

El aluminio y sus aleaciones son materiales que destacan por su ligereza y resistencia a la corrosión, así como por su elevada conductividad térmica y eléctrica. Las propiedades mecánicas del aluminio puro son bastante moderadas, pero aleado con otros elementos las mejora notablemente. Si se comparan la resistencia o la rigidez específica (en relación con la densidad) los aluminios son más ventajosos que los aceros en determinadas aplicaciones (aeronáutica, vehículos, piezas a grandes aceleraciones). Estas cualidades, junto con la gran aptitud para la conformación (deformación en frío, forja, moldeo, extrusión, mecanizado), han convertido a los aluminios en el segundo grupo de materiales más empleados.

**Nylon (poliamida).**

Es un material que muy utilizado en el campo de la mecánica los campos de aplicación son aquellos sectores o usos particulares donde se requiere más

de una de las propiedades siguientes: alta tenacidad, rigidez, buena resistencia a la abrasión, buena resistencia al calor.

### 2.11. Tipos de fuerzas que actúan en los materiales.

**Fuerzas de tensión o tracción:** La fuerza aplicada intenta estirar el material a lo largo de su línea de acción.



**Figura 2.5 Tensión**

**Fuente:** [6]

**Fuerzas de compresión:** La fuerza aplicada intenta comprimir o acotar al material a lo largo de su línea de acción.



**Figura 2.6 Compresión**

**Fuente:** [6]



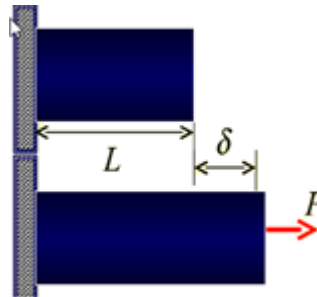
**Deformación:** La deformación es el proceso por el cual una pieza, metálica o no metálica, sufre una elongación por una fuerza aplicada en equilibrio estático o dinámico, es decir, la aplicación de fuerzas paralelas con sentido contrario. La magnitud más simple para medir la deformación es lo que en ingeniería se llama deformación axial o deformación unitaria ( $\epsilon$ ), se puede definir como la relación existente entre la deformación total y la longitud inicial del elemento. Ecuación 1

$$\epsilon = \frac{\delta}{L}$$

$\epsilon =$  *Deformación Unitaria.*

$\delta =$  *Deformación Total.*

$L =$  *Longitud Inicial.*

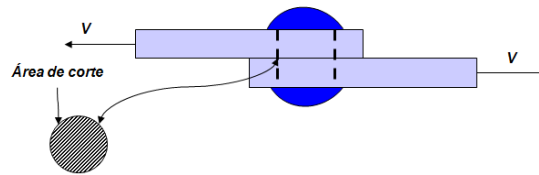


**Figura 2.7 Deformación.**

**Fuente:** [6].

**Esfuerzo cortante:** Este tipo de esfuerzo busca cortar el elemento, esta fuerza actúa de forma tangencial al área de corte. Como se muestra en la siguiente figura. Y viene dado por la siguiente fórmula Ecuación 2:

$$\tau = \frac{\text{Fuerza tangencial al area transversal del elemento}}{\text{Area de corte elemento}} = \frac{V}{Ac}$$



**Figura 2.8 Esfuerzo de corte.**

**Fuente:** [6].

**Rigidez:** La rigidez es la capacidad de un objeto material para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y/o desplazamientos. Los coeficientes de rigidez son magnitudes físicas que cuantifican la rigidez de un elemento resistente bajo diversas configuraciones de carga. Normalmente las rigideces se calculan como la razón entre una fuerza aplicada y el desplazamiento obtenido por la aplicación de esa fuerza Ecuación 3.

$$K_i = \frac{F_i}{\delta_i}$$

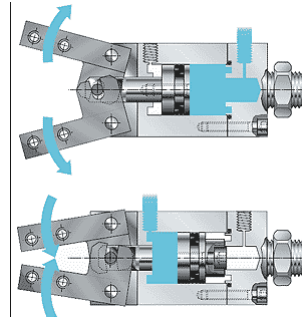
**Factor de seguridad:** Un elemento mecánico se somete a algunas acciones que se designarán por  $F$ , siendo este un término muy general y que puede representar una fuerza, un momento de flexión o de torsión, una pendiente, una deflexión o alguna clase de deformación o distorsión. Si  $F$  aumenta, finalmente llegará a ser tan grande que cualquier pequeño incremento adicional alteraría permanentemente la capacidad del elemento para realizar su función apropiada. Si se designa este valor límite o último de  $F$  como  $F_u$ , entonces el factor de seguridad se define en la Ecuación 4: [7]

$$n = \frac{F}{F_u}$$

## 2.12. Pinza mecánica o Gripper.

Las pinzas se utilizan para tomar un objeto, normalmente la pieza de trabajo, y sujetarlo durante el ciclo de trabajo del robot. Hay una diversidad de métodos de sujeción que pueden utilizarse, además de los métodos mecánicos obvios de agarre de la pieza entre dos o más dedos. Estos métodos

suplementarios incluyen el empleo de casquillos de sujeción, imanes, ganchos, y cucharas.



**Figura 2.9 Gripper**

**Fuente:** [8].

### **2.13.Elementos que conforman la parte eléctrica.**

#### **2.13.1.Sensores.**

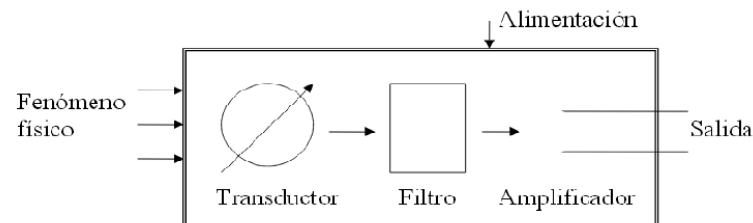
Un sensor es un dispositivo capaz de transformar una magnitud física en una eléctrica, que por lo general es realizado en 3 etapas; el fenómeno físico es interpretado por el sensor e inmediatamente transformado en señal eléctrica dependiendo del valor de la variable, posteriormente esta señal es convertida en voltaje para finalmente la señal es procesada por un conversor analógico digital y luego ser amplificada.



**Figura 2.10 Sensores**

**Fuente:** [9].

En la figura.2.12 se muestra un esquema que explica el funcionamiento general de un sensor. Es necesario procesar de alguna manera las señales (procesamiento previo) antes de que la información llegue a un sistema ejecutor constituido por actuadores.



**Figura 2.11 Funcionamiento del sensor.**

**Fuente:** [9].

Características de los sensores.

- **Rango de medida:** siendo los límites de magnitud que se puede aplicar al sensor.
- **Precisión:** es el error de medida máximo permitido,
- **Offset:** es el valor entregado por el sensor cuando la magnitud a medir es nula,
- **Linealidad:** que la salida sea lineal en relación a la magnitud medida,
- **Sensibilidad:** es la relación entre la magnitud de entrada y la magnitud de salida,
- **Resolución:** es la variación mínima de magnitud capaz de ser percibida,
- **Rapidez de respuesta:** depende de la capacidad de seguir las variaciones de la magnitud.

### 2.13.2. Tipos de Sensores.

Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar a continuación los siguientes:

### **Inductivo.**

Como se puede observar en la fig.2.12 los sensores de proximidad inductivos están formados por un oscilador que empieza a oscilar si consume cierta corriente, entonces se crea un campo alterno de alta frecuencia que sobresale.

Se encuentran instalados en sistemas industriales ya que sus aplicaciones son muchas es de larga duración, no tiene mantenimiento muy eficaz. Estos detectores vienen diseñados con una rosca para facilitar su montaje miden magnitudes como velocidad y distancia, una buena aplicación industrial podría ser la de la de una cadena de montaje de objetos metálicos de tal forma que los sensores inductivos avisarían si falta algún objeto o si alguno no está en su posición correcta.



**Figura 2.12 Sensor Inductivo.**

**Fuente:** [3].

### **Ventajas.**

- No están expuestos al desgaste.
- No necesita mantenimiento.
- La respuesta del detector es clara y rápida.
- Insensibles a los golpes, a las vibraciones y al polvo.

### Sensor óptico.



**Figura 2.13 Sensor Óptico.**

**Fuente:** [3].

Este tipo de sensores se utilizan para la detección de todo tipo de materiales como se indica en la figura 2.13. Se pueden detectar materiales como madera, cartón, plástico, vidrio e incluso líquido. En este caso, la superficie del objeto juega un papel muy importante ya que por ejemplo, en objetos metálicos o brillantes, hay que considerar las posibles reflexiones que pueden proporcionar falsas señales. Sensor de proximidad con protección contra inversión de polaridad, sobrecarga y cortocircuito. Detectan la presencia de una persona o de un objeto que interrumpen el haz de luz que le llega al sensor. Los sensores ópticos basan su funcionamiento en la emisión de un haz de luz que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar. Tiene mucha aplicación en el ámbito industrial y son ampliamente utilizados.

### Características.

- Girable 360°, con enclavamiento cada 15°.
- Conexión mediante zócalos de seguridad de 4 mm integrados en el sistema de fijación rápida.
- Fuente de alimentación de 10 – 30 V CC.
- Función de salida del contacto normalmente abierto (PNP).
- Sistema de fijación rápida.

**Ventajas.**

- Es un método no destructivo y no invasivo.
- Ofrece posibilidades de integración en sistemas más complejos.
- Bajo coste y tecnología bien establecida.
- Posibilidades de control a distancia de lugares poco accesibles físicamente.
- Capacidad de conformar redes espaciales de sensores para el control de parámetros en grandes superficies.

**Sensor Magnético.**

Los sensores magnéticos constan de un sistema de contactos cuyo accionamiento vendrá ocasionado por la aparición de un campo magnético. Los contactos se cerrarán bajo la influencia de un campo magnético provocado por un dispositivo imantado alojado en el objeto a detectar, en los cilindros neumáticos el imán permanente va integrado en el émbolo, estos cuando el campo magnético se acerca al sensor, estos transmiten una señal eléctrica o neumática a los controles, electro válvulas o elementos de conmutación neumáticos.



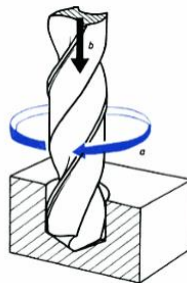
**Figura 2.14 Sensor magnético.**

**Fuente:** [10]

## 2.14. Proceso de taladrado.

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesario en la mayoría de componentes que se fabrican.

El taladrado es un término que cubre todos los métodos para producir agujeros cilíndricos en una pieza con herramientas de arranque de viruta. El taladrado puede ser de agujeros cortos y largos. La diferencia entre taladrado corto y taladrado profundo es que el taladrado profundo es una técnica específica diferente que se utiliza para mecanizar agujeros donde su longitud es varias veces más larga (8-9 veces) que su diámetro.



**Figura 2.15 Proceso de taladrado**

**Fuente:** [6].

### 2.14.1. Operaciones Relacionadas.

**En la operación de taladrado existen varias operaciones que se relacionan con el taladrado.**

- a. **Escariado:** Se usa para agrandar ligeramente un agujero, suministrar una mejor tolerancia en su diámetro y mejorar su acabado superficial.



- b. Roscado interior:** Esta operación se realiza por medio de un machuelo y se usa para cortar una rosca interior en un agujero existente.
- c. Abocardado:** Se produce un agujero escalonado en el cual un diámetro más grande sigue a un diámetro más pequeño parcialmente dentro del agujero. Se usa un agujero abocardado para asentar las cabezas de los pernos dentro de un agujero de manera que no sobresalgan de la superficie.
- d. Avellanado:** Es una operación similar al abocardado salvo que el escalón en el agujero tiene forma de cono para tornillos y pernos de cabeza plana.
- e. Centrado:** También llamado taladrado central, esta operación taladra un agujero inicial para establecer con precisión en el lugar donde se taladrará el siguiente agujero. La herramienta se llama mecha centradora.

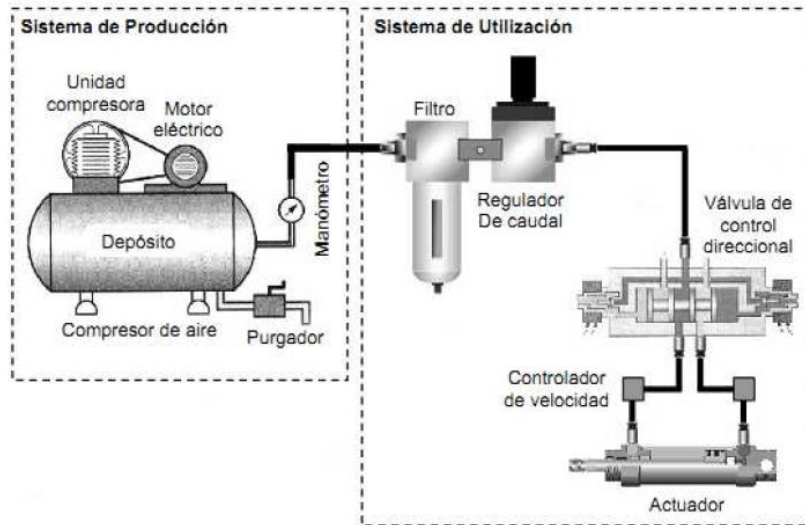
### **2.15.Sistemas neumáticos.**

Los sistemas neumáticos forman parte del sistema de construcción modular ocupando una gran importancia en todas las fases de los procesos que va a realizar, encargando de generar un máximo protagonismo en procesos de manipulación industriales puesto que estos equipos permite transformar la energía necesaria para mover y hacer funcionar.

Los cilindros neumáticos se pueden identificar rápidamente por su sencillez y el diseño compacto, además ofrece una variabilidad de ventajas, especialmente si se trata de actuadores pequeños de simple efecto que consumen poco aire comprimido y si, además, ya se dispone de una red de aire comprimido en la fábrica.

A continuación en la figura 2.16 se puede observar un sistema neumático sencillo que dispone de dos secciones principales.

- Sistema de producción y distribución de aire.
- Sistema de consumo de aire y utilización.



**Figura 2.16 Sistema neumático básico.**

**Fuente:** [11].

### **Componentes de un Sistema Neumático de utilización.**

- Unidad de Mantenimiento:** El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada figura2.17.
- Regulador:** Se trata de una válvula general manual que permite regular fácilmente la presión de salida del depósito hacia el sistema neumático. Muchas veces cuenta con un manómetro propio que indica la presión de flujo.
- Válvula de control direccional:** Existen muchos tipos de válvulas neumáticas en el mercado, pero todas tienen como función controlar el paso de aire entre sus vías abriendo, cerrando o cambiando sus conexiones internas dependiendo del tipo de actuador que se desee controlar. Pueden ser activadas de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos.

- d. **Lubricador de aire comprimido:** El regulador tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria. [12]

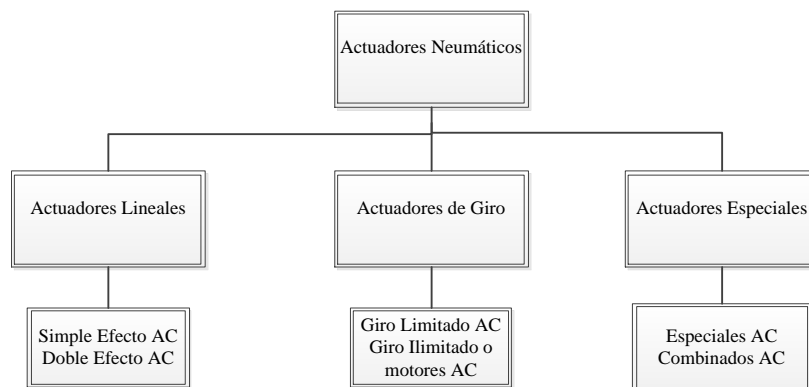


**Figura 2.17 Unidad de mantenimiento.**

**Fuente:** [3].

### 2.16. Actuadores Neumáticos.

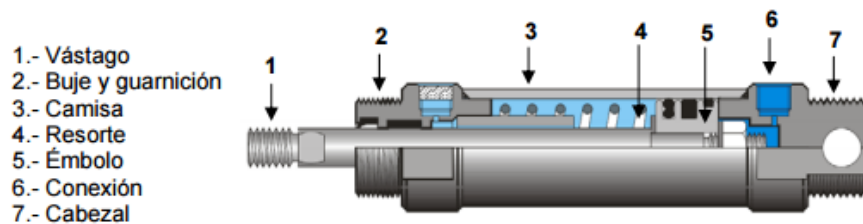
Un actuador neumático puede ser lineal o rotativo el movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera). Los actuadores neumáticos de rotación son los (motores neumáticos), con movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que parece un tipo especial.



**Figura 2.18 Clasificación de los actuadores.**

### 2.16.1. Actuadores lineales.

**Cilindros de simple efecto.** Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”. Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. [13]



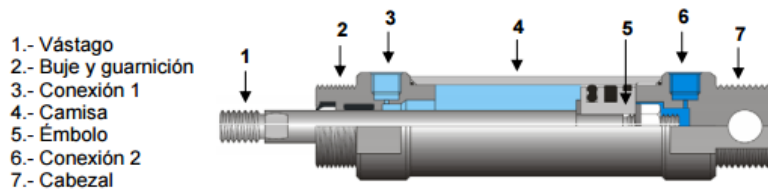
**Figura 2.19 Cilindro de simple efecto.**

**Fuente:** [13].

**Desventajas:** sólo producen trabajo (fuerza de empuje) en el movimiento de avance, ya que el retorno viene dado por la elasticidad del muelle.

**Ventajas:** menor consumo de aire comprimido (únicamente en el avance del émbolo).

**Cilindro de doble efecto.** Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos. Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Este proceso de conmutación de aire es realizado automáticamente por la válvula de control asociada (disposiciones de 4 ó 5 vías con 2 ó 3 posiciones).



**Figura 2.20 Cilindro de doble efecto.**

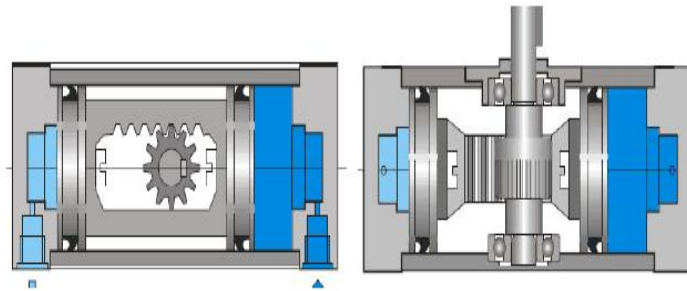
**Fuente:** [13].

**Ventajas:** Al tener dos tomas de aire puede realizar trabajo útil en ambos sentidos.

**Desventajas:** Doble consumo de aire comprimido.

### 2.16.2. Actuadores de giro.

No son utilizados tan comúnmente como los actuadores lineales, es más sencillo, tiene un piñón como un eje de salida que engrana con una cremallera, está unido con un émbolo doble (ver figura 2.22) al inyectar aire el émbolo se mueve para un lado o para el otro haciendo girar el eje en su lugar. [13].



**Figura 2.21 Actuador mediante piñón y cremallera.**

**Fuente** [13].

### 2.16.3. Válvulas neumáticas.

Las válvulas neumáticas tienen la función de controlar la presión o el paso del aire a presión. Según su tipo, las válvulas pueden clasificarse como:

- Válvulas de vías: sensores, procesadores y actuadores.
- Válvulas de cierre: válvulas anti-retorno.
- Válvulas reguladoras de flujo: válvulas estrangulación.
- Válvulas de presión.
- Combinaciones de estas válvulas.

También pueden ser activadas de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, o mecánicos.

- a. Válvulas mecánicas.** Son las válvulas las cuales para su accionamiento se necesita una fuerza mecánica.
- b. Electroválvulas.** Son válvulas las cuales integran un solenoide para su accionamiento, esto permite con mayor facilidad comandar desde un controlador o un PLC.

Parámetros de una válvula de vías:

- Cantidad de conexiones (vías): 2, 3, 4 o 5 vías.
- Cantidad de posiciones de conmutación: 2 y 3 posiciones.
- Tipo de accionamiento: mecánico, neumático, eléctrico y manual.
- Tipo de reposición: por muelle (resorte), por presión.

Clasificación por posiciones estables.

Atendiendo a esta clasificación las válvulas pueden ser monoestables o biestables.

**a) Válvulas monoestables.** Son aquellas que tienen una posición de reposo estable, que es en la que permanecerá la válvula de forma indefinida si no actúa

sobre ella el dispositivo de mando. El regreso a la posición de reposo suele realizarse con un muelle; así en el caso de válvula monoestable de dos posiciones, la posición estable será la correspondiente al muelle, que por convenio suele situarse a la derecha. En el caso de tres posiciones la posición estable es la central.

**b) Válvulas bistables.** Son aquellas que no tienen una única posición de reposo estable; es decir, que aunque se anule la señal que provocó la posición en la que se encuentra, la válvula seguirá en esa misma posición hasta que se active la señal correspondiente a una nueva posición. En el caso de que se activen dos señales prevalece la más antigua. El dispositivo de mando y la forma en que se activa cada posición en la válvula se representa simbólicamente añadiendo en la parte lateral del cuadrado el símbolo del accionamiento correspondiente. [13]



**Figura 2.22 Electroválvula.**

**Fuente:** [13].

#### **2.16.4. Racores**

Son instrumentos que permite la unión de tubos de conducción a los componentes neumáticos son llamados también conectores instantáneos, soportan presiones de hasta 18bares (dependiendo del diámetro del tubo y la temperatura) y se suministran para diámetros de hasta 14mm. Por su extraordinaria concepción y facilidad de conexionado, la aplicación resulta ideal en circuitos neumáticos [14]



**Figura 2.23 Racores.**

**Fuente:** [15].

### **2.16.5.Manguera de Poliuretano.**

Son tubos de costo moderado, con buenas prestaciones y gran flexibilidad, aptos para instalaciones fijas o móviles en donde la durabilidad deba considerarse. Se obtienen radios de curvatura pequeños, aún en frío. Se adaptan bien a cambios de dirección y tienen buena resistencia a condiciones de presión pulsante. Poseen un amplio rango de temperaturas de trabajo [15].

### **2.17.Sistema eléctrico.**

#### **2.17.1.Relé.**

Es un dispositivo electromagnético que estimulado por una corriente eléctrica muy débil, interrumpe o dirige la corriente de otros circuitos eléctricos, un relé está formado por un interruptor y un electroimán con un relé se conecta dos circuitos independientes por los que circulan corrientes de voltaje diferente.

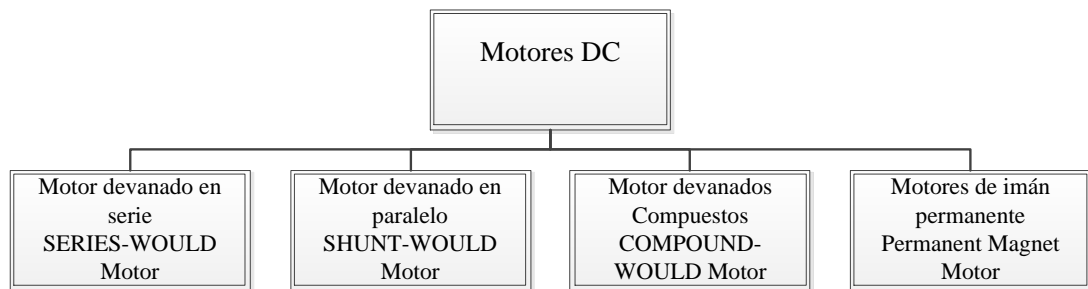


**Figura 2.24 Relé**

**Fuente:** [16].



### 2.17.2. Clasificación de los motores Dc.



**Figura 2.25 Clasificación de los motores DC.**

#### **Motor Reductor.**

El motor de reductor o de engranaje, tiene un sistema completo de fuerza motriz que consiste en un motor eléctrico y un engranaje de reducción integrado, esto reduce enormemente la complejidad y el costo de diseñar y construir herramientas eléctricas, máquinas y aparatos de llamada para un alto par a velocidad del eje relativamente baja o RPM. Los motores de engranajes permiten el uso de baja potencia económica motores para proporcionar fuerza motriz grande a baja velocidad, como en los ascensores, tornos, mesas médicas, gatos y robótica.



**Figura 2.26 Motor reductor Bosch**

**Fuente:** [17].

## **Controlador lógico programable (PLC).**

### **Principios de operación.**

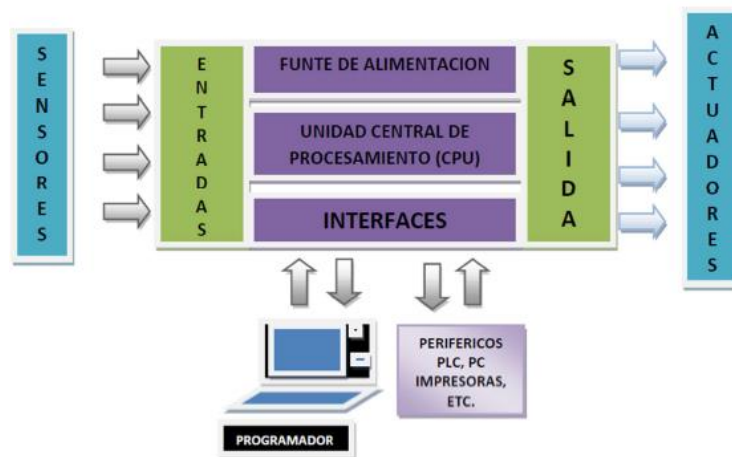
Es un dispositivo operado digitalmente que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implantar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar a través de entradas y salidas digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4 - 20 mA, etc.) Para aplicar en la automatización de varios tipos de máquinas y procesos industriales. Los elementos que contiene un PLC son los siguientes:

- Módulos de entrada y salida.
- Unidad central de proceso.
- Fuente de alimentación.
- Dispositivos periféricos.
- Interfaces.

Los módulos de entradas y salidas son la sección del PLC en donde sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso. La fuente de alimentación convierte altos voltajes en corrientes de línea (115V 230V) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V, CD) requeridos por el CPU y los módulos de entrada y salida.

### **Estructura de un PLC.**

Es un dispositivo usado para controlar procesos de manufactura este control que realiza sobre la base lógica, definida a través de un programa como se indica en la figura 1.28 se muestra la estructura de un PLC. Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. [18]



**Figura 2.27 Estructura de un PLC.**

**Fuente:** [19]

- a. **Bloque de entradas:** Es donde se recibe las señales que proceden de los sensores estos son adaptadas y codificadas de forma tal que sean comprendidas por la CPU.
- b. **Bloque de salida:** Interpreta las órdenes del CPU y las descodifica y las amplifica para enviar señales a los actuadores, tiene una interface para aislar la salida de los circuitos internos.
- c. **Unidad Central De Procesamiento CPU:** En ella reside la inteligencia del sistema, en función de las instrucciones del usuario (programa) y los valores de entradas y salidas.
- d. **Fuente de Alimentación:** Su emisión es adaptar la tensión de red (120V/60Hz) a los valores necesarios para los dispositivos electrónicos internos (generalmente 24Vcc y 5Vcc).
- e. **Interfaces:** Son los canales de comunicación con el exterior. Por ejemplo con:
  - Los equipos de programación.
  - Otros autómatas.

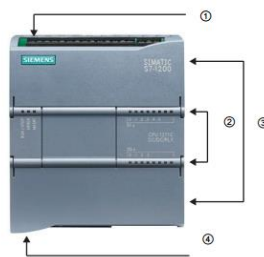
## CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIEMENS S7-1200.

### Introducción.

S7-1200 es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens el controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes de comunicación. El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización.

En el CPU se encuentra integrado un procesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas el programa contiene la lógica que permite controlar los dispositivos de la aplicación. CPU observa las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

El CPU dispone de un puerto PROFINET para realizar la comunicación con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232. S7-1200 es el controlador de lazo abierto y lazo cerrado de control de tareas en la fabricación de equipo mecánico y la construcción de la planta. [20]



**Figura 2.28 PLC S7-1200**

**Fuente:** [19].

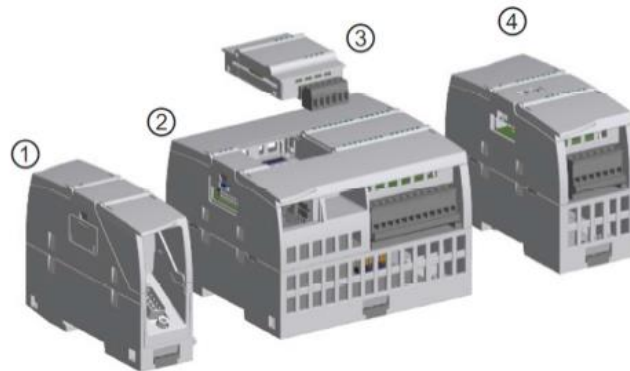
1. Conector de alimentación.
2. Conectores extraíbles para cable de usuario (detrás de las tapas).
3. LEDs DE ESTADO PARA LAS e/s INTEGRADAS.
4. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

### 2.17.3. Módulos de expansión del S7-1200.

S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación.

- a. **Módulo de Comunicación.** Pueden ampliarse hasta con 3 módulos de comunicación. Los Módulos de Comunicación RS485 y RS232 son aptos para conexiones punto a punto en serie, basadas en caracteres. Esta comunicación se programa y configura con sencillas instrucciones, o bien con las funciones de librerías para protocolo maestro y esclavo USS Drive y Modbus RTU.
- b. **CPU:** S7-1200 incluye tres modelos de CPU con potencia escalonada: CPU 1211C, CPU 1212C y CPU 1214C. Todas ellas pueden ampliarse en función de las necesidades de la máquina. A cada CPU puede añadirse un Módulo de Señales Integradas para ampliar el número E/S digitales o lógicas sin necesidad de aumentar el tamaño físico del controlado.
- c. **Señales Integradas:** Un Módulo de Señales Integradas puede enchufarse directamente a una CPU. De este modo pueden adaptarse individualmente las CPU, añadiendo E/S digitales o analógicas sin tener que aumentar físicamente el tamaño del controlador.
- d. **Módulo de Señales:** Las mayores CPU admiten la conexión de hasta ocho Módulos de Señales, ampliando así las posibilidades de utilizar E/S digitales o analógicas adicionales.

- e. **Memoria.** Permite seleccionar el tamaño de la memoria de programa y la de datos hasta 50 KB de memoria de trabajo en el controlador, con libre configuración del tamaño de memoria de programa y de datos de usuario, pueden definirse hasta 2048 Bytes como remanentes. [20]



**Figura 2.29 Módulos de Expansión.**

**Fuente:** [19].

## **2.18. Modelos de CPU.**

En el mercado hay diferentes tipos de modelos de CPUs que ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones. (Anexo 1).

## **2.19. Comunicación industrial.**

### **2.19.1. Interfaz PROFINET integrada.**

La interfaz PROFINET integrada puede usarse indistintamente para la programación o para la comunicación HMI o de CPU a CPU. Además, permite la comunicación con equipos de otros fabricantes mediante protocolos abiertos de Ethernet. Esta interfaz ofrece una conexión RJ45 con función Autocrossover y permite velocidades de transmisión de datos de 10/100 Mbits/s. Admite un gran número de conexiones Ethernet con los siguientes protocolos: TCP/ IP native, ISOon- TCP y comunicación S7.

### **2.19.2.PROFINET: El estándar abierto de industria ETHERNET.**

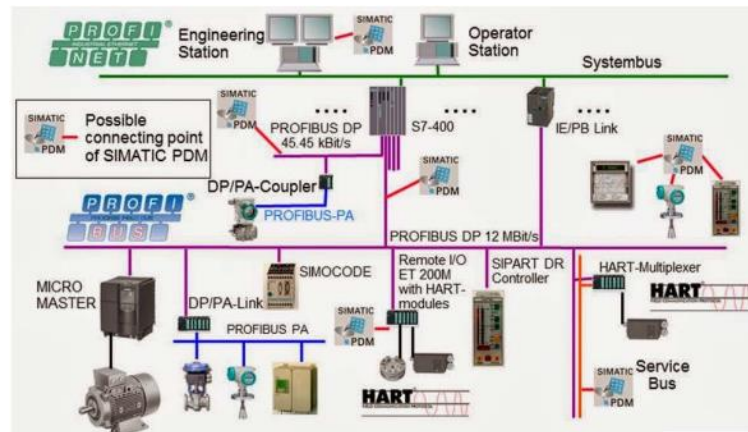
Con el acreditado estándar de TCP/IP, la interfaz PROFINET integrada puede usarse en SIMATIC S7-1200 tanto para la programación como para la comunicación con equipos HMI y otros controladores. Como PROFINET IO-Controller, ahora SIMATIC S7-1200 también permite la comunicación con equipos PROFINET IO. Esto hará posible en el futuro una comunicación unificada desde el nivel de campo hasta el nivel de control. Con esto se da una respuesta a una de las necesidades más importantes ahora también en la gama de la automatización compacta.

### **2.20.Red ethernet.**

#### **2.20.1.Ethernet Industrial.**

Es un sistema que ofrece todo el potencial que ofrece Ethernet, pero utiliza medidas de seguridad, incluidas las de control de acceso y autenticación, seguridad en la conectividad y administración, a fin de asegurar y garantizar la confidencialidad e integridad de la red y ofrecer datos libres de interferencias.

Efectivamente, las redes Ethernet Industrial deben ser altamente confiables y seguir en funcionamiento durante duras condiciones ambientales, interrupciones accidentales de red y fallas de los equipos. La caída de una red puede ser peligrosa y cara. Por esto, el determinismo, es decir, la capacidad de garantizar que un paquete es enviado y recibido en un determinado período de tiempo, es un importante objetivo para el diseño de las redes industriales. Al objeto de conseguir tal seguridad, las redes industriales utilizan dispositivos Switch y Procesadores de comunicación gestionados que permiten asegurar y garantizar la integridad de los datos y el establecimiento sin errores de la comunicación entre equipos. [21]



**Figura 2.30 PROFINET**

**Fuente:** [21].

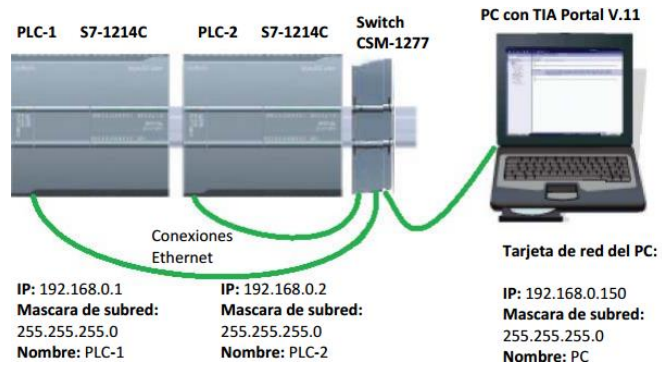
### **2.21. Medios de Transmisión.**

Para el cableado Ethernet basado en RJ45 son componentes industriales así como sistemas de instalación completos. Con la introducción de Ethernet en las aplicaciones de automatización, la comunicación vertical es ahora posible, desde el nivel de control hasta el nivel de campo. A pesar de la libertad que proporciona un cableado Ethernet, los conectores y cables deben cumplir un largo número de exigencias. La humedad, máxima longitud de 100m, versión híbrida (datos + energía) las elevadas variaciones de temperatura, las vibraciones y los golpes son parte integrante de los ambientes industriales.

#### **2.21.1. Campo de aplicación de la red Ethernet industrial.**

- Grandes cantidades de datos: Intercambio de grandes cantidades de datos (en el entorno de Megabytes).
- Grandes distancias: Posibilidad de grandes distancias entre dispositivos.
- Múltiples tipos de dispositivos: Comunicación entre aparatos de ingeniería, ordenadores y dispositivos de control.
- Múltiples tipos de comunicaciones: Permite una interconexión entre la oficina técnica y el mundo de la Automatización.





**Figura 2.31 Conexiones de la red Ethernet.**

**Fuente:** [19].

## CAPÍTULO III

### 3.DESARROLLO DEL MÓDULO DIDÁCTICO

#### 3.1.Despliegue de la función de calidad.

Es un método de gestión de calidad basado en transformar las demandas del usuario en la calidad del diseño, implementar las funciones que aporten más calidad, e implementar métodos para lograr calidad del diseño en subsistemas y componentes, y en última instancia a los elementos específicos del proceso de fabricación.

#### 3.2.Consideraciones del proyecto.

La construcción y la implementación del proyecto tienen como objetivo principal ejecutar procesos de escariado mecánico y verificación de piezas didácticas con la finalidad de integrar al estudiante con el ámbito de la automatización industrial.

Actualmente la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L no dispone del módulo por el motivo que se ve enfocado a la creación.

El módulo didáctico de escariado mecánico y verificación de piezas didácticas contara con un sistemas que le permita;

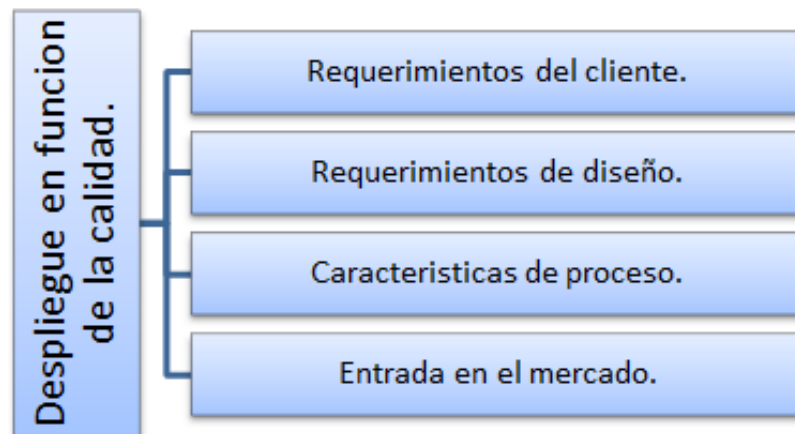
- Acoplarse a similares módulos didácticos de diferentes procesos industriales.
- Verificara piezas didácticas como (posición correcta, existencia de agujero, Taladro, Escariado).
- Transportar piezas mecánicas de una estación posterior.

#### **Beneficios.**

- Menor tiempo de producción.
- Satisfacer las necesidades y expectativas del estudiante a través de equipos multidisciplinarios.

### 3.3. Técnica del despliegue en función de la calidad.

Esta técnica se basa en el análisis de los “requerimientos del cliente” que usualmente se expresan en términos cualitativos como: “fácil de usar”, “seguro”, “confortable” o “lujoso”.



**Figura 3.1 Pasos para realizar un QFD.**

El desarrollo o diseño de servicio de un producto, se realiza mediante la integración de diferentes componentes. Las características de estos componentes que proveen la funcionalidad de servicio y que en última instancia son las que satisfacen los requerimientos del cliente. [22].

### 3.4. Beneficios del despliegue en función de la calidad.

Tiene como beneficios de ser orientado al cliente como eficiente en tiempo, orientado al trabajo en equipo y orientado hacia la documentación. Estos beneficios se observan en la siguiente figura 3.2.



**Figura 3.2 Benéficos del QFD.**

**Fuente:** [22].

### 3.5. Casa de la calidad

Permite la documentación formal del proceso lógico a través de la superposición de matrices donde se traducen las necesidades de los estudiantes en características específicas de productos o servicios. Esta herramienta permite entre otras cosas entender mejor las prioridades de los estudiantes y buscar cómo responder de forma innovadora a dichas necesidades es la de aplicación más frecuente y en ella se distinguen 6 pasos como se muestra en la figura 3.3.

Para elaborar la casa de la calidad se requiere, en primer lugar, conocer la voz del cliente, mediante la cual este manifiesta sus requerimientos y deseos del producto; luego son traducidos, por medio del criterio del ingeniero, en requerimientos técnicos. Finalmente estos requerimientos técnicos son evaluados para determinar aquellos de mayor importancia. [22].

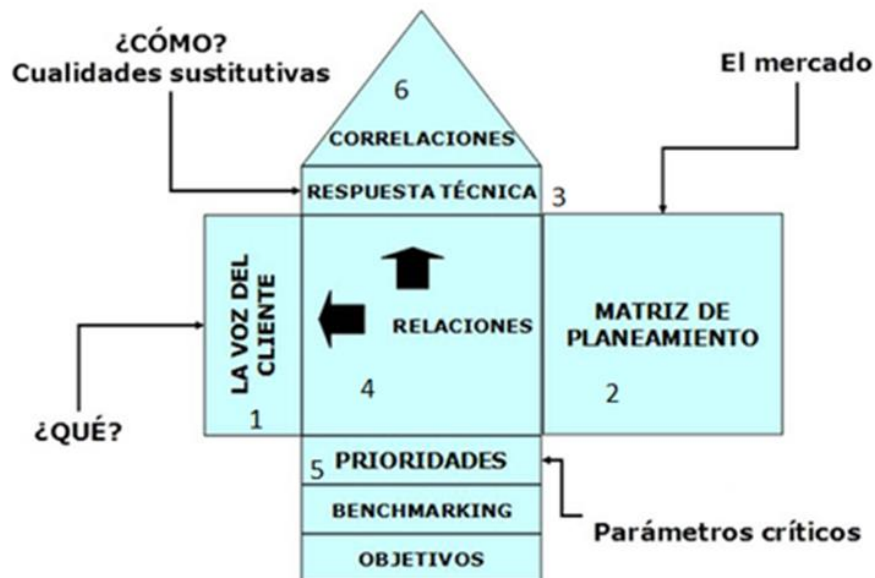


Figura 3.3 Diagrama de la Casa de la calidad.

Fuente: [22].

### **3.5.1.Requerimientos de clientes.**

Es considerada la parte más importante por cuanto los requerimientos del cliente sobre el producto o servicio son considerados como la parte esencial del producto.

También se deben priorizar dichos requerimientos de modo que se pueda identificar cómo percibe el cliente la importancia relativa de cada uno. Sin embargo hay que tomar en cuenta el riesgo que no se han acogido todas las consideraciones de los estudiantes.

### **3.6.Matriz de planteamiento**

#### **3.6.1.Contiene dos tipos de información.**

Se realiza una comparación competitiva de los datos cuantitativos del estudio de mercado, y los niveles de satisfacción con respecto a los productos que ofrece la compañía y sus competidores buscando una o varias ventajas.

A continuación se detalla ampliamente los parámetros que debe tener matriz de planteamiento para realizar la casa de la calidad.

#### **a)Características Técnicas.**

Se refiere a las características técnicas o de ingeniería del producto o servicio a diseñarse de forma que debe satisfacer las necesidades que los clientes tengan.

#### **b)Relaciones.**

Esta sección es vital en la estructura de la casa de la calidad dado que relaciona cuantitativamente las necesidades de los estudiantes con las características de la calidad.

Es importante identificar qué características técnicas contribuyen a satisfacer una determinada necesidad y en qué magnitud sucede esto. Se

utilizan notaciones gráficas que muestran relaciones "Fuertes", "Medias" o "Bajas".

**c) Prioridades.**

Muestra la importancia absoluta de cada una de las características técnicas, su valor se calcula mediante la suma de los productos, entre la ponderación que mide la importancia relativa de cada una de las necesidades del estudiante (Voz del cliente), y el nivel de las relaciones entre la voz del estudiante y la respuesta técnica (Matriz de relaciones).

**d) Matriz de Correlaciones.**

Esta matriz muestra que tan fuertes son las correlaciones entre los "requerimientos de diseño".

El objetivo es identificar qué requerimientos se apoyan entre sí y entre cuales existe conflicto.

**e) Evaluación comparativa.**

Compara las características técnicas de nuestro producto, detalladas en la respuesta técnica, con las características de los productos de la competencia.

**f) Objetivos.**

Muestra los valores metas a alcanzar en cada característica técnica y adicionalmente incorpora una evaluación comparativa entre la empresa y los competidos relevantes.

**3.7. La voz del cliente.**

La voz del cliente es la parte primordial para la construcción de la casa de la calidad ya que de acuerdo al criterio y demandas que requiere satisfacer al cliente se construye el módulo didáctico a continuación las siguientes características:

- Que el proceso de traslación de la pieza mecánica sea continua y con precisión exacta a cada proceso.
- Que sea eficiente en los tiempos de producción.
- Fácil Mantenimiento.
- Que ocupe poco espacio.
- Que el sistema sea confiable.

### **3.8.La voz del Ingeniero.**

Dados a conocer las necesidades de los estudiantes, se procederá a continuación a detallar las especificaciones técnicas con las que se pueden cumplir con los requerimientos de la voz del estudiante:

- Diseño estructural.
- Selección de equipos.
- Dimensionamiento.
- Diseño de la red Ethernet.
- Tipo de material utilizado para la construcción.
- Exactitud y precisión de los dispositivos utilizados.
- Factor de seguridad.





### **3.9.1. Conclusiones de la Casa de la Calidad.**

El diagrama de la casa de la calidad del módulo didáctico de verificación y escariado de piezas emite una valiosa información sobre las características técnicas que satisfacen en gran medida las demandas de la empresa. A continuación se detalla los requerimientos técnicos más importantes:

- Diseño estructural.
- Selección de equipos.
- Tipo de material.
- Tiempo de proceso.
- Precisión mecánica.
- Mantenimiento preventivo.
- Confiabilidad y fiabilidad de proceso.

#### **a) Diseño Estructural.**

Habiendo obtenido el valor más alto en la casa de la calidad y el de mayor relevancia se procederá a realizar el diseño estructural que tendrá el módulo didáctico por cuanto el diseño e implementación de todos sus componentes mecánicos y eléctricos deberán cumplir satisfactoriamente con la funcionalidad de todos los procesos que poseerá el módulo. A si también comprobar la funcionalidad y viabilidad del proyecto para que se convierta en un equipo didáctico al momento de realizar procesos industriales.

#### **b) Selección de equipos.**

Para el diseño se utilizó componentes que cumplan satisfactoriamente la funcionalidad del módulo didáctico de Verificación y Escariado de piezas mecánicas, para el proceso se realizará con un plato divisor que facilitará la transportación del material, que se realiza en forma secuencial, así también dispondrá de una red Ethernet que permitirá comunicarse con otros procesos.

Con los diversos componentes que formarán parte del diseño estructural del módulo tienen que ser lo más apropiados para que la implementación de los equipos sean los más adecuados, además se debe tener en cuenta que los accionamientos de máquina sean estos eléctricos, mecánicos, hidráulicos o neumáticos tienen que ser de fácil adquisición en el mercado industrial, de simple manipulación y en caso de fallo o averías los reemplazos sean inmediatos sin ninguna para en la producción.

**c) Tipo de Material.**

Para tipo de material se tomó muy en cuenta las características industriales que se requiere para la construcción del proyecto que cumplan con todos los requerimientos mínimos pero que a su vez estén correlacionados con el diseño estructural del módulo.

Hay que tomar en cuenta un factor importante como es la capacidad de la carga que será manipulada (0,70 N), por lo tanto las condiciones mecánicas que le permitirá movilizar de una forma correcta el material en el proceso industrializado, siendo este el más óptimo para el cumplimiento de un factor de seguridad del sistema.

**d) Tiempo del proceso.**

El objetivo principal es que los estudiantes conozcan el nivel industrializado de las fabricas donde los tiempos será un factor importante a la hora de realizar procesos de mecanizado, torneado, o producción de piezas mecánicas se automatizara el módulo con el fin de mejorar tiempos y sincronizar con otros tiempos de módulos ya creados posteriormente, también contara de una red Ethernet que servirá para monitoreo y control variables de entrada y salida.

El uso y la operación del módulo didáctico de entrenamiento son fáciles y sencillos de entender, por lo que permite concluir que los estudiantes que realicen las prácticas de control de máquinas eléctricas, actuadores, relés, etc.

podrán comprender de una manera provechosa los conocimientos impartidos en las aulas.

**e) Precisión Mecánica.**

Los parámetros antes mencionados están relacionados directamente con el aspecto físico del módulo didáctico, su funcionalidad solicita una buena sincronización para la continuación del proceso industrial por cuanto el diseño mecánico como eléctrico será realizará con las dimensiones exactas y adecuadas, que servirá para integrar cada uno de los equipos a construirse y así tener un compromiso técnico que será relevante en el módulo didáctico de Verificación y Escariado de piezas, que es confiable y adaptable a los ciclos de producción.

**f) Mantenimiento Preventivo.**

A todo este proceso se suma una operación muy importante que servirá para anticipar fallas que puede ocurrir en cualquiera de los componentes mecánicos, eléctricos que serán instalados en el módulo didáctico su revisión será controlado periódicamente semanal para así evitar tener en el futuro inconvenientes en el proceso modular.

**g) Confiabilidad y fiabilidad del proceso.**

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es la confiabilidad de un sistema de producción que está ligada a su aptitud para mantener la continuidad del servicio en caso de fallar algún componente que lo conforma. Este depende directamente de la fiabilidad de los equipos instalados en él y del tiempo de reparación de los mismos en caso de falla.

**3.10.Descripción del módulo didáctico.**

Con los datos que se obtuvieron en la casa de la calidad se estableció las especificaciones técnicas para realizar el módulo didáctico de Verificación y Escariado de piezas mecánicas, las mismas que están detalladas en la tabla 3.1 siguiente;

**Tabla 3.1**

Descripción del módulo integrador.

| No. | Módulos integradores del sistema de      | Producto: Módulo didáctico de verificación y escariado de pizas mecánicas. | Fecha inicial:<br>Última revisión: |  |
|-----|--|--|------------------------------------|--|
| 1   | Diseñador:<br>Diego Paul<br>Toapanta Iza |  | Página 1                           |  |
| 2   | <b>Especificaciones</b>                  |  |                                    |  |
| 3   | <b>Concepto</b>                          | <b>Propone</b>   | <b>R/D</b>                         | <b>Descripción</b>   |
|     | Función                                  | C  | R                                  | Integrar varios módulos de producción.   |
|     |  | C  | R                                  | Verificación y escariado de piezas mecánicas.  |
| 4   |  | C  | R                                  | Que tenga un buen desempeño mecánico y eléctrico.  |
|     |  | C  | R                                  | Dispondrá de una red Ethernet que facilite el monitoreo y control del proceso.   |
| 5   | Dimensiones                              | D  | R                                  | Las dimensiones del módulo didáctico permiten acoplarse a cada uno de los procesos a ejecutarse.   |
| 6   | Taladrado                                | D  | R                                  | La velocidad del proceso de taladrado debe ser baja para ejecutar mejor el proceso.  |
| 7   | Materiales                               | D  | R                                  | La construcción se la realizara con material de aluminio.  |
| 8   | Ciclos de producción                     | D  | R                                  | El modulo realizara cuatro funciones: la de sujeción, taladrado, verificación y expulsión.   |
| 9   | Automatización                           | C  | D                                  | Todos los procesos a realizarse están sincronizados  |
| 10  | Mantenimiento                            | C  | R                                  | Se debe realizar una revisión de los equipos cada 3 meses.   |
| 11  | Seguridad                                | C  | R                                  | Cada proceso es netamente didáctico, por lo que se recomienda utilizar material acorde al módulo, para así evitar cualquier inconveniente. |
| 12  | Costo                                    | C  | R                                  | El modulo tendrá un costo aproximado de 3,500.   |

**Propone:** M= Márquetin, C= Cliente, D= Diseño, P=Producción, F=Fabricación.

**R/D:** R= Requerimientos, D=Deseo, MR= Modificación de Requerimientos.

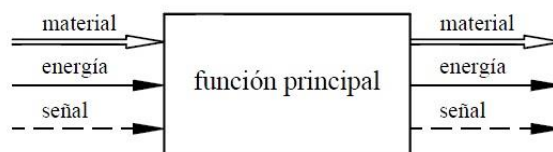
### 3.11. Análisis funcional.

#### 3.11.1. Definición.

Es una técnica de negocios muy estratégica en donde le permitirá a largo plazo realizar un análisis funcional del módulo en el cual se separa la acción que se efectúa del componente o mecanismo con el propósito de buscar nuevas soluciones como reducir costos y al mismo tiempo mejorar la calidad del rendimiento, para ello se tendrá muy claramente identificados todas las funciones primarias y secundarias del módulo didáctico.

Las funciones primarias son aquellas por las que el cliente desea adquirir el producto mientras tanto las funciones secundarias permiten que las funciones primarias se reproduzca complacientemente, las funciones se pueden agrupar para formar módulos que sean capaces de cumplir un conjunto de funciones. Una vez ya detalladas todas las funciones secundarias se procederá a proyectar soluciones competentes para dicha funciones elegir las más productivas y agruparlas con el fin de obtener un diseño modular.

El módulo didáctico tiene una base estructural capaz de acoplar diferentes módulos, los procesos consistirán en transformar la información de las condiciones, necesidades y requisitos de descripción en una estructura que los satisfaga. La descomposición funcional del producto se lleva a cabo mediante diagramas de flujo en los que en cada recuadro aparece cada función, que puede tener 3 tipos de entradas y salidas: energía, materia e información como se muestra en la Figura 3.4.



**Figura 3.5 Simbología del módulo funcional.**

**Fuente:** [23].

Los símbolos que se demuestran en la figura 3.5 tal son mencionados en las descripciones de los conceptos:

- **Función:** Rectángulo de línea continua.
- **Flujo de material y dirección:** Flecha de doble línea continua.
- **Flujo de energía y dirección:** Flecha de línea continua.
- **Flujo de señal y dirección:** Flecha de línea discontinua.

### **3.11.2. Características de construcción del módulo didáctico.**

Como principales características del módulo didáctico se tendrá en cuenta las estructuras y las dimensiones que se emplearan en la mesa giratoria así como en los procesos siguientes de verificación, escariado de las piezas, y expulsión donde se distribuirá adecuadamente a cada proceso en la plancha diseñada. Los procesos del módulo y su estructura así como su diseño son creaciones propias por tal motivo las características técnicas que realizará cada proceso industrial serán óptimas para el modelo que se diseñara.

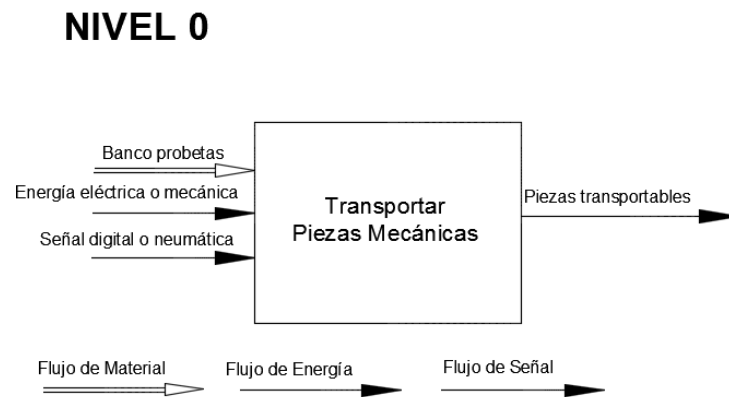
El módulo didáctico también contara con la integración a diferentes estaciones modulares ya creados posteriormente, de tal forma que se pretenderá construir un línea de procesos industriales apto para el aprendizaje practico y funcional. [23]

### **3.12. Estructura funcional.**

#### **3.12.1. Análisis funcional del módulo didáctico.**

Representa una función global, cuya tarea principal es de transportar material a diferentes estaciones modulares e integrar varios módulos, el conjunto estará representado en una caja negra que posee entradas y salidas ya determinadas por los diferentes tipos de flujos ya mencionados anteriormente como material, señal e información por otro lugar también se enfocara en la

seguridad y el confort que obtendrá el módulo didáctico teniendo en cuenta el diseño estructural del mismo.



**Figura 3.6 Caja negra del equipo a diseñarse nivel 0.**

**Fuente:** [23].

### **3.12.2. Análisis funcional del sistema estructural.**

El sistema estructural cuenta con diferentes componentes que se acoplarán conjuntamente al diseño del módulo didáctico que será detallado en el Anexo-A2.

### **3.13. Determinación funcional del diagrama de ensamblaje del sistema modular.**

El sistema de producción modular se encuentra organizado de acuerdo a la estructura de diversos bloques constructivos, y orientados a ordenar e implementar distintas funciones con el fin de realizar un proceso productivo. Los niveles de construcción llamados módulos serán los encargados de proyectar a una estructura y un esquema modular diseñada perfectamente.

Como se puede observar en el nivel 2 se tiene dos funciones principales que son detalladas perfectamente en el diagrama funcional. Ver Anexo A2

### **3.13.1.Consideraciones del equipo modular.**

Se deberá tener en consideración algunos aspectos importantes al momento de diseñar y ensamblar el equipo modular como se detallara en los siguientes puntos.

- Factibilidad de seleccionar los equipos.
- Eficiencia en el diseño estructural.
- Capacidad de integrar conexiones en todos los módulos.
- Costos relativos del perfil o de la plancha.
- Maniobrabilidad adecuada.

Con estos detalles se tratara de dar una imagen adecuada al módulo didáctico en el diseño así como también en los procesos que realizará, sin embargo en muchos casos esto no dará lugar a la solución más eficiente en general, ya que puede aumentar los costos de fabricación y montaje así como también se tendrá conexiones innecesarias mala distribución de los equipos y perfiles mal seleccionadas.

### **3.14.Diseño morfológico.**

En el diseño morfológico se debe plantear varias alternativas para cada estación que posee el modulo didáctico en cada etapa de los procesos a realizar se elegirá el más adecuado según las necesidades que requiera de acuerdo al método original corregido en criterios ponderados de (CARLES RIBA, 2004) estas evaluaciones en general no se centran sobre un determinado elemento, se deben ponderar distintos aspectos del sistema en base a criterios que a menudo implican juicios de valor. La comparación de cada criterio se detallara en tablas donde se asignara los siguientes valores.



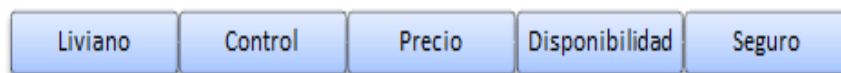
Se presenta a continuación tablas de ponderación las cuales mediante un promedio de diferentes características que están sometidas a una evaluación desde el punto de vista técnico y económico.

Se indicaran diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor de (1 a 5), dependiendo cómo satisfaga la propuesta al punto en mención, siendo (1=Muy Malo, 2=Malo, 3= Bueno, 4= Muy Bueno y 5=Excelente). A los puntos de comparación también se les asignara un peso de (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será denominado como el factor de importancia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

El diseño del presente proyecto propone las siguientes alternativas que serán las siguientes.

- Módulo trasmisor de potencia.
- Plato divisor.
- Estación de sujeción.
- Estación de verificación.
- Estación de Escariado.

Los criterios a analizar en los siguientes módulos son los siguientes:



**Figura 3.7 Criterios a analizar.**

#### **3.14.1.Mesa perfilada.**

La mesa perfilada es la parte fundamental ya que sobre ella se montaran todos los elementos que conformará el módulo los criterios a analizar se puede observar en la figura 3.7.

### Alternativa A. Plancha de Duralón Maquinado

Duralón es un material de alta resistencia se destaca su estabilidad estructural, teniendo una característica de alargamiento, de buena resistencia a la abrasión. Debido a estas características, se pide mucho por la industria.



**Figura 3.8 Plancha mecanizado de Duralón.**

**Tabla 3.2**

#### Ventajas y Desventajas Duralon.

| No. | Ventajas   | Desventajas  |
|-----|--|--|
| 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo Suave</li> <li>• Liviana</li> <li>• Buena resistencia a la fatiga.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja conductividad eléctrica.</li> <li>• Baja resistencia a temperaturas altas.</li> <li>• Alto costo de mecanizado.</li> </ul> |

### Alternativa B. Placa perfilada de aluminio FESTO.

La placa perfilada en aluminio anodizado forma la base donde se montara los equipos a utilizar en la construcción del módulo didáctico. Todos los componentes se fijan de forma segura en las ranuras de la placa perfilada. Hay ranuras en cada lado y, si es necesario, pueden montarse componentes en ambos lados.



**Figura 3.9 Plancha perfilada de Aluminio FESTO.**

**Fuente:** [3].

Tabla 3.3

**Ventajas y Desventajas Placa perfilada FESTO.**

| No | Ventajas  | Desventajas  |
|----|---|--|
| 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo Moderado.</li> <li>• Robustez.</li> <li>• Su diseño es perfilado de Aluminio en T a sus dos lados.</li> <li>• Fácil de manejar.</li> <li>• Una resistencia mecánica, dureza, rigidez y tenacidad medias-elevadas.</li> <li>• Excelente resistencia al desgaste.</li> <li>• Buenas propiedades de deslizamiento.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil de conseguir.</li> <li>• Solo FESTO fabrica el perfilado en T.</li> </ul> |

**Alternativa C. Ensamble perfilado.**

Es el conjunto de perfiles previamente montados sobre una plancha de acero remachados sobre la plancha tratando de conseguir su forma perfilada en T que es apto para montar los equipos en cuya plancha.

Tabla 3.4 Ventajas y Desventajas Ensamble perfilado.

| No. | Ventajas   | Desventajas  |
|-----|--|--|
| 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene un bajo costo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfilado no uniforme.</li> <li>• Tiempo alto de construcción.</li> </ul> |

### 3.14.2. Alternativa más relevante para la mesa perfilada.

Se evaluaron las tres opciones donde la mejor solventara la decisión para escoger la mejor alternativa de la mesa perfilada donde se procede a aplicar el método original corregido de criterios ponderados.

#### Evaluación para cada Alternativa criterio.

**Tabla 3.5**

#### Criterios ponderados del perfil de aluminio.

| No | Puntos de Evaluación                                      | Factor de importancia (fi) | Alternativa A (pi) | Alternativa B (pi) | Alternativa C (pi) | Puntaje ideal |
|----|---|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 1  | Liviano   | 3                          | 3                  | 5                  | 4                  | 5             |
| 2  | Control   | 1                          | 2                  | 4                  | 3                  | 5             |
| 3  | Precio  | 2                          | 2                  | 4                  | 3                  | 5             |
| 4  | Disponibilidad  | 1                          | 1                  | 3                  | 2                  | 5             |
| 5  | Seguro  | 2                          | 2                  | 4                  | 3                  | 5             |
| 6  | <b>Total = <math>\sum(fi * pi)</math></b>                 |                            | 20                 | 38                 | 29                 | 75            |
| 7  | <b>Costo económico = <math>P_{total}/P_{ideal}</math></b> |                            | 30%                | 58%<br>ideal       | 44%                | 100%          |

En la tabla 3.5 se puede observar claramente que la mesa perfilada de aluminio FESTO es el más conveniente puesto que obtuvo el mejor puntaje y satisface los parámetros planteados para llevar a cabo.

### 3.15. Módulo transmisor de potencia.

La transmisión de potencia se realiza por medio de máquinas eléctricas llamados motores existen dos tipos AC, DC y los criterios se analizaran de la siguiente manera como se puede observar en la figura 3.9.

### Alternativa “A”. Motor pasó a paso.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique.



**Figura 3.10 Motor pasó a paso.**

**Fuente:** [3].

**Tabla 3.6**

### Ventajas y Desventajas del motor pasó a paso.

| No. | Ventajas  | Desventajas   |
|-----|---|---|
| 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Exactitud en la posición y repetición de movimientos.</li> <li>Excelente respuesta ante arranque, parada y reversa.</li> <li>Bajas Vibraciones.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Puede ocurrir un fenómeno de resonancia si el motor no es controlado adecuadamente.</li> <li>Muy difícil de operar a altas velocidades.</li> <li>Alto consumo de energía.</li> </ul> |

### Alternativa “B”. Motor reductor. Bosch

Los Reductores y los Motor reductores son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura. Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad.



**Figura 3.11 Motor Reductor.**

**Fuente:** [17].

**Tabla 3.7**

**Ventajas y Desventajas del motor reductor.**

| No. | Ventajas  | Desventajas   |
|-----|---|---|
| 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño y peso son más reducidos.</li> <li>• Tiene un par de giro elevado según el tipo de motor.</li> <li>• Este tipo de motores no emite contaminantes.</li> <li>• Bajo consumo de energía.</li> <li>• Incorporado un reductor de velocidades.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienen un mayor costo</li> <li>• Mantenimiento costoso y laborioso.</li> </ul> |

**Alternativa “C”. Motor Neumático.**

Un motor neumático o motor de aire comprimido es un tipo de motor que realiza un trabajo mecánico por expansión de aire comprimido. Los motores neumáticos generalmente convierten el aire comprimido en trabajo mecánico a través de un movimiento lineal o principalmente rotativo. En este último caso el gas entra en una cámara del motor sellada y al expandirse ejerce presión contra las palas de un rotor.



**Figura 3.12 Motor Neumático.**

**Fuente:** [24].

**Tabla 3.8**

**Ventajas y Desventajas de los motores neumáticos.**

|           | <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>  |
|-----------|---|---|
| <b>No</b> |   |   |
| <b>1</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño compacto y ligero.</li> <li>• Más potencia.</li> <li>• Soporta sobrecargas.</li> <li>• Par y potencia regulables.</li> <li>• No pueden quemarse.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.</li> <li>• Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.</li> <li>• Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas</li> <li>• Altos niveles de ruido generado por la descarga del aire hacia la atmósfera.</li> </ul> |

**3.16.Evaluación para cada Alternativa criterio.**

**Tabla 2. 1**

**Criterios ponderados del módulo de transmisión de potencia.**

| <b>No</b> | <b>Puntos de Evaluación</b> | <b>Factor de importancia (fi)</b> | <b>Alternativa A (pi)</b> | <b>Alternativa B (pi)</b> | <b>Alternativa C (pi)</b> | <b>Puntaje ideal</b> |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| <b>1</b>  | Liviano                     | 2                                 | 3                         | 5                         | 4                         | 5                    |

**CONTINÚA**



|   |   |   |     |              |     |      |
|---|---|---|-----|--------------|-----|------|
| 2 | Control                                 | 2 | 2   | 4            | 3   | 5    |
| 3 | Precio                                  | 1 | 2   | 4            | 3   | 5    |
| 4 | Disponibilidad                          | 2 | 1   | 3            | 2   | 5    |
| 5 | Seguro                                  | 2 | 2   | 4            | 3   | 5    |
| 6 | Total = $\sum(fi * pi)$                 |   | 18  | 36           | 27  | 75   |
| 7 | Costo económico = $P_{total}/P_{ideal}$ |   | 24% | 48%<br>ideal | 41% | 100% |

### 3.17. Plato Giratorio.

Su diseño compacto y su fácil manejo marcan nuevas pautas de referencias a la hora de contribuir con el desarrollo de la producción industrial los criterios a analizar se puede observar en la figura 3.13.

#### Alternativa “A”. Plato giratorio de tres posiciones.

Su diseño novedoso es la transportar piezas mecánicas o material de una posición a otra ya sea esto en cualquier tipo de actividad que vaya a realizar el módulo.

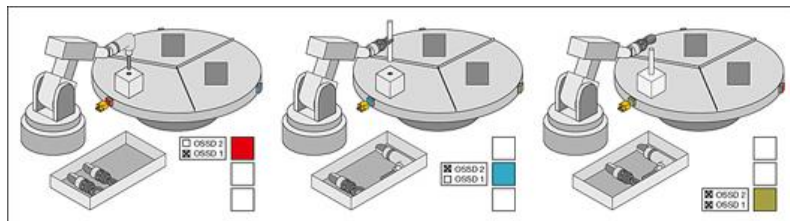


Figura 3.13 Plato giratorio de tres posiciones.

Fuente: [3].



Tabla 3.9

**Ventajas y Desventajas plato giratorio de tres posiciones.**

| No | Ventajas   | Desventajas  |
|----|--|--|
| 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño compacto y ligero.</li> <li>• Diseño particular.</li> <li>• Su construcción es realizado de aluminio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que su producción no obtendrá mejoras en tiempos de entrega o procesos de industria.</li> </ul> |

**Alternativa “B”. Plato giratorio de seis posiciones.**

El plato giratorio de seis posiciones sostiene seis piezas a la vez en su plato giratorio además la pieza mecanizada o procesada en cuatro ciclos y es entregada para transferirla a la siguiente estación modular.



Figura 3.14 Plato giratorio de 6 posiciones.

Tabla 3.10

**Ventajas y Desventajas plato giratorio de 6 posiciones.**

| No | Ventajas   | Desventajas  |
|----|--|--|
| 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño compacto y ligero.</li> <li>• Se integra a cualquier proceso modular siguiente.</li> <li>• El tiempo de producción que va a</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguna.</li> </ul> |

CONTINÚA



realizar el proceso es más productivo.

- Fabricado de material acrílico así teniendo un buen acabado.

### Alternativa “C”. Plato giratorio de cuatro posiciones.

Su función es hacer pasar las piezas procedentes de la cinta a las distintas estaciones de Mecanizado y almacenaje por medio del giro de un plato divisor de 4 posiciones.

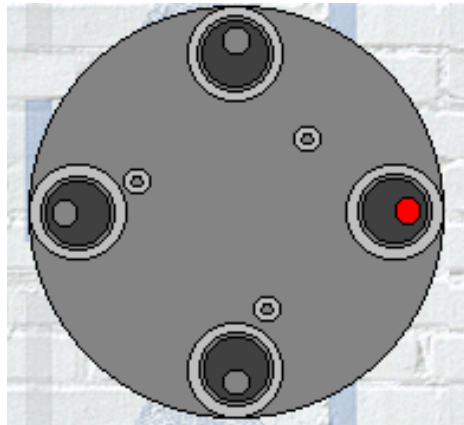


Figura 3.15 Plato giratorio de cuatro posiciones.

Tabla 3.11

### Ventajas y Desventajas plato giratorio de cuatro posiciones.

| No | Ventajas   | Desventajas   |
|----|--|---|
| 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño compacto y ligero.</li> <li>• Mejora el tipo de transporte de producción de los procesos industriales.</li> <li>• Su construcción es realizada en aluminio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No permite trasladar las piezas mecánicas a un segundo proceso.</li> </ul> |

### Evaluación para cada Alternativa criterio.

**Tabla 2. 2**

#### Criterios ponderados del plato divisor.

| No | Puntos de Evaluación                                      | Factor de importancia (fi) | Alternativa A (pi) | Alternativa B (pi) | Alternativa C (pi) | Puntaje ideal |
|----|---|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 1  | Liviano   | 2                          | 3                  | 5                  | 4                  | 5             |
| 2  | Control   | 2                          | 2                  | 4                  | 3                  | 5             |
| 3  | Precio  | 1                          | 2                  | 4                  | 3                  | 5             |
| 4  | Disponibilidad  | 2                          | 1                  | 3                  | 2                  | 5             |
| 5  | Seguro  | 2                          | 2                  | 4                  | 3                  | 5             |
| 6  | <b>Total = <math>\sum(fi * pi)</math></b>                 |                            | 18                 | 36                 | 27                 | 75            |
| 7  | <b>Costo económico = <math>P_{total}/P_{ideal}</math></b> |                            | 24%                | 48%<br>ideal       | 41%                | 100%          |

#### 3.17.1. Módulo de Verificación.

El módulo de verificación consiste en verificar que las piezas mecánicas tengan su correcto taladrado detectando así posibles rupturas de la broca en la siguiente estación donde se realizará el proceso de escariado mecánico.

#### Alternativa “A”. Actuadores lineales eléctricos.

Un actuador eléctrico es un sistema independiente para realizar trabajos lineales de tracción o compresión. El actuador eléctrico proporciona una oportunidad de realizar un accionamiento lineal como alternativa a cilindros neumáticos o hidráulicos ofreciendo una solución inteligente en la verificación de piezas mecánicas que pasara por este módulo.



**Figura 3.16 Actuadores lineales.**

**Fuente:** [3].

**Tabla 3.12**

**Ventajas y Desventajas Actuadores eléctricos lineales.**

| No | Ventajas   | Desventajas  |
|----|--|--|
| 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta eficiencia.</li> <li>• Fácil Instalación.</li> <li>• Amplio rango de velocidades y fuerzas de actuación.</li> <li>• Operación Silenciosa.</li> <li>• Compactos y estéticos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado en su costo.</li> <li>• Posee una potencia limitada.</li> </ul> |

**Alternativa “B”. Actuadores Neumáticos lineales doble efecto.**

Los cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso) no pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.

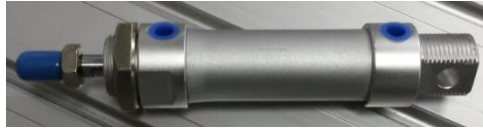


Figura 3.17 Actuador neumático lineal doble efecto.

Tabla 3.13

**Ventajas y Desventajas Actuadores neumáticos lineales.**

| No | Ventajas   | Desventajas   |
|----|--|---|
| 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta eficiencia.</li> <li>• Baratos.</li> <li>• Sencillos.</li> <li>• Fácil de acoplar.</li> <li>• Robustos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación especial (compresor filtros).</li> </ul> |

**Evaluación para cada Alternativa criterio.**

Tabla 2. 3

**Criterios ponderados de la estación de verificación.**

| No | Puntos de Evaluación                                      | Factor de importancia (fi) | Alternativa A (pi) | Alternativa B (pi) | Alternativa C (pi) | Puntaje ideal |
|----|---|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 1  | Liviano   | 3                          | 3                  | 5                  |                    | 5             |
| 2  | Control   | 1                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 3  | Precio  | 2                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 4  | Disponibilidad  | 2                          | 1                  | 3                  |                    | 5             |
| 5  | Seguro  | 1                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 6  | <b>Total = <math>\sum(fi * pi)</math></b>                 |                            | 19                 | 37                 |                    | 75            |
| 7  | <b>Costo económico = <math>P_{total}/P_{ideal}</math></b> |                            | 29%                | 56%<br>ideal       |                    | 100%          |

### 3.18. Módulo de proceso de Escariado.

Es el proceso más importante que va a realizar el módulo didáctico su función es realizar un proceso de Escariado o llamado escariador a las piezas mecánicas que lleguen del proceso de verificación por cuanto los movimientos de avance y retroceso de la máquina de taladrar se realizan por medio de un eje lineal.

Alternativa “A”. Taladro eléctrico.

El módulo de taladrado eléctrico comprende de una máquina a taladrar con la función de realizar procesos de escariado fijado a un eje lineal accionado por un motor DC.



**Figura 3.18 Taladro eléctrico**

**Fuente:** [3].

**Tabla 3.14**

#### **Ventajas y Desventajas del taladro Eléctrico.**

|           | <b>Ventajas</b>  | <b>Desventajas</b>   |
|-----------|--|--|
| <b>No</b> |  |  |
| <b>1</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los taladros eléctricos son más eficaces a la hora de realizar procesos mecánicos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy costoso.</li> <li>• Difícil de conseguir taladros de prototipo modular.</li> <li>• El riesgo de lastimarse también</li> </ul> |

**CONTINÚA**



- Los taladros eléctricos tienen la ventaja obvia de la velocidad, pero también la ventaja de la escala.
  - El costo de las herramientas eléctricas sube por el mantenimiento y la reparación de las mismas
- es más alto por sus altas velocidades y su mayor poder procesar.

Alternativa “B”. Taladro neumático.

Su función es realizar con el taladro un acabado fino con los escariador sobre las piezas que lleguen hasta el también estará sujetado por un cilindro de doble efecto lineal el cual le permitirá el desplazamiento lineal.



**Figura 3.19 Taladro neumático.**

**Tabla 3.15**

**Ventajas y Desventajas del taladro neumático.**

|           | <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>  |
|-----------|---|---|
| <b>No</b> |   |   |
| <b>1</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El taladro neumático es más ligero porque tiene menos piezas.</li> <li>• Le permite tener precisión a la hora de realizar procesos mecánicos.</li> <li>• Poseen un diseño ergonómico fácil de manipular.</li> <li>• Menos costo de operación.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El funcionamiento de los sistemas neumáticos es ruidoso, ya que el aire comprimido se expulsa al exterior una vez ha sido utilizado</li> </ul> |

Evaluación para cada Alternativa criterio.

Tabla 3.16

Tabla de criterios ponderados de la estación de taladrado.

| No | Puntos de Evaluación                    | Factor de importancia (fi) | Alternativa A (pi) | Alternativa B (pi) | Alternativa C (pi) | Puntaje ideal |
|----|---|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 1  | Liviano                                 | 3                          | 3                  | 5                  |                    | 5             |
| 2  | Control                                 | 2                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 3  | Precio                                  | 2                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 4  | Disponibilidad                          | 2                          | 1                  | 3                  |                    | 5             |
| 5  | Seguro                                  | 2                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 6  | Total = $\sum(fi * pi)$                 |                            | 23                 | 45                 |                    | 65            |
| 7  | Costo económico = $P_{total}/P_{ideal}$ |                            | 35%                | 69% ideal          |                    | 100%          |

### 3.19. Módulo de Sujeción de la pieza mecánica.

Su función principal es de sujetar y soltar piezas mecánicas que vienen sobre el plato divisor, se realizará a través de pinzas o llamado “gripper” ya sea este neumático, eléctrico, etc. En el mercado hay una infinita gama de actuadores, se seleccionará el más adecuado para realizar dicho proceso.

Alternativa “A” Gripper Eléctrico.

El gripper eléctrico posee una fuerza de sujeción que viene dado por el accionamiento de un electroimán que le permite cerrar las tenazas de agarre y liberación las características técnicas viene dado por los fabricantes.



Figura 3.20 Gripper Eléctrico.

Fuente: [10]



Tabla 3.17

## Ventajas y Desventajas de un Gripper Eléctrico.

|    | Ventajas   | Desventajas  |
|----|--|--|
| No |  |  |
| 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisión.</li> <li>• Posee una señal de control.</li> <li>• Fácil de manipular.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy costoso.</li> <li>• Baja disponibilidad.</li> </ul> |

## Alternativa "B" Gripper Neumático.

Una pinza neumática de agarre es un dispositivo que tiene la capacidad de retener y liberar su accionamiento es dado por la fuerza del aire.



Figura 3.21 Pinza Neumática.

Fuente: [10]

Tabla 3.18

## Ventajas y Desventajas de un Gripper neumático.

|    | Ventajas  | Desventajas  |
|----|---|--|
| No |   |  |
| 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo reducido.</li> <li>• Precisión.</li> <li>• Disponible en el mercado.</li> <li>• Sencillo de utilizar.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguna.</li> </ul> |

Evaluación para cada alternativa.

**Tabla 3.19**

**Tabla de criterios ponderados del gripper.**

| No | Puntos de Evaluación                                      | Factor de importancia (fi) | Alternativa A (pi) | Alternativa B (pi) | Alternativa C (pi) | Puntaje ideal |
|----|---|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 1  | Liviano   | 2                          | 2                  | 3                  |                    | 5             |
| 2  | Control   | 2                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 3  | Precio  | 2                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 4  | Disponibilidad  | 1                          | 1                  | 3                  |                    | 5             |
| 5  | Seguro  | 1                          | 2                  | 4                  |                    | 5             |
| 6  | <b>Total = <math>\sum(fi * pi)</math></b>                 |                            | 17                 | 29                 |                    | 75            |
| 7  | <b>Costo económico = <math>P_{total}/P_{ideal}</math></b> |                            | 26%                | 44%<br>ideal       |                    | 100%          |

### 3.20. Matriz Morfológica.

Su objetivo primordial es de resolver problemas mediante un análisis de sus componentes que serán acoplados para la construcción modular por tanto consiste en analizar combinaciones y ver sus posibilidades creativas, se la puede realizar al azar o por enumeración ordenada. A continuación se agrupó en general todas las características de cada una de las alternativas anteriormente descritas, utilizando este método:




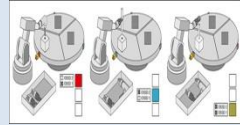

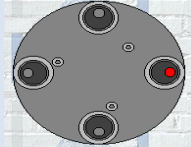






**Tabla 3.20**

**Matriz morfológica.**

| Módulo                | Alternativa "A"   | Alternativa "B"  | Alternativa "C"         |
|-----------------------|---|--|-------------------------|
| <b>Mesa Perfilada</b> |  |  |                         |
|                       | Plancha mecanizado en duralon 30%.  | Plancha fabricada FESTO 58% Ideal.   | Ensamble perfilado 44%. |

CONTINÚA



|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <b>Módulo transmisor de potencia</b>        |    | <br>↓   |  |
|   | Motor a pasos 27%.  | Motor reductor<br>55% <b>Ideal.</b>  | Motor DC 41%.   |
| <b>Plato Giratorio</b>                      |    | <br>↓   |  |
|   | Plato divisor de tres posiciones 32%.   | Plato divisor de seis posiciones 63% <b>Ideal.</b>                                       | Plato divisor de cuatro posiciones 47%.   |
| <b>Módulo de Verificación.</b>              |   | <br>↓  |   |
|   | Actuadores lineales eléctricos 29%.   | Actuadores Neumáticos lineales doble efecto 56%.   |   |
| <b>Módulo de proceso de Escariado</b>       |  | <br>↓ |   |
|   | Taladro eléctrico 35%.  | Taladro Neumático 69%.   |   |
| <b>Módulo sujeción de piezas mecánicas.</b> |  | <br>↓ |   |
|   | Pinza eléctrica 26%.  | Pinza Neumática 44%.   |   |

**Elección de la mejor alternativa.**

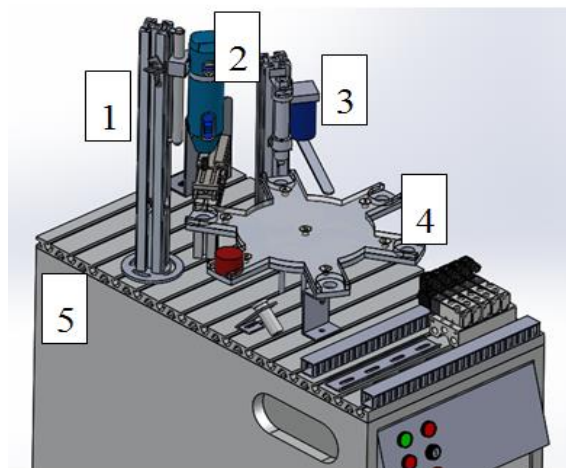
De acuerdo con la matriz morfológica generada la Alternativa “B” resulto con más puntaje y relevante a la hora de construir el módulo didáctico luego de algunas ideas planteadas se llegó a obtener un diseño que cumple con los requerimientos que debe tener el módulo didáctico para realizar los procesos de verificación y escariado de piezas mecánicas.

## CAPÍTULO IV

### 4. SELECCIÓN DE EQUIPOS.

#### 4.1. Diseño estructural del módulo didáctico.

En base a las características técnicas de los módulos originales FESTO se implementó y mejoro el diseño estructural del módulo didáctico de tal forma que sea una maquina capaz de ser manipulada en todos los procesos que tiene incorporado por tanto se definieron sus principales sistemas los mismos que se muestran en la figura siguiente.



**Figura 4.1** Diseño estructural del módulo didáctico.

Descripción de los sistemas que posee el módulo didáctico.

1. Sistema de taladrado o Escariado mecánico.
2. Sistema de sujeción.
3. Sistema de verificación, Expulsión.
4. Plato divisor.
5. Mesa móvil.

Con el fin de optimizar de la mejor manera los procesos de diseño del módulo didáctico se utilizaron programas de Ingeniería Asistida por Computador (CAE), de tal manera que realiza de forma rápida y precisa el

análisis de esfuerzos de los diferentes sistemas, las dimensiones de los elementos que forman parte del módulo estructural será los más adecuados a la hora de su funcionamiento seguro y eficiente bajo condiciones críticas de operación.

#### **4.2. Parámetros de diseño.**

Tomando en cuenta las diferentes funciones que debe cumplir el módulo didáctico, a continuación se describen los principales parámetros que influyen directamente en la determinación de las fuerzas generadas:

- Material de las probetas cilíndricas: Aluminio, Nylon.
- Diámetro de las probetas cilíndricas = 39,5 mm.
- Peso de la probeta de aluminio ( $W_{alum}$ ) = 0,5 N
- Peso de la probeta de aluminio ( $W_{nylon}$ ) = 0,2 N
- Diámetro de la broca para taladrar ( $D_C$ ) = 3 mm
- Material de la broca para taladrar Acero rápido (HSS).

En función de estos parámetros a continuación se procede a calcular las fuerzas que actúan sobre los diferentes sistemas mecánicos del módulo didáctico.

Debido a que la probeta de aluminio tiene mayor peso y su resistencia mecánica al corte es superior a la de nylon, el cálculo de fuerzas se realiza para el aluminio, ya que esta representa las condiciones críticas.

#### **4.3. Sistema de taladrado.**

De acuerdo a la nomenclatura mostrada en la figura 4.2 los parámetros de corte (velocidad de corte  $V_C$  y avance por revolución  $f_n$ ) recomendados para taladrar el agujero en la probeta de aluminio se obtienen del Anexo A3.

- Velocidad de corte ( $V_C$ ) = 45 m/min.

- Avance por revolución ( $f_n$ ) = 0,08 mm/rev.

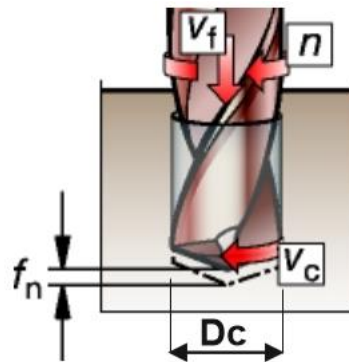
A partir de estos parámetros se determina las cargas generadas durante el taladrado:

La velocidad de giro del husillo ( $n$ ) en rpm, viene dado por:

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * D}$$

$$n = \frac{(45 \text{ m/min}) * (1000 \text{ mm/m})}{\pi * (3 \text{ mm})}$$

$$n = 4774,65 \text{ rpm} = 500 \text{ rad/s}$$



**Figura 4.2 Parámetros de corte del taladrado.**

Calculo de velocidad de penetración

$$vf = fn * n$$

$$vf = (0,08 \text{ mm/rev}) * (4774,65 \text{ rpm})$$

$$vf = 381,97 \text{ mm/min}$$

La velocidad de arranque de viruta

$$Q = \frac{Dc * fn * Vc}{4}$$

$$Q = \frac{(3 \text{ mm})(0.08 \text{ mm/rev})(45 \text{ m/min})}{4}$$

$$Q = 10,8 \text{ mm}^3/\text{min}$$

Calculo de la potencia neta:

$$P_c = \frac{fn * V_c * D_c * K_c}{240 * 10^3}$$

$$P_c = \frac{(0.08 \text{ mm/rev})(45 \text{ m/min})(3 \text{ mm})(634 \text{ N/min})}{240 * 10^3}$$

$$P_c = 0,0285 \text{ kW} = 28,5 \text{ W}$$

Calculo del par de apriete:

$$M_c = \frac{P_c * (30 * 10^3)}{\pi * n}$$

$$M_c = \frac{(0,0285 \text{ kW})(30 * 10^3)}{\pi * (500 \text{ rad/s})}$$

$$M_c = 0,545 \text{ Nm}$$

La fuerza para el avance de la broca se obtiene:

$$F_f = 0.5 * K_c * \frac{D_c}{2} * fn * \text{sen}(Kr)$$

$$F_f = 0.5 * (634 \text{ N/min}) \left(\frac{3 \text{ mm}}{2}\right) (0.08 \text{ mm/rev}) \text{sen}(70^\circ)$$

$$F_f = 35,75 \text{ N}$$

Dónde:

$K_c$  = fuerza de corte especifica (dada por el fabricante de la broca)

$$= 634 \text{ N/min}$$



$Kr$  = Factor de corte para brocas enterizas de metal duro =  $70^\circ$  figura 4.3.

**Brocas enterizas de metal duro:**

$$f_z = f_n/2$$

$$KAPR = 70^\circ$$

$$\gamma_0 = 30^\circ$$

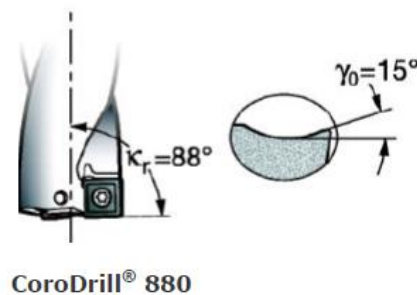
**Brocas de plaquita intercambiable:**

$$f_z = f_n$$

$$\gamma_0 = 15^\circ$$

CoroDrill 880

Diám. 12-13.99: KAPR= $79^\circ$



**Figura 4.3 Factor de corte para brocas.**

#### 4.4. Diseño de la estación de taladrado.



De acuerdo a los cálculos obtenidos se seleccionó un perfil de aluminio estructural 6063 de 40 x 40 mm el cual está diseñado para ser el soporté de la estación de taladrado a continuación se detalla las siguientes características en la siguiente tabla 4.1.

##### 4.4.1. Análisis estructural en Ansys 16

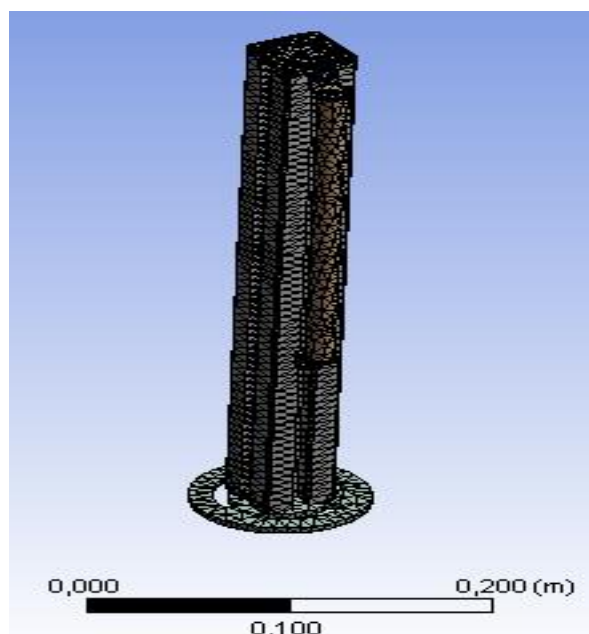
Resultados de la simulación de las cargas

**Tabla 4.1**

#### Cargas que actúan en la estación de taladrado.

| Carga                       | Imagen de la carga  | Detalles   |
|-----------------------------|---|--|
| <b>Fuerza de taladrado.</b> |  | Referencia : 1 cara<br>Fuerza de avance de la broca: 35.75 N   |
| <b>Movimiento circular.</b> |  | Referencia : 1 cara<br>Tipo aplicar momento torsor : 0,545 N.m |

En la figura 4.4 observamos el mallado del brazo para realizar el estudio estático, utilizando el método de elementos finitos.



**Figura 4.4** Mallado de la estación de taladrado.

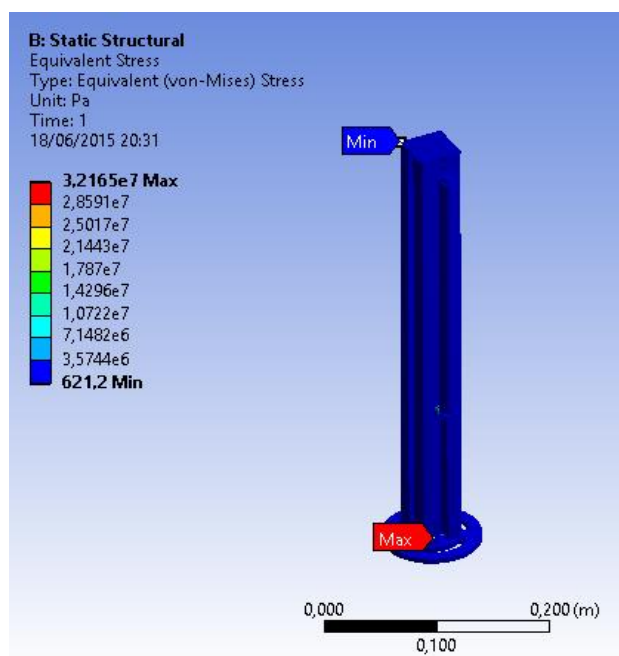
**Tabla 4.2**

**Resultado de estudios.**

|    | Nombre                       | Tipo                         | Mín.                              | Max.                           |
|----|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| No |                              |                              |                                   |                                |
| 1  | <b>Tensiones1</b>            | T -VON: Tensión de von Mises | 0.00062124N/mm <sup>2</sup> (MPa) | 32.1656N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| 2  | <b>Desplazamientos1</b>      | URES:                        | 0 mm                              | 0.157523 mm                    |
| 3  | <b>Factor de seguridad 1</b> | Automático                   | 2.7981                            | 15                             |

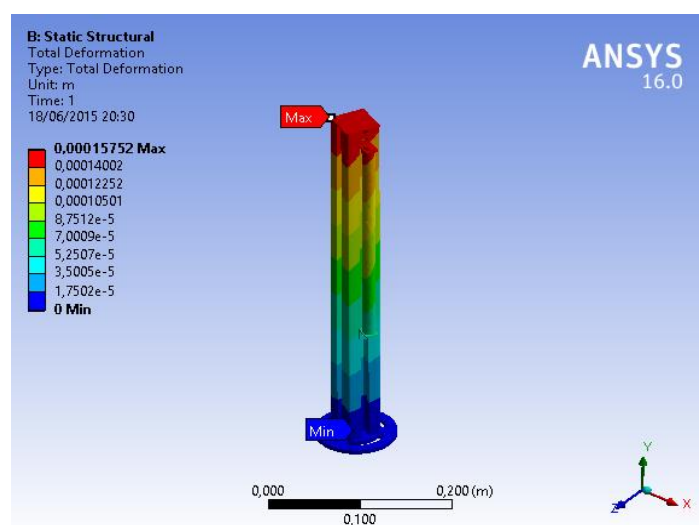
En la tabla 4.2 se muestra los resultados del análisis de esfuerzos realizados en la estación de taladrado, los mismos que fueron generados en Ansys 16.0.

En la figura 4.5 se puede observar el soporte de tensión de Von-Mises que es de 32.1656 MPa, afirmando que el diseño es admisible.



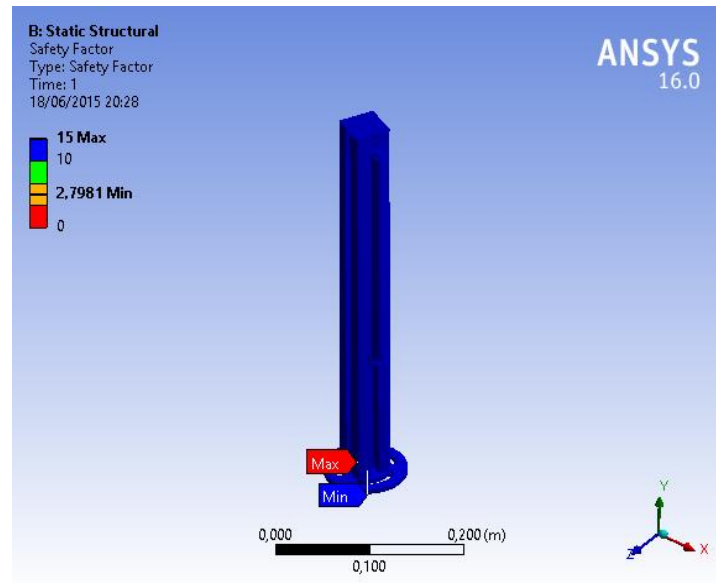
**Figura 4.5 Soporte D-Tensión Von Mises.**

En la figura 4.6 observamos el desplazamiento máximo que se encuentra en el cilindro sin vástago de 0.157523 mm ya que hay que tomar en consideración este tipo de resultado ya que puede afectar a la estación de taladrado.



**Figura 4.6 Desplazamiento de la estación de taladrado.**

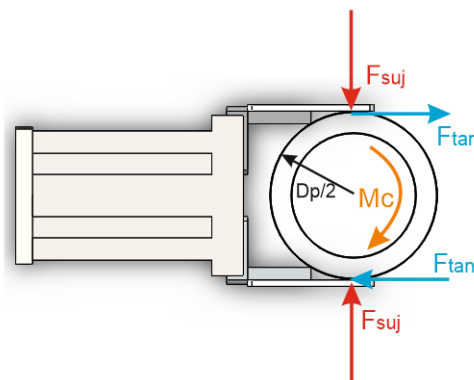
El factor de seguridad se lo indica en la figura 4.7 cave recalcar que está en los márgenes admisibles de las condiciones de diseño para estación de taladrado.



**Figura 4.7 Factor de seguridad.**

#### 4.5. Sistema de sujeción de la probeta cilíndrica

Para evitar que la probeta gire durante la operación de taladrado el gripper debe ejercer una fuerza de sujeción ( $F_{suj}$ ) que permita generar una fuerza de fricción entre las superficies de contacto ( $F_{fric}$ ) igual o mayor que la fuerza tangencial ( $F_{tan}$ ) generada por el par de apriete (figura 4.8)



**Figura 4.8 Cargas sobre el gripper.**

La fuerza tangencial que genera el par de apriete es:

$$F_{tan} = \frac{M_C}{2 * D_p/2}$$

$$F_{tan} = \frac{0,545 Nm}{2 * 0,0395 m/2}$$

$$F_{tan} = 13,8 N$$

La fuerza de fricción requerida para que no gire la probeta tiene que ser igual a la fuerza tangencial:

$$F_{fric} = F_{tan} = 13,8 N$$

Por lo tanto, la fuerza de apriete del gripper se obtiene a partir de la ecuación:

$$F_{fric} = \mu_{al-al} \cdot N = \mu_{al-al} \cdot F_{suj}$$

Despejando se tiene:

$$F_{suj} = \frac{F_{fric}}{\mu_{al-al}}$$

$$F_{suj} = \frac{13,8 N}{0,61}$$

$$F_{suj} = 22,61 N$$

Dónde:

$\mu_{al-al}$  = coeficiente de fricción estático aluminio – aluminio = 0,61  
(Anexo B-2)

$N$  = Fuerza normal =  $F_{suj}$

#### 4.5.1. Diseño de la estación de sujeción.

Su diseño le permite sujetar por medio del gripper la pieza didáctica que viene sobre el plato divisor con esto contribuye al buen funcionamiento del proceso de taladrado.

Está conformado de un gripper neumático un cilindro compacto neumático y sus soportes de aluminio estructural de 30 x 30 mm.

**Tabla 4.3**

#### Asignación de tipo de material.

##### PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ALUMINIO 6063

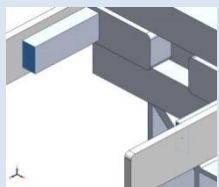
| Designación del material | Resistencia a la tensión ( $S_u$ ) |       | Resistencia de fluencia ( $S_y$ ) |       |
|--------------------------|------------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|                          | (KSI)                              | (MPa) | (KSI)                             | (MPa) |
| Aluminio 6063 T1         | 25                                 | 172   | 13                                | 90    |

#### 4.5.2. Análisis estructural en Ansys 16

Resultados de la simulación de las cargas

**Tabla 4.4**

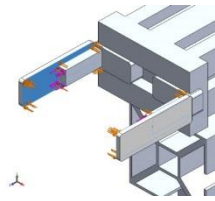
#### Cargas que actúan en la estación de sujeción.

| Carga               | Imagen de la carga  | Detalles                               |
|---------------------|---|--|
| Fuerza de fricción. |  | Referencia : 2 cara<br>Fuerza : 13.8 N |

CONTINUA



**Fuerza del gripper**

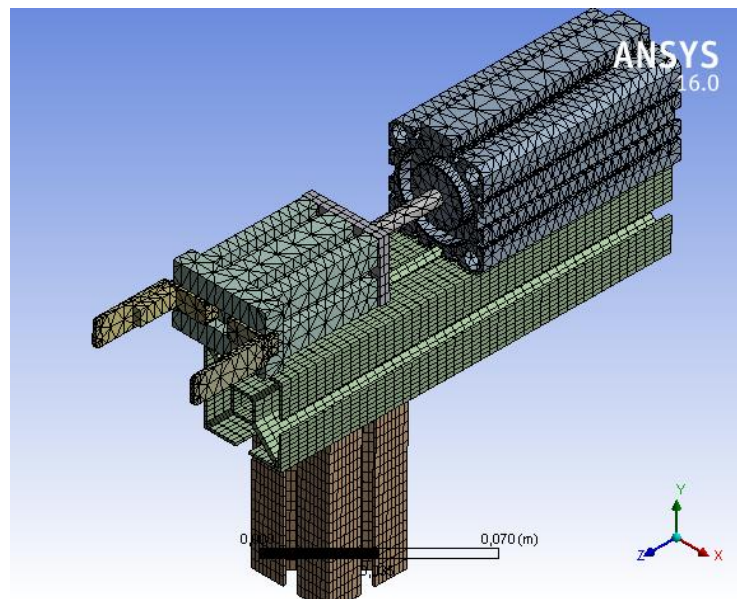


Referencia : 2 cara

Fuerza : 22,8 N

Se debe indicar que las fuerzas que será simulada son de fricción que tienen el gripper y la fuerza de sujeción que posee al momento que llegue las piezas didácticas.

En la figura 4.9 observamos el mallado que posee la estación de sujeción para realizar el estudio estático, utilizando el método de elementos finitos.



**Figura 4.9 Mallado de la estación de sujeción.**

#### **4.5.3.Resultados obtenidos.**

De acuerdo a la secuencia generada en ansys se debe analizar primero el esfuerzo equivalente (Von Mises) Figura 4.10 lo que significa que las estructura bajo carga critica no sufrirá deformaciones puesto que el esfuerzo de cedencia del aluminio 6063 T1 es de 90 Mpa por lo tanto es recomendable utilizar este tipo de material en el gripper neumático.

Tabla 4.5

## Resultado de estudios.

| No. | Nombre               | Tipo                      | Mín.                              | Max.                          |
|-----|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1   | Tensiones 1          | VON: Tensión de von Mises | 0.00024227N/mm <sup>2</sup> (MPa) | 20.295N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| 2   | Desplazamientos 1    | Desplazamiento resultante | 0 mm                              | 0.0788821 mm                  |
| 3   | Factor de seguridad1 | Automático                | 4.3012                            | 15                            |

En la tabla 4.10 se muestra los resultados del análisis de esfuerzos realizados en la estación de sujeción, los mismos que fueron generados en Ansys 16.0.

En la figura 4.10 se puede observar el soporte de tensión de Von-Mises que es de 20.295 MPa, afirmando que el diseño es admisible.

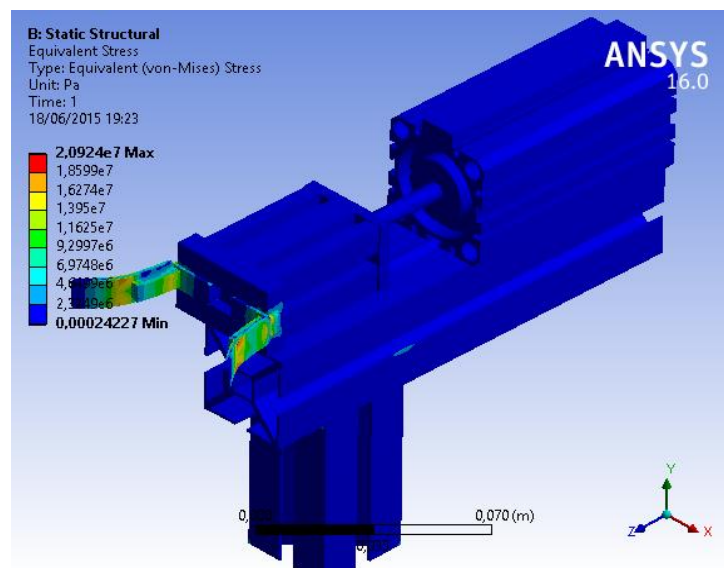
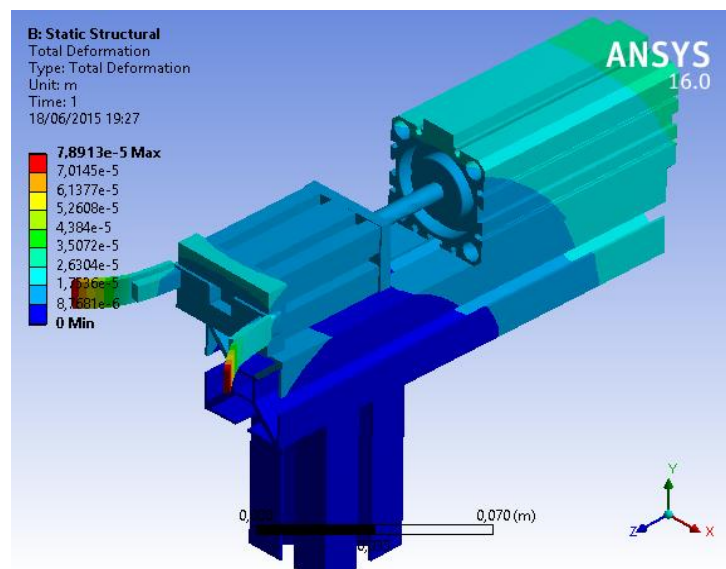


Figura 4.10 Soporte de la estación de sujeción D-Tensión Von Mises.

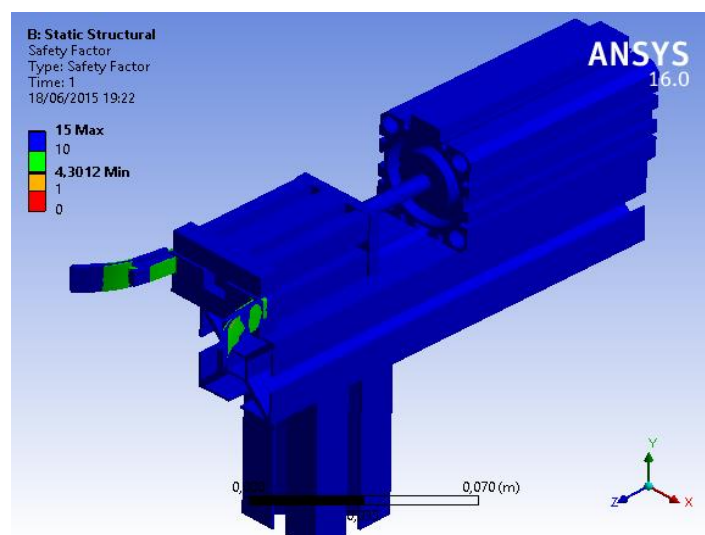
En la figura 4.11 observamos el desplazamiento máximo que se puede dar en los acoples que se encuentra en las pinzas es de 0.079342 mm ya que hay que tomar en consideración este tipo de resultado ya que puede afectar a la a la sujeción de la pieza didáctica.





**Figura 4.11 Desplazamiento de los acoples del gripper.**

El factor de seguridad se lo indica en la figura 4.12 está en los márgenes admisibles de las condiciones de diseño para estación de sujeción.



**Figura 4.12 Factor de seguridad.**

Para la comprobación del límite elástico del material ( $S_y$ ) y del material que es igual a 90 Mpa y el valor máximo (en el peor de los casos) obtenido después del análisis en el software.

$$K = \frac{\text{Limite elastico}}{\text{Max valor peor caso}} = \frac{90 \text{ Mpa}}{19.738 \text{ Mpa}} = 4,55$$

Por lo tanto la comparación es correcta y el factor de seguridad obtenido en el software son confiables permitiendo que el material utilizado sea confiable.

#### 4.6. Sistema de empuje de la probeta cilíndrica

Para que el brazo accionado por el motor neumático pueda empujar la probeta cilíndrica al siguiente módulo es necesario que venza la fuerza de fricción entre ésta y la base de giro.

La fuerza de fricción viene dado por:

$$F_{fric2} = \mu_{al-al} \cdot N = \mu_{al-al} \cdot W_{alum}$$

$$F_{fric2} = 0,61 \cdot 0,5 \text{ N}$$

$$F_{fric2} = 0,305 \text{ N}$$

Considerando un factor de carga de 2,0 para el sistema, se tiene que la fuerza de empuje ( $F_{emp}$ ) es:

$$F_{emp} = 2 \cdot F_{fric2}$$

$$F_{emp} = 2 \cdot 0,305 \text{ N} = 0,61 \text{ N}$$

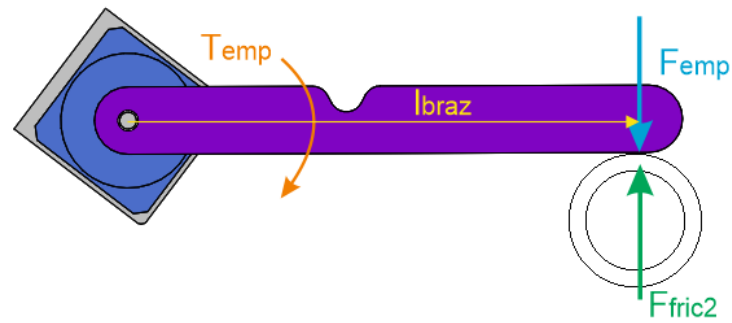
De la figura 4.13 se tiene que el torque mínimo requerido en el motor neumático para generar la fuerza de empuje es:

$$T_{emp} = F_{emp} \cdot l_{braz}$$

$$T_{emp} = 0,61 \text{ N} \cdot 0,16 \text{ m} = 0,0976 \text{ Nm}$$

Dónde:

$$l_{braz} = \text{Longitud del brazo de empuje} = 0,16 \text{ m}$$



**Figura 4.13 Cargas en el brazo de empuje.**

#### 4.6.1. Diseño del sistema de empuje.

Está diseñado para la realización de procesos de verificación y expulsión de piezas didácticas de tal manera que abastecerá de probetas al siguiente módulo que está integrado al módulo didáctico.

Está conformado por un perfil de aluminio estructural de 40 x 40 mm acoplado a un cilindro de doble efecto y un cilindro de giro a 90° que les permitirá realizar sus procesos de la mejor manera.

#### Tabla 4.6

##### Asignación de tipo de material.

---

#### PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ALUMINIO 6063

| Designación del material  | Resistencia a la tensión ( $S_u$ ) |       | Resistencia de fluencia ( $S_y$ ) |       |
|---------------------------|------------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|                           | (KSI)                              | (MPa) | (KSI)                             | (MPa) |
| Acero estructurales       | 47                                 | 320   | 26                                | 180   |
| Rolados en caliente<br>HR |                                    |       |                                   |       |

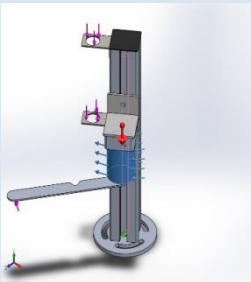
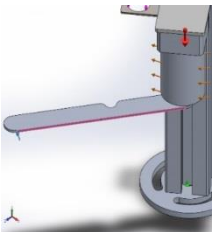
---

#### 4.6.2. Análisis estructural en Ansys 16

Resultados de la simulación de las cargas

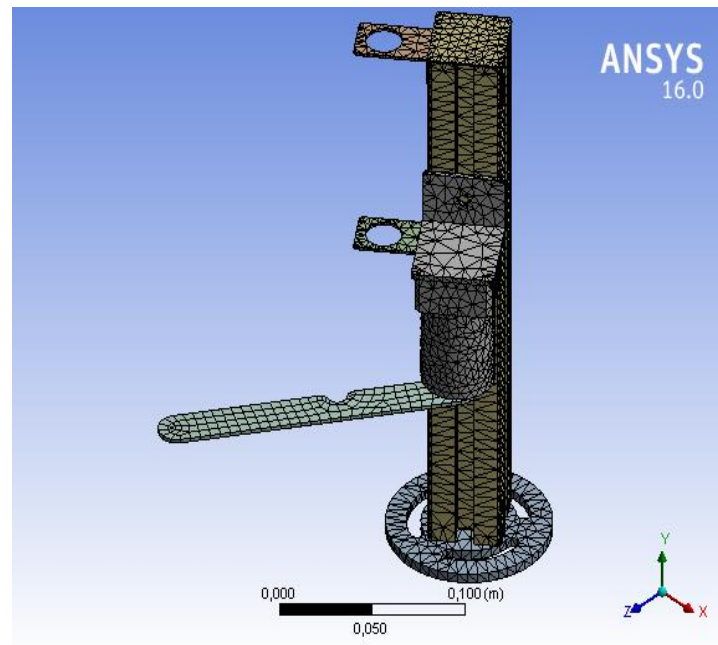
Tabla 4.7

## Cargas que actúan en la estación de verificación y expulsión.

| Carga                    | Imagen de la carga   | Detalles   |
|--------------------------|--|--|
| <b>Torque de empuje.</b> |   | <p>Referencia : 1 cara</p> <p>Torque de empuje : -0,0776<br/>N.m</p> |
| <b>Fuerza de empuje.</b> |  | <p>Referencia : 1 cara</p> <p>Fuerza : 0,61 N</p>                    |

Los equipos acoplados al perfil de aluminio de la estación de verificación y expulsión poseen fuerzas las cuales mediante el software se simula el cual nos indica los valores que consideraremos en la construcción.

En la figura 4.14 observamos el mallado que posee la estación de verificación y expulsión para realizar el estudio estático, utilizando el método de elementos finitos.



**Figura 4.14 Mallado de la estación de verificación.**

#### 4.6.3.Resultados obtenidos.

De acuerdo a la secuencia generada en ansys 16 se debe analizar primero el esfuerzo equivalente (Von Mises) Figura 4.15 la estructura no sufrirá deformaciones puesto que el esfuerzo de cendencia del Acero HR estructural 1010 es de 180 Mpa por lo tanto es recomendable utilizar este tipo de material para la sujeción de las base del actuador de giro.

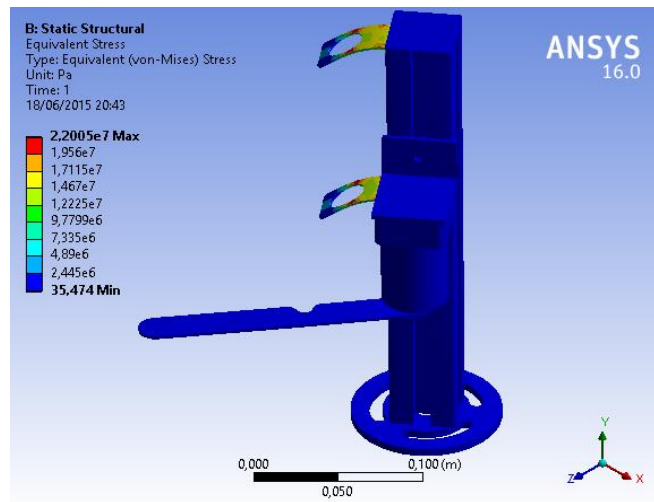
**Tabla 4.8**

#### Resultado de estudios.

| No. | Nombre                      | Tipo                      | Mín.                             | Max.                          |
|-----|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1   | <b>Tensiones 1</b>          | VON: Tensión de von Mises | 3,5474e-5N/mm <sup>2</sup> (MPa) | 22,005N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| 2   | <b>Desplazamientos 1</b>    | Desplazamiento resultante | 0 mm                             | 0,0982982 mm                  |
| 3   | <b>Factor de seguridad1</b> | Automático                | 7,4491                           | 15                            |

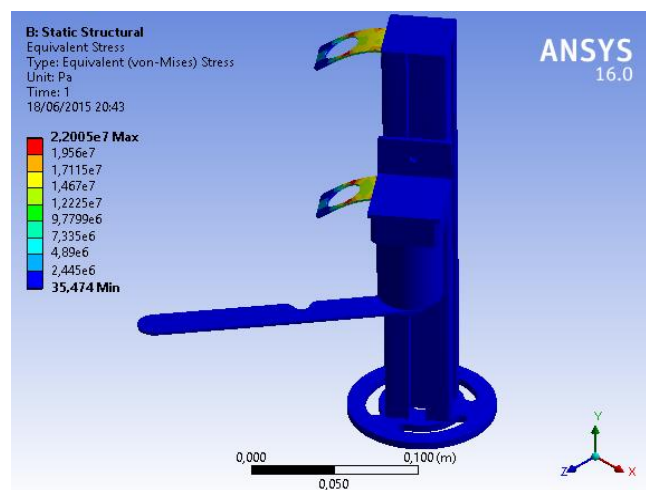
En la tabla 4.8 se muestra los resultados del análisis de esfuerzos realizados en la estación de verificación, los mismos que fueron generados en Ansys 16.0.

En la figura 4.15 se puede observar el soporte de tensión de Von-Mises que es de 22,005 MPa, afirmando que el diseño es admisible.



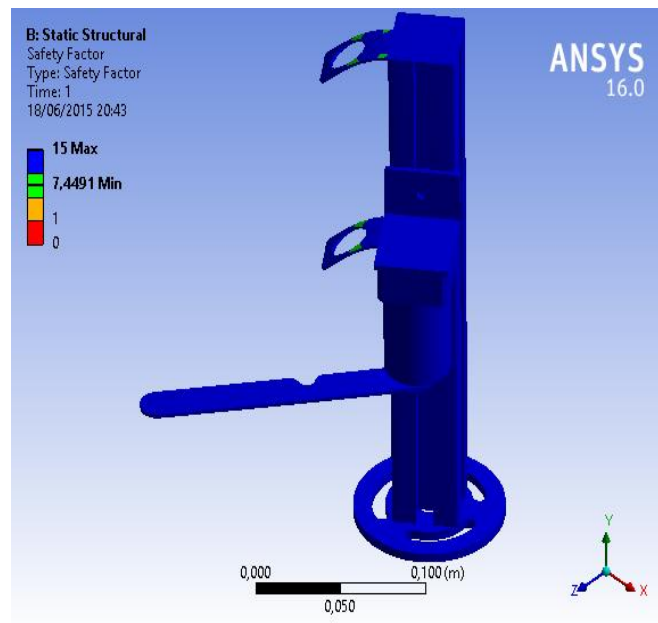
**Figura 4.15 Soporte de la estación de verificación y expulsión.**

En la figura 4.16 observamos el desplazamiento máximo de 0,0982982mm que produce la platina de aluminio al momento de enviar las probetas a un siguiente proceso hay que tomar en consideración este tipo de resultado ya que puede afectar al transporte del material.



**Figura 4.16 Desplazamiento de la platina del cilindro doble efecto.**

El factor de seguridad se lo indica en la figura 4.17 hay que recalcar que está en los márgenes admisibles de las condiciones de diseño para estación verificación y expulsión.



**Figura 4.17 Factor de seguridad.**

Para la comprobación del límite elástico del material ( $S_y$ ) y del material que es igual a 180 Mpa y el valor máximo (en el peor de los casos) obtenido después del análisis en el software.

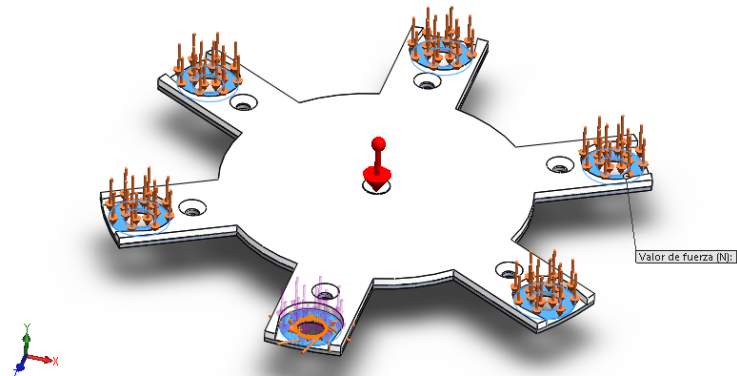
$$K = \frac{\text{Limite elastico}}{\text{Max valor peor caso}} = \frac{180 \text{ Mpa}}{22,124 \text{ Mpa}} = 7,50$$

Por lo tanto la comparación es correcta y el factor de seguridad obtenido en el software son confiables permitiendo que el material utilizado sea confiable.

#### **4.6.4.Sistema de transporte - plato giratorio**

Es la parte más importante del módulo didáctico ya que mediante este tipo de ensamble se traslada las piezas didácticas de una estación a otra, está conformado de dos tipos de materiales aluminio y acrílico en diseño.

Para el análisis de esfuerzos se toma como referencia los datos ya calculados anteriormente como la fuerza de avance al momento de realizar el proceso de taladrado el peso de las piezas didácticas distribuidas en las 6 posiciones del plato giratorio como se muestra en la figura 4.18 debido a que se lo simula en las condiciones más extremas que puede tener el plato giratorio.

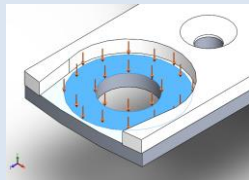
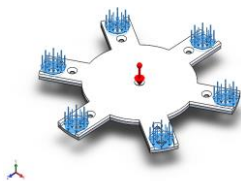


**Figura 4.18 Esfuerzos distribuidos en el plato giratorio.**

Resultados de la simulación de las cargas en solidwork

**Tabla 4.9**

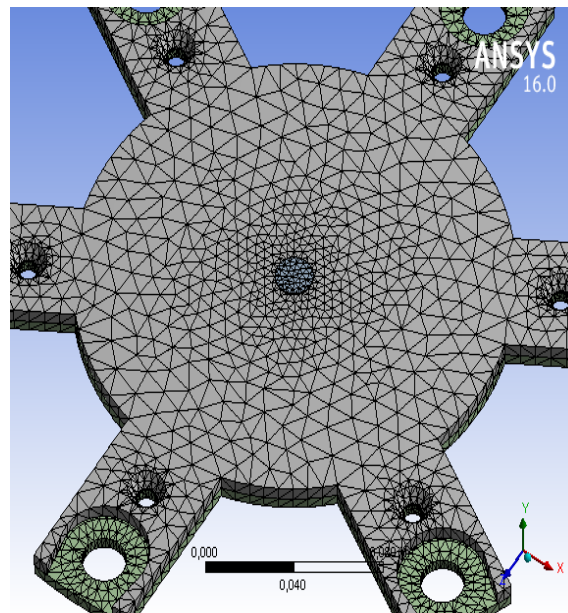
**Cargas que actúan en el plato giratorio.**

| Carga                        | Imagen de la carga  | Detalles   |
|------------------------------|---|--|
| Fuerza de taladro.           |  | Referencia : 1 cara<br>Fuerza de taladro: 35,75 N. |
| Peso de probeta de aluminio. |  | Referencia : 6 cara<br>W : 0,5 N                   |



De acuerdo a los materiales que se implementaron en el plato giratorio se realiza la simulación las fuerzas que actúan sobre él, la fuerza con la que aplica el taladro y en si hace referencia como indicamos el peso de todas las probetas que estén en las 6 posiciones del disco mediante el software se simula el cual nos indica los valores que consideraremos en la construcción.

En la figura 4.19 observamos el mallado del plato giratorio para realizar el estudio estático, utilizando el método de elementos finitos.



**Figura 4.19 Mallado**

### **Resultados obtenidos.**

De acuerdo a la secuencia generada en ansys 16 se debe analizar primero el esfuerzo equivalente (Von Mises) Figura 4.20 el plato giratorio se encuentra conformado de aluminio 6063 de 90 Mpa acrílico medio impactó de 45 Mpa y los soportes de sujeción que tiene acoplado en el centro del plato un tornillo ASTM A325 de 586,05 Mpa es recomendable utilizar este tipo de material así evitamos posibles fallas en el diseño.

Tabla 4.10

## Resultado de estudios.

| No. | Nombre               | Tipo                      | Mín.                          | Max.                          |
|-----|----------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1   | Tensiones 1          | VON: Tensión de von Mises | 82,985N/mm <sup>2</sup> (MPa) | 77,501N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| 2   | Desplazamientos 1    | Desplazamiento resultante | 0 mm                          | 0,93326 mm                    |
| 3   | Factor de seguridad1 | Automático                | 1,8881                        | 15                            |

En la tabla 4.10 se muestra los resultados del análisis de esfuerzos realizados en el plato giratorio, los mismos que fueron generados en Ansys 16.0.

En la figura 4.20 se puede observar el soporte de tensión de Von-Mises que es de 77,501 MPa, afirmando que el diseño es admisible.

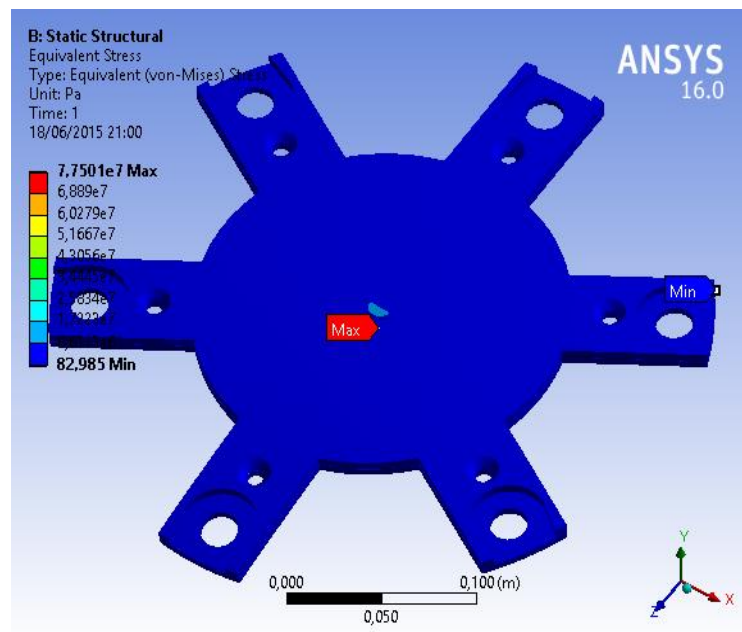
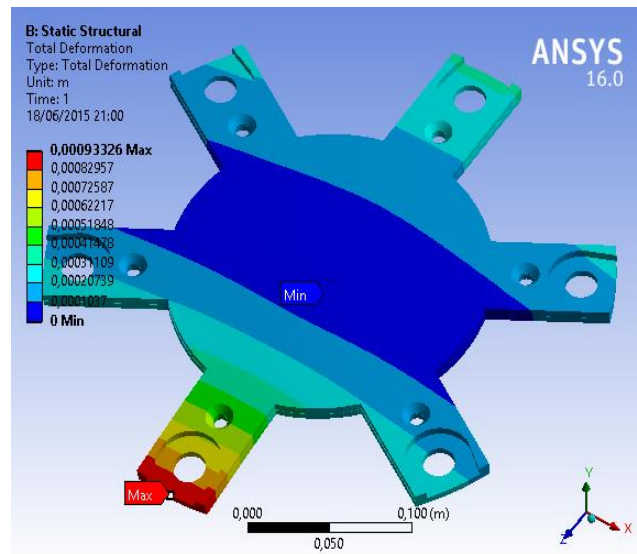


Figura 4.20 Plato giratorio D-Tensión Von Mises

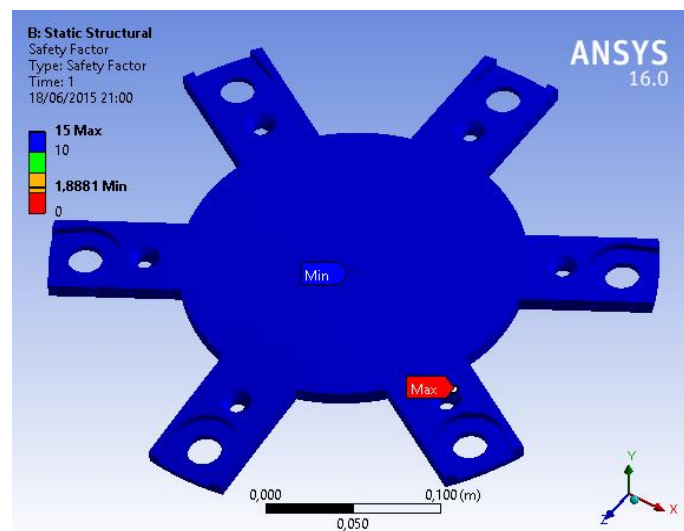
En la figura 4.21 observamos el desplazamiento máximo de 0,93326 mm que soportar al momento que se produce la fuerza de taladro en cada uno de las

seis posiciones que tiene el plato giratorio hay que tomar en consideración este tipo de resultado ya que puede afectar en la parte de traslación de las probetas.



**Figura 4.21 Desplazamiento máximo del plato giratorio.**

El factor de seguridad se lo indica en la figura 4.22 el diseño está en los márgenes admisibles de las condiciones de diseño.



**Figura 4.22 Factor de seguridad.**

#### **4.7. Equipos neumáticos.**

Con el fin de optimizar procesos industriales se implementó un sistema de producción modular automático, el mismo que consta de un módulo didáctico de verificación y escariado de piezas mecánicas, para la construcción de este módulo se procedió a trabajar con equipos neumáticos, mecánicos y el sistema eléctrico. A continuación se detalla los equipos neumáticos utilizados y los parámetros más relevantes a los que debe estar sujeto cada equipo.

Aspectos importantes para la selección de actuadores neumáticos.

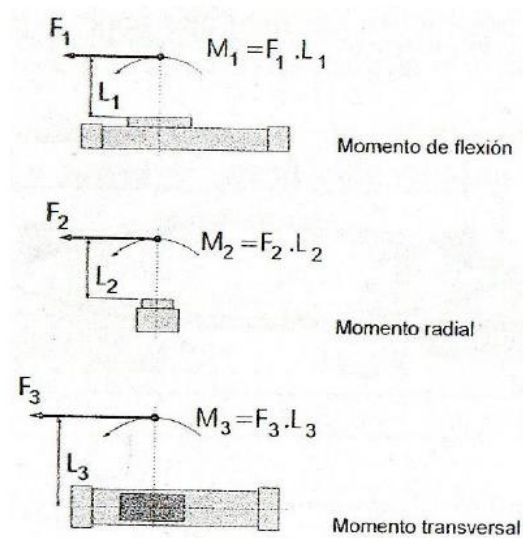
- Seleccionar un actuador de acuerdo a las características del trabajo al que será sometido.
- Instalar el actuador según la aplicación asegurando su buen funcionamiento.
- Realizar un mantenimiento preventivo para evitar fallas a futuro en el sistema neumático.
- Reconocer los tipos de resistencia del actuador a los esfuerzos de tracción, compresión, cambios de temperatura, con el fin de evitar que suceda algún evento como la deformación durante el trabajo.

Análisis y dimensionamiento del cilindro sin vástago de traslación magnética de la estación de taladrado.

Los cilindros de traslación magnética son actuadores sin vástago de la serie RMS marca “Airtac” su funcionamiento se produce por efecto de la atracción magnética entre un los extremos que se deslizan a lo largo de un diámetro de un tubo que están conectados por dos culatas. Debido a que posee imanes permanentes de gran fuerza de atracción con la capacidad de trasladar o manejar elevadas cargas, dependiendo a la aplicación que se va a ejecutar las cargas son excéntricas en mayor o menor grado su funcionamiento dependerá

de la vida útil de trabajo que realiza el cilindro teniendo muy en cuenta sus factores a considerar:

- Peso total.
- Momentos laterales.
- Velocidad.
- La fuerza resistente.
- Fuerza de aceleración.



**Figura 4.23 Momentos laterales**

**Fuente:** [25].

**Formulas:**

*Fuerza total necesaria = Fuerza del peso + Fuerza de Aceleración.*

$$\text{Área del cilindro: } A = \frac{F}{P}$$

Factor de carga que se utilizara la expresión siguiente:  $\alpha_n = \frac{W_n}{W_{n\text{máx}}}$  E.C:

$W_n$  = carga sobre el cilindro.

$W_{nm\acute{a}x}$  = carga recomendada por el fabricante.

Momentos estáticos: M1 y M3.

$$\alpha_{Mn} = \frac{Mn}{Mnmax}$$

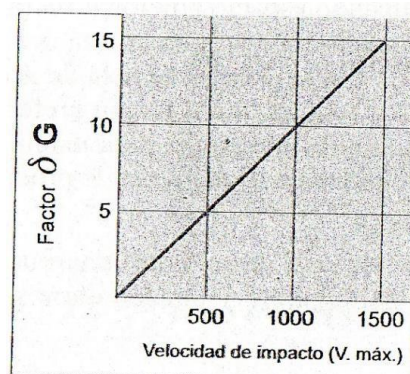
Hay que tener en cuenta las condiciones al momento de taladrar, el impacto al producirse la desaceleración del carro del cilindro, para esto se debe calcular la carga equivalente ( $W_e$ ) la carga equivalente depende de algunos factores como los siguientes;

- La masa en movimiento.
- La velocidad del impacto.
- La carrera y el tipo de amortiguación.

Por tanto:

$$W_e = W \cdot \delta G$$

G = factor dependiente de la velocidad de impacto



**Figura 4.24 Factor G.**

**Fuente:** [25]

$$V_{max} = 1,4 * V \frac{mm}{s}$$

$V_{m\acute{a}x}$  = velocidad del impacto.

$V$  = velocidad de trabajo.

$W_e$  la carga equivalente al momento de impacto, aplicada en el centro de gravedad de la carga y la direcci3n con la que va a realizar el desplazamiento el provoca un momento  $M_{vn}$

$$\text{Luego} \quad M_{vn} = \frac{1}{3} * W_e * Ln$$

$M_{vn}$  = momento provocado por  $W_e$  al momento del impacto.

$W_e$  = carga equivalente.

$Ln$  = desplazamiento del centro de gravedad de la carga.

El momento generado ser3a comparado con los datos entregados en la tablas por parte de los fabricantes:

$$\alpha_{v1} = \frac{M_{vn}}{M_{vnmax}}$$

Luego se suma todos los factores obtenidos y comprobados, la suma no debe ser superior a la unidad para la selecci3n de un cilindro sin v3stago magn3tico.

$$\sum \alpha_n \leq 1$$

Al final de todos los c3lculos se implementa un cilindro sin v3stago ya con todos los factores y condiciones din3micas con las que va a ejecutar.

#### **4.7.1. Cilindro magn3tico sin v3stago.**

El cilindro sin v3stago tiene la funci3n de desplazarse en el eje Y, una vez realizado los c3lculos se procedi3o a determinar el tipo de actuador que se necesitar3a instalar en la estaci3n de taladrado, a continuaci3n las caracter3sticas t3cnicas del equipo.

**Tabla 4.11****Cilindro sin Vástago RMS F – 16\*300-LB-T.**

| No. | Modelo                     | RMS Series basic           |
|-----|----------------------------|----------------------------|
| 1   | Tamaño de agujero          | Ø16                        |
| 2   | Tipo de actuador           | Doble efecto               |
| 3   | Fluido                     | Air                        |
| 4   | Presión operacional        | 0.15~0.7MPa<br>(23~100psi) |
| 5   | Presión de prueba          | 1.00 Mpa (145psi)          |
| 6   | Temperatura                | -10~60                     |
| 7   | Rango de velocidad         | 50~400mm/s                 |
| 8   | Tipo de cojín              | Cojín variable y fijo      |
| 9   | Tamaño de Puerto           | M5*0.8                     |
| 10  | Fuerza de retención segura | 140 N                      |

**Fuente:** [10]

Cálculos del cilindro magnético sin vástago:

**Datos:**

**Taladro:      Cilindro:**

M= 0.70kg.      W máx.= 140 [N] carga recomendada por el fabricante.

RPM: 3000      V= 400mm/s.

P= 5 psi

**Procedimiento:**



**Paso 1:**

Cálculo de la fuerza Necesaria que necesita el cilindro de actuador 1.

*Fuerza total necesaria = Fuerza del peso + Fuerza de Aceleración.*

$$\text{Fuerza peso} = m * g = 0,70\text{kg} * 9,81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 6,86\text{N} \approx 7\text{N}.$$

$$\text{Fuerza Aceleracion} = m * a = 0,70\text{kg} * 50 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 35\text{N}$$

$$\text{Fuerza Total necesaria} = 7\text{N} + 35\text{N} = 42\text{N}.$$

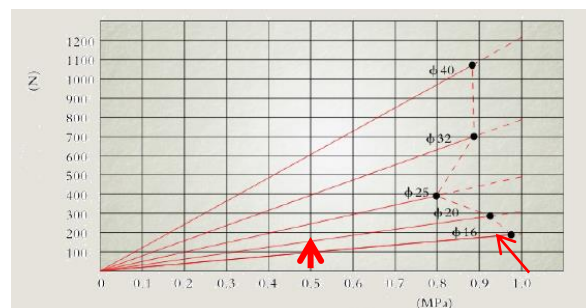
Área correspondiente del cilindro:

$$A = \frac{F}{P} = \frac{42\text{N}}{50\text{N}/\text{cm}^2} = 0,84\text{cm}^2$$

Diámetro teórico del cilindro despejando D:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = D = \sqrt{\frac{4 * 0,84\text{cm}^2}{\pi}} = 1,03\text{cm}$$

Luego se procedió a verificar en el catálogo AIRTAC los cilindros sin vástago magnéticos pag. 343 y se eligió el que más se aproxime por exceso, en este caso diámetro de 1,03cm. Como se puede ver en la figura 4.25.



**Figura 4.25 Cálculo para encontrar el diámetro del cilindro.**

**Fuente: [10]**

Con la presión de 5 psi y la fuerza total necesaria de 42 N se trazo dos líneas en las coordenadas X, Y la intersección obtenida da como resultado un cilindro de diámetro de 16 mm que será instalado al módulo de taladrado.

$$\varnothing = 16 \text{ mm}$$

**Paso 2:**

Se identificó el estado de cargas y momentos del actuador 1.

Existe carga estática en dos momentos en la dirección M1 y M3 como se muestra en la figura 4.23.

M1, M3 son las direcciones las que recorrer el taladro al momento de maquinar.

**Paso 3:**

$$\text{Factor de carga: } \alpha_n = \frac{W_n}{W_{n\max}} = \frac{42N}{140N} = 0,3$$

**Paso 4:**

Momentos estáticos M1 y M3.

$$M1 = W * L1 = 42N * 0,016m = 0,672N.m \text{ Momento de flexión}$$

$$M3 = W * L3 = 42N * 0,15m = 6,3N.m \text{ Momento transversal}$$

El factor de carga será:

$$\alpha_{M1} = \frac{M1}{M1\max} = \frac{0,672}{88} = 0,0076$$

$$\alpha_{M3} = \frac{M3}{M3\max} = \frac{6,3}{50} = 0,126$$

**Paso 5:**

Cálculo carga equivalente  $W_e$

$W_e = W \cdot \delta G$  (para conocer el valor  $\delta G$  se necesita conocer la velocidad máxima)

$$V_{max} = 1,4 * V \frac{mm}{s} = 1,4 * 400 \frac{mm}{s} = 560 \frac{mm}{s}$$

Para conocer el valor de  $\delta G = 6$  ver en la figura 4.2 luego se utilizo la fórmula de la carga equivalente donde se procedió a calcular la carga equivalente:

$$W_e = W \cdot \delta G = 9,81 * 0,9072 * 6 = 53,39 N$$

**Paso 6:**

Cálculo de los momentos Dinámicos de impacto M1, M3.

$$M_{v1} = \frac{1}{3} * W_e * L1 = \frac{1}{3} * 53,39 * 0,016 = 0,284 N$$

$$M_{v3} = \frac{1}{3} * W_e * L3 = \frac{1}{3} * 53,39 * 0,15 = 2,66 N$$

Cálculo de los factores de carga M1, M3.

$$\alpha_{v1} = \frac{M_{v1}}{M_{vnmax}} = \frac{0,284}{20} = 0,0142$$

$$\alpha_{v3} = \frac{M_{v3}}{M_{vnmax}} = \frac{2,66}{20} = 0,133$$

**Paso 7:**

Sumatoria de todos los factores de carga obtenidos;

$$\sum \alpha = \alpha_n + \alpha_{M1} + \alpha_{M3} + M_{v1} + M_{v3}$$

$$\sum \alpha = 0,3 + 0,0076 + 0,126 + 0,0142 + 0,133 = 0,5808$$

$$0,5808 < 1 \text{ (validado)}$$

### 4.7.2. Gripper Neumático

La pinza o gripper AIRTAC se utiliza para la sujeción de varios tipos de elementos, para ello se debe tener en cuenta ciertos parámetros que se hace mención a continuación. Ver figura 4.27.



**Figura 4.26 Gripper**

**Fuente: [10]**

**Tabla 4.12**

**Tabla de especificaciones técnicas del Gripper**

| No. | Modelo                | RMS Series basic          |
|-----|-----------------------|---------------------------|
| 1   | Tamaño de agujero     | Ø16                       |
| 2   | Tipo de actuador      | Simple y Doble efecto     |
| 3   | Fluido                | Aire                      |
| 4   | Presión operacional   | 0.2~0.7MPa<br>(28~100psi) |
| 5   | Lubricación de prueba | No requiere               |
| 6   | Temperatura           | -20~70                    |
| 7   | Repetitividad         | ±0.01                     |
| 8   | Máxima frecuencia     | 180(c.p.m)                |
| 9   | Tamaño de Puerto      | M5*0.5                    |

**Fuente: [10]**

### Selección del gripper neumático.

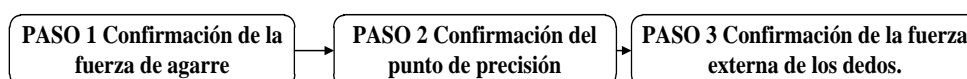
Antes de elegir el gripper es necesario conocer las dimensiones de la pieza didáctica y su forma, la pinza neumática se utiliza para la sujeción de las piezas cilíndricas que llegan sobre el plato divisor permitiendo una alta precisión a la hora de ejecutar el proceso de taladrado con una resistencia al momento y fuerza de agarre adecuada para pequeñas cargas.

La empresa distribuidora Airtac international group consta de grippers neumáticos paralelos de la serie HFZ como se puede observar en la figura 4,4 herramienta que servira para realizar el proceso de taladrado didáctico.

Dimensiones forma circular de  $\phi e = 39,5mm$   $\phi i = 34,5mm$   $L = 25mm$  piezas de plástico.

Dimensiones forma circular de  $\phi e = 39,5mm$   $\phi i = 34,5mm$   $L = 25mm$  piezas de aluminio.

A continuación pasos que se seguirá para la selección correcta del gripper neumático. Ver figura 4,27.



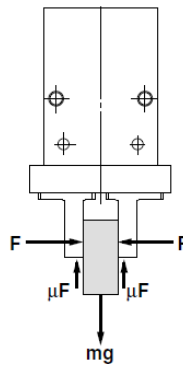
**Figura 4.27 Selección del modelo HFZ**

**Fuente: [10].**

**Formulas: Fuerza del Gripper**  $F = \frac{m \cdot g}{2 \cdot u} * 4 = N$

### Selección de Gripper

**Paso 1: Confirmación de la fuerza de agarre.**



**Figura 4.28 Diagrama del cuerpo libre de la pinza o Gripper.**

**Fuente [10].**

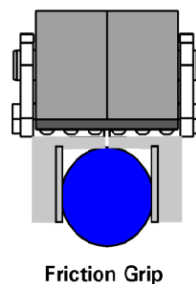
**Datos del Gripper:**

**m:** 0,26Kg

**u:** Coeficiente de rozamiento entre las garras y la pieza de trabajo (0,2).

Grip Friction Factor Jaw = 4

$$F = \frac{m * g}{2 * u} * 4 = \frac{0,26Kg * 9,8 \frac{m^2}{s}}{2 * 0,2} * 4 = 25,48N \approx 26N$$



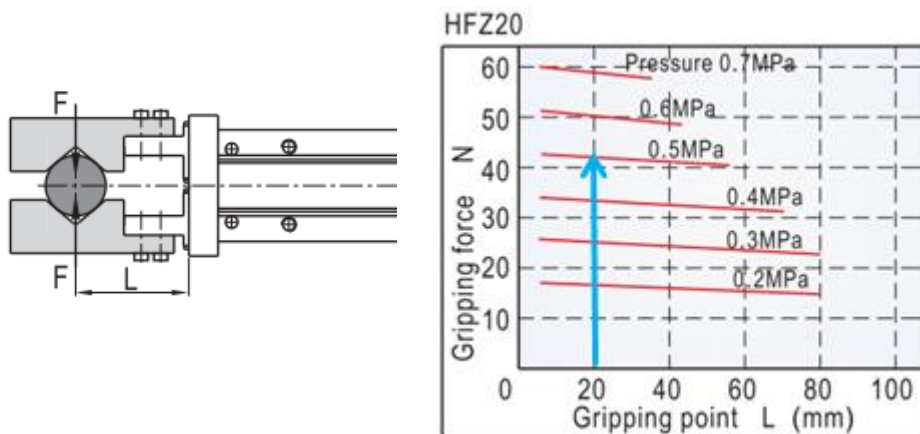
**Figura 4.29. Factor de sujeción del gripper neumático.**

**Fuente:** <http://www.grippers.com/size.htm>

Conociendo la fuerza mínima requerida de agarre se verifico las curvas de la fuerza externa de agarre para cada modelo HFZ seleccionando el gripper adecuado.

Datos necesarios para la interpretación en las curvas del gripper para la selección depende de la distancia  $L$  que existe desde el final del gripper hasta el centro de masa de la pieza como se puede observar en la figura 4,29 y la fuerza mínima requerida.

Si  $L=35\text{mm}$  es la distancia desde el final del gripper hasta el centro de masa de la pieza, y se operara a 5 psi, se obtiene las siguientes opciones mostradas en la figura 4.30.



**Figura 4.30 Fuerza externa de sujeción del gripper de la serie HFZ Airtac.**

**Fuente: [10]**

### **PASO 2: Confirmación del punto de agarre.**

El gripper debe operar a una distancia de sujeción de la pieza " $L$ " junto con una altura " $H$ " como se muestra en la figura 4.31 debe estar dentro del rango de la figura 4.32. El punto de garre de la pieza de trabajo debe encontrarse en los límites adecuados si no encuentra sobre los limites existirá un efecto adverso de vida como sufrir daños a futuro del griper neumático.

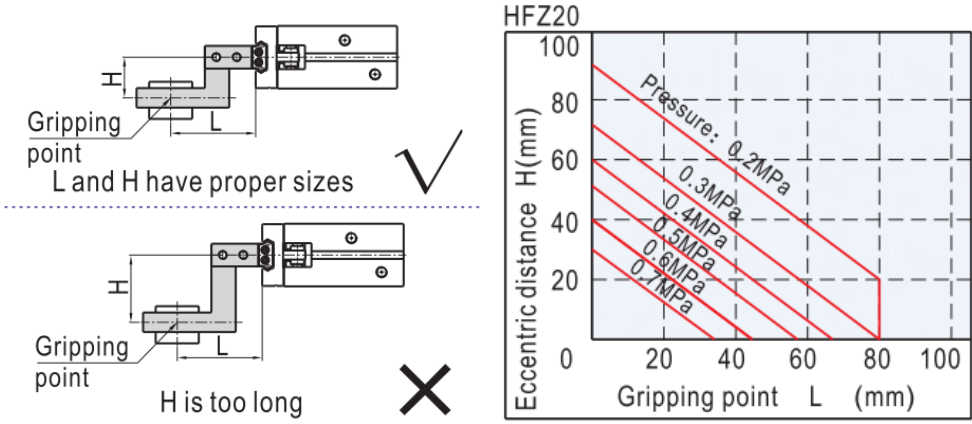
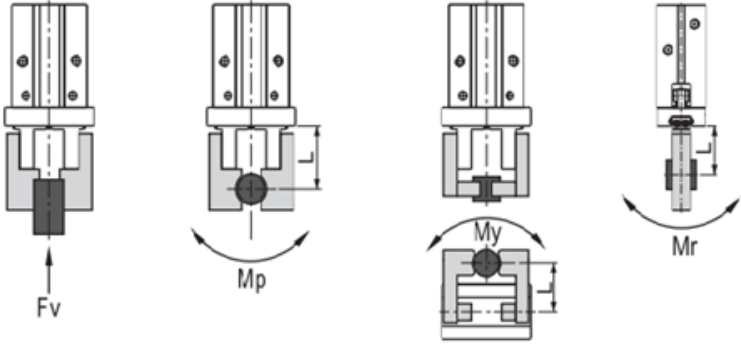


Figura 4.31 Punto de sujeción.

Fuente: [10].

PASO 3: Confirmación de la fuerza externa de garra.



| Bore size | The allowed vertical loads Fv(N) | Max. permissible torque (Nm) |      |      |
|-----------|----------------------------------|------------------------------|------|------|
|           |                                  | Mp                           | My   | Mr   |
| 6         | 10                               | 0.04                         | 0.04 | 0.08 |
| 10        | 58                               | 0.26                         | 0.26 | 0.53 |
| 16        | 98                               | 0.68                         | 0.68 | 1.36 |
| 20        | 147                              | 1.32                         | 1.32 | 2.65 |
| 25        | 255                              | 1.94                         | 1.94 | 3.88 |
| 32        | 343                              | 3                            | 3    | 6    |
| 40        | 490                              | 4.5                          | 4.5  | 9    |

Figura 4.32 Tabla de los momentos que actúan en las garras.

Fuente: [10].

$$M_{p\text{diseño}} = L_{\text{objeto}} * W_{\text{objeto}}$$



$$M_{p_{\text{diseño}}} = (0,35 + 0,02 + 0,02)[m] * (0,75 + 2 * 0,02)[KG] * 9,8 \left[ \frac{m^2}{s} \right]$$

$$M_{p_{\text{diseño}}} = 0,22 [N.m] < M_p$$

$$M_{y_{\text{diseño}}} = H_{\text{objeto}} * W_{\text{objeto}}$$

$$M_{y_{\text{diseño}}} = 0,02 [m] * 0,75 [kg] * 9,81 \left[ \frac{m^2}{s} \right]$$

$$M_{y_{\text{diseño}}} = 0,14 [N.m] < M_y$$

**Nota:** Mr es irrelevante para el diseño requerido por cuanto el gripper no va a realizar ninguna rotación.

#### 4.7.3. Cilindro compacto Actuador 3.

Para la selección del cilindro compacto que se acoplará al gripper neumático para ello se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Obtener el diámetro del tubo del cilindro que se acoplará al gripper neumático.
- Considerar la distancia de impacto final de la carrera del émbolo.
- Considerar la carrera del émbolo y la carga lateral aplicada.

#### PASO 1: Obtener el diámetro del tubo del cilindro.

De acuerdo al funcionamiento requerido se debe asignar un factor de carga con la funcionalidad de la que vaya a realizar el cilindro en la figura 4,33 se puede apreciar claramente los porcentajes  $\eta$ .

| Funcionamiento requerido   |  | Factor de carga $\eta$                      |
|--|--|---|
| Funcionamiento estático (amarre, engarce de tornillo a baja velocidad, etc.) |  | 0.7 o menos<br>(70% o menos)                |
| Funcionamiento dinámico  | Movimiento horizontal de la carga en la guía | 1 o menos<br>(100% o menos)                 |
|  | Movimiento vertical y horizontal de la carga | 0.5 o menos<br>(50% o menos) <sup>(1)</sup> |

**Figura 4.33 Factor de carga según su requerimiento.**

**Fuente: [26].**

De acuerdo al valor  $\eta$  se requiere un **factor de carga  $\eta= 1$** , por cuanto el desplazamiento del cilindro se realizará sobre una guía que está situado bajo el cilindro y gripper.

**a) Datos de la presión de operación.**

Para el funcionamiento del módulo didáctico se determina que opere 5 Psi en todos sus actuadores así como en el proceso de Taladrado o Escariado del gripper neumático de verificación de piezas y por ultimo del expulsor de piezas didácticas.

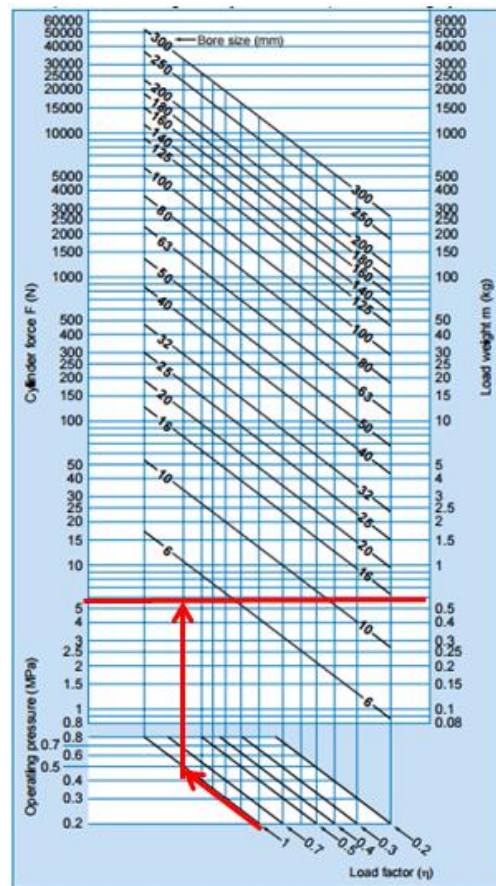
**b) Cálculo de la dirección en el cual la fuerza del cilindro aplicara.**

Determinar la carga que será aplicada para encontrar la fuerza que requiera el cilindro de la siguiente manera.

$$\text{Carga}_{\text{cilindro}} = w_{\text{objeto}} + w_{\text{gripper}} + w_{\text{garras}} + w_{\text{union gripper cilindro}}$$

$$\text{Carga}_{\text{cilindro}} = (0,75 + 0,02 + 0,26 + 0,04)[\text{kg}] = 1,07[\text{kg}]$$

La fuerza encontrada a la salida del pistón será aplicada en la figura 4,34.



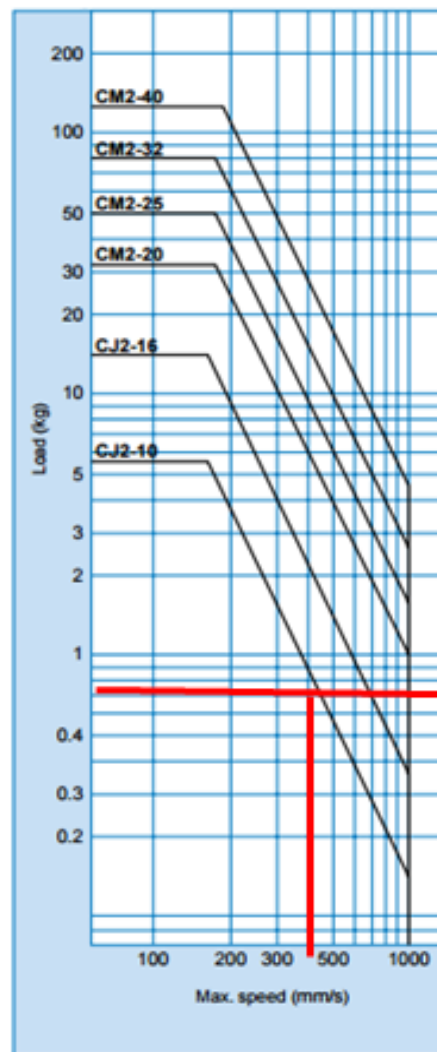
**Figura 4.34 Fuerza del cilindro aplicada a la salida del pistón.**

**Fuente:** [26].

**Nota:** Como se puede observar en la figura 4,34 la fuerza de la salida del pisto está en el rango 10 Newton, el diámetro necesario del émbolo del pistón será de 20 mm.

### **PASO 2: Verificación del impacto del cilindro a la salida del pistón.**

Para este paso se toma muy en cuenta la velocidad de salida del pistón posteriormente se comparara con la carga donde se elegirá el diámetro más óptimo.



**Figura 4.35 Carga Vs velocidad del actuador 3.**

**Fuente:** [26].

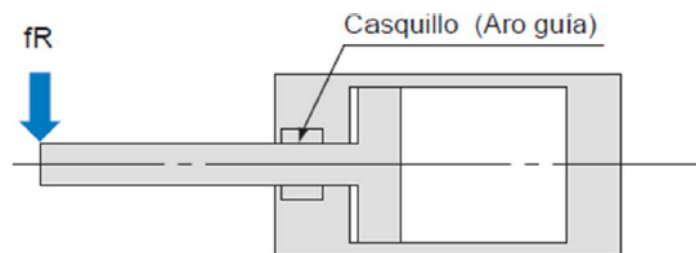
**Nota:** la velocidad del émbolo del pistón será de  $V = 400 \frac{mm}{s}$ .

Hay que considerar que la velocidad del pistón no es un parámetro importante dentro del diseño puesto que los datos de características técnicas solventan cuanto el diseño y la carga con la que está fabricado el cilindro.

**Paso 3: Considerar la carrera del émbolo en la carga lateral aplicada.**

De acuerdo al grafica que se encuentra en la figura 4.14 la región que no exceda representa la carga permitida en la relación de la carrera del cilindro la

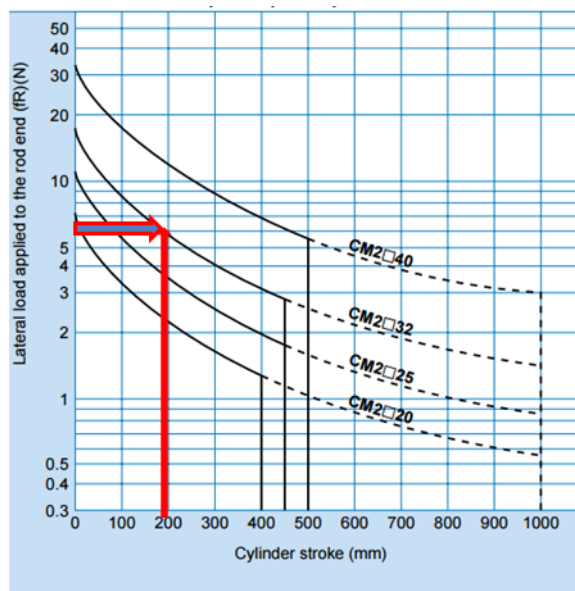
carga aplicada es 10 N este es uno de los parámetros para la selección de dicho cilindro junto con su carrera que se encontró desplazando una raya perpendicular y se encontró que se requiere una carrera de 200mm.



**Figura 4.36 fuerza aplicada al final de la carrera.**

**Fuente: [26].**

Como se puede observar en la base de la figura 4.37 los diámetros de selección de un cilindro compacto de la marca AIRTAC de diámetro necesario de 20 mm y de carrera 50 mm por cuanto este tipo de cilindro se encuentra disponible en el mercado.



**Figura 4.37 Carrera del cilindro.**

**Fuente: [26].**



**Figura 4.38 cilindro compacto SDAS 20\*50.**

**Tabla 4.13**

**Especificaciones técnicas SDAS 20\*50.**

| No. | Modelo              | Compact cylinder         |
|-----|---------------------|--------------------------|
| 1   | Tamaño de agujero   | Ø 20                     |
| 2   | Tipo de actuador    | Doble efecto             |
| 3   | Fluido              | Air                      |
| 4   | Presión operacional | 0.1~1.0 MP a (15~145psi) |
| 5   | Presión de prueba   | 1.5Mpa-(215psi)          |
| 6   | Temperatura         | -20~80                   |
| 7   | Repetitividad       | ±0.01                    |
| 8   | Rango de velocidad  | Doble efecto 30~800      |
| 9   | Tamaño de cojín     | Bumper                   |
| 10  | Tamaño de Puerto    | M5*0.8                   |

**4.7.4. Cilindro de la estación de verificación.**

Para la selección del siguiente actuador se debe tener muy en cuenta el tipo de trabajo que va a efectuar en el módulo de verificación, posteriormente se realiza la comprobación de que exista agujero en la pieza didáctica hay que tener en cuenta que como son módulos que están diseñados para realizar simuladamente procesos industriales el actuador no realizará ninguna fuerza

necesaria por cuanto se procederá a calcular la velocidad de avance y retroceso del cilindro de doble efecto.



**Figura 4.39 Cilindro de la estación de comparación.**

**Tabla 4.14**

**Especificaciones técnicas del AIR MI 25\*50-S-SA.**

| No. | Modelo              | RMS Series basic       |
|-----|---------------------|------------------------|
| 1   | Tamaño de agujero   | Ø10                    |
| 2   | Tipo de actuador    | Simple y Doble efecto  |
| 3   | Fluido              | Air                    |
| 4   | Presión operacional | 0.1~1.0MP a (15~14psi) |
| 5   | Presión de prueba   | 1.5Mpa-(215psi)        |
| 6   | Temperatura         | -20~70                 |
| 7   | Repetitividad       | ±0.01                  |
| 8   | Rango de velocidad  | Doble efecto 30~800    |
| 9   | Tamaño de cojín     | Bumper                 |
| 10  | Tamaño de Puerto    | M5*0.8                 |

**Fuente:** [10].

**PASO 1: Cálculo de la fuerza del actuador 4.**

Para realizar el siguiente cálculo se toma en cuenta el diámetro del émbolo y la presión de alimentación a la que va estar expuesto y la resistencia producida por rozamiento.

**Formulas:**

Cálculo del cilindro de doble efecto en avance, y en retorno

$$F_n = A * p - F_R \qquad F_n = A' * p - F_R$$

$F_n$  = fuerza efectiva o real del embolo. [N]

$A$  = superficie util del embolo.

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

$A'$  = superficie util del anillo del embolo.

$$A' = (D^2 * d^2) * \frac{\pi}{4} = [cm^2]$$

$P$  = Presión de trabajo. [KPA,  $10^5 \frac{N}{m^2}$ , bar]

$F_R$  = Fuerza de rozamiento (3 – 20%). [N]

$D$  = Diametro del émbolo. [mm]

$d$  = Diametro del piston. [mm]

**Datos:**

D=25mm.

D=10mm.

P= 5 Psi.



$$F_R = 10\% \text{ VALOR MEDIO}$$

Procedimiento cálculo de las superficies.

$$A = \left( D * \frac{\pi}{4} \right) = \left( 2,5^2 \text{ cm} * 2,5^2 \text{ cm} * \frac{\pi}{4} \right) = 30,67 [\text{cm}^2] \quad \text{Superficie del émbolo.}$$

$$A' = (D^2 - d^2) * \frac{\pi}{4} = (2,5^2 \text{ cm}^2 - 1^2 \text{ cm}^2) * \frac{\pi}{4} = 4,12 [\text{cm}^2] \quad \text{Superficie anular del émbolo.}$$

Fuerza teórica de empuje en avance.

$$F_{teorica} = A * p - F_R = 30,67 * 10^{-4} \text{ m}^2 * 5 * 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1533,5 [\text{N}].$$

$$\text{Resistencia de rozamiento } F_R = 153,35 [\text{N}].$$

Fuerza real del empuje del émbolo en avance.

$$F_n = A * p - F_R = 30,67 * 10^{-4} \text{ m}^2 * 5 * 10^5 - 153,35 = 1380 [\text{N}].$$

Fuerza teórica de tracción del émbolo en retorno.

$$F_n = A' * p - F_R = 4,12 * 10^{-4} \text{ m}^2 * 5 * 10^5 * \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 206 [\text{N}].$$

$$\text{Resistencia de rozamiento } F_R = 20,6 [\text{N}].$$

Fuerza real del émbolo en retorno.

$$F_n = A' * p - F_R = 4,12 * 10^{-4} \text{ m}^2 * 5 * 10^5 - 20,6 = 185,4 [\text{N}].$$

**Nota:** Como se puede apreciar la fuerza de avance del cilindro es superior a la del retroceso debido a las áreas del émbolo de avance es superior al área del retroceso la disminución de la parte anterior del émbolo la parte interior del émbolo se debe por la presencia del vástago

#### 4.7.5. Cilindro neumático de giro.

Con la instalación del último actuador neumático que manipulará la expulsión de la pieza didáctica se procederá a realizar el cálculo de la fuerza que tendrá el cilindro al momento de expulsar la pieza al siguiente módulo didáctico.

#### Formulas:

Cálculo del momento de inercia del brazo.

$$I_1 = m_1 * \left[ \frac{A^2 * B^2}{12} \right] + m_1 \left[ \frac{A}{2} * S \right]^2 = Kg.m^2$$

Cálculo del momento del dispositivo de amarre.

$$I_2 = m_2 * \left[ \frac{D^2}{8} \right] + m_2 * L^2 = Kg.m^2$$

#### Datos:

**A= 0.05 cm.**

**B= 0.015 cm.**

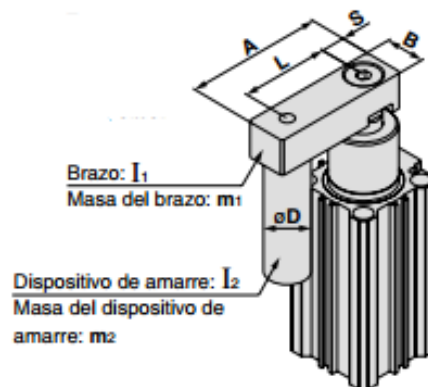
**S= 0.012 cm.**

**L= 0.035 cm.**

**D= 0.025 cm.**

**M1= 0.38 kg.**

**M2=0.10kg.**



$$I_1 = 0.38kg * \left[ \frac{0.05^2 * 0.015^2}{12} \right] + 0.38 kg \left[ \frac{0.05}{2} * 0.012 \right]^2 = 1.86 * 10^{-4} Kg.m^2$$

$$I_2 = 0.10 * \left[ \frac{0.025^2}{8} \right] + 0.10 * 0.035^2 = 1.30 * 10^{-4} Kg.m^2$$

**Momento de inercia real.**

$$I_{\text{ercia}} = I_1 + I_2 = 1.86 * 10^{-4} + 1.30 * 10^{-4} = 3.16 * 10^{-4} \text{kg} * \text{m}^2.$$

**Resultado:**

Ya conocido los valores de los cálculos se comienza a seleccionar el cilindro de doble efecto con las siguientes características técnicas.

**Tipo Cilindro de doble efecto.****Tabla 4.15****Modelo: AIR ACK-25\*90.**

| No. | Modelo              | SERIE ACK               |
|-----|---------------------|-------------------------|
| 1   | Tamaño de agujero   | Ø 25                    |
| 2   | Tipo de actuador    | Doble efecto            |
| 3   | Angulo de giro      | 90°                     |
| 4   | Fluido              | Aire                    |
| 5   | Presión operacional | 0.15~1.0MPa (22~145psi) |
| 6   | Presión de prueba   | 1.5Mpa-(215psi)         |
| 7   | Temperatura         | -20~80°                 |
| 8   | Repetitividad       | ±0.01                   |
| 9   | Rango de velocidad  | Doble efecto 30~30      |
| 10  | Tamaño de cojín     | Bumper                  |
| 11  | Tamaño de Puerto    | M5*0.8                  |

**4.7.6.Motor neumático.**

Para calcular el motor neumático se debe considerar tres aspectos importantes como son las siguientes.

- Potencia Requerida.
- Velocidad en rpm necesaria para perforar una carga limitada.
- Par de trabajo expresado en Newton, metro (N.m)(pies,libra-foot pounds).

**Fórmulas:**

$$Potencia(KW) = \frac{\pi * Par(N * m) * RPM}{30} \text{ O } \frac{0,1046 * Par(N * m) * RPM}{1,000} =$$

$$Par(N * m) = \frac{1,000 * Potencia (Kw)}{0,1046 * RPM}$$

$$RPM = \frac{1,000 * Potencia (Kw)}{0,1046 * Par(N * m)}$$

**Datos:**

Velocidad: 3000RPM.

Potencia: 1/2Hp

**Paso 1.**Calcular en par en (N\*m).

$$Par(N * m) = \frac{1,000 * Potencia (Kw)}{0,1046 * RPM} = \frac{1,000 * 0,375 (Kw)}{0,1046 * 3000RPM}$$

$$= 1.19(N * m).$$

Con el par encontrado del motor neumático se puede verificar en el figura 4,40 que también hay una segunda opción de encontrar el cálculo anterior.

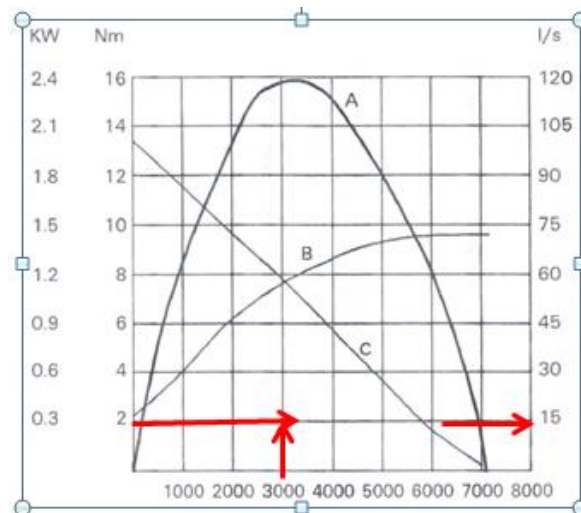
Las curvas están representadas considerando una presión de aire de 6 bares como:

A= Potencia.

B= Consumo de aire.

C= Par de giro.

Por cuanto a la velocidad máxima que va actuar el motor neumático será a 3000 RPM y su consumo de aire será de 15 l/s.



**Figura 4.40** Grafico de potencia, par, y consumo.

**Fuente:** [24].

Con todos los parámetros ya encontrados y de acuerdo a la matriz morfológica y mayor puntaje se elige un motor neumático de las siguientes características que posteriormente será detallado las características más importantes.

#### **Características:**

- Marca 327 LS.
- Pulidora Neumática.

#### **Especificaciones Técnicas:**

- Velocidad máxima= 3000RPM.
- Tamaño de porta brocas= 7/16 Pulg.
- Potencia = ½ Hp.
- Peso= 0,70Kg.

- Consumo de aire con carga= 765 (17min).
- Consumo de aire promedio= 396 (l/min).

#### 4.7.7.Electroválvulas.

Una vez ya elegido los actuadores neumáticos estos deben ser manipulados por un controlador llamado electroválvula, este es un componente electro neumático que prohíbe el paso de la alimentación de aire hacia el componente neumático su accionamiento eléctrico se podrá apreciar de una manera más detallada con la selección de cada uno de los actuadores dependiendo a su funcionamiento.

El módulo constará de 5 electroválvulas que será utilizado para los siguientes procesos que se detallan en la tabla 4,16 puesto que también indicara el tipo de efecto que realiza y el número de la válvulas que van instalado en cada proceso.

**Tabla 4.16**

#### Características de los actuadores.

| N° | Actuador Neumático                       | Estación                        | Efecto del actuador | Numero de electroválvula |
|----|--|---------------------------------|---------------------|--------------------------|
| 1  | Cilindro sin vástago RMS -F-16*200-L-B T | Taladrado o Escariado mecánico. | Doble efecto        | 1                        |
| 2  | Air Gripper HFZ 16 R                     | Sujeción.                       | Doble efecto.       | 1                        |
| 3  | Cilindro S-DAS 20*50                     | Sujeción.                       | Doble efecto.       | 1                        |
| 4  | Cilindro AIR MI 25*50                    | Verificación                    | Doble efecto.       | 1                        |
| 5  | Cilindro ACKL 25*90                      | Verificación                    | Doble efecto.       | 1                        |

Se requiere un total de 5 electroválvulas que permiten que los actuadores neumáticos manipulen según sus operaciones, debido a que todos los actuadores realizan un solo efecto doble se selecciona un solo grupo de electroválvulas.

### Electroválvulas (5/2).

Al módulo didáctico se incorporan electroválvulas de mando directo con 5 vías y dos posiciones (5/2) este tipo de válvulas existe en una gran magnitud en el mercado sus características técnicas y la aplicación que se le va a dar son adecuadas para formar un grupo de electroválvulas que se acoplara a todos los procesos que realiza el módulo didáctico, también hay que evaluar el factor económico puesto que será importante a la hora de seleccionar se utilizará equipos de la marca AIRTAC equipment debido a su costo moderado, accesibilidad y confianza, se acopla de excelente forma al módulo didáctico.

Las electroválvulas constan de un caudal máximo de  $144 \text{ l/mm}^3$  que actuará con un solenoide, su entrada es de 24 V y los puertos acoplados serán  $1/8$  pul en la siguiente figura 4.42 se describirá las características técnicas de la válvula seleccionada.



**Figura 4.41 electroválvulas de doble efecto**

**Fuente: [10]**

|   |   |                                     |                                  |                                     |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Modelo                                  | 4V110-M5<br>4V120-M5                                | 4V130C-M5<br>4V130E-M5<br>4V130P-M5 | 4V110-06<br>4V120-06             | 4V130C-06<br>4V130E-06<br>4V130P-06 |
| Medio                                   | Aire (que se filtra por el elemento 40µm de filtro) |                                     |                                  |                                     |
| Tipo de acción                          | Piloto  |                                     |                                  |                                     |
| Tamaño del puerto                       | Entrada= Salida =M5                                 |                                     | Entrada =Salida =1/8"            |                                     |
| Área efectiva de la sección transversal | 5.5mm <sup>2</sup><br>(Cv=0.31)                     | 5.0mm <sup>2</sup><br>(Cv=0.28)     | 12.0mm <sup>2</sup><br>(Cv=0.67) | 9.0mm <sup>2</sup><br>(Cv=0.50)     |
| Tipo de válvula                         | 5/2 vías  | 5/3 vías                            | 5/2 vías                         | 5/3 vías                            |
| Presión de trabajo                      | 0.15~0.8MPa(21~114Psi)                              |                                     |                                  |                                     |
| Presión de prueba                       | 1.5MPa(215Psi)                                      |                                     |                                  |                                     |
| Temperatura °C                          | -20~70  |                                     |                                  |                                     |
| Material del cuerpo                     | Aleación de aluminio                                |                                     |                                  |                                     |
| Lubricación                             | No requiere lubricación                             |                                     |                                  |                                     |
| Max. Frecuencia ①                       | 5 ciclos / seg                                      | 3 ciclos / seg                      | 5 ciclos / seg                   | 3 ciclos / seg                      |
| Peso                                    | 4V110-M5:120g<br>4V120-M5:175g                      | 200g                                | 4V110-06:120g<br>4V120-06:175g   | 200g                                |
| Especificación de bobina                |   |                                     |                                  |                                     |
| Artículo                                | Specifiche  |                                     |                                  |                                     |
| Voltaje estándar                        | AC220V、AC110V、AC24V、DC24V、DC12V                     |                                     |                                  |                                     |
| Rango de voltaje                        | AC : ±15%   |                                     | DC : ±10%                        |                                     |
| Consumo de alimentación                 | AC : 2.5VA  |                                     | DC : 2.5W                        |                                     |
| Protección                              | IP65 { DIN40050 }                                   |                                     |                                  |                                     |
| Clase térmica                           | Clase B   |                                     |                                  |                                     |
| Entrada eléctrica                       | Terminal, Grommet                                   |                                     |                                  |                                     |
| Tiempo de activación                    | 0.05 seg y por debajo                               |                                     |                                  |                                     |

① La frecuencia máxima de actuación está en el estado sin carga

**Figura 4.42 Especificaciones de la electroválvula.**

**Fuente:** [10].

#### **4.7.8. Adaptador del grupo de electroválvulas Manifold.**

Es una estación de montaje donde se coloca un grupo de electroválvulas que posee una entrada por donde distribuye aire a todas las electroválvulas permitiendo así ahorrar espacio y eficiencia al momento de la distribución y la agrupación de los elementos.

#### **4.7.9. Manifold.**

Se adaptara un manifold que posee 5 estaciones donde se acoplara el grupo de electroválvulas ya seleccionadas , previamente a la hora de la instalación hay que tener muy en cuenta que los cauchos que conforma la parte del manifold se encuentren bien instalados así evitando que hay fugas de aire que se encuentra comprimido en el sistema.





**Figura 4.43 Manifold de 5 estaciones.**

**Fuente:** [10].

#### **4.8. Accesorios adicionales que conforma el diseño neumático.**

##### **4.8.1. Controladores de flujo directo.**

Se acopla controladores de flujo que permiten regular el flujo de aire en todos los procesos como de taladrado o escariado y verificación, se puede regular la velocidad en un solo sentido, posee un bloqueo para evitar manipulaciones no deseadas.



**Figura 4.44 Controladores de flujo directo.**

**Fuente:** [10].

##### **4.8.2. Racores.**

Son acoples que vienen en una instalación neumática, importantes para la sujeción de la manguera, permitiendo un montaje rápido, hay diferentes tipos de racores de acorde a la instalación requerida.



**Figura 4.45 Racor.**

**Fuente: [10].**

#### **4.8.3.Regulador de presión.**

Actúa como un removedor de agua y partículas sólidas mayores de 5  $\mu$ m que son enviadas desde el compresor o un alimentador de aire, posee un bloqueo de seguridad con un manómetro. Se selecciona una unidad de mantenimiento de las siguientes características.



**Figura 4.46 Regulador de presión.**

**Fuente: [10].**

**Tabla 4.17**

#### **Características técnicas del regulador de presión.**

| <b>N°</b> | <b>Modelo</b> | <b>Fluido</b> | <b>Tamaño de puerto</b> | <b>Rango de temperatura</b> | <b>de Peso</b> |
|-----------|---------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|----------------|
| <b>1</b>  | GFR Series.   | Aire          | 1/8"                    | -20~70°C                    | 1300g          |

**Fuente: [10].**

## 4.9. Selección de los equipos eléctricos

### 4.9.1. Sensor fotoeléctrico

Es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor.



**Figura 4.47 Sensor transmisor - receptor IBEST.**

**Fuente: [26].**

**Tabla 4.18**

#### Especificaciones técnicas de sensores LMT12PO.

| N° | Modelo    | Tipo                        | Fuente de alimentación | Distancia de censado | Corriente | Protección |
|----|-----------|-----------------------------|------------------------|----------------------|-----------|------------|
| 1  | LMT12P O. | Sensor fotoeléctric o IBEST | DC 10~30 V             | 3 m                  | 200 mA    | IP67       |

**Fuente: [26].**

### 4.9.2. Sensor Inductivo

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto.



**Figura 4.48 Sensor Inductivo.**

**Fuente: [26].**

**Tabla 4.19**

**Especificaciones técnicas de sensor inductivo.**

| No. |                         |                           |
|-----|-------------------------|---------------------------|
| 1   | Modelo                  | IPS-8PO2B.                |
| 2   | Tipo                    | Sensor Inductivo<br>IBEST |
| 3   | Distancia de montaje    | 1mm/2mm.                  |
| 4   | Distancia de detención  | 0~0,8mm/0~1,8mm.          |
| 5   | Fuente de alimentación. | DC 10~30 V                |
| 6   | Corrientes de salida.   | $\leq 100\text{mA}$       |
| 7   | Protección              | IP 67                     |

**Fuente: [26].**

#### **4.9.3.Sensor magnético.**

Su función es la de realizar como un interruptor de aproximación, activando un campo magnético externo permitiendo detectar los finales de

carrera de los cilindros neumáticos, mediante de este tipo de sensor se puede detectar la posición del émbolo así permitiendo utilizarlos como un switch.



**Figura 4.49 Sensor Magnético.**

**Fuente: [10].**

De acuerdo a sus características se aptado por la selección del sensor magnetico de la marca en AIRTAC modelo DS1 HLP se detalla en la siguiente tabla 4.8.

**Tabla 4.20 Especificaciones técnicas de sensor magnético.**

| No. |                               |                             |
|-----|-------------------------------|-----------------------------|
| 1   | Modelo                        | DS1 HLP                     |
| 2   | Tipo                          | Sensor magnético<br>AIRTAC. |
| 3   | Voltaje de operación.         | 5~30 V DC                   |
| 4   | Máxima corriente de operación | 200 mA                      |
| 5   | Indicador                     | Led rojo                    |
| 6   | Sensibilidad                  | 60~75 Gauss                 |
| 7   | Max Frecuencia                | 1000 Hz                     |
| 8   | Protección                    | IP 67(NEMA6)                |

**Fuente: [10]**

#### 4.9.4. Módulo de entradas y salidas.

Para la selección del módulo de entradas y salidas se ha elegido una marca en particularidad Schneider Electric por su facilidad de adquirir en el mercado y su factibilidad y confianza, realiza una interfaz encargada de llevar la señal eléctrica hacia un controlador posee 8 entradas y 8 salidas que conectan los sensores y actuadores, las señales eléctricas son enviadas por medio de un cable DB25 hembra así como las líneas de alimentación como se puede ver en la figura 4.50.

La interfaz también incluye borneras de 24V DC y 0V DC para alimentar los elementos que se conectarán a la misma.



**Figura 4.50** Módulo de entradas y salidas.

**Fuente:** [28].

#### 4.9.5. Motor reductor.

La parte más importante del módulo didáctico es la implementación de un motor reductor el cual permite realizar la transportación de las piezas didácticas ver figura 4.51.

**Tabla 4.21**

**Datos técnicos.**

No.

|   |           |      |
|---|-----------|------|
| 1 | Voltaje:  | 24 V |
| 2 | Corriente | 4A   |

**CONTINÚA**



| Nominal: |           |         |
|----------|-----------|---------|
| 3        | Rpm:      | 46 rpm  |
| 4        | Potencia: | 50 Watt |
| 5        | d.:       | 0.009 m |

**Fuente:** [17].



**Figura 4.51 Motor reductor.**

**Fuente:** [17].

En la selección del motor reductor se evalúa varias alternativas como su disponibilidad, eficacia y disponibilidad en el mercado además se toma en cuenta su potencia con que movilizará en forma circular el plato divisor en motor reductor cuenta con un juego de engranajes que le permite acoplar un eje y por medio del eje esta sujetado el plato divisor.

Se utilizan los siguientes cálculos para encontrar la potencia necesaria que se necesita para realizar dicho movimiento.

$$Potencia = \frac{F * \pi * d * n}{60}$$

Dónde:

P: potencia (Wattios)

F: fuerza (N)

d: diámetro (m)

N: revoluciones por minuto (rpm)

$$Fuerza = \frac{m * V^2}{r}$$

V: velocidad de giro.

$$Velocidad = \frac{\pi * d * n}{60}$$

Cálculo de la velocidad.

$$Velocidad = \frac{\pi * d * n}{60} = \frac{\pi * 0,009 \text{ m} * 46 \text{ rpm}}{60} = 0,021 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Fuerza = \frac{m * V^2}{r} = \frac{0,98 \text{ kg} * 0,021^2}{0,045} = 0,096 \text{ N}$$

Potencia de entrada.

$$P1 = Un * In = 10V * 4A = 40W$$

Potencia de salida.

$$P2 = 2 * \frac{\pi}{60} * M * n = 2 * \frac{\pi}{60} * 3N.m * 46 \text{ rpm} = 14.45W$$

Eficiencia.

$$n = \frac{P2}{P1} = \frac{14.45 \text{ W}}{40 \text{ W}} = 0.35 \sim 35\%$$

Torque del motor M.n.

$$M.n = \frac{60}{2\pi} * \frac{P2}{n} = \frac{60}{2\pi} * \frac{14.45 \text{ W}}{46} = 2.99 \sim 3N.n$$



La potencia calculada le permite girar el plato divisor en una velocidad adecuada con la que realiza una buena sincronización. Para realizar una buena sincronización en el posicionamiento del plato divisor se disminuye el voltaje de alimentación del motor reductor a 10 V para reducir la velocidad de giro del plato divisor.

Consume una corriente de 4 A el cual es adecuado para trabajar con el PLC que se seleccionó.

### **Sistema de transmisión**

Seleccionando el motor reductor de la marca Bosch de las siguientes características técnicas que se detallan en la siguiente tabla

**Tabla 4.22**

#### **Especificaciones técnicas del motor reductor Bosch.**

| N° | Modelo | Voltaje | Potencia | nN     | I   | Torque | IP    | Peso     |
|----|--------|---------|----------|--------|-----|--------|-------|----------|
| 1  | Bosch  | 24 V    | 50 W     | 46 rpm | 3 A | 3N.m   | IP 44 | 1,300 kg |

**Fuente:** [17].

### **Accesorios para el circuito de control.**

#### **Fusible**

Su función es la de proteger el sistema de control que tiene el módulo didáctico por tanto es necesario seleccionar un fusible en función de la corriente nominal del motor.

En este caso corresponde a un motor reductor de 24V con una potencia de 50W y una corriente nominal de  $I_n = 4$  A.

$$I_{fusible} = 1.25 * I_n$$

$$I_{fusible} = 1.25 * 4$$

$$I_{fusible} = 5 A$$

De acuerdo con la corriente calculada el fusible seleccionado dependerá de las siguientes características técnicas presentadas en la siguiente tabla 4.23.

**Tabla 4.23**

**Características del fusible**

| N° | Modelo | Voltaje | Intensidad |
|----|--------|---------|------------|
| 1  | SIMON  | 127 V   | 10 A       |



**Figura 4.52 Fusible.**

**Nota:** Se elige este tipo de fusible con el fin de proteger a todos los equipos que están conectados en el módulo didáctico así evitar daños a futuro o complicaciones en el sistema eléctrico.

**Canaleta.**

Este tipo de canaletas plásticas son ranuradas de la marca Dexon 10\*10mm como se puede observar en la siguiente figura 5.53 su función es cumplir con las normas establecidas y mantener una buena imagen en la instalación de los accesorios extras del módulo didáctico.



**Figura 4.53 Canaletas de plástico.**

## Riel DIN

Se instalan rieles DIN de 30 mm para el montaje de los equipos como el módulo de entradas y salidas el manifold y las electroválvulas.



**Figura 4.54 Riel DIN.**

### 4.10. Selección de equipos para la automatización del módulo didáctico.

#### 4.10.1. Controlador lógico programable (PLC).

Se opta por la selección del PLC de acuerdo a los requerimientos que se usará en la automatización del módulo didáctico el número de entradas y salidas son dadas de acuerdo al tipo de PLC y de sus características técnicas.

**Tabla 4.24**

#### Características técnicas del PLC.

| No. | Descripción  | Tipo               | Cantidad |
|-----|--|--------------------|----------|
| 1   | Activación de los pulsadores del tablero de control. | Entrada digitales  | 4        |
| 2   | Activación de los sensores.                          | Entrada digitales  | 5        |
| 3   | Activación de las electroválvulas.                   | Entradas digitales | 5        |
| 4   | Activación de arranque moto reductor.                | Salidas digitales  | 1        |
| 5   | Activación de los cilindros neumáticos.              | Salida digital     | 4        |

**CONTINÚA**



|   |  |                 |   |
|---|--|-----------------|---|
| 6 | Activación del gripper neumático.          | Salida digital  | 1 |
| 7 | Encendido de las lámparas de paro, inicio. | Salida Digital. | 2 |

Debe poseer una interfaz de comunicación Ethernet capaz de conectarse con una pantalla touch y otros dispositivos.

### **PCL'S SIMATIC S7-1200 1214c AC-DC-RLY**

De acuerdo a la tabla generada se opta por la selección del PLC S7-1200 - 1412 AC-DC-RLY.

Además posee un número de entradas y salidas que se requiere disponibles, a la hora de seleccionar este tipo de la marca Siemens es muy comercial y estandarizado a nivel del control industrial y en procesos de máquinas, por lo tanto, es la alternativa más relevante a la hora de usar estos equipos.

Cuenta con un protocolo de comunicación que le permite establecer una comunicación entre el operario y la máquina, las condiciones en que trabaja el módulo didáctico que son las siguientes estado de pulsadores, luces piloto, control de variable, comunicación Ethernet.

Hay que tomar en cuenta que en la construcción del módulo didáctico se tomó una base estandarizada de los equipos de automatización por cuanto es una gran ventaja a la hora de estar conectados con otros equipos de la misma marca así facilitando la integración con otros módulos ya creados.



**Figura 4.55 PCL'S SIMATIC S7-1200 1214c AC-DC-RLY.**

**Fuente: [19].**

**a) Panel touch KTP 400 color.**

Se agrega una pantalla de marca Siemens para visualizar estatus de cada de los procesos. La ventaja de esta pantalla es una interfaz Ethernet que permite realizar comunicaciones de tipo PROFINET.

Para su programación se utilizara el TIA PORTAL V13 o desde un WINCC flexible.



**Figura 4.56 Paneles de operador SIMATIC.**

**Fuente: [19]**

## CAPÍTULO V

### 5. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO.

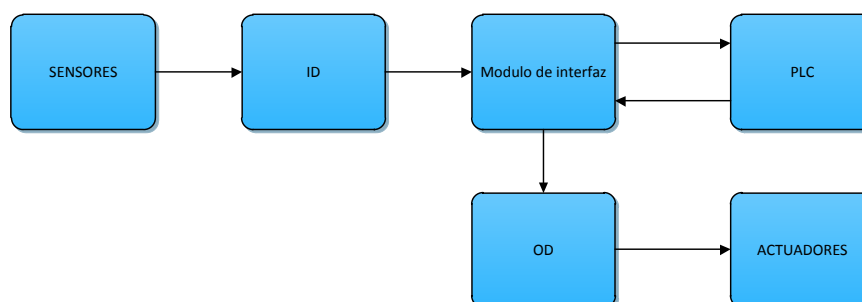
#### 5.1.Introducción.

En el siguiente capítulo se detalla el diseño del módulo para verificación y escariado de piezas mecánicas, y la implementación en la funcionalidad del prototipo didáctico, este sistema está diseñado para la integración con otros módulos de diferentes procesos,

Mediante el uso del software Solidwork se pudo detallar los esfuerzos permitidos a los que puede trabajar en módulo didáctico. El módulo didáctico consta de sensores, actuadores, y un motor reductor. La parte fundamental es la del control que se realizó con un PLC S7 1200 AC-DC-RLY para su automatización formando también parte ello se utilizó una red Ethernet instalada.

#### 5.2.Diagrama de bloques del módulo didáctico.

El principio de funcionamiento del módulo didáctico se detallara en el siguiente diagrama de bloques.



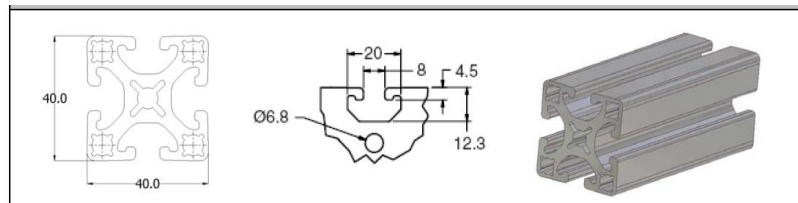
**Figura 5.1 Diagrama de bloque del módulo didáctico.**

#### 5.3.Ensamblaje estructural y mecánico.

Es importante detallar los materiales primordiales utilizados en la implementación del módulo didáctico.

### Perfiles de aluminio estructural.

Son bases donde se acoplara los equipos que conforman el módulo didáctico son perfiles de aluminio estructural que forma parte de los soportes que necesita la estación de taladrado, sujeción, comparación y expulsión.



**Figura 5.2 Perfil de aluminio.**

**Tabla 5.1**

#### Características técnicas de los perfiles de aluminio

|            |   |      |
|------------|---|------|
|            | Momento de inercia                          | 9.46 |
| <b>No.</b> | <b><math>I_x</math> (<math>cm^4</math>)</b> |      |
| <b>1</b>   | Momento de inercia $I_y$ ( $cm^4$ )         | 9.46 |
| <b>2</b>   | Módulo de la sección $W_x$ ( $cm^3$ )       | 4.74 |
| <b>3</b>   | Módulo de la sección $W_y$ ( $cm^3$ )       | 4.74 |
| <b>4</b>   | Área ( $cm^2$ )                             | 6.66 |
| <b>5</b>   | Kg/m)                                       | 1.72 |

### Tornillo Allen DIN 912

Son elementos mecánicos que se utiliza para sujetar todo tipo de material metálico su gran cabeza es de forma es hexagonal M8 se acopla perfectamente

a la tuerca cabeza de martillo que está diseñada especialmente para este tornillo.

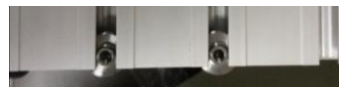


**Figura 5.3 Tornillo Allen DIN 912.**

#### **Tuercas cabeza de martillo.**

Este tipo de tuercas especiales son diseñadas especialmente para el tornillo M8 que se utiliza para fijar fuertemente uniones de elementos desmontables el tornillo debe obtener una buena sujeción entre los elementos que se encuentren sujetos.

Para la construcción del módulo didáctico se opta por utilizar las tuercas cabeza de martillo puesto que la plancha de aluminio FESTO posee los perfiles adecuados para insertar en las ranuras del perfil.

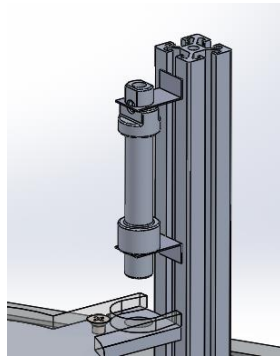


**Figura 5.4 Tuercas cabeza de martillo.**

#### **Soportes metálicos**

Estos soportes están diseñados para sujetar los actuadores neumáticos que se encuentran en las estaciones de taladrado como de verificación y expulsión así como para la sujeción de los sensores que van acoplados en el módulo didáctico. Sus medidas van de acuerdo al diseño realizado.





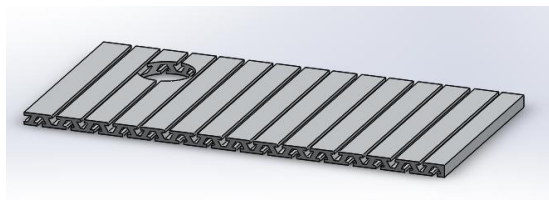
**Figura 5.5 Soportes metálico.**

### **Plancha perfilada de aluminio.**

Se adquirió la base original de placa perfilada de aluminio FESTO teniendo en consideración que las dimensiones que ya viene de fábrica son ideales para la sujeción de los equipos que va a ir sobre ella.

Sus dimensiones son 700\*350 mm (largo, ancho) con un agujero en la parte superior, posteriormente servirá para el cruce de cable eléctricos como neumáticos que se realizará en el módulo didáctico. El perfil cuenta con dos secciones con dimensiones 14\*35 sobre el cual ira montada el módulo de entradas y salidas así como el manifold y las electroválvulas.

A continuación el diseño realizado de la placa perfilada FESTO para el módulo didáctico de verificación y escariado de piezas mecánicas.



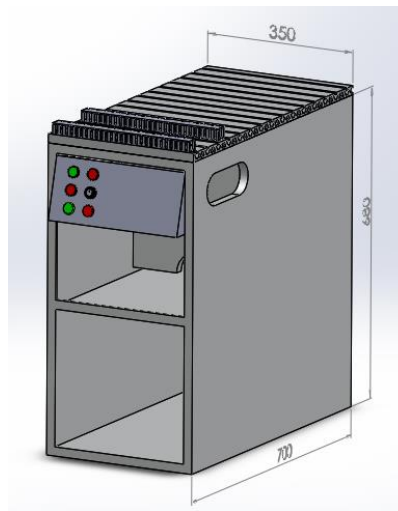
**Figura 5.6 Plancha perfilada FESTO.**

### **Mesa movil**

Se diseñó una mesa móvil y compacta con la facilidad de soportar sobre ella la placa perfilada FESTO cuenta con orificios laterales y posteriores que

facilitan el adecuado ordenamiento de los cables, en la parte frontal se puede acoplar el panel de control.

La mesa móvil se construyó tomando en cuenta las dimensiones originales de la mesa original FESTO por cuanto se diseñaron más estaciones de producción modular que tienen las mismas dimensiones puesto que se integraran uno tras uno.



**Figura 5.7 Mesa móvil.**

**Tabla 5.2**

**Elementos y materiales utilizados en la implementación.**

| No. | Elementos                        | Cantidad |
|-----|----------------------------------|----------|
| 1   | Perfiles de aluminio estructural | 4        |
| 2   | Tornillo Allen DIN 912           | 20       |
| 3   | Tuercas cabeza de martillo       | 20       |
| 4   | Soportes metálicos               | 10       |
| 5   | Plancha perfilada de aluminio    | 1        |
| 6   | Mesa móvil                       | 1        |

**a) Montaje de la estructura base.**

Sobre la mesa rodante se acopló el perfil de aluminio en el mismo que se adapta el motor reductor como se muestra en la figura 5.8.



**Figura 5.8 Montaje de los soportes del módulo didáctico.**

A continuación se instaló 3 perfiles de aluminio estructural sobre la mesa perfilada, están ubicados en forma vertical, como se muestra en la figura 5.9.



**Figura 5.9 Montaje de los soportes de las estaciones.**

### **b)Montaje del soporte de la estación de taladrado.**

El soporte está conformado de los siguientes elementos, puesto que se consideró como la parte más importante en el módulo didáctico se ha incorporado un perfil de aluminio estructural de 45\*45 mm rectangular su altura de 63 cm con una base de apoyo circular de 9 cm de diámetro, Su función es la de sujetar los equipos que van acoplados al perfil como son el cilindro sin vástago y el taladro neumático cuya función es de realizar la simulación del taladrado.

#### **Equipos para la estación de taladrado**

Con el perfil ya instalado y de acuerdo sus medidas ya diseñados se procede a colocar el cilindro sin vástago, el cilindro posee dos soportes fijos que junta el perfil con el cilindro de manera que permanezca fijo, el cilindro tendrá una movilidad en el eje Y donde unirá con el taladro de tal manera que realiza el proceso de taladrado, en la parte móvil del cilindro se junta el taladro neumático y todos los elementos estarán sujetos con la tuerca cajeadada de cabeza de martillo y un tornillo Allen DIN 912.



**Figura 5.10 Soporte de la estación de taladrado.**

### **c) Montaje del sistema de sujeción.**

El sistema de sujeción consta de un griper y un cilindro neumático. La función principal del gripper es el de sujetar la pieza didáctica que se encuentra sobre el plato giratorio, el cilindro neumático realiza un desplazamiento horizontal que facilita la operación de sujeción a la pinza, esto permite que la pieza didáctica tenga una sujeción segura al momento que se comience a realizar el proceso de taladrado.

### **Equipos utilizados para el sistema de sujeción.**

Está conformado de cuatro elementos, un perfil de aluminio estructural de 30\*30 mm rectangular de longitud 9 cm sobre el cual esta acoplado un perfil en forma horizontal de 19 cm longitud, estos perfiles estas sujetos por una tuerca cajeadada de cabeza de martillo y un Tornillo Allen DIN 912. Sobre la base estructural se encuentra el gripper y el cilindro neumático estos se encuentran integrados en forma horizontal de manera que así sujetara la pieza didáctica de una forma segura.



**Figura 5.11 Sistema de sujeción.**

### **d) Montaje de la estación de verificación y expulsión neumático.**

Su función es de desplazar el cilindro de doble efecto con el fin de constatar que se haya realizado la perforación correcta en el proceso anterior, esta estación consta de un cilindro giratorio el cual gira 90° su función es la expulsar las piezas didácticas a un siguiente módulo integrador que se encuentra en el siguiente proceso, el soporte seleccionado está conformado por

un perfil estructural de 40\*40 mm rectangular de longitud 34 cm con una base de apoyo circular.

### **Equipos de la estación de verificación y expulsión mecánica.**

El soporte es la base de perfil estructural donde están incorporados el cilindro neumático y el cilindro de giro, los dos equipo están sujetos por una tuerca cajeadada de cabeza de martillo y un tornillo Allen DIN 912 de tal forma que permanecerán estáticos los equipos a los extremos de cada cara del perfil estructural.



**Figura 5.12 Estación de verificación y expulsión.**

#### **e) Movimiento de transmisión del plato giratorio.**

El plato giratorio está diseñado para realizar procesos en paralelo, posee un motor reductor que va acoplado con eje rotativo al centro de la mesa, que le permite girar en forma circular, posteriormente tiene instalado una base metálica en la parte inferior del plato para equilibrar su forma horizontal y en los extremos de la base metálica tiene cuatro soportes, que van sujetos por una tuerca cajeadada de cabeza de martillo y un tornillo Allen DIN 912 a la plancha perfilada. De esta forma podrá girar a una velocidad adecuada con el fin de que el módulo didáctico opere debidamente en cada uno de los proceso que realiza.



**Figura 5.13 Plato Giratorio.**

#### **5.4.Implementación del sistema eléctrico.**

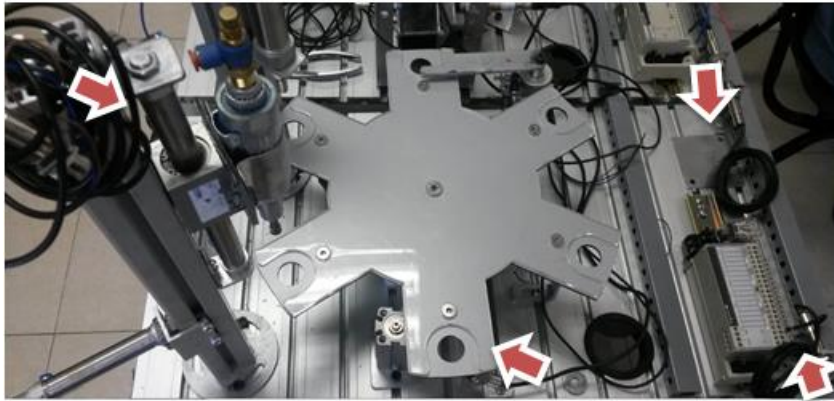
##### **Sensores**

Es importante conocer los tipos de sensores que se incorporará en la implementación del módulo didáctico de Verificación y Escariado de piezas mecánicas, el uso de los mismos garantiza el buen control y el funcionamiento de dicho módulo, es significativo que los sensores obtengan una buena sujeción estructural ya que serán instalados en lugares predeterminados del módulo, así se evita en un futuro errores en el funcionamiento.

##### **5.4.1.Sensor Fotoeléctrico emisor receptor.**

Se encuentra instalado 4 sensores Fotoeléctricos de la marca IBEST los cuales están ubicados en dos partes del módulo didáctico en la parte estructural perfilada de la estación de taladrado y en las esquinas de la estación modular ya que por medio de este sensor da inicio al proceso modular y por supuesto también le permite la integración de diferentes estaciones modulares.

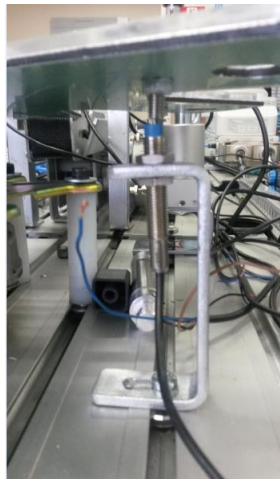
Su función es detectar la existencia de la pieza didáctica que está situado sobre plato divisor ya que por medio de un corte de señal le permite iniciar el proceso, el sensor fotoeléctrico consta de un emisor y receptor su ajuste se realiza por medio de las tuercas que vienen incorporados en el sensor. El sensor despliega una luz directa que va desde emisor a receptor esa es su comunicación la cual permite ser muy útil a la hora de instalar los equipos y asegurando una buena comunicación.



**Figura 5.14 Ubicación de sensores fotoeléctricos.**

#### **5.4.2.Sensor inductivo.**

Se instaló un sensor inductivo de la marca IBEST con dirección vertical sobre el plato divisor su función es detectar la presencia de los tornillos metálicos que están incorporados en las seis posiciones que dispone el plato divisor su distancia de censado es de 0,4 mm.



**Figura 5.15 Ubicación del sensor Inductivo.**

#### **5.4.3.Sensores magnéticos.**

Se acoplo al módulo didáctico sensores magnéticos de la marca AIRTAC CS1-G los cuales están unidos y sujetos al cilindro y gripper por una amarra de plástico como se puede observar en la figura 5.16.



Su función es de detectar la posición del cilindro en donde el émbolo posee un imán que es detectado, el sensor envía una señal a las entradas del PLC que de acuerdo al programa que este automatizado actuará dicho sensor, su ajuste se realiza moviendo el sensor magnético ya que tiene incorporado un indicador de led rojo que afirmara la posición donde actúa de la mejor manera el sensor magnético.

Los sensores están implementados en los siguientes cilindros neumáticos:

- En la parte posterior del gripper neumático.
- En el cilindro de doble efecto de la estación de verificación.



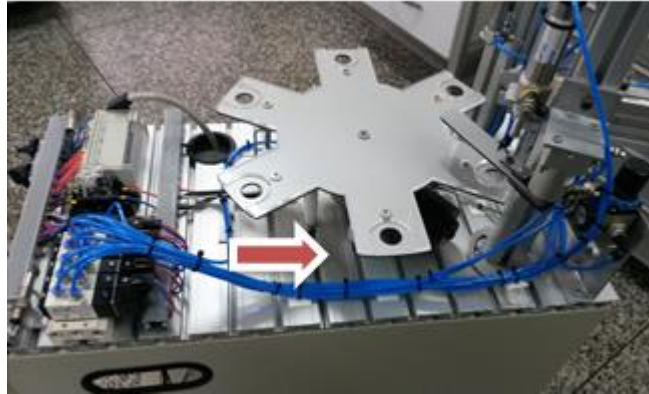
**Figura 5.16 Sensores Magnéticos.**

#### **5.4.4. Actuador eléctrico.**

##### **Motor reductor.**

Son motores DC de marca Bosch que tiene incorporado en si un sistema reductor que le permite disminuir su velocidad, su alimentación es de 24 V y su consumo es de 4 A se eligió un motor de este tipo de características por su costo, fácil de encontrar en el mercado, rendimiento y acoplables al ámbito en que se instalara.

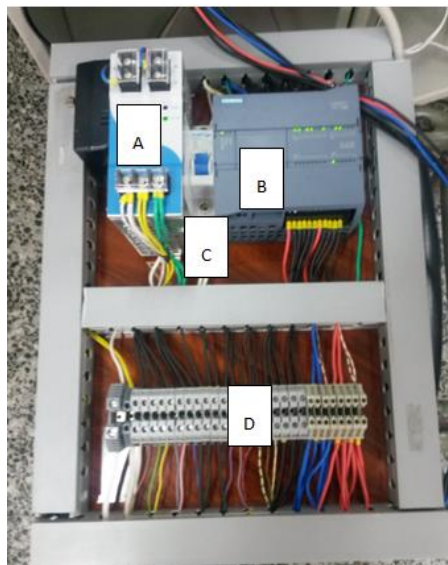
Su función es girar el plato divisor puesto que es un motor reductor que proporcionara una velocidad adecuada en la traslación de las piezas didácticas como se puede observar en la figura 5.17.



**Figura 5.17 Motor reductor.**

#### **5.4.5.Montaje del tablero de control.**

Está instalado en la parte interna de la mesa rodante el tablero posee las siguientes medidas 45\*38 cm consta de elementos de protección como de conexión el voltaje con la que se trabaja es de 127 V y una fuente de 24 V con las cuales trabajara el módulo didáctico.



**Figura 5.18 Tablero de control.**

Descripción del tablero de control:

- A. Fuente de 24 V.
- B. PLC SIMATIC S7-1200-AC-DC-RLY.
- C. Fusible
- D. Borneras.

#### 5.4.6. Diagrama de flujo del proceso de taladrado y verificación.

La programación del módulo está basada en el siguiente diagrama de flujo.

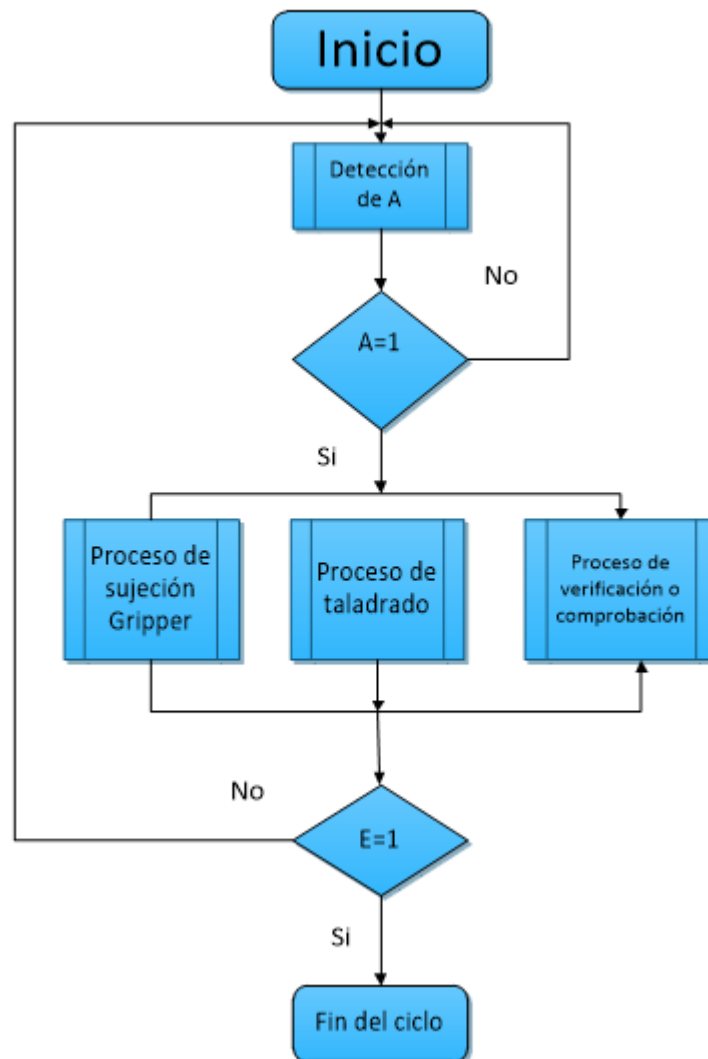


Figura 5.19 Diagrama de flujo.

**Principio de funcionamiento.**

El proceso se ejecuta de forma continua, inicia con la detección de piezas, sujeción, taladrado y verificado, finalizando con la expulsión de la pieza didáctica al siguiente proceso.

Los procesos que realiza el módulo didáctico son de forma paralela ya que todas las tareas deben finalizar para poder realizar un avance del plato giratorio.

## CAPÍTULO VI

### 6. PRUEBAS Y RESULTADOS.

Como resultado se diseñó e implementó un módulo didáctico para realizar procesos de verificación y escariado de piezas mecánicas el módulo cuenta con una respectiva hoja de prácticas que detallan todos los procedimientos a seguir su buen funcionamiento a la hora de ejecutar los procesos, el módulo cuenta con equipos adecuados para la simulación de los procesos que realiza como son taladrado o escariado, sujeción, verificación, expulsión cada proceso contiene las especificaciones técnicas de los dispositivos instalados a la hora de utiliza en cada proceso.

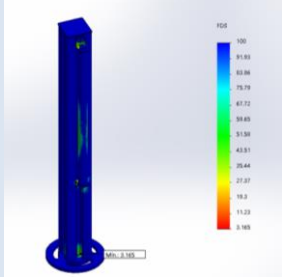
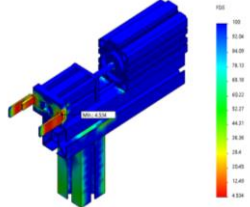
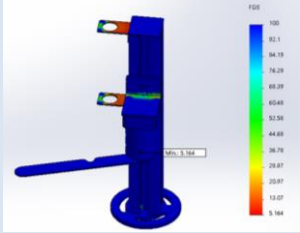
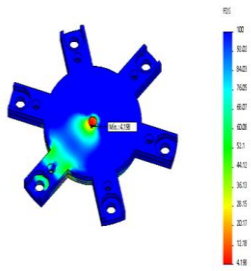
#### 6.1 Pruebas mecánicas.

Está comprendido de materiales mecánicos como los soportes de aluminio estructural que deben estar complementa menté en forma vertical de acuerdo a los esfuerzos ya realizados y con los factores de seguridad establecidos se encuentra aptos para ser instalados en cada estación del módulo didáctico además cuenta con tornillos all DIN 912 M8 y tuercas cabeza de martillo diseñados para su ajuste entre elementos.

La base estructural del plato giratorio que está diseñada de materiales que son capaces de soportar esfuerzos que proporcione cada estación del módulo didáctico, por cuanto se determinó que es la parte más vulnerable que posee el módulo, una vez realizado el análisis de esfuerzos se pudo determinar que está apto a realizar todo tipo de proceso a continuación una tabla generada del factor de seguridad de cada estación afirmando su confiabilidad en las pruebas mecánicas.

Tabla 6.1

## Factores de seguridad de las estaciones.

| Estación                              | Factor de seguridad   | Detalle                               |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Estación de taladrado.                |    | Factor de seguridad: 3.16<br>aprobado |
| Estación de sujeción.                 |    | Factor de seguridad: 4.54<br>aprobado |
| Estación de verificación y expulsión. |  | Factor de seguridad: 5.16<br>aprobado |
| Sistema de transporte.                |  | Factor de seguridad: 4.19<br>aprobado |

## 6.2 Pruebas eléctricas.

Cuenta con una protección general con el fin de evitar corto circuitos en el futuro y proteger a la parte medular del módulo didáctico que es el PL´C, se hizo un chequeo general donde se constató el ponchado de los cables que se encuentran bastante seguros con el fin de evitar que haya alguna desconexión o pérdida de variables a la hora que el módulo se encuentre en actividad.

Los equipos y sensores que está instalado el módulo didáctico, se deben realizar un seguimiento a los voltajes y su correcta calibración puesto que cada sensor tiene su límite de longitud de censado.

**Tabla 6.1**

**Pruebas eléctricas.**

| N° | Elemento                      | Voltaje, censado      | Correcto SI | NO |
|----|-------------------------------|-----------------------|-------------|----|
| 1  | Motor reductor                | 10 V DC               | ✓           |    |
| 2  | PLC AC-DC-RLY                 | 127 V AC              | ✓           |    |
| 3  | Fuente de 24 V                | 24 V DC               | ✓           |    |
| 4  | Sensores                      | 24 V DC               | ✓           |    |
|    | Inductivo                     | 4 mm censado          |             |    |
|    | Fotoeléctricos                | 30 cm censado         |             |    |
|    | Magnéticos                    | Acoplados al actuador |             |    |
| 5  | Relé                          | 24 V DC               | ✓           |    |
| 6  | Módulo de entradas y salidas. | 24 V DC               | ✓           |    |

Las conexiones que van directamente al controlador lógico programable se encuentran correctamente cableadas con un estándar adecuado:

**Tabla 6.2**

**Tabla de descripción del cableado.**

| N° | Modelo                     | Color                              |
|----|----------------------------|------------------------------------|
| 1  | Fuente del PLC en AC       | Amarillo= Fase<br>Blanco = Neutro  |
| 2  | Entradas y salidas del PLC | Negro = En las dos partes          |
| 3  | Fuente 24 DC               | Azul = negativo<br>Rojo = positivo |

**CONTINÚA**



---

|   |                |   |
|---|----------------|---|
| 4 | Tierra del PLC | Verde = acoplado a una base metálica para la descarga |
|---|----------------|---|

---

Cada módulo posee una comunicación PROFINET a su vez es un estándar de red Ethernet gracias a este tipo de enlace los módulos didácticos están integrados a la red que se incorporó además posee una pantalla touch que monitorea las variables que contiene cada módulo así ayuda a que se pueda detectar alguna anomalía de algún equipo que se encuentre instalado.

### **6.3 Pruebas de programación.**

El programa está diseñado para ser modificado de acuerdo a los requerimientos que necesita el operario así como también el uso de la pantalla touch de manera que se realizaron muchas pruebas con los ajustes de tiempos en los actuadores ajustando al tiempo que sea el más necesario.

### **Módulo didáctico de Verificación y escariado mecánico.**

Luego de haber realizado pruebas y correcciones en la implementación del módulo didáctico los resultados que arrojaron fueron errores mínimos en la parte mecánica como eléctrica, de manera que se tiene un buen resultado en el diseño e implementación del módulo didáctico y con la integración del controlador lógico programable S7-1200 y la KTP 400 fue más adecuado a la hora de la creación del módulo didáctico.



**Figura 6.1 Módulo Didáctico.**



## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. Conclusiones.

- Con la implementación de este módulo se puede ejecutar procesos como de verificación y escariado de piezas mecánicas permitiendo tener un acabado fino en el material didáctico, el objetivo de este módulo didáctico se realiza con el fin de que los alumnos del laboratorio de Neutrónica y Hidrónica conozcan su funcionalidad y desempeño a la hora de que se ejecuten los procesos industriales tomando siempre en cuenta que son equipos netamente para procesos didácticos.
- Al realizar el montaje de los equipos e instrumentos, se los ejecuto bajo parámetros normalizados siguiendo un estándar de FESTO Didactic así garantizar el correcto funcionamiento de los procesos a ejecutarse en el módulo didáctico.
- La unidad de control que se utiliza en este proyecto es un computador con un sistema operativo Windows XP ya que este es compatible con el controlador lógico programable mediante el cual se obtiene un control total de cada uno de los procesos y la integración de otros módulos didácticos ya creados.
- Se realizaron pruebas de sincronización y de tiempos de cada uno de los equipos que se encuentran instalados en el módulo didáctico así garantizara un perfecto funcionamiento del sistema de producción modular.
- Se elaboraron guías prácticas con el fin de que los estudiantes conozcan varias alternativas que tiene el módulo didáctico al momento de ejecutar los procesos industriales.

- Con la finalidad de simular procesos industriales fue creado el módulo didáctico de verificación y escariado de piezas mecánicas, de tal forma que se integrara a diferentes estaciones que están a continuación.

## 7.2.Recomendaciones

- Se recomienda a los estudiantes antes manipular el módulo didáctico que tengan conocimiento del funcionamiento ya que pueden ocasionar daños irreversibles al módulo si no se está capacitado para manejar dicho módulo.
- Es recomendable verificar las conexiones eléctricas tanto como del tablero de control como de la interfaz para así evitar averías eléctricas en los sensores y/o actuadores que se encuentren instalados.
- Se recomienda tener precaución y cuidado de manipular cuando el módulo este activo puesto que puede sufrir daños físicos.
- Es recomendable realizar un mantenimiento preventivo puesto que el módulo está formado varios sujetadores mecánicos los cuales en el futuro pueden sufrir oxidación y esto permitirá que se dañen los componentes mecánicos.
- Tener conocimientos de neumática puesto que el funcionamiento del módulo didáctico es más netamente neumático.
- Se recomienda a los estudiantes tener un desarrollo de nuevas alternativas para la programación ya que el módulo es netamente didáctico donde podrán manipular y aprender de una manera real en cuanto a la automatización industrial.
- Antes de cada funcionamiento se recomienda realizar un chequeo en general del módulo didáctico puesto que puede estar energizado algún equipo eléctrico.
- Saber calibrar los sensores emisor receptor ya que por medio de estos se pueden integrar a otros módulos didácticos con diferentes procesos industriales.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] A. G. Pere Ponsa, «DISEÑO Y AUTOMATIZACION INDUSTRIAL,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>.
- [2] C. Ing. Ruedas, «AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL:AREAS DE APLICACION PARA LA INGENIERIA,» 2008. [En línea]. Available: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_10\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf).
- [3] FESTO, «Didactic Internacional,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.festo-didactic.com/int-es/>.
- [4] Dietmar Falk, «Metalotecnia fundamental,» Reverte, 1986, 1986, pp. 272-274.
- [5] Iscar Ibérica, S.A., «Metalmecanica,» [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/14092-La-importancia-de-la-herramienta-para-un-optimo-proceso-de-escariado.html>. [Último acceso: 15 enro 2015].
- [6] R. G. B. y J. Nisbett, Diseño de ingeniería Mecánica, Mexicana D.F..
- [7] «Propiedades mecánicas de los materiales.,» [En línea]. Available: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/>. [Último acceso: 15 Mayo 2015].
- [8] ROBOTIQ, «Robótica Industria Noticias, Aplicaciones y Tendencias,» 2014. [En línea]. Available: <http://blog.robotiq.com/bid/65604/How-Pneumatic-End-Effectors-Work>.
- [9] TIMMER, 2011. [En línea]. Available: <http://www.timmer-pneumatik.de/>.

- [10] AIRTAC, PNEUMATIC EQUIPMENT, 2013.
- [11] I. C. Colagiaco, «Sistemas Neumaticos,» [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/luisjmacias1/sistemas-neumaticos-27757428>.
- [12] «Sensores y actuadores,» [En línea]. Available: [http://www.eudim.uta.cl/rmendozag/courses/2012/sistemas\\_de\\_sensores\\_y\\_actuadores/sistemas\\_de\\_sensores\\_y\\_actuadores\\_05.pdf](http://www.eudim.uta.cl/rmendozag/courses/2012/sistemas_de_sensores_y_actuadores/sistemas_de_sensores_y_actuadores_05.pdf). [Último acceso: 15 Marzo 2015].
- [13] . C. N. Florencio Jesús, «Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos,» Editorial Paraninfo, 2008, pp. 130-134.
- [14] «Introduccion a la Neumatica,» [En línea]. Available: <http://www.microautomacion.com/capitacion/Manual021IntroduccionaNeumatica.pdf>. [Último acceso: 16 03 2015].
- [15] SICONROL S.L., «Sistemas de Control Industrial,» [En línea]. Available: <http://www.sicontrol.com/racores.htm>.
- [16] ZIGBBE LABS, «Actuadores,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.zigbe.net/archivos/393>.
- [17] BOSCH, «MOTORES ELECTRICOS,» 2011.
- [18] «Controlador logico programable,» [En línea]. Available: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/299013/Manual061ControladorLogicoProgramablePLC.pdf>. [Último acceso: 20 marzo 2015].
- [19] Siemens, «TRABAJANDO CON PLCS,» 15 04 2015. [En línea]. Available: <http://insdecem.com/archivos/documentos/Trabajando%20con%20PLCS.pdf>.

- [20] «Características y montaje del simulador S7-1200.» 2005. [En línea]. Available:  
<http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>. [Último acceso: 21 Marzo 2015].
- [21] . J. M. Hurtado Torres, «Comunicaciones Industriales,» de *Comunicación entre dos CPU's S7-1200 en red Profinet vía TCP*, Departamento de Electricidad-Electrónica del I.E.S. Himilce – Linares..
- [22] P. G. Cintas, *Técnicas para la gestión de la calidad*, Diaz de Santos, 1995.
- [23] I. F. Manjarés, «Diseño de un transportador de sillas de rueda para subir escaleras.,» 2014.
- [24] N. Serrano, *Neumatica practica*.
- [25] P. Tomson, *Libro de Neumática*, Segunda edición.
- [26] SMC, «Air cylinder Model selection procedures,» [En línea]. Available:  
[http://www.smclt.lt/failai/cilind\\_s\\_EU.pdf](http://www.smclt.lt/failai/cilind_s_EU.pdf).
- [27] IBEST , «M12 serise sensor fotoeléctrico,» [En línea]. Available:  
<http://www.ibestchina.com/english/ViewProduct.asp?ID=237>.
- [28] Sneider Electric, «Modicon M340 con Unity Pro modulos de entradas y salidas binarias,» [En línea]. Available: [http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER\\_ELECTRIC/content/live/FAQS/232000/FA232139/es\\_ES/Unity%20v70%20-%20M340%20Modulos%20de%20entradas%20salidas%20digitales.pdf](http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/232000/FA232139/es_ES/Unity%20v70%20-%20M340%20Modulos%20de%20entradas%20salidas%20digitales.pdf).

# ANEXOS