

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

TEMA:

“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN EN EL SELLADO DE BOTELLAS PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”

AUTOR: Egdo. Luis Octavio Cacuango Chicaiza

TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo

AMBATO – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “ESTUDIO DE UN SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN EN EL SELLADO DE BOTELLAS PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.”, elaborado por el Sr. LUIS OCTAVIO CACUANGO CHICAIZA, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación de jurado examinador designado por el H. Consejo.

Ambato, Junio del 2015

TUTOR

Ing. Mauricio Carrillo

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

El contenido de la presente investigación desarrollada bajo el tema “ESTUDIO DE UN SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN EN EL SELLADO DE BOTELLAS PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”, así como las opiniones e ideas, vertidas, comentarios de resultados y análisis son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Junio del 2015

AUTOR

Egdo. Luis Octavio Cacuango Chicaiza

C.I. 050325434-4

DEDICATORIA

A mi madre, por creer en mí y compartir sus palabras de aliento en esos momentos difíciles cuando llegue a pensar que no lo lograría, gracias por estar siempre conmigo y permitirme demostrar que, con esfuerzo y dedicación, todo es posible.

Luis Octavio

AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por darme la fuerza para salir adelante y permitirme compartir esta eterna alegría con todos mis seres amados.

A mi madre.

Por su sacrificio y apoyo incondicional que supo darme para llegar a este punto de mi vida.

A mis queridos familiares.

Quienes compartieron mis noches de desvelo y estuvieron conmigo en todo momento brindándome sus ánimos y apoyándome de todo corazón.

A mis buenos amigos.

Con quienes compartí muchas alegrías y tristezas en mi vida de estudiante, y estuvieron dispuestos a bríndame su ayuda desinteresadamente cuando lo necesité.

A mi tutor.

Quien con su paciencia y enseñanza supo transmitirme sus conocimientos para poderle poner fin a esta etapa de mi vida.

A la Universidad Técnica de Ambato, que me abrió las puertas de la Carrera de Ingeniería Mecánica donde sus docentes mediante sus enseñanzas forjaron mis conocimientos que me servirán para desempeñarme dentro del campo laboral.

TEMA:	I
CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN EJECUTIVO	XVII
SUMMARY	XVIII
CAPÍTULO I	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico	2
1.2.3 Prognosis	3
1.2.4 Formulación Del Problema	3
1.2.5 Preguntas Directrices	4
1.2.6 Delimitación Del Problema.....	4

1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
 CAPÍTULO II	 7
 2. MARCO TEÓRICO	 7
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	7
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	8
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	8
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	9
2.4.1 Repotenciación.....	10
2.4.2 Sistemas de accionamiento	11
2.4.3 Sistemas de medición y control industrial	24
2.4.4 Técnicas de automatización	27
2.4.5 Dispositivo de control	29
2.4.6 Circuitos eléctricos principales de un sistema de control.	34
2.4.7 Definición e importancia del cierre de envases.....	37
2.4.8 Taparroscas	38
2.4.9 Diseño en ingeniería.....	39
 2.5 HIPÓTESIS	 40
 CAPÍTULO III.....	 41
 3. METODOLOGÍA	 41

3.1 ENFOQUE.....	41
3.1.1 Modalidad de la investigación	41
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.2.1 Exploratoria.....	42
3.2.2 Descriptivo.....	42
3.2.3 Correlacional.....	42
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	43
3.4.1 Variable independiente: Sistema de repotenciación.....	43
3.4.2 Variable dependiente: Tiempos de producción.....	44
3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	45
3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	45
3.6.1 Procesamiento de la información	45
3.6.2 Análisis e interpretación de resultados.....	45
CAPÍTULO IV	46
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	46
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
4.2 PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	52
4.3 MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	54
4.4 ALTERNATIVAS PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA SELLADORA DE TAPAS.....	55

4.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN Y VALORACIÓN DE SUS PARÁMETROS.	57
4.5.1 Producción	58
4.5.2 Costo	59
4.5.3 Facilidad de construcción.....	62
4.5.4 Montaje	63
4.5.5 Facilidad de manejo	64
4.5.6 Mantenimiento	64
4.5.7 Sumatoria de parámetros.....	65
4.6 SELECCIÓN DEL MECANISMO DE POSICIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SELLADO.	66
4.6.1 Solución A: Pistón neumático.....	66
4.6.2 Solución B: Piñón y cremallera	67
4.7 VALORACIÓN DEL MECANISMO DE POSICIONAMIENTO PARA EL SISTEMA DE ENROSCADO DE TAPAS.	68
4.7.1 Costo	68
4.7.2 Tamaño.....	69
4.7.3 Fiabilidad	70
4.7.4 Mantenimiento	70
4.7.5 Sumatoria de parámetros.....	71
4.8 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL DE FUNCIONAMIENTO.	71
4.8.1 Solución A: Controlador lógico programable (PLC).....	71
4.8.2 Solución B: Microcontrolador.....	72
4.8.3 Solución C: Contactor o Relé.....	73
4.9 VALORACIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENROSCADO DE TAPAS.	74
4.9.1 Confiabilidad.....	75

4.9.2	Fácil manejo	75
4.9.3	Mantenimiento	76
4.9.4	Costo	77
4.9.5	Sumatoria de parámetros.....	77
4.10	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	78
4.11	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	92
	CAPÍTULO V.....	93
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1	CONCLUSIONES.....	93
5.2	RECOMENDACIONES.....	94
	CAPÍTULO VI.....	95
6.	PROPUESTA	95
6.1	Tema:.....	95
6.1.1	Datos informativos	95
6.1.2	Institución ejecutora	95
6.1.3	Ubicación	95
6.1.4	Beneficiarios	95
6.1.5	Técnico responsable	95
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	96
6.3	JUSTIFICACIÓN	96
6.4	OBJETIVOS.....	97
6.4.1	Objetivo general	97

6.4.2	Objetivos específicos	97
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	97
6.6	FUNDAMENTACIÓN	98
6.6.1	Determinación de los parámetros de diseño.....	98
6.6.2	Funcionamiento de la máquina de sellado de botellas.....	101
6.6.3	Selección y diseño de los componentes de repotenciación.....	103
6.6.4	Diseño del sistema de control	147
6.7	METODOLOGÍA	152
6.8	ADMINISTRACIÓN	153
6.9	PRUEBAS DEL SELLADO DE BOTELLAS.....	155
6.9.1	Sellado semiautomático.	155
6.10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	160
6.10.1	Conclusiones	160
6.10.2	Recomendaciones.....	160
6.11	PREVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	161
BIBLIOGRAFÍA.....		163

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 2.1:	Sistema neumático básico	12
Figura 2.2:	Cilindro de doble efecto	13
Figura 2.3:	Actuador de paletas	14
Figura 2.4:	Sección de una electroválvula	16
Figura 2.5:	Válvulas reguladoras de caudal bidireccional y unidireccional	17

Figura 2.6: Sensor magnético de cilindro	17
Figura 2.7: Filtro regulador con manómetro y lubricador	18
Figura 2.8: Tipos de conectores neumáticos.....	19
Figura 2.9: Interruptores de montaje.....	22
Figura 2.10: Un sistema de medición y elementos que lo conforman	24
Figura 2.11: Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto.....	25
Figura 2.12: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.....	26
Figura 2.13 Automatismo neumático.....	27
Figura 2.14 Máquina automática mecánica	28
Figura 2.15: Automatismo eléctrico	29
Figura 2.16 Diferentes modelos de autómatas programables	30
Figura 2.17: Estructura de un PLC	31
Figura 2.18: Esquema de bloques general de un microcontrolador.....	32
Figura 2.19: Aspecto de relés	33
Figura 2.20: Contactores comerciales.....	34
Figura 2.21: Esquema de un circuito de control	35
Figura 2.22: Modelos tapa corta	38
Figura 4.1: Componentes del sistema de enroscado.....	50
Figura 4.2: Soportes del sistema de posicionamiento.....	50
Figura 4.3: Elementos de control del sistema de posicionamiento.....	51
Figura 4.4: Componentes del control de la máquina selladora de botellas	51
Figura 4.5: Sistema de enroscado de tapas compacto.....	55
Figura 4.6: Taponadora para tapones de rosca	56

Figura 4.7: Tapadora semiautomática.....	57
Figura 4.8: Cilindro de doble efecto convencional.....	66
Figura 4.9: Piñón - Cremallera	67
Figura 4.10: PLC	71
Figura 4.11: Microcontrolador.....	72
Figura 4.12: Contactores comerciales.....	73
Figura 4.13: Gráfico potencia, par y consumo	78
Figura 4.14: Distancia de separación entre botellas	83
Figura 4.15: Conjunto de sellado modificado.....	84
Figura 4.16: Dimensiones generales del conjunto	86
Figura 4.17: Esquema de posicionamiento para el ingreso de botellas	91
Figura 6.1: Puntos de aplicación de fuerza.....	98
Figura 6.2: Altura con respecto a la banda transportadora	99
Figura 6.3: Límites de dimensionamiento del soporte.....	100
Figura 6.4: Componentes y estructura básica de la máquina.....	101
Figura 6.5: Panel de control.....	102
Figura 6.6: Carga de posicionamiento	103
Figura 6.7: Eje acople	107
Figura 6.8: Diagrama de momento torsor.....	108
Figura 6.9: Esfuerzo cortante torsional.....	109
Figura 6.10: Factor de seguridad	110
Figura 6.11: Diagrama de cargas combinadas	111
Figura 6.12: Placa soporte	119

Figura 6.13: Diagrama de fuerzas cortantes de la placa	121
Figura 6.14: Momento flector máximo de la placa.....	121
Figura 6.15: Deformación de la placa.....	124
Figura 6.16: Soporte	125
Figura 6.17: Distribución del factor de seguridad en el soporte.....	126
Figura 6.18: Guía	127
Figura 6.19: Esquema para la designación de medidas finales de las piezas	128
Figura 6.20: Fuerza ejercida de en las paredes de la guía.....	131
Figura 6.21: Esfuerzo máximo que actúa en las paredes de la guía	132
Figura 6.22: Factor de seguridad distribuido en las paredes de la guía	132
Figura 6.23: Barra guía	133
Figura 6.24: Diagrama de fuerzas de la barra guía.....	134
Figura 6.25: Diagrama de fuerza cortante de la barra guía.....	135
Figura 6.26: Diagrama de momento de la barra guía	135
Figura 6.27: Deformación máxima.....	137
Figura 6.28: Canal suspensor.....	138
Figura 6.29: Factor de seguridad en el canal suspensor	139
Figura 6.30: Diagrama de tensiones del tornillo regulador	140
Figura 6.31: Factor de seguridad del tornillo regulador	141
Figura 6.32: Volante de regulación.....	142
Figura 6.33: Análisis del torque requerido para mover la carga en función del tiempo	143
Figura 6.34: Componentes de la boquilla de sierre	144
Figura 6.35: Desgaste del acople de la boquilla	145

Figura 6.36: Área de contacto efectiva	146
Figura 6.37: Tabulación de los tiempos de sellado semiautomático	157
Figura 6.38: Porcentaje de reducción de tiempo.....	158
Figura 6.39: Aumento de producción	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Simbología de válvulas distribuidoras	15
Tabla 3-1: Variable independiente.....	43
Tabla 3-2: Variable dependiente	44
Tabla 4-1: Ficha técnica de la máquina selladora de botellas.....	47
Tabla 4-2: Valoración asignado de ponderación.....	54
Tabla 4-3: Evaluación del peso específico de cada parámetro	58
Tabla 4-4: Interpretación de los tiempos de tapado.	59
Tabla 4-5: Evaluación del peso específico del parámetro Producción.	59
Tabla 4-6: Costo estimado de los elementos principales de cada sistema para la repotenciación.....	60
Tabla 4-7: Evaluación del peso específico del parámetro costo.	62
Tabla 4-8: Evaluación del peso específico del parámetro construcción.	62
Tabla 4-9: Evaluación del peso específico del parámetro montaje.....	63
Tabla 4-10: Evaluación del peso específico del parámetro manejo.....	64
Tabla 4-11: Evaluación del peso específico del parámetro mantenimiento.....	65
Tabla 4-12: Conclusiones.	65
Tabla 4-13: Evaluación del peso específico de cada parámetro	68
Tabla 4-14: Evaluación del peso específico del parámetro costo	69

Tabla 4-15: Evaluación del peso específico del criterio tamaño	69
Tabla 4-16: Evaluación del peso específico del criterio fiabilidad	70
Tabla 4-17: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	70
Tabla 4-18: Conclusiones	71
Tabla 4-19: Parámetros para la selección de alternativas	74
Tabla 4-20: Evaluación del peso específico del criterio Confiabilidad	75
Tabla 4-21: Evaluación del peso específico del criterio Manejo	76
Tabla 4-22: Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento.....	76
Tabla 4-23: Evaluación del peso específico del criterio Costo.....	77
Tabla 4-24: Conclusiones	77
Tabla 4-25: Características del taladro neumático.....	79
Tabla 4-26: Pruebas de enroscado de tapas	80
Tabla 4-27: Variación del tiempo en función de la longitud de carrera del actuador	85
Tabla 4-28: Valores de separación entre la boquilla para el ingreso de la botella.....	87
Tabla 4-29: Tiempos de posicionamiento.....	88
Tabla 4-30: Tiempos totales de producción.....	92
Tabla 6-1: Características del rodamiento seleccionado.....	116
Tabla 6-2: Parámetros para la selección del perfil.....	125
Tabla 6-3: Tabla de costos	153
Tabla 6-4: Tiempos de sellado de botellas.....	155
Tabla 6-5: Tiempos totales de producción.....	158

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de investigación realizado tuvo la finalidad de repotenciar la máquina selladora de botellas del Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica, mediante la selección e implementación de equipos adecuados que permitan mejorar los tiempos de producción dentro del Laboratorio, y sirvan como un aporte para la capacitación y desarrollo de prácticas de los estudiantes.

La investigación se basó en la modificación del sistema de sellado mecánico por uno neumático, manteniendo un alto grado de precisión en su dimensionamiento para que se adapte al tamaño de la botella y mantenga un alineamiento con las demás máquinas de la línea de embotellado, sin dejar de lado un diseño mecánico confiable aplicando materiales de grado alimenticio para evitar la contaminación del agua embotellada con se establece en la INEN 2200, mientras que para controlar las secuencias involucradas dentro del proceso se utilizó un PLC el cual recibe las señales de los sensores y otros dispositivos eléctricos para un ciclo de funcionamiento de la máquina manual o semiautomático.

Se realizaron pruebas de funcionamiento y se estableció un tiempo promedio de 0.8 seg para el sellado de botellas con el cual se reduce un 55.8 % del tiempo que se tenía originalmente, alcanzando de esta manera un aumento de la producción del 42% equivalente a 443 botellas/ hora más de lo que se producía; lo cual indica que el sistema neumático tiene un funcionamiento óptimo acorde a las necesidades del Laboratorio y de las demás máquinas de la línea de embotellado.

SUMMARY

The research work was intended to refurbish the bottle sealing machine Control Laboratory and Industrial Automation Mechanical Engineering Career, selecting and implementing appropriate equipment to improve production times within the laboratory, and serve as a contribution to the training and development of practices of students.

The research was based on the modification of the system of mechanical seal one tire while maintaining a high degree of accuracy in your sizing to fit the size of the bottle and hold alignment with the other machines in the bottling line, while side reliable mechanical design using food grade materials to avoid contamination of the bottled water is established in the INEN 2200, whereas control sequences involved in the process PLC is used which receives signals from sensors and other electric devices for an operating cycle of manual or semiautomatic machine.

Test runs were performed and an average time of 0.8 sec for sealing bottles which 55.8% of the time it originally had, thus achieving an increase in production of 42% equivalent to 443 bottles established is reduced / hour more than what was produced; which indicates that the tire has a chord optimal system operation needs Laboratory and other machines bottling line.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIO DE UN SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN EN EL SELLADO DE BOTELLAS PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

El desarrollo de la ciencia y tecnología ha permitido mejorar nuestro estilo de vida, facilitando nuestras labores cotidianas y mejorado los procesos de fabricación en las industrias, generando una mayor riqueza, gran parte de estos beneficios se han logrado como resultado de un sin número de investigaciones que han permitido obtener sistemas automáticos creados a partir de conceptos básicos de diferentes ciencias y ramas de la industria.

La aplicación de esta tecnología sigue abriendo una gran demanda dentro de los procesos de fabricación industrial controlados por medios automáticos, provocando la necesidad de contar con alternativas al momento de recuperar este tipo de maquinaria, ya sea por los desperfectos causados por su uso continuo o por la necesidad de aumentar su rendimiento. Por lo general realizar una reposición completa de estos equipos resulta muy costoso, la escasa información ha ocasionado que no se cuente

con parámetros adecuados para recuperar su funcionamiento, alternativas como la repotenciación son muy poco exploradas en nuestro medio generando un desconocimiento de las ventajas que se puede obtener de este método el cual involucra conservar los elementos en buen estado y permite la adaptación de sistemas con tecnologías innovadoras mediante criterios establecidos.

En el Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato se implementó un prototipo de embotelladora con el fin de mantener un buen nivel de aprendizaje, dentro de este proceso la máquina encargada de realizar la operación del sellado de botellas se encuentra fuera de servicio debido a fallos en su funcionamiento, el sistema de sellado de esta máquina realizado como proyecto de investigación por Eliza Sailema bajo el tema de “LA LÓGICA DE CONTROL INDUSTRIAL Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE SELLADO DE BOTTELLAS APLICABLE EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”, cuenta con elementos como una placa de 13 mm de espesor que soporta a un conjunto de poleas y chumaceras para la adaptación de un eje de 25 mm de diámetro que transmite su movimiento mediante bandas tipo V generado por un motor de 1Hp capaz de entregar una salida de velocidad 1740 rpm y generar un torque de 4 Nm sin contar con una adecuada relación de transmisión, lo que indica un sobredimensionamiento de estos componentes para realizar esta operación y obtener un sellado adecuado. Por lo que se propone realizar el estudio de un sistema de repotenciación en el sellado de botellas para modificar el diseño del que está provisto y mejorar los tiempos producción en el Laboratorio de Control y Automatización Industrial.

1.2.2 Análisis Crítico

En la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato la importancia de contar con laboratorios provistos de equipos con tecnología manejada

dentro la industria permite a los futuros profesionales la ventaja de una rápida adaptación al manejo de procesos dentro de las fábricas.

El desarrollo de prácticas con estos equipos involucra un buen funcionamiento para una comprensión completa. Al desarrollar esta investigación se pudieron determinar elementos de adaptación que son adecuados para mejorar el funcionamiento de la máquina selladora de botellas utilizada dentro del prototipo de embotelladora, el cual refleja la importancia de mantener un proceso continuo libre fallas y errores.

Es importante una adecuada capacitación del estudiante ya que puede formar un criterio de lo que le espera en el mundo laboral ampliando su enfoque a soluciones precisas para evitar contratiempos al momento solucionar un problema generado dentro de un proceso de fabricación.

1.2.3 Prognosis

Si no se realiza el presente estudio los parámetros para realizar una adecuada repotenciación del sistema de sellado de botellas no podrán ser establecidos, los elementos y componentes sobredimensionados continuarán causando un excesivo consumo energético y afectando a los tiempos de producción dentro del Laboratorio de Automatización, no se conseguirá mejorar el funcionamiento de los equipos implementados, y por ende el aprendizaje de los alumnos no estará enfocado a una total comprensión, la experiencia práctica que adquieran los estudiantes será deficiente, lo cual es una desventaja frente a otros profesionales que se encuentran desempeñándose dentro del campo laboral.

1.2.4 Formulación Del Problema

¿Cuáles son los factores en el sellado de botellas que afectan los tiempos de producción en el laboratorio de control y automatización industrial de la facultad de ingeniería Civil y Mecánica?

1.2.5 Preguntas Directrices

- ¿Qué elementos y accesorios permiten la transmisión de fuerza para realizar la operación de roscado de tapas en la máquina selladora de botellas?
- ¿Cuáles son los parámetros que intervienen en un sistema de sellado de botellas?
- ¿Mediante la repotenciación en el sistema de sellado de botellas se podrá obtener un funcionamiento óptimo aprovechando los elementos que se encuentren en buen estado?

1.2.6 Delimitación Del Problema

1.2.6.1 Delimitación del contenido.

Las asignaturas que se contemplan para la investigación son: Sistemas de Medición y Control Industrial, Máquinas Eléctricas, Electrónica, Taller Mecánico Industrial y Diseño Mecánico.

1.2.6.2 Delimitación espacial.

El presente estudio de investigación se realizará en el laboratorio de Sistemas de Control y Automatización de la facultad de ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en la Provincia de Tungurahua, Ciudad de Ambato campus Huachi Chico.

1.2.6.3 Delimitación temporal.

La investigación se realiza entre el periodo comprendido desde Junio del 2014 hasta Agosto del 2015.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la industria los procesos de fabricación cada vez se van mejorando con la implementación de tecnologías que puedan generar un aumento de producción, brinden más seguridad al operario, reduzcan los tiempos muertos en los procesos de fabricación y permitan realizar actividades donde se necesita de una alta precisión.

El conocimiento necesario para poder manejar este tipo de sistemas operativos es implantado en los centros o instituciones de formación académica, mediante profesionales altamente capacitados en las diferentes ramas de la automatización.

La importancia de contar con laboratorios provistos de equipos modernos y en condiciones óptimas de funcionamiento permiten a los estudiantes un mejor entendimiento teórico-práctico, acercándolos a poder dar soluciones prácticas dentro de una planta industrial ya que estas involucran sistemas estudiados en las aulas como son los sistemas neumáticos, mecánicos, eléctricos e incluso la combinación de los mismos, para realizar sus operaciones de producción.

Con la investigación que se propone sobre la repotenciación se puede analizar alternativas innovadoras que permitan la adaptación de nuevos elementos con tecnología flexible de manejar para optimizar el funcionamiento del sistema de sellado de botellas de la máquina del Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Estudiar un sistema de repotenciación en el sellado de botellas para mejorar los tiempos de producción en el Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar los elementos y accesorios que transmiten la fuerza para realizar la operación de roscado de tapas en la máquina selladora de botellas.
- Determinar los parámetros que intervienen en un sistema de sellado de botellas.
- Proponer un sistema de repotenciación para el sistema de sellado de botellas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la Universidad Técnica de Ambato, proyecto de investigación de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica del 2013: LA LÓGICA DE CONTROL INDUSTRIAL Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE SELLADO DE BOTELLAS APLICABLE EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

En el trabajo de graduación realizado por la Sra. Eliza Sailema se tuvo como objetivo construir una máquina selladora de botellas para complementar al prototipo de embotelladora que se implementó en el Laboratorio de Control y Automatización Industrial, la cual utiliza un sistema mecánico para el roscado de las tapas en las botellas obteniendo una producción de 1057 botellas por hora y concluye que para su control la lógica programada, es la adecuada debido a sus prestaciones de confiabilidad, programación flexible y mejor monitoreo del funcionamiento.

En la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional, proyecto de Titulación de Tecnólogo en Mantenimiento Industrial del año 2012: CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS ROSCA ESTÁNDAR DE 500 ML CONTROLADA MEDIANTE UN PLC PARA MICROEMPRESAS.

En el proyecto de titulación realizado por los señores Simbaña Guallichico Edison Paul y Chiza Ocaña Edwin Marcelo, utilizan un sistema de accionamiento mecánico

constituido principalmente por engranes que permiten obtener una velocidad de salida de 120 rpm para el roscado de tapas y posicionado por medio de un actuador neumático, del cual concluyen que obtuvieron un sistema sencillo, eficiente y de fácil operación tanto por su parte mecánica como la de control, permitiendo la reducción de tiempos muertos y el cansancio físico del operador de la microempresa.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

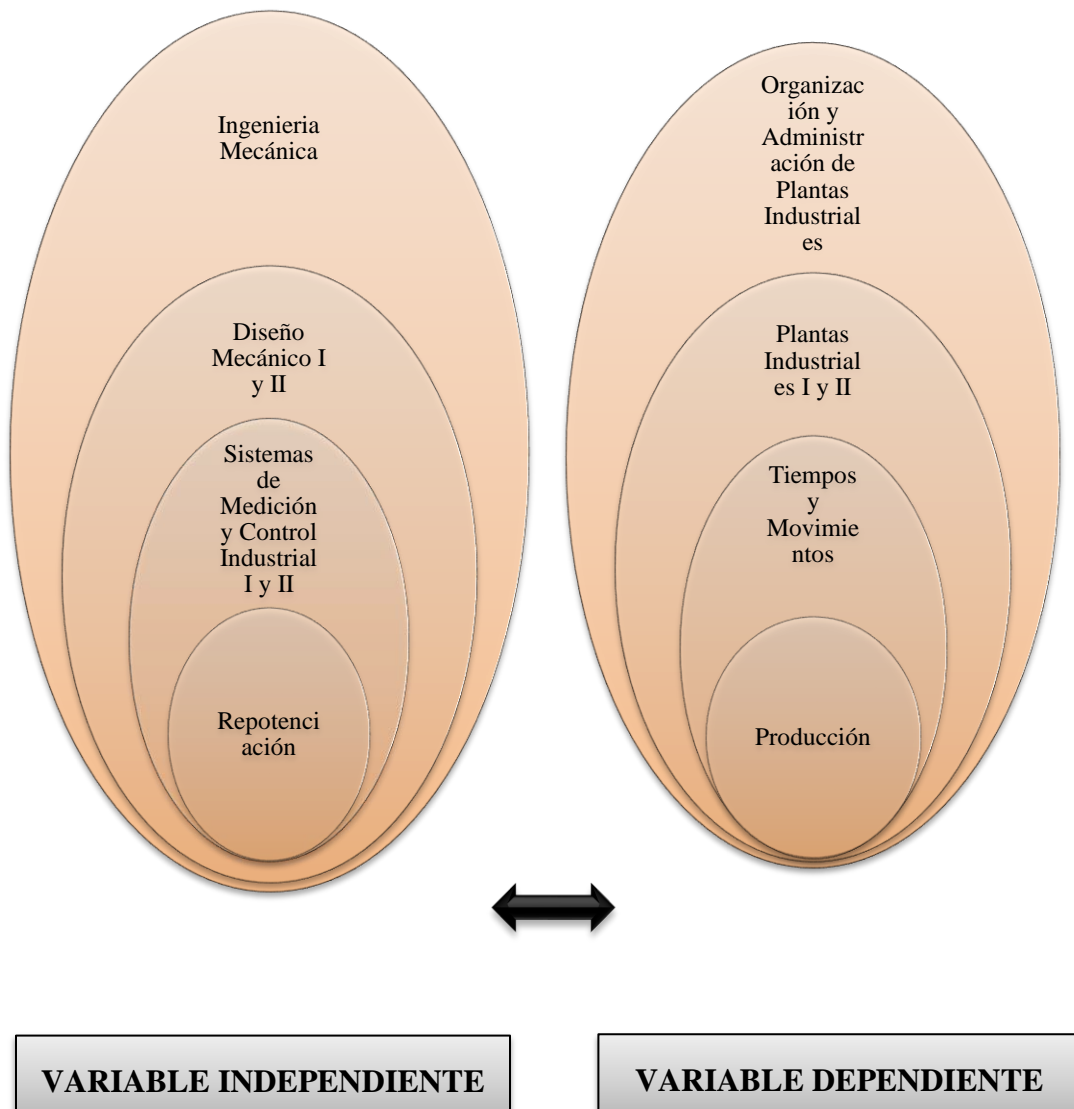
Con el desarrollo de la investigación se analizó sistemas de repotenciación para la máquina selladora de botellas, proceso en el que están involucrados diferentes parámetros como la potencia requerida y el tiempo de ejecución para el cierre de la botella, los cuales influyen en los tiempos de producción y la calidad del tapado, la investigación está orientada al paradigma crítico-propositivo; crítico debido al análisis de los factores involucrados dentro de un sistema de sellado de botellas y la mejor selección de alternativas innovadoras que permitan su adaptación de repotenciación, y propositiva porque se buscó plantear alternativas de solución al problema.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

- NTE INEN99. Selección de ajustes. Zonas de tolerancia, desviaciones, tolerancias de ajuste.
- CPE INEN 03. Código de Dibujo Técnico-Mecánico.
- COVENIN 1917:88. Comisión Venezolana de Normas Industriales Ministerio de Fomento: Envases plásticos.
- COVENIN 790:2000. Establece los requisitos mínimos que deben cumplir las tapas plásticas de rosca a usar en envases plásticos y de vidrio .Tapas plásticas de roscas.
- NTE INEN 0077 (1976). Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Contactos, interruptores, mandos mecánicos, arrancadores y elementos de relés electromecánicos.

- NTE INEN 0439 (1984). Colores, señales y símbolos de seguridad.
- Norma RS232. Desarrollada por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) para ser utilizada por equipos terminales de datos (DTE) con equipos de comunicación de datos (DCE).
- NTE INEN 2200 (2008). Agua purificada envasada. Requisitos

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



2.4.1 Repotenciación

Según Metal Actual (2014). “El principal objetivo de la modernización de maquinaria es impulsar la productividad y competitividad de la industria” (p.32).

Por lo que será una excelente solución la sustitución y actualización de la maquinaria, por equipos y tecnología de punta, en muchos casos, las máquinas viejas tienden a encontrarse en buen estado mecánico, pueden ser actualizadas y mejoradas con nuevos componentes para potenciar sus posibilidades, y así aumentar la productividad, minimizar costos y generar mayores utilidades. (Metal Actual, 2014)

Un adecuado proceso de repotenciación de la maquinaria, es una alternativa técnica viable, para que, según el nivel tecnológico de los equipos, éstos sean susceptibles de mejoras funcionales. (Metal Actual, 2014)

En este sentido, dichas máquinas pueden ser objeto de una intervención, que no es más que el reacondicionamiento de equipos realizando modificaciones o remplazos de sus componentes. Se cambian partes dañadas o deficientes y se conserva la estructura mecánica en buen estado. (Metal Actual, 2014)

En la repotenciación debe considerarse la modificación y adaptación del diseño existente teniendo como objetivo la satisfacción de los nuevos requerimientos, minimizando los cambios en el diseño original y maximizando la utilización de los equipos y dispositivos existentes. (Metal Actual, 2014)

2.4.1.1 Criterios de repotenciación.

Los criterios respecto a la modernización del aparato productivo de una fábrica deben ser individuales y únicos, las soluciones son personalizadas y ajustadas a las necesidades y características del producto. El fin es evitar que las máquinas encargadas de una producción, antiguas o nuevas, trabajen o se desempeñen a niveles menores de su capacidad, la idea es aprovechar al máximo el rendimiento de los equipos y si éstos necesitan nuevos aditamentos o modernización de sus

componentes, es indispensable reacondicionarlos hasta dejarlos como nuevos o mejor. (Metal Actual, 2014)

No se trata de calificar la repotenciación en términos de buena o mala, sino como una alternativa útil. La repotenciación no entra en competencia con la maquinaria nueva, ya que emplear una máquina nueva o usada está determinado por el tipo de pieza que se quiere fabricar. La maquinaria repotenciada tiene su espacio propio en los sectores en los que no hay una exigencia de adaptación de las últimas tecnologías en temas de producción o transformación. (Metal Actual, 2014)

2.4.1.2 Principales ventajas.

Según Metal Actual (2014) afirma que al modernizar una máquina o sistema, se obtienen las siguientes ventajas.

- “Mejor disponibilidad y aumento de productividad.
- Operación y programación más convenientes.
- Ciclos más rápidos para el procesamiento de componentes complejos.
- Mejor precisión.
- Reducción de pausas y tiempos de parada.
- Largo período de suministro de repuestos garantizado” (p.36).

2.4.2 Sistemas de accionamiento

Estos sistemas son los encargados de generar el movimiento dentro de una máquina, según sean las órdenes enviadas por la unidad de control que trabaja en coordinación con las operaciones necesarias para la ejecución de un proceso de fabricación requerido. (González V. , 2002)

Los sistemas principales de accionamiento se mencionan a continuación junto con una descripción básica de cada uno de sus componentes y una representación esquemática de los mismos. (González V. , 2002)

2.4.2.1 Sistema neumático

Según Castiñeira (2015). “Estos sistemas se usan mucho en la automatización de máquinas y en el campo de los controladores automáticos. Los circuitos neumáticos que convierten la energía del aire en energía mecánica tienen un amplio campo de aplicación por la velocidad de reacción de los actuadores y por no necesitar un circuito de retorno del aire” (p.1).

Los sistemas neumáticos mostrados en la Figura 2.1 se complementan con los eléctricos y electrónicos, lo que les permite obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Utilizan válvulas de solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. (Creus, 2007)

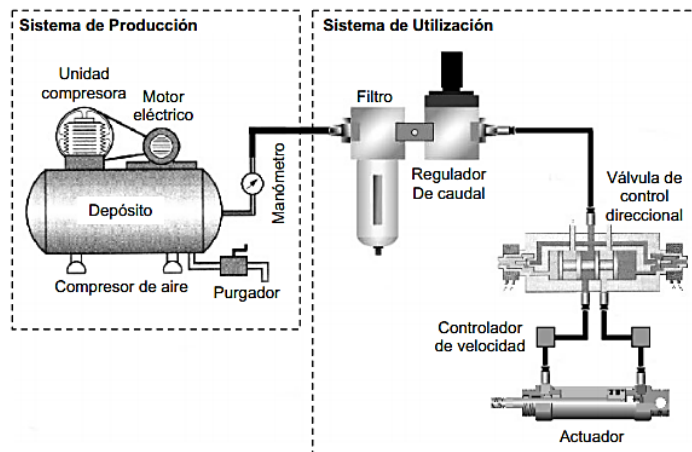


Figura 2.1: Sistema neumático básico

Fuente: (Hernández, 2002)

Actuadores neumáticos

- **Cilindro de simple efecto.**

En un cilindro de simple efecto el aire comprimido se alimenta sólo en uno de los lados, consiguiendo producir trabajo en una dirección, el movimiento de retorno del

pistón se efectúa por medio de un resorte o por la aplicación de una fuerza externa. El resorte está diseñado para regresar el pistón hasta su posición inicial. (Creus, 2007)

- **Cilindro de doble acción.**

En los cilindros de doble acción como se muestra en la Figura 2.2, la fuerza ejercida por el aire comprimido mueve el pistón en las dos direcciones, se utiliza cuando se requiere que el pistón realice trabajo en ambos sentidos, aun cuando se deben considerar el pandeo y la flexión antes de seleccionar un tamaño particular de diámetro del pistón, longitud de la varilla y longitud de la carrera. (Creus, 2007)

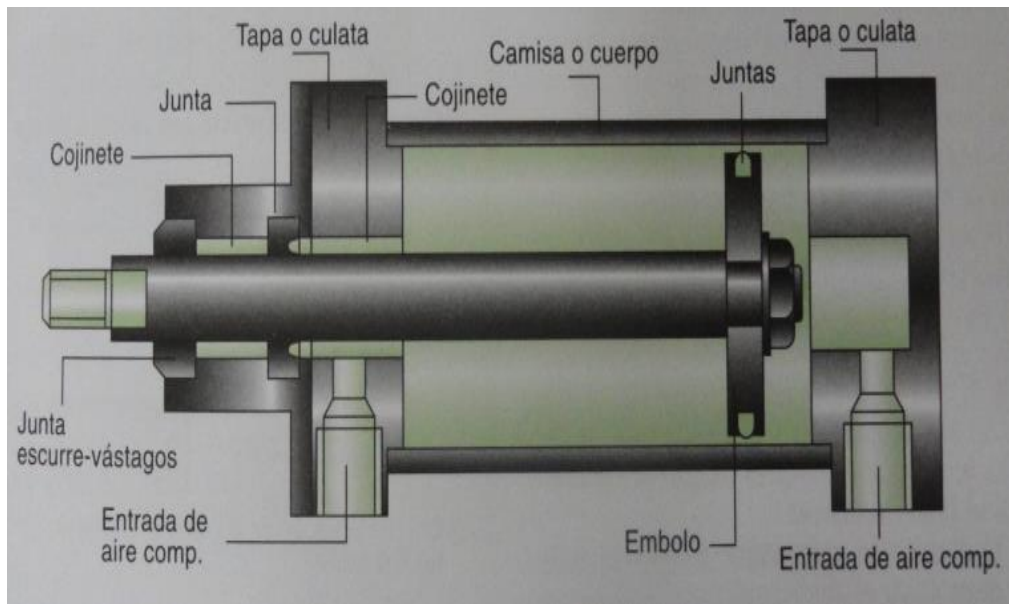


Figura 2.2: Cilindro de doble efecto

Fuente: (Carrobles y Rodriguez, 2002)

- **Actuadores rotativos de paletas.**

Los actuadores de paletas son elementos motrices que proporcionan un movimiento de giro limitado en un eje de salida, consta esquemáticamente de un cuerpo de interior cilíndrico como se muestra en la Figura 2.3 sobre el que gira una paleta, que se apoya en cojinetes o rodamientos que le proporcionan estabilidad, son elementos con una buena eficiencia mecánica y de fácil manejo. (Serrano, 2009)

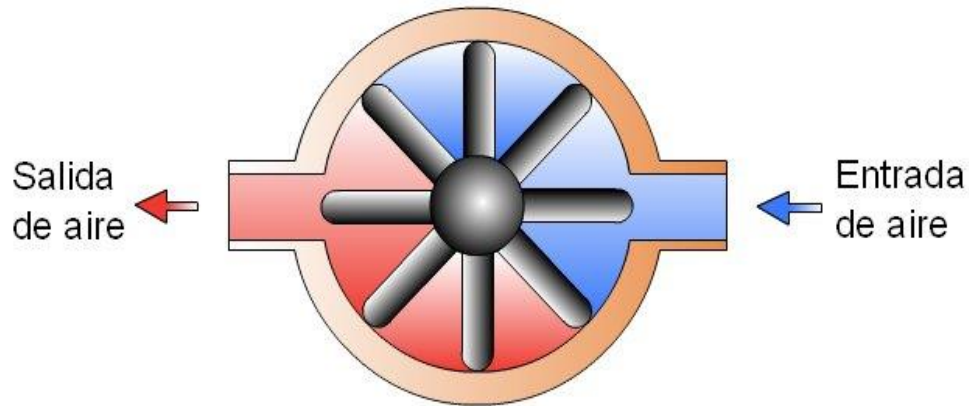


Figura 2.3: Actuador de paletas

Fuente: (Bueno, 2015)

Controladores neumáticos

- **Válvulas de control de dirección**

Las funciones principales de estas válvulas son iniciar y suspender el flujo de aire, así como regular su dirección y ayudar a la distribución del aire en la línea deseada, se pueden accionar, para que tomen diferentes posiciones mediante diversos medios de accionamiento, eléctrico, mecánico, neumático u otros modos de control. (Majumdar, 1997)

Se tiene una gran variedad de posiciones o estados en los que la válvula puede trabajar. Por ejemplo, pueden ser 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 3/3, 4/3, 5/3, etc. El primer número es el número de vías principales: entradas, salidas y descargas, sin incluir las líneas dedicadas a señales de pilotaje y el segundo valor es el número de posiciones. (Heras, 2003)

La nomenclatura de estos tipos de válvulas se encuentran bajo las normas, DIN-ISO 1219 (Internacional Standard Organization) y CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y neumáticas) indicado en la Tabla 2.1. (Creus, 2007)

Tabla 2-1: Simbología de válvulas distribuidoras

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

Fuente: (Creus, 2007)

- **Electroválvulas**

Las electroválvulas son elementos que permiten su control mediante un controlador eléctrico o electrónico. (Peña, 2003)

El mando electromagnético de una válvula se utiliza cuando la señal procede de un dispositivo eléctrico. A través de este tipo de señal eléctrica es transformada en una señal neumática que acciona el mecanismo de cierre o apertura de las distintas vías de las válvulas como se muestra en la Figura 2.4. (Serrano, 2009)

Proporcionan una gran ventaja para el accionamiento de los actuadores neumáticos permitiendo un control sencillo, con un tiempo de respuesta relativamente bajo para las operaciones de trabajo. (Serrano, 2009)

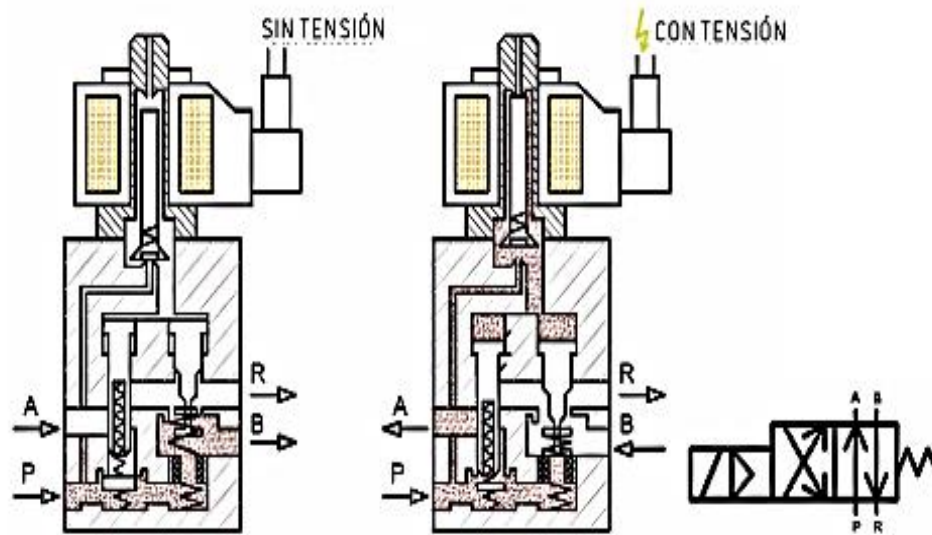


Figura 2.4: Sección de una electroválvula

Fuente: (Cembranos F. , 2014)

- **Silenciador de escape y filtro**

Estos elementos se utilizan en los orificios de escape de las válvulas distribuidoras para reducir el ruido del escape de aire y evitar la entrada de polvo o suciedad. El filtro normal es de 40 micras, que es adecuado para la mayor parte de los equipos neumáticos. (Creus, 2007)

- **Válvulas reguladoras de caudal**

La cantidad de caudal que pasa por las mangueras o conductos es fácilmente regulable, simplemente estrangulando el paso o disminuyendo la sección del conducto, el caudal puede ser regulado en ambos sentidos, en este caso la válvula lleva incorporada una antirretorno en el propio cuerpo que produce el paso libre en un sentido actuando en paralelo con la estrangulación. (Serrano, 2009)

La aplicación de estas válvulas también permite un control para regular la velocidad de los actuadores neumáticos y tienen su representación esquemática como indica la Figura 2.5.



Figura 2.5: Válvulas reguladoras de caudal bidireccional y unidireccional

Fuente: (Serrano, 2009)

- **Detectores o finales de carrera magnéticos**

Los detectores magnéticos son elementos captadores de señal que se montan sobre el cilindro como se muestra en la Figura 2.6, pudiendo ser desplazados a lo largo de su cuerpo. Tienen la ventaja de ocupar poco espacio, ya que son de tamaño reducido. No pueden adaptarse a un cilindro convencional, porque es preciso que el pistón y el cilindro posean características especiales. El pistón debe estar dotado de un imán permanente que al pasar por el detector de láminas lo active y conmute los contactos. (Serrano, 2009)

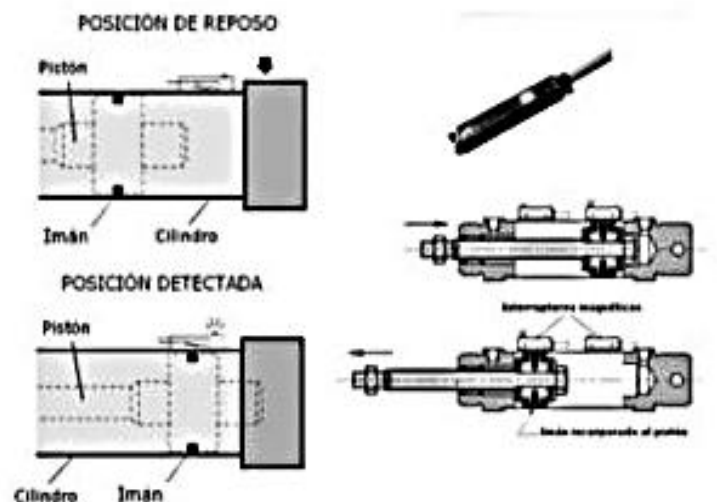


Figura 2.6: Sensor magnético de cilindro

Fuente: (Creus, 2007)

- **Unidad de mantenimiento**

Es la combinación de varios elementos como son el filtro, el regulador, lubricador, manómetro y un drenaje para el condensado indicados en la Figura 2.7. Permite la regulación y el suministro de aire en el sistema, el conjunto debe estar a una distancia prudente de los elementos neumáticos para evitar la precipitación de las partículas de aceite en la tubería. (Creus, 2007)

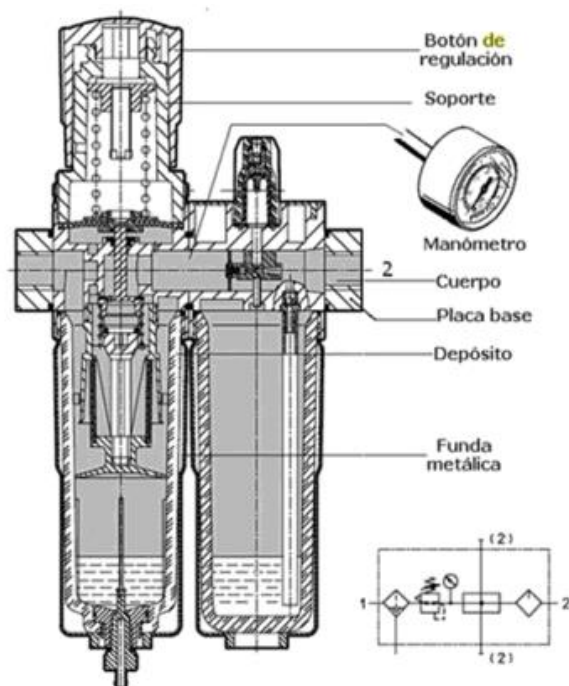


Figura 2.7: Filtro regulador con manómetro y lubricador

Fuente: (Creus, 2007)

- **Elementos de conexión**

Las conexiones de los diferentes equipos y accesorios se realizan mediante conectores roscados o rápidos mostrados en la Figura 2.8, de manera que asegura una perfecta conexión a la presión de servicio. Sus características dependen de la calidad, espesor y tamaño de los tubos a los que se deben acoplar, de la temperatura, presión de servicio, y del tipo de fluido que transportan. (Águeda, 2012)



Figura 2.8: Tipos de conectores neumáticos

Fuente: (Águeda, 2012)

2.4.2.2 Sistema mecánico

Según Bolton (2010). “Son dispositivos que se pueden considerar convertidores de movimiento, en tanto transforman el movimiento de una forma a otra y son útiles para llevar a cabo funciones como:

- Amplificación de fuerzas, como la que dan en las palancas.
- Cambio de velocidad, por ejemplo mediante la aplicación de engranes.
- Transferencia de rotación de un eje a otro, por ejemplo una banda sin corona.
- Determinados tipos de movimientos, como los que se puede obtener de un mecanismo de retorno rápido”.

Entre los elementos mecánicos se encuentran los mecanismos de barras articuladas, levas, engranes, piñón y cremalleras, cadenas, bandas de transmisión etc. Por ejemplo, el arreglo piñón y cremallera convierte un movimiento rotacional en uno

lineal, una banda dentada o una cadena de transmisión transforman el movimiento rotacional de un eje en el movimiento de otro eje. (Bolton, 2010)

- **Características de los sistemas mecánicos**

Según Maciel (2008). “Este sistema se caracteriza por presentar elementos o piezas sólidos, con el objeto de realizar movimientos por la acción de una fuerza, también pueden ser asociados con sistemas eléctricos y producir movimiento a partir de un motor accionado por la energía eléctrica, en los sistemas mecánicos se utilizan distintos elementos relacionados para transmitir un movimiento” (p.3).

Como el movimiento tiene una intensidad y una dirección, en ocasiones es necesario cambiar esa dirección o aumentar la intensidad, y para realizar esta acción se utilizan mecanismos. (Maciel, 2008)

- **Diseño de sistemas mecánicos**

Según Dassault Systèmes (2002), empresa dedicada a proporcionar los ambientes virtuales necesarios para el diseño de innovaciones sostenibles; “Alcanzar el equilibrio entre la creciente complejidad y los elevados estándares de eficacia calidad es el gran reto para el desarrollo de productos. La creación de prototipos virtuales en 3D, así como el análisis y simulación digital permiten que los especialistas creen virtualmente un producto 3D y su entorno, para simular y analizar su comportamiento, a fin de comprender desde el inicio los factores clave que determinarán la calidad y prestaciones”(p.1).

Esta solución permite al diseñador la posibilidad de manipular directamente las conexiones entre las entidades funcionales, lógicas y la geometría del producto final. (Dassault Systèmes, 2002)

Uno de los principales desafíos del proceso de diseño para producción consiste en asegurarse de que las piezas diseñadas sean adecuadas para la fabricación. El diseñador necesita acceder a los datos de fabricación de modo inmediato, a fin de

evitar errores y violaciones a las reglas de fabricación, la integración de plantillas en estos ambientes de diseño con ciertas especificaciones disminuye el riesgo de errores”. (Dassault Systèmes, 2002)

2.4.2.3 Sistema eléctrico

González M. (2013) afirma. “Un sistema eléctrico es un conjunto de elementos dinámicamente relacionados, que permiten generar, conducir y recibir corriente eléctrica. Dependiendo de cómo estén dispuestos los elementos dentro del o los circuitos, las fallas o daños causados serán variables. Un problema en un componente puede producir una falla general, dañando un área extensa o una falla local, sin interrumpir todo el sistema” (p.4).

Componentes del sistema eléctrico.

- **Generador.**

Este elemento proporciona la energía eléctrica. Ayuda a mantener una corriente eléctrica constante. (González, 2013)

- **Conductor.**

Permite el paso de la electricidad, es el camino por el cual circulan los electrones. Es la unión entre el generador y los demás operadores de control y resistencias. (González, 2013)

- **Aislante.**

Este componente no permite el paso de la electricidad. (González, 2013)

- **Elemento protector**

Uno de los elementos más conocidos es el fusible. Un fusible es un puente de un material conductor más fino que se funde cuando surge una intensidad elevada de forma imprevista cortándole el paso a la corriente. (González, 2013)

Actuadores del sistema

Los sistemas eléctricos que se emplean como actuadores de control deberán tener en cuenta los siguientes dispositivos y sistemas.

- **Dispositivos de conmutación:** como por ejemplo relevadores, interruptores diodos y transistores, mostrados en la Figura 2.9, en los que la señal de control enciende o apaga un dispositivo eléctrico. (Bolton, 2010)



Figura 2.9: Interruptores de montaje

Fuente: (Castillo, 2009)

- **Dispositivos tipo solenoide:** Cuando una corriente que pasa por un solenoide acciona un núcleo de hierro dulce, por ejemplo una válvula hidráulica o neumática operada por solenoide, donde la corriente de control que pasa por el solenoide se utiliza para permitir el paso del flujo hidráulico o neumático. (Bolton, 2010)
- **Sistemas motrices:** por ejemplo, motores de corriente alterna y de corriente continua, en los cuales la corriente que pasa por el motor produce una rotación. (Bolton, 2010)

Criterios de diseño de instalación

- **Flexibilidad.** Cada sistema de instalación eléctrica, debe incorporar suficiente flexibilidad de diseño en circuitos derivados, alimentadores y tableros para acomodar todos los posibles patrones, arreglos y localización de cargas eléctricas. (Enriquez, 2004)
- **Confiabilidad.** Este tipo de criterio es complejo y se pueden establecer algunos principios generales:
 - ✓ La confiabilidad de un sistema eléctrico es sólo tan buena como la de la debilidad de uno de sus elementos. Por lo tanto, puede ser necesario proporcionar redundancia en los puntos débiles del sistema. (Enriquez, 2004)
 - ✓ El servicio eléctrico y la distribución dentro del edificio actúan juntos, de manera que un servicio extremadamente confiable es de poca utilidad si el suministro interno del sistema de distribución no tiene la confiabilidad adecuada. (Enriquez, 2004)
 - ✓ Se deben identificar las cargas críticas dentro del área de la instalación para establecer qué tanta confiabilidad es deseable, por ejemplo, con esto se puede determinar el uso de fuentes ininterrumpibles en forma individual para ciertos tipos de cargas. (Enriquez, 2004)
 - ✓ El sistema debe estar diseñado de tal manera que las fallas que se presentan en el equipo se puedan detectar y corregir.
- **Seguridad.** Aun cuando las instalaciones se hacen respetando las normas Oficiales, se aplican también otros criterios de seguridad, lo cual debe permitir al diseñador lograr una instalación eléctrica segura y alertar contra causas de riesgo. (Enriquez, 2004)
- **Factores económicos.** Se puede dividir en dos partes: costos de inversión y costos de operación. Se debe considerar con frecuencia que, estos dos costos van en sentido contrario, ya que por lo general: bajos costos de inversión en el equipo, generalmente conducen a altos costos de operación por consumo de

energía, altos costos de mantenimiento y tiempo de vida menor. (Enriquez, 2004)

2.4.3 Sistemas de medición y control industrial

Los sistemas de medición y control son una parte fundamental en los procesos de producción utilizados por las plantas industriales, la tecnología empleada colabora al aumento de productividad, logrando poder establecer un régimen de funcionamiento idóneo en los procesos. (Bolton, 2010)

- **Sistema de medición.**

Se puede considerar que estos sistemas están formados por tres elementos básicos mostrados en la Figura 2.10 y descritos a continuación.

Sensor. Que responde a la cantidad a medir al dar como su salida una señal relacionada con la cantidad. (Bolton, 2010)

Acondicionador de señal. Toma la señal desde el sensor y la manipula dentro de una condición apropiada ya sea para presentarla en forma visual, o en el caso de un sistema de control, con el fin de ejercer control. (Bolton, 2010)

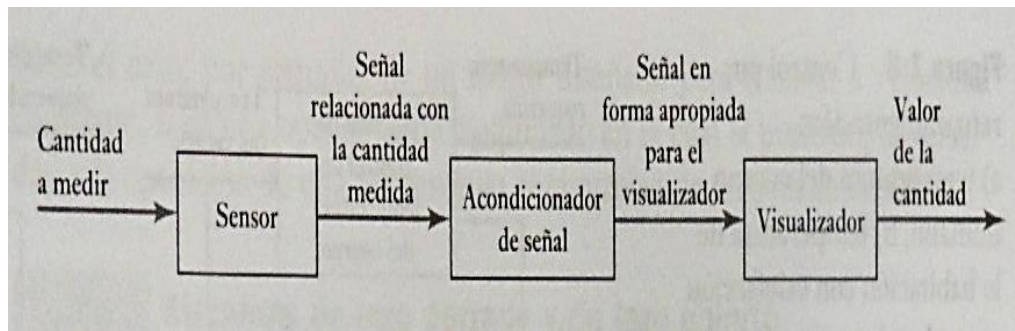


Figura 2.10: Un sistema de medición y elementos que lo conforman

Fuente: (Bolton, 2010)

Sistema visualizador. Donde se despliega la salida desde el acondicionador de señal, que puede ser el movimiento del actuador. (Bolton, 2010)

- **Sistema de control.**

Puede considerarse como un sistema que se puede utilizar para:

- ✓ Controlar algo variable de algún valor particular.
- ✓ Controlar la secuencia de eventos.
- ✓ Controlar si ocurre o no un evento. (Bolton, 2010)

2.4.3.1 Sistemas de control de un proceso

- **Sistema de lazo abierto**

En este tipo de sistema mostrado en la Figura 2.11, la salida no tiene efecto alguno sobre la acción de control.

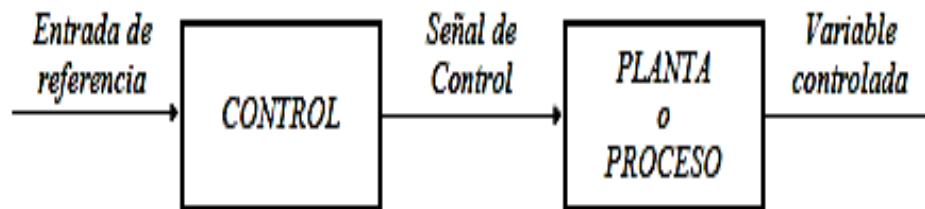


Figura 2.11: Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto

Fuente: (Vilanova, 1998)

En un sistema en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia, por ello cada entrada corresponderá a una operación prefijada sobre la señal de salida. Se puede asegurar entonces que la exactitud del sistema depende en gran manera de la calibración del mismo y, por tanto, la presencia de perturbaciones en la cadena provocará que éste no cumpla la función asignada. (Vilanova, 1998)

Para poder considerar una descripción en lazo abierto, es necesario conocer la relación entrada - salida y garantizar la inexistencia de perturbaciones externas o de

variaciones de los parámetros internos del sistema. Esto es, en general, difícil de cumplir en la práctica, y su realización implica sistemas excesivamente caros”. (Vilanova, 1998)

- **Sistema de lazo cerrado**

En el sistema de control en lazo cerrado mostrado en la Figura 2.12, la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control, este efecto es conocido como realimentación.

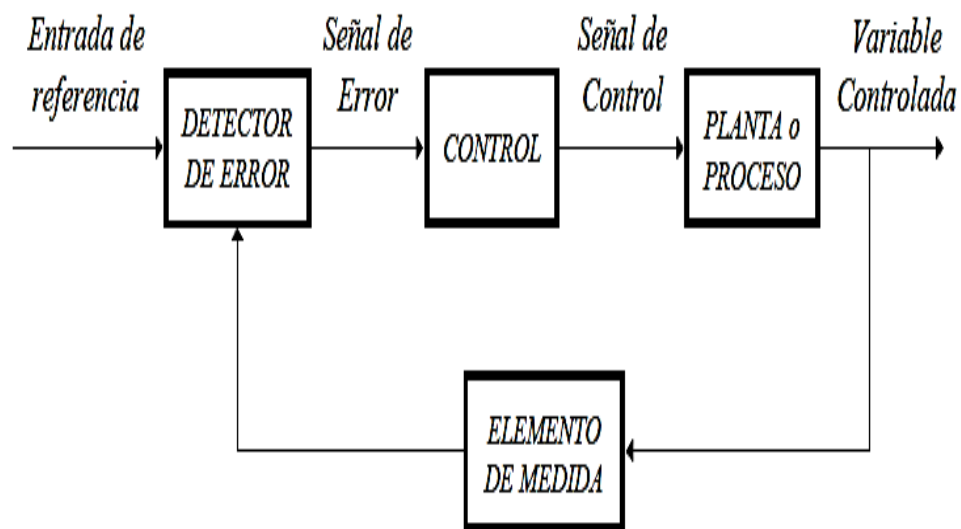


Figura 2.12: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado

Fuente: (Vilanova, 1998)

La señal controlada debe realimentarse y compararse con la entrada de referencia, tras lo cual se envía a través del sistema una señal de control, que será proporcional a la diferencia encontrada entre la señal de entrada y la señal medida a la salida, con el objetivo de corregir el error o desviación que pudiera existir. (Vilanova, 1998)

La principal ventaja de los sistemas de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación hace al conjunto menos sensible a las perturbaciones externas y a las variaciones de los parámetros internos que los sistemas en lazo abierto. (Vilanova, 1998)

2.4.4 Técnicas de automatización

2.4.4.1 Automatización neumática

La técnica neumática admite infinidad de aplicaciones en el campo de la máquina herramienta, especialmente en los trabajos de fijación de piezas, bloqueo de partes, alimentación de máquinas y movimiento lineal de piezas que no requieran velocidades de actuación rigurosamente constantes. (Cembranos, 2007)

Las principales ventajas de los mandos neumáticos se indican a continuación junto con un esquema de automatismos neumáticos de la Figura 2.13:

- Los sistemas de mando son muy sencillos, como referencia se tienen cilindros, válvulas. etc. (Cembranos, 2007)
- La rapidez de movimiento del sistema neumático. (Cembranos, 2007)
- La economía de los sistemas neumáticos una vez instalados. (Cembranos, 2007)

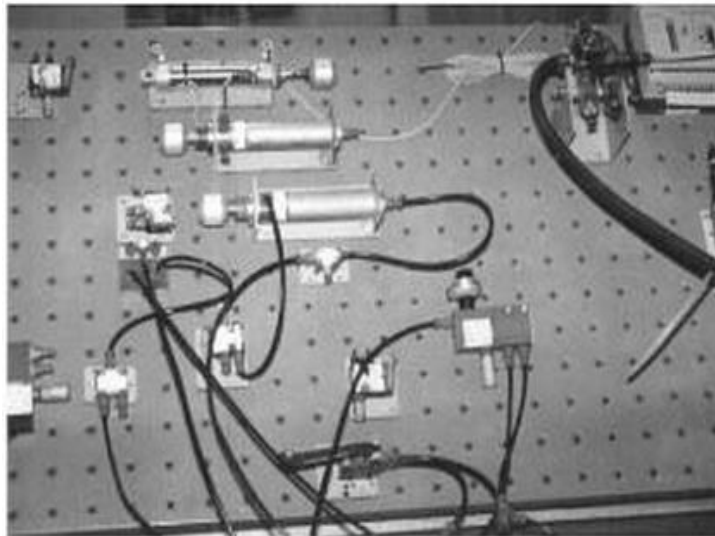


Figura 2.13 Automatismo neumático

Fuente: (Cembranos, 2007)

Como inconvenientes se tiene.

- La instalación requiere de un desembolso económico añadido a la propia automatización. (Cembranos, 2007)
- Se debe tener muy en cuenta el mantenimiento del aire, ya que se debe mantener perfectamente limpio y seco. (Cembranos, 2007)

2.4.4.2 Automatización Mecánica

Los sistemas mecánicos mostrados en la Figura 2.14, suelen ser complicados por la abundancia de mecanismos y de escasa flexibilidad. Por el contrario, la tecnología que regula su funcionamiento es relativamente accesible al personal poco calificado, lo que favorece a un montaje y mantenimiento económicos. (Cembranos, 2007)



Figura 2.14 Máquina automática mecánica

Fuente: (Cembranos, 2007)

los mecanismos que los componen son: ruedas dentadas y poleas para transmisiones del movimiento de biela-manivela, piñón-cremallera, etc., para la conversión del movimiento rectilíneo en circular y viceversa; levas y palancas para la obtención de recorridos controlados. (Cembranos, 2007)

Los problemas de la automatización mecánica es la longitud, en muchas ocasiones, de las cadenas cinemáticas y la sincronización de movimientos en los órganos móviles. (Cembranos, 2007)

2.4.4.3 Automatización eléctrica

Este sistema se encuentra presente cualquier máquina, por sencilla que sea, va a tener algún tipo de automatismo eléctrico indicado en la Figura 2.15, encargado de gobernar los motores o actuadores electromagnéticos, y puede estar presente como función de mando dentro de la propia máquina. Cembranos (2007)

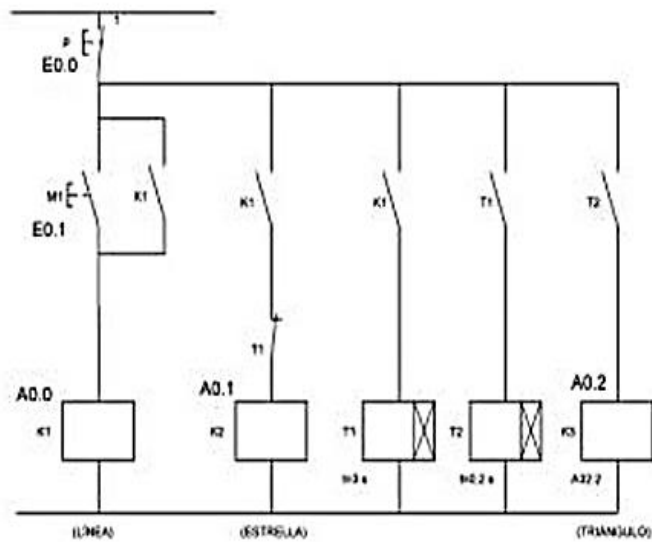


Figura 2.15: Automatismo eléctrico

Fuente: (Cembranos, 2007)

2.4.5 Dispositivo de control

2.4.5.1 Controlador lógico programable (PLC).

Es un dispositivo que trabaja mediante un sistema operativo y la aplicación de una memoria de almacenamiento interno, puede realizar operaciones específicas como,

secuencias, registros y controles de tiempos, operaciones aritméticas y conteos de elementos en base a la instrumentación utilizada. También puede trabajar en conjunto con los ordenadores mediante la recepción de la transferencia de datos de programación respetando los protocolos de comunicación. Su uso dentro las empresa es altamente confiable está diseñado con una perspectiva que va acorde del crecimiento de los procesos dentro de la empresa permite la ampliación de sus módulos funcionales para controlar los elementos implicados en el proceso de fabricación. (Martínez, 2001)



Figura 2.16 Diferentes modelos de autómatas programables

Fuente: (Martín, 2009)

Los PLC son de gran variedad como se puede ver en la Figura 2.16 y permiten procesar de forma inteligente las señales precedentes de multitud de variables físicas que existen en los procesos industriales y actuar en forma inmediata. (Martín, 2009)

- **Estructura de un PLC**

A continuación se hace referencia a la estructura principal de un PLC y se la representada en la Figura 2.17.

- **Entrada**

Pertenece al elemento o interfaz por el cual ingresan los datos que son adaptados y codificados en forma comprensible para la CPU del autómatas. A la entrada se pueden

conectar distintos tipos de captadores como por ejemplo interruptores, pulsadores, sensores, etc. Esta sección del PLC también cumple una misión de protección de los circuitos electrónicos internos. (Calfio, 2011)

- **Unidad central de procesos:** Esta sección realiza la interpretación de las instrucciones del programa ingresado a través del usuario y de acuerdo a los resultados obtenidos a la entrada activa o desactiva las salidas del PLC. (Calfio, 2011)
- **Memoria:** Esta es la encargada de almacenar la información del programa y los datos con los cuales trabaja la CPU. Dependiendo de la función se utilizarán distintos tipos de memoria, como por ejemplo: memoria de usuario, memoria de Tabla de datos, memoria de sistema y memoria de almacenamiento. (Calfio, 2011)
- **Salida:** Esta trabaja con las señales entregadas de la CPU, decodificándolas y amplificándolas para manejar distintos tipos de actuadores como por ejemplo relés, contactores, electro-válvulas, lámparas, etc. Esta etapa también cuenta con un sistema de protección para los circuitos internos. (Calfio, 2011)

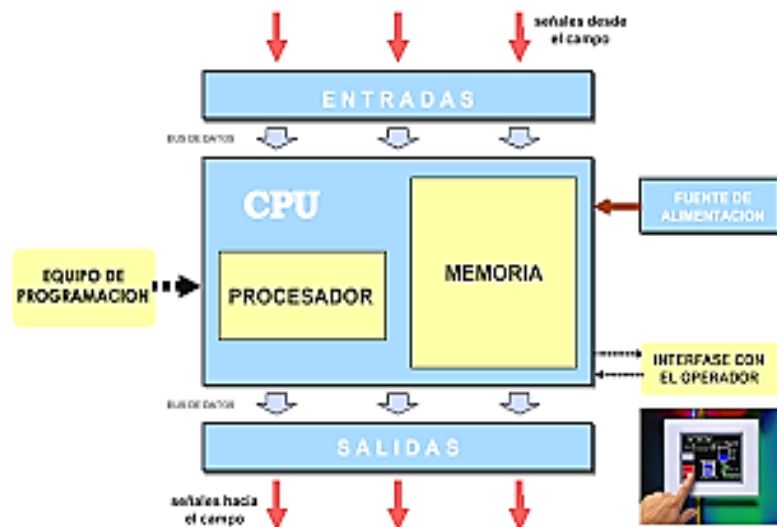


Figura 2.17: Estructura de un PLC

Fuente: (Calfio, 2011)

- **Características principales**

- ✓ Están diseñados para resistir los ambientes industriales.
 - ✓ La lógica de programación no es complicada, la mayoría de estos autómatas manejan lenguaje de programación gráfica o Ladder.
 - ✓ Permiten una mejor manipulación y reducción de los tableros de control.
- (Calfio, 2011)

2.4.5.2 Microcontrolador

Un microcontrolador tiene el esquema mostrado en la Figura 2.18, es descrito como un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador. (Novas, 2008)

El propósito fundamental de los microcontroladores es el de leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe, es por esto que la programación es una actividad básica e indispensable cuando se diseñan circuitos y sistemas que los incluyan, en su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada y salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. (Novas, 2008)

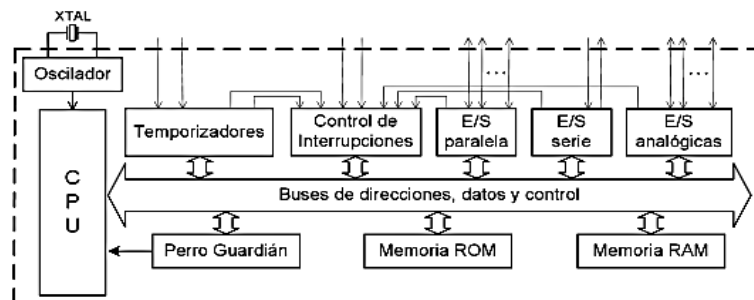


Figura 2.18: Esquema de bloques general de un microcontrolador

Fuente: (Pérez, V., Pallàs, R., y Fernando, E, 2007)

2.4.5.3 Sistemas cableados

El elemento básico de un automatismo cableado es el relé o contactor, estos son componentes que al recibir una determinada excitación eléctrica actúan de intermedio para alimentar o controlar un aparato o circuito eléctrico. (Cembranos, 2014)

- **Relé**

Tiene el aspecto mostrado en la Figura 2.19, está compuesto por una bobina, un conjunto magnético y los contactos, este dispositivo trabaja de tal modo que al recibir una señal de corriente es su bobina acciona sus contactos que pueden estar abiertos o cerrados. (Cembranos, 2014)



Figura 2.19: Aspecto de relés

Fuente: (Cembranos, 2014)

- **Contactor**

Como se puede observar en la Figura 2.20, el contactor está diseñado con una robustez mayor a la del relé para soportar mayores tensiones y corrientes. Por lo que podemos utilizar los relés y contactores para realizar diversos automatismos eléctricos, únicamente cableando los contactos de forma que al recibir corriente la bobina realice su activación. (Cembranos, 2014)



Figura 2.20: Contactores comerciales

Fuente: (Cembranos, 2014)

La única diferencia entre estos elementos consiste en que mientras que los contactos de un relé están formados por un común, un abierto y un cerrado. En un contactor los dos contactos se encuentran abiertos o cerrados, es decir, no tiene contacto común. (Cembranos, 2014)

2.4.6 Circuitos eléctricos principales de un sistema de control.

2.4.6.1 Circuito de potencia

Este circuito transporta la energía a los aparatos que la utilizan directamente para el trabajo realizado por la máquina; generalmente este circuito va unido a la instalación de distribución de energía eléctrica, y contiene los medios para generar, convertir, distribuir o utilizar la energía eléctrica, debe estar provisto de adecuados componentes de protección en caso de sobrecargas o fallos de la alimentación eléctrica. (Floría, 2006)

2.4.6.2 Circuito de mando

Es un circuito utilizado para poder ordenar y gobernar los elementos de funcionamiento de la máquina, y permite asegurar la protección eléctrica del circuito de potencia y la seguridad del personal. (Floría, 2006)

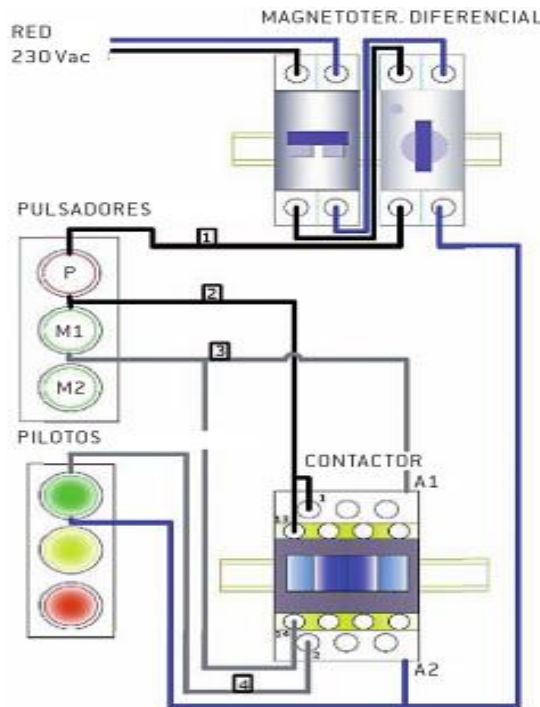


Figura 2.21: Esquema de un circuito de control

Fuente: (Cembranos, 2014)

De la Figura 2.21 se puede observar algunos elementos básicos de los que puede construir este circuito.

- **Pulsadores de paro y marcha:** Estos componentes tienen varios contactos según el tipo, su función es invertir estado inicial de los mismos. (Floría, 2006)
- **Lámparas de señalización:** Son elementos muy importantes dentro del sistema ya que permiten conocer si un determinado elemento o circuito está activado. (Floría, 2006)

- **Relé:** Su principio de accionamiento es similar al del contactor, pero su uso se limita a circuitos de mando o media potencia y su función es invertir el estado de los contactos asociados que pueden ser abiertos o cerrados (Floría, 2006)
- **Relé temporizador:** Su funcionamiento es similar al anterior, pero sus contactos no se invierten instantáneamente, sino que transcurre un cierto tiempo para relizar la acción. (Floría, 2006)

2.4.6.3 Elementos de protección.

Es necesario utilizar en los circuitos de potencia y mando, elementos de protección en las líneas de entrada de los mismos, para evitar cortocircuitos, sobrecargas o daños severos en los componentes del sistema. (Torrens, 2010)

Se menciona algunos elementos de protección mas comunes.

- **Fusibles:** Son utilizados en los dos tipos de circuitos y protegen contra los cortocircuitos, fundiéndose y actuado como un interruptor. (Torrens, 2010)
- **Interruptores automáticos:** Es un interruptor de control de potencia, utilizado en circuitos de fuerza y protegen las instalaciones contra cortocircuito (acción magnética instantánea) y sobrecargas (corriente superior a la nominal, acción térmica lenta). (Torrens, 2010)
- **Interruptores diferenciales:** Es utilizados en circuitos de fuerza de corriente alterna para proteger las instalaciones de las derivaciones a tierra, cuando detectan estas abren el circuito. (Torrens, 2010)
- **Relé térmico:** Elemento de protección contra sobrecargas en circuitos de fuerza, con ajuste de corriente máxima, actúa sobre los contactos auxiliares abriéndolos. (Torrens, 2010)

2.4.7 Definición e importancia del cierre de envases

Según Rodríguez (2005) “el cierre es aquella parte del envase constituida por la unión de los extremos de la tapa y del cuerpo, de manera que dé lugar a una estructura compacta, fuerte y hermética que garantice la calidad del producto.”

2.4.7.1 Tipos de cierre

Luego del llenado se puede tomar en cuenta varias alternativas que se pueden aplicar para realizar el cerrado como son:

- **Cierre a presión:** En este sistema la máquina consta con un alimentador de tapas de plástico o corchos con cierre a presión, pasando por tolva de tapones, disco distribuidor, rampa de bajada y disco de cierre. (Jaén, 2013)
- **Cierre a rosca:** El sistema lleva instalado un grupo de cabezales roscadores regulables, aptos para cualquier formato y diseño de envase. (Jaén, 2013)

2.4.7.2 Proceso de cierre

Una vez regulados todos los parámetros en las cerradoras y revisados todos sus elementos se realizarán las pruebas de funcionamiento pertinentes, y si todo es correcto, se procederá a realizar esta operación. (Muñoz, 2014)

El cierre de los envases puede ser manual, automático o semiautomático. La diferencia entre estos sistemas es cómo se realizan las operaciones, de forma mecánica, por operarios o por equipos automatizados. (Muñoz, 2014)

El proceso de cierre consta de varios pasos relacionados: colocación del envase, dispensación individual de tapas, operación de cierre y desalojo del envase. La operación de cerrado comienza cuando el envase es situado en la base de compresión, entonces, el dispensador de tapas suministra una unidad, alineado tapa y envase, a continuación se realiza el cierre durante el tiempo estipulado de la operación y una

vez terminado el cierre del envase, será desalojado para comenzar de nuevo el proceso con otro envase. (Muñoz, 2014)

2.4.8 Taparroscas

- **Descripción y funcionamiento**

Según ALUCAPS (1978), empresa dedica a la producción de tapas metálicas y plásticas así como a la fabricación de herramientas, las cuales son utilizadas en una amplia gama de la industria. “Estas tapas tienen su aplicación en envases de boca ancha y en botellas, tanto de vidrio como de plástico, en su parte superior pueden ser lisas o llevar algún tipo de gravado, sus costados tienen nervaduras como se observa en la Figura 2.22 para mejorar el agarre del usuario que las abre, posee un diseño con banda de garantía que rompe los puentes de inmediato al desenroscar para dar la característica de antisabotaje” (p.1).

- **Materiales**

El ensamble mediante rosca debe ser mecánicamente robusto, por lo tanto estas tapas se fabrican de materiales de suficiente rigidez como el polipropileno y poliestireno, sin dejar lado a otro tipo de materiales. (ALUCAPS, 1978)



Figura 2.22: Modelos tapa corta

Fuente: (ALUCAPS, 1978)

2.4.9 Diseño en ingeniería

Shigley (2008) afirma. “Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse” (p.4).

El proceso de diseño involucra toma de decisiones, algunas veces éstas deben tomarse con poca información y en otras con la cantidad suficiente. Por lo cual es conveniente reservarse criterios para realizar ajustes a medida que se obtengan más datos, lo principal es que el diseñador en ingeniería debe sentirse seguro y personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y encuentre la solución al problema. (Shigley, 2008)

- **Proceso de diseño en ingeniería**

El proceso de diseño consta de la identificación del problema para establecer los objetivos, especificaciones, análisis, construcción, pruebas y evaluación. Además se deben tener en cuenta restricciones como los factores económicos, seguridad, impacto social e impacto ambiental. (García, 2004)

La intervención del ingeniero en el diseño mecánico permite definir y calcular las fuerzas, dentro del diseño de elementos mecánicos, facilitando la selección del material adecuado y el proceso de fabricación que se debe aplicar para su fabricación. (García, 2008)

Shigley (2008) afirma. “Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización” (p.5).

Las bases de su capacidad y conocimiento del ingeniero mecánico son extensos, entre las bases disciplinarias se encuentran los procesos de manufactura que están

relacionados directamente al desarrollo de la productividad de las fábricas. (Shigley, 2008)

- **Control de tiempos de producción**

Dentro de las áreas de control de producción, se destaca por su importancia el control de tiempos de producción de las tareas realizadas por los operarios dentro de su jornada productiva, conocer los tiempos y los costos asociados a las actividades realizadas por los operarios es la base para la productividad y la identificación de ineficiencias productivas. (Escrofani, 2014)

Los equipos de producción se renuevan y crecen de acuerdo con las necesidades de producir con calidad y mejorar los tiempos dentro de los procesos, involucrando métodos de control de calidad así como de equipos sofisticados para la elaboración del producto, los cuales van acompañados de un alto nivel tecnológico que aseguren las demandas de producción. (Rey, 2003)

2.5 HIPÓTESIS

La repotenciación en el sellado de botellas mejorará los tiempos de producción.

Señalamiento de variables.

Variable Independiente:

Repotenciación en el sellado de botellas

Variable Dependiente:

Tiempos de producción

Termino de relación

Mejorará

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

En la investigación predominó el enfoque cuantitativo y cualitativo, orientándose al análisis de las cualidades, aspectos, características y ventajas de los sistemas eléctricos, neumáticos y mecánicos. Incluyendo la selección de la mejor alternativa de repotenciación del sistema de sellado de botellas para establecer y mejorar los tiempos de producción en el Laboratorio de Control y Automatización Industrial.

3.1.1 Modalidad de la investigación

3.1.1.1 Bibliográfica.

La revisión bibliográfica constituyó una etapa importante, ya que ésta proporcionó el conocimiento de las investigaciones existentes, experimentos, resultados, instrumentos y técnicas usadas para el desarrollo del tema que se propuso investigar.

3.1.1.2 De campo

Esta investigación se realizó en el lugar donde se desarrollaron las pruebas de funcionamiento y permitieron generar datos de los tiempos de producción obtenidos por Sailema (2013), con un valor de 1.81 seg para el sellado de botellas, los cuales ayudaron a un mejor entendimiento de la investigación.

3.1.1.3 Experimental.

Se realizó la manipulación del sistema controlando los factores como la velocidad de giro de los actuadores y el tiempo de posicionamiento de conjunto de sellado, involucrados dentro del manejo de las variables dependiente e independiente, con lo que se pudo verificar un correcto procedimiento de repotenciación.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Exploratoria.

Permitió ampliar el conocimiento variables de interés investigativo como el tiempo y el torque requerido para el sellado, que no han sido analizados con detalle, y posteriormente profundizar con bases establecidas.

3.2.2 Descriptivo.

Se describió la información útil sobre los parámetros técnicos y características de sistemas neumáticos, mecánicos y eléctricos, en conjunto con una la revisión de los tiempos de producción que se pueden obtener.

3.2.3 Correlacional.

Nos permitió relacionar las variables planteadas, como fueron los sistemas de repotenciación con los tiempos de producción, para cumplir con los objetivos propuestos en el estudio.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La investigación realizada tuvo lugar en el Laboratorio de Control y Automatización Industrial en la Máquina Selladora de Botellas, específicamente se trataba de una investigación del funcionamiento técnico de la misma por lo que no fue necesario determinar la población y muestra.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

3.4.1 Variable independiente: Sistema de repotenciación.

Tabla 3-1: Variable independiente

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas
El fin es evitar que las máquinas encargadas de una producción, antiguas o nuevas, trabajen o se desempeñen a niveles menores de su capacidad; la idea es aprovechar al máximo el rendimiento de los sistemas y si estos necesitan nuevos aditamentos o modernización de sus componentes, es indispensable reacondicionarlos hasta dejarlos como nuevos o mejor.	Sistemas	¿Qué tipo de sistema de repotenciación es adecuado en el sellado de botellas?	- Sistema Neumático - Sistema Mecánico - Sistema Eléctrico	Revisión bibliográfica.
	Componentes	¿Cuáles son los componentes que se pueden aplicar para repotenciar el sistema de sellado de botellas?	- Sellado Neumático - Sellado Mecánico - Sellado Eléctrico	Revisión bibliográfica.

Elaborado por: El Autor.

3.4.2 Variable dependiente: Tiempos de producción.

Tabla 3-2: Variable dependiente

Contextualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas
<p>La metodología de la producción justo a tiempo es utilizada en empresas que utilizan el modelo de la calidad total como procedimiento para gestionar y reducir el tiempo en la elaboración de sus productos terminados.</p> <p>Conseguir este objetivo supone la minimización del tiempo total necesario desde el comienzo de la fabricación hasta la facturación del producto.</p>	Tiempos de producción	¿Cómo variará el tiempo de tapado con la repotenciación del sistema de sellado de botellas?	Acceptables $1.38 < t < 2.29$ seg	Registro de datos. Observación directa. Experimentación.
	Calidad del tapado	¿Qué tipo de daños se producirán en el roscado de la tapa?	Hendiduras Rayones Fisuras Ninguno	Revisión bibliográfica. Registro de datos. Examen visual.

Elaborado por: **El Autor.**

3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se realizó la observación de videos ilustrativos en conjunto con la investigación bibliográfica, la experimentación y la participación directa participante en la recolección de información en cuadernos y fichas elaboradas donde se describe la información más relevante

3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

3.6.1 Procesamiento de la información

- ✓ Revisión de la bibliografía recogida.
- ✓ Análisis de los datos obtenidos en los ensayos de funcionamiento.
- ✓ Tabulación de los datos en función de los objetivos y la hipótesis plantada.
- ✓ Representación gráfica de los datos estadísticos.
- ✓ Análisis de los resultados.
- ✓ Interpretación de resultados.

3.6.2 Análisis e interpretación de resultados

La información obtenida y registrada en las representaciones gráficas fue aplicada para el análisis. Con lo que se pudo establecer la siguiente estructura.

- ✓ Análisis de los parámetros requeridos para la selección del sistema de repotenciación.
- ✓ Interpretación de los resultados identificados mediante la representación gráfica y Tablas de tabulación.
- ✓ Establecer conclusiones y recomendaciones.
- ✓ Planteamiento de la propuesta.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el propósito de tener una idea clara para realizar las operaciones adecuadas en el proceso de repotenciación, se realizó una revisión de las características generales y la identificación de los componentes de la máquina selladora de botellas que se implementó en el Laboratorio de Control y Automatización de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, como un equipo de función didáctico para el desarrollo de prácticas de los estudiantes.

Para recoger esta información fue necesaria la revisión de cada elemento en busca de placas con información de sus características de operación y de funcionamiento, también la revisión de la documentación existente como el Proyecto de Investigación de graduación realizado por Eliza Sailema bajo el tema de “LA LÓGICA DE CONTROL INDUSTRIAL Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE SELLADO DE BOTELLAS APLICABLE EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”, permitió recopilar una amplia información que sirvió como guía para complementar la elaboración una ficha técnica en la cual se detallan los componentes que se encuentran actualmente en la máquina selladora de botellas, la cual se encuentra totalmente fuera de funcionamiento en el laboratorio por las fallas técnicas que presenta.

Tabla 4-1: Ficha técnica de la máquina selladora de botellas

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>	
<p>MÁQUINA SELLADORA DE BOTELLAS</p>		
		
<p>DATOS GENERALES</p>		
<p>Dimensiones</p> <p>Largo: 0.7 m</p> <p>Ancho: 0.6 m</p> <p>Altura: 2 m</p>	<p>Operación: Semiautomática</p> <p>Peso: 96.15 kg</p> <p>Materiales: Varios</p>	
<p>SISTEMA DE ENROSCADO</p>		
<p>ELEMENTOS</p>	<p>CARACTERÍSTICAS</p>	
<p>Motor</p>	<p>Par. Nominal: 4Nm – Voltaje: 110/220 – PH: 1 – Potencia: 1Hp (0.75 Kw) – RPM: 1740 – Frecuencia: 60 Hz – SF: 1.15</p>	

Continuación de la Tabla 4.1	
Placa	Espesor: 13 mm
Chumaceras	De pared para eje de 25 mm de diámetro
Poleas	Diámetro exterior = 76, Diámetro menor = 25, Ancho = 30, Ancho del canal 7, Altura del canal 9. Unidades en mm.
Bandas	Tipo V- Serie 11A0635 - Grosor 3/8 pulg.
Eje motriz	Diámetro 25 mm
Boquillas	Diámetro exterior = 50, Diámetro interior 35, Altura 42 Unidades en mm.
SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	
ELEMENTOS	CARACTERÍSTICAS
Cilindro neumático De doble efecto	Fuerza teórica con 6 bar: Ø 100 mm - Carrera 100 mm - 7363 N
COMPONENTES DE SOPORTE	
ELEMENTOS	CARACTERÍSTICAS
Placa	Espesor 15 mm.
Bocín	Nylon – Diámetro exterior 73, Diámetro interior 50, Altura 55. Unidades en mm.
Conjunto regulador de desplazamiento	Barra roscada de ¾ pulg. Boscín roscado. Sujetador de diámetro 150 mm – espesor 22 mm.
Ejes	Diámetro 50 mm – Altura 0.9 m

Continuación de la Tabla 4.1	
Placa sujetador	Espesor 15 mm.
Estructura	Ángulo estructural de 50x50x6 mm
ELEMENTOS DE CONTROL	
Electroválvula	5/2 – monoestable 110 V
Unidad de Mantenimiento	Neumática
Reguladores de caudal	Numáticos
PANEL DE CONTROL	
ELEMENTOS	CARACTERÍSTICAS
Placa	Espesor 5 mm
Botoneras electricas	110 V
Luces piloto	110 V

Elaborado por: El Autor.

Una vez enlistado los elementos de la máquina en la ficha técnica, se procedió a realizar un análisis detallado de cada uno de ellos, con el fin de conocer el estado actual que presentan.

La máquina en general debido a las funciones de operación que realizaba tiene indicios de formación de desgaste, el sistema de sellado cuenta con un motor de 1 Hp capaz de entregar un torque de aplicación de 4 Nm y una salida de velocidad de 1740 rpm que es transmitida mediante la conexión de bandas tipo V a las poleas soportadas por chumaceras y ejes en los cuales existe la presencia de oxidación, además estos elementos son soportados por una placa de acero de 13 mm de espesor y no cuenta con medios auxiliares como variadores de frecuencia o reductores de velocidad que ayuden a controlar su velocidad de salida para una mejor calibración del sellado.



Figura 4.1: Componentes del sistema de enroscado

Fuente: El Autor

El sistema de posicionamiento que ayuda a realizar la operación de sellado es realizado por un pistón neumático de doble accionamiento capaz de proporcionar una fuerza de 7363 N cuando está a una operación de 6 bar, este dispositivo esta soportado por una placa de acero de 15 mm de espesor y dos guías laterales que se desplazan sobre dos ejes de 50 mm de diámetro para mantener su estabilidad, en los cuales no se observa la presencia de lubricación y la formación de óxido es evidente a lo largo de ambos ejes.



Figura 4.2: Soportes del sistema de posicionamiento

Fuente: El Autor.

Los elementos de control como la unidad de mantenimiento presentan daños en su perilla de regulación de presión, mientras que la electroválvula y reguladores caudal tienen una buena apariencia.

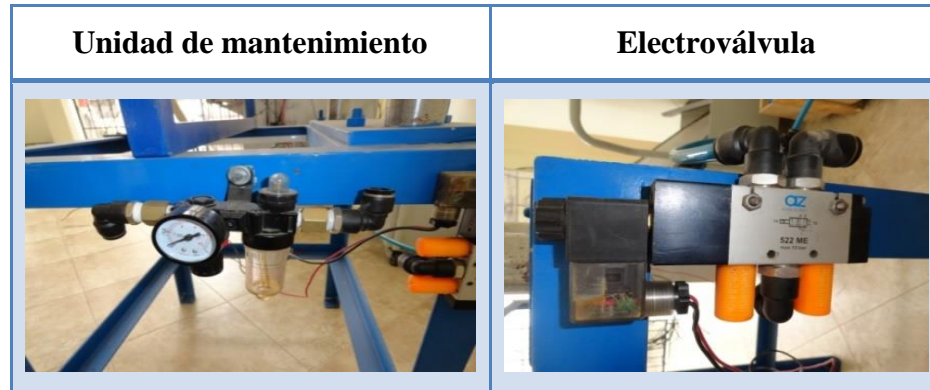


Figura 4.3: Elementos de control del sistema de posicionamiento

Fuente: El Autor

El panel de control no presenta una seguridad adecuada, este realizaba su función de control sobre una placa de acero de 5 mm de espesor sin ninguna protección adicional, el cableado eléctrico se encuentra en desorden, el circuito de potencia y el de control ya no cuentan con sus elementos de conmutación, únicamente se mantienen los cables que se encuentran desconectados de los componentes eléctricos, las botoneras no cuentan con especificaciones sobre que elemento gobiernan o sobre cuál es su función en la máquina.



Figura 4.4: Componentes del control de la máquina selladora de botellas

Fuente: El Autor

Como un análisis general de la parte eléctrica y mecánica de la máquina, ambas necesitan de la reposición de algunos componentes y la adaptación de elementos más sofisticados, que se consiguen con la aplicación de una repotenciación para recuperar y mejorar funcionamiento haciéndola apta para el laboratorio de la Institución donde mediante las prácticas se otorga al estudiante una visión del campo industrial, donde siempre está presente la expectativa de contar con equipos adecuados que cumplan con las exigencias de mantener un producto de calidad que pueda satisfacer las demandas de los consumidores.

En el proceso de embotellamiento de líquidos la operación del sellado de botellas es un paso fundamental para evitar posibles derrames al momento de almacenar y distribuir el producto terminado, lo que indica la importancia de tener un control del estado actual y funcionamiento del sistema que realiza esta operación, factores como daños en las tapas, un cierre inadecuado o la presencia fallas mecánicas imprevistas, son indicadores de una necesaria revisión total o parcial de su funcionamiento.

El análisis de la información recopilada mediante la indagación en fuentes bibliográficas, la investigación de campo y la observación realizada, permitió determinar tres tipos de sistemas de repotenciación, aplicables a la máquina de sellado de botellas del Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, que se los puede encontrar en libros, catálogos, y páginas de internet.

4.2 PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Mott (2006), en su libro Diseño de Elementos de Máquinas y la fundamentación teórica permitieron conocer algunos parámetros de consideración como: la seguridad en el diseño, un costo moderado de fabricación, la facilidad de su montaje y construcción, un manejo de operación sencillo, bajo peso, facilidad de transporte, tamaño y mantenimiento reducidos, materiales adecuados, y una apariencia estética agradable; de los cuales se consideraron a los siguientes para la selección de alternativas.

- **Producción**

Debe manejar una capacidad de producción dentro del rango del prototipo de embotellado que se está implementando en el Laboratorio de Control y Automatización Industrial.

- **Costo**

Este es el parámetro de inicio para la concepción de cualquier proyecto, con él están relacionados directamente los costos de mantenimiento y operación, en este caso el diseño del sistema de repotenciación que se desea realizar, tiene que ser de un costo moderado y permita mantener un alto grado de eficiencia.

- **Facilidad de construcción**

Los elementos de mecanizado que constituyen el sistema deben permitir la aplicación de procesos de manufactura nacional y el uso de materiales disponibles en el mercado, mantener un esquema simple sin dejar de lado los beneficios tecnológicos.

- **Montaje**

Pocas operaciones establecidas de manera clara, que faciliten la adaptación del sistema a las características de la máquina de sellado de botellas del Laboratorio de Control y Automatización industrial.

- **Facilidad de manejo**

Elementos de operación claros y definidos que permitan la activación y manejo del sistema sin complicaciones.

- **Mantenimiento**

Un aspecto importante a la hora de realizar el diseño es tomar en cuenta la facilidad de acceso hacia los elementos que componen el sistema, ya que no están excluidos de sufrir posibles daños o averías, esta consideración permite un acceso rápido hacia a

ellos para poder realizar las respectivas operaciones de mantenimiento, es importante ya que un mantenimiento adecuado permite un buen funcionamiento y prolonga su vida útil.

4.3 MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

Según Riva (2002), en su libro de Diseño Concurrente, para decidir entre diversas soluciones basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, para lo cual basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios asignando los valores siguientes:

Tabla 4-2: Valoración asignado de ponderación

1	Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas.
0.5	Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (=) al de las columnas
0	Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas.

Fuente: (Riba, 2002)

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula; después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio o solución y finalmente la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio. (Riba, 2002)

4.4 ALTERNATIVAS PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA SELLADORA DE TAPAS.

Para el análisis de alternativas se realizó la identificación de las ventajas y desventajas de los sistemas mencionados a continuación, extraídas del marco teórico así como la revisión de información disponible en catálogos.

4.4.1.1 Solución A: Sistema de enroscado de tapas neumático.



Figura 4.5: Sistema de enroscado de tapas compacto

Fuente: (Equitek, 2015)

Ventajas

- Alto grado de sofisticación y flexibilidad.
- La conexión de los elementos del sistema es simple y de rápida manipulación.
- Permiten la regulación de las fuerzas y velocidades de los actuadores.
- Se puede cambios de sentido en sus actuadores de forma instantánea.
- Los cambios de temperatura no afectan de manera significativa a sus elementos.
- En caso de que existan fugas en el sistema no son perjudiciales.
- Costo moderado.

Desventajas

- Alto grado de mantenimiento.
- Los elementos actuadores de sistema producen altos niveles de ruido cuando realizan las descargas hacia el ambiente.
- Limitación de fuerza.

4.4.1.2 Solución B: Sistema de enroscado de tapas mecánico.

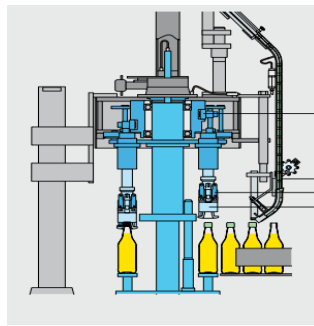


Figura 4.6: Taponadora para tapones de rosca

Fuente: (krones, 2014)

Ventajas

- La tecnología que regula su funcionamiento es accesible al personal poco calificado.
- No produce niveles altos niveles de ruido.
- Permite una transmisión de fuerza elevada.
- Facilidad de montaje.

Desventajas

- Ocupa gran espacio.
- Elevado costo de mantenimiento.
- Compleja sincronización de los órganos móviles.

4.4.1.3 Solución C: Sistema de enroscado de tapas eléctrico.



Figura 4.7: Tapadora semiautomática

Fuente: (COREPTEC, 1995)

Ventajas

- Sellado de manera rápida
- Se puede controlar los niveles de torque y velocidad.
- La operación de manejo no es complicada.
- Nivel de ruido bajo.

Desventajas

- Mantenimiento con personal capacitado.
- Gran tamaño de los motores.
- Costo construcción alto.

4.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN Y VALORACIÓN DE SUS PARÁMETROS.

Para la valoración de los parámetros de alternativas se consideró la producción como el parámetro de mayor importancia, seguido por el costo, facilidad de construcción, montaje, facilidad de manejo y mantenimiento.

Tabla 4-3: Evaluación del peso específico de cada parámetro

Costo > Facilidad de construcción > Montaje > Facilidad de manejo > Mantenimiento								
Parámetros	Producción	Costo	Facilidad de construcción	Montaje	Facilidad de manejo	Mantenimiento	Σ +	Ponderado
Producción	1	1	1	1	1	1	6	0,286
Costo	0	1	1	1	1	1	5	0,238
Facilidad de construcción	0	0	1	1	1	1	4	0,190
Montaje	0	0	0	1	1	1	3	0,143
Facilidad de manejo	0	0	0	0	1	1	2	0,095
Mantenimiento	0	0	0	0	0	1	1	0,048
Suma							21	1

Fuente: El Autor.

4.5.1 Producción

La capacidad de producción en la máquina selladora de botellas que se implementó en el Laboratorio de Control y Automatización industrial se puede observar en la Tabla 4-4, de la cual, Sailema (2013) obtuvo una producción de 18 Botellas/min, lo que indica que los sistemas evaluados se encuentran dentro de este nivel ya que manejan una capacidad de producción de 14 – 60 botellas/min aproximadamente, indicado en los ANEXO A 1, A 2 y A 3.

Tabla 4-4: Interpretación de los tiempos de tapado.

INTERPRETACIÓN DE LOS TIEMPOS DE TAPADOS					
Métodos de sellado	Tiempo de llenado en segundos	Tiempo de manipulación	Tiempo total de proceso	Número de botellas	Producción Botellas/h
Manual	8.38	4	12.38	1	290
Sistema Programado	1.81	5	6.81	2	1057

Fuente: (Sailema, 2013)

El análisis de este criterio coloca a la solución A y C de manera equilibrada en el grado de valoración por el manejo de una capacidad de producción similar y superior a la solución B.

Tabla 4-5: Evaluación del peso específico del parámetro Producción.

Solución A = Solución C > Solución B					
Parámetros	Solución A	Solución C	Solución B	$\sum + 1$	Ponderado
Solución A		0,5	1	2,5	0,417
Solución C	0,5		1	2,5	0,417
Solución B	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: El Autor.

4.5.2 Costo

Luego de realizar un análisis de cada una de las alternativas se pudo determinar los elementos principales de la operación de roscado de tapas en las botellas, así como

los elementos del sistema de posicionamiento que permitan realizar esta operación, con lo que se especificó el costo estimado que tendrían los elementos de cada sistema para la adaptación de repotenciación en la máquina selladora de botellas del Laboratorio.

Tabla 4-6: Costo estimado de los elementos principales de cada sistema para la repotenciación.

Solución A - SISTEMA NEUMÁTICO		
Enroscado		
Elementos principales	Observación	P.U. (\$)
Actuador de giro	Adquirido	178
Regulador de caudal	Adquirido	28
Unidad de Mantenimiento	Adquirido	55
Posicionamiento		
Base	Maquinado	250
Pistón de doble accionamiento	Adquirido	90
Regulador de caudal	Adquirido	7
TOTAL (\$)		608
Solución B - SISTEMA MECÁNICO		
Enroscado		
Elementos principales	Observación	P.U. (\$)
Motor trifásico 1 HP (ANEXO A 14)	Adquirido	158
Tornillo y corona	Maquinado	480
Conjunto bandas y poleas	Adquirido	80
Posicionamiento		

Continuación de la Tabla 4.6		
Base	Maquinado	300
Mecanismo de subida y bajada	Adquirido	200
Conjunto bandas y poleas	Adquirido	80
Motor trifásico 1 HP	Adquirido	158
TOTAL (\$)		1456
Solución C - SISTEMA ELÉCTRICO		
Enroscado		
Elementos principales	Observación	P.U. (\$)
Motor trifásico 1 HP	Adquirido	158
Tornillo y corona	Maquinado	480
Variador de frecuencia (ANEXO A 14)	Adquirido	208
Potenciómetro regulador (ANEXO A 14)	Adquirido	191
Posicionamiento		
Base	Maquinado	300
Pistón de doble accionamiento	Adquirido	160
Regulador de caudal	Adquirido	7
Unidad de Mantenimiento	Adquirido	47
TOTAL (\$)		1551

Elaborado por: El Autor.

Para este análisis la se coloca la solución A en primer lugar lo que indica que tiene mayor valoración de criterio debido ya que presenta el menor costo, seguida por la solución B y C.

Tabla 4-7: Evaluación del peso específico del parámetro costo.

Solución A > Solución B > Solución C					
Parámetros	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderado
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		1	2	0,333
Solución C	0	0		1	0,167
Suma				6	1

Fuente: El autor.

4.5.3 Facilidad de construcción

La solución A presenta mayor facilidad de construcción, los elementos y accesorios neumáticos se los puede encontrar en el mercado y no necesitan de estructuras demasiado robustas para sopórtalos, seguida por la solución B y C que mantienen un equilibrio en su valoración ya que ambos sistemas se complementan con la aplicación de elementos mecánicos y un elemento motriz de generación de movimiento lo que ocasiona la presencia de vibraciones y se requiere de elementos robustos de soporte.

Tabla 4-8: Evaluación del peso específico del parámetro construcción.

Solución A > Solución B = Solución C					
Parámetros	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderado
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		0,5	1,5	0,250

Solución A > Solución B = Solución C					
Parámetros	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderado
Solución C	0	0,5		1,5	0,250
			Suma	6	1

Fuente: El Autor.

4.5.4 Montaje

La solución A presenta un criterio superior, debido a que los circuitos neumáticos son sencillos de manejar y conectar, además los elementos pueden ser manipulados por una sola persona debido a su bajo peso y tamaño, seguidamente se coloca a las soluciones B y C, ya que su instalación resulta más complicada debido a que son más robustos y la sincronización de los mecanismos conlleva a un poco más de tiempo.

Tabla 4-9: Evaluación del peso específico del parámetro montaje.

Solución A > Solución B = Solución C					
Parámetros	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum + 1$	Ponderado
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		0,5	1,5	0,250
Solución C	0	0,5		1,5	0,250
			Suma	6	1

Fuente: El Autor.

4.5.5 Facilidad de manejo

Las tres alternativas de solución A, B y C, presentan un manejo equilibrado los paneles de control de cada una de las alternativas constan de las mismas botoneras básicas e indicadores de funcionamiento.

Tabla 4-10: Evaluación del peso específico del parámetro manejo.

Solución A= Solución B= Solución C					
Parámetros	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Solución A		0,5	0,5	2	0,333
Solución B	0,5		0,5	2	0,333
Solución C	0,5	0,5		2	0,333
			Suma	6	1

Fuente: El Autor.

4.5.6 Mantenimiento

La solución A permite un acceso rápido de sus componentes, debido a que son muy resistentes pueden ser colocados de forma expuesta, con una protección adicional muy reducida, lo que resulta beneficioso a la hora de realizar las operaciones de desmontaje para llegar a los elementos dañados o con averías y realizar su mantenimiento, por lo que tiene una valoración de criterio más elevada con respecto a la solución B y C que están formadas de un mayor número de accesorios y elementos mecánicos, lo que dificulta su acceso hacia los elementos que presenten averías para realizar sus correcciones.

Tabla 4-11: Evaluación del peso específico del parámetro mantenimiento.

Solución A > Solución B > Solución C					
Parámetros	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Solución A		1	1	3	0,500
Solución B	0		1	2	0,333
Solución C	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: El Autor.

4.5.7 Sumatoria de parámetros

Tabla 4-12: Conclusiones.

Conclusión	Producción	Costo	F. Const.	Montaje	F. Manejo	Manten.	Σ	Prioridad
Solución A	0,143	0,119	0,079	0,071	0,032	0,024	0,468	1
Solución B	0,095	0,060	0,032	0,036	0,032	0,016	0,270	3
Solución C	0,048	0,060	0,079	0,036	0,032	0,008	0,262	2

Fuente: El Autor

Mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados, se obtuvo el puntaje más alto de valoración en la solución A lo que define al sistema de enroscado de tapas neumático como la opción más viable de aplicación para este estudio.

4.6 SELECCIÓN DEL MECANISMO DE POSICIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SELLADO.

4.6.1 Solución A: Pistón neumático.



Figura 4.8: Cilindro de doble efecto convencional

Fuente: (Festo, 2003)

Ventajas:

- Bajo costo.
- Permite la regulación velocidad del vástago a la entrada y salida.
- Carreas de accionamiento amplias.
- Aplicación de fuerza en ambos sentidos.
- Diseño de selección sencillo.
- Rápida respuesta.
- Buena fiabilidad.
- Fácil mantenimiento.

Desventajas:

- Necesitan de enclavamientos para un control continuo.
- Propensos a fugas.
- Riesgo de pandeo.

4.6.2 Solución B: Piñón y cremallera



Figura 4.9: Piñón - Cremallera

Fuente: (Martin, 1951)

Ventajas

- Genera una transición suave y de precisión.
- Transmite esfuerzos y potencias elevadas.
- Fácil construcción.
- Alto rendimiento y fiabilidad.
- Buena resistencia mecánica.

Desventajas

- Costo elevado.
- Necesita una buena lubricación.
- Ocupa un amplio espacio.

4.7 VALORACIÓN DEL MECANISMO DE POSICIONAMIENTO PARA EL SISTEMA DE ENROSCADO DE TAPAS.

Para la evaluación de los parámetros del mecanismo de posicionamiento se considera un equilibrio de valoración entre el costo y el tamaño del elemento seguido por su fiabilidad y mantenimiento.

Tabla 4-13: Evaluación del peso específico de cada parámetro

Costo = Tamaño > Fiabilidad > Mantenimiento						
Parámetros	Costo	Tamaño	Fiabilidad	Mantenimiento	$\sum + 1$	Ponderado
Costo		0,5	1	1	3,5	0,350
Tamaño	0,5		1	1	3,5	0,350
Fiabilidad	0	0		1	2	0,200
Mantenimiento	0	0	0		1	0,100
Suma					10	1

Fuente: El Autor.

4.7.1 Costo

En la evaluación se considera que la solución A tiene mayor valoración debido a que resulta más económico como indica la Tabla 4-6, y es accesible a la regulación de su velocidad de accionamiento de manera sencilla, permitiendo una calibración adecuada del movimiento de subida y bajada del sistema de sellado, colocándola por delante de la solución B que es un sistema de precisión muy eficiente pero que involucra un mayor tiempo de diseño y un proceso de fabricación de maquinado que eleva su costo.

Tabla 4-14: Evaluación del peso específico del parámetro costo

Solución A > Solución B				
Parámetros	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderado
Solución A		1	2	0,667
Solución B	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: El Autor.

4.7.2 Tamaño

En este análisis la solución A presenta un criterio de valoración más elevado, en el mercado existe una gran variedad de estos actuadores con diferentes longitudes de accionamiento y diámetros que permiten la obtención de fuerzas de trabajo elevadas, sin la necesidad de ser demasiado grandes, lo que favorece a su adaptación en el ensamble donde sea requerido, mientras que la solución B es un mecanismo en el cual se puede controlar sus dimensiones principales como es el ancho y longitud de la cremallera, pero lo que afecta a su espacio de instalación es la necesidad de adaptación de un sistema motriz o palanca que permita generar su funcionamiento.

Tabla 4-15: Evaluación del peso específico del criterio tamaño

Solución A > Solución B				
Parámetros	Solución A	Solución B	$\Sigma + 1$	Ponderado
Solución A		1	2	0,667
Solución B	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: El Autor.

4.7.3 Fiabilidad

Para este criterio la solución B presenta mayor valoración, ya que este mecanismo tiene un gran nivel de precisión en su movimiento y transmisión de fuerza, colocando a la solución A después debido a que la compresibilidad del aire puede afectar al desempeño de estos actuadores al no mantener velocidades uniformes.

Tabla 4-16: Evaluación del peso específico del criterio fiabilidad

Solución B > Solución A				
Parámetros	Solución B	Solución A	$\sum + 1$	Ponderado
Solución B		1	2	0,667
Solución A	0		1	0,333
Suma			3	1

Fuente: El Autor.

4.7.4 Mantenimiento

La solución A presenta mayor grado de valoración, al tener un régimen de mantenimiento bajo y la facilidad de un acceso rápido, mientras que la solución B requiere de una lubricación continua y debe estar muy bien protegida.

Tabla 4-17: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Solución A > Solución B				
Parámetros	Solución A	Solución B	$\sum + 1$	Ponderado
Solución A		1	2	0,667
Solución B	0		1	0,333
Suma			3	1

Fuente: El Autor.

4.7.5 Sumatoria de parámetros

Tabla 4-18: Conclusiones

Parámetros	Costo	Tamaño	Fiabilidad	Mantenimiento	Σ	Prioridad
Solución A	0,233	0,233	0,067	0,067	0,600	1
Solución B	0,117	0,117	0,133	0,033	0,400	2

Fuente. El Autor.

Mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados, se obtuvo el puntaje más alto de valoración en la solución A lo que define al pistón neumático como la opción más viable de aplicación para este estudio.

4.8 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL DE FUNCIONAMIENTO.

4.8.1 Solución A: Controlador lógico programable (PLC)



Figura 4.10: PLC

Fuente: (Martín, 2009)

Ventajas:

- Maneja una programación flexible.
- Permite la posibilidad de manejar varios actuadores mecánicos con el mismo autómatas.
- Resistente a los ambientes industriales (Temperatura, Humedad, etc.).

- Diseño modular para la expansión de entradas y salidas de control.
- Buena velocidad de operación.
- Bajo mantenimiento.
- Alta confiabilidad.
- Aumento de productividad.

Desventajas

- Manejo de personal capacitado.
- Son elementos de alto nivel tecnológico por lo que su costo de inversión es elevado.

4.8.2 Solución B: Microcontrolador



Figura 4.11: Microcontrolador

Fuente: (Rossano, 2013)

Ventajas

- Alto nivel de procesamiento.
- Permite reducir costos.
- Amplia gama de softwares para su programación.
- Facilidad de transferencias de los datos de programación mediante puertos seriales o el USB.
- Permiten desarrollo de aplicaciones específicas de manera rápida y eficiente.
- Las memorias Ram y Rom están incluidas dentro del circuito integrado.
- Consumo de energía reducido.

Desventajas

- Necesita de un ambiente controlado para un buen desempeño.
- Para realizar su función necesita del apoyo de elementos adicionales, como placas electrónicas con un hardware diseñado para la aplicación específica.
- Carece de diseño modular lo que dificulta la ampliación de sus entradas y salidas.
- Limitación en el tamaño de datos.

4.8.3 Solución C: Contactor o Relé

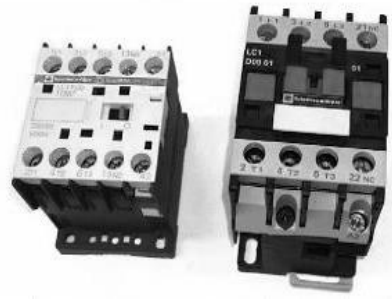


Figura 4.12: Contactores comerciales

Fuente: (Cembranos F. , 2014)

Ventajas:

- Alto grado de desempeño en ambientes industriales ya que es muy robusto y fiable.
- Alta confiabilidad ante la presencia de vibraciones.
- Permiten la facilidad de controlar una máquina desde varios puntos de estaciones de maniobra.
- Se puede adaptar dispositivos auxiliares de mando como: finales de carrera, detectores de proximidad, temporizadores, termóstatos, etc. Para el manejo de procesos complejos.
- Permiten el manejo y accionamiento de corrientes muy altas.

- Protege a los actuadores mecánicos de caídas de tensión.
- Funciona tanto en servicio continuo e intermitente.

Desventajas:

- Son muy sensibles a corrientes parasitas y presentan fugas de corriente.
- Se debe manejar un dimensionamiento superior a lo requerido.
- Tienden a sufrir desgaste en sus contactos.

4.9 VALORACIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENROSCADO DE TAPAS.

Para la valoración del dispositivo de control que controle máquina selladora de botellas se consideró la confiabilidad como el parámetro de mayor importancia, seguido por la facilidad de manejo y el mantenimiento.

Tabla 4-19: Parámetros para la selección de alternativas

Confiabilidad > Fácil manejo > Mantenimiento > Costo						
Parámetros	Confiabilidad	Fácil manejo	Mantenimiento	Costo	Σ^+ 1	Ponderado
Confiabilidad		1	1	1	4	0,4
Fácil manejo	0		1	1	3	0,3
Mantenimiento	0	0		1	2	0,2
Costo	0	0	0		1	0,1
				Suma	10	1

Fuente: El Autor

4.9.1 Confiabilidad

El análisis ubica a la solución A en primer lugar debido a que su valor de criterio es considerado el más alto, maneja un diseño de fabricación confiable de manera que puede funcionar de la forma prevista dentro de un proceso de automatización, seguido por la solución C que se adapta a las condiciones de servicio industrial por su característica robusta pero propenso al desgaste por la apertura y cierre de sus contactos, y por último la solución B maneja un grado de control de operaciones eficiente cuando su ambiente de operación se encuentra muy bien controlado y libre de perturbaciones.

Tabla 4-20: Evaluación del peso específico del criterio Confiabilidad

Solución A > Solución C > Solución B					
Parámetros	Solución A	Solución C	Solución B	$\sum + 1$	Ponderado
Solución A		1	1	3	0,500
Solución C	0		1	2	0,333
Solución B	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: El Autor.

4.9.2 Fácil manejo

En este análisis se coloca en primer lugar la solución C por su criterio de valoración superior, en este sistema de control el operador tiene que manejar un nivel de capacitación moderado para realizar las respectivas conexiones, mientras que para la solución A, el operador tiene que manejar criterios de programación bien definidos y sin demoras, colocando a la solución B en último lugar ya que implica la intervención de personal con conocimiento de programación y diseño del hardware.

Tabla 4-21: Evaluación del peso específico del criterio Manejo

Solución C > Solución A > Solución B					
Parámetros	Solución C	Solución A	Solución B	$\sum + 1$	Ponderado
Solución C		1	1	3	0,500
Solución A	0		1	2	0,333
Solución B	0	0		1	0,167
Suma				6	1

Fuente: El Autor.

4.9.3 Mantenimiento

La solución A tiene un criterio de valoración más elevado, este dispositivo presenta un bajo nivel de mantenimiento, entre sus principales actividades están una buena limpieza y la revisión de sus conexiones, mientras que la solución C necesita de revisiones periódicas en sus líneas de cableado y contactos, dejando con el menor criterio de valoración la solución B ya que en este sistema se maneja un mayor número de elementos electrónicos que son muy delicados de tratar.

Tabla 4-22: Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento

Solución A > Solución C > Solución B					
Parámetros	Solución A	Solución C	Solución B	$\sum + 1$	Ponderado
Solución A		1	1	3	0,500
Solución C	0		1	2	0,333
Solución B	0	0		1	0,167
Suma				6	1

Fuente: El Autor.

4.9.4 Costo

En el análisis la solución B presenta el criterio de valoración más elevado por su bajo costo, seguido por la solución C para la cual se necesita del empleo de varios contactores y otros elementos auxiliares, dejando el menor criterio de valoración a la solución A que representa un costo de inversión más considerable.

Tabla 4-23: Evaluación del peso específico del criterio Costo

Solución B > Solución C > Solución A					
Parámetros	Solución B	Solución C	Solución A	$\sum + 1$	Ponderado
Solución B		1	1	3	0,500
Solución C	0		1	2	0,333
Solución A	0	0		1	0,167
Suma				6	1

Fuente: El Autor.

4.9.5 Sumatoria de parámetros

Tabla 4-24: Conclusiones

Parámetros	Confi.	F. Manejo	Manten.	Costo	Σ	Prioridad
Solución A	0,200	0,1	0,100	0,017	0,417	1
Solución B	0,067	0,05	0,033	0,050	0,200	3
Solución C	0,133	0,15	0,067	0,033	0,383	2

Fuente: El Autor.

Mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados, se obtuvo el puntaje más alto de valoración en la solución A lo que define al PLC como la opción más viable de aplicación para este estudio.

4.10 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Mediante la interpretación de los resultados obtenidos de las ponderaciones realizadas se ha definido un sistema de enroscado neumático, posicionado por un actuador de doble accionamiento, controlados por un autómata programable (PLC). Para la repotenciación de la máquina selladora de botellas, los cuales se especifican a continuación mediante su selección y elaboración de un esquema general para su adaptación.

- **Potencia del actuador neumático para el enroscado de tapas.**

La selección de este actuador se realizó en base al torque requerido para obtener un ajuste adecuado de la tapa. Según la norma COVENIN (2000) que establece los requisitos mínimos que deben cumplir las tapas plásticas de rosca a usar en envases plásticos y de vidrio recomienda una fuerza de aplicación entre 13.8 - 23 Kg-cm indicado en el ANEXO A 5 para tapas con diámetro de 30 mm.

Entonces tomando el valor máximo recomendado y transformando sus unidades obtenemos un valor de 2.25 Nm que es el momento torsor a vencer por el actuador.

Con el valor establecido y cuestiones de experimentación con el mismo se asume que por lo menos debe duplicar el valor a vencer dando como resultado 4.5 Nm con el cual se procede a verificar en las curvas de la Figura 4.13 un valor de potencia aproximado para producir este par de funcionamiento.

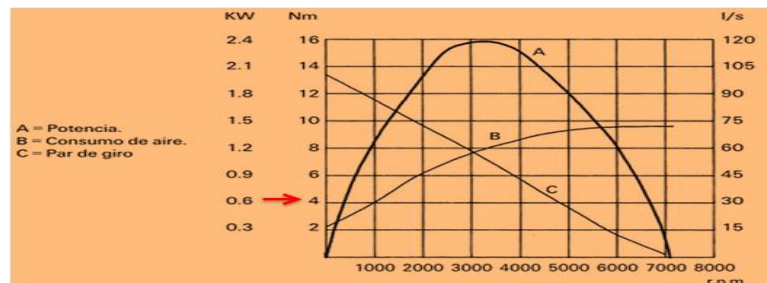


Figura 4.13: Gráfico potencia, par y consumo

Fuente: (Serrano, 2009)

De la Figura 4.13 se puede observar que se requiere una potencia aproximada de 0.6 KW del actuador.

Por lo tanto una vez consultado la disponibilidad en el mercado de estos actuadores con los valores requeridos se procedió a la selección de un taladro neumático con las siguientes especificaciones tomadas del ANEXO A 9.

Tabla 4-25: Características del taladro neumático




DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Presión de trabajo	90 Psi
Velocidad de salida	800 rpm
Apertura máxima del mandril	13 mm
Peso	2 Lb
Potencia	¾ de HP
Longitud	180 mm
Consumo	480 L/min

Fuente: El Autor.

La ventaja principal de los actuadores neumáticos es que su velocidad y fuerza de trabajo son fáciles de manipular con la regulación de la presión de alimentación entregada por la unidad de mantenimiento o mediante la instalación de reguladores de caudal a las entradas de aire de los actuadores, lo cual facilita su calibración para un desempeño adecuado.

Para satisfacer las necesidades de funcionamiento del actuador el Laboratorio de Automatización cuenta con el suministro de aire proporcionado por un compresor 5 HP que se encuentra en buen estado y disponible para las actividades de operación, donde se realizaron varias pruebas de funcionamiento mostradas en el ANEXO A 43 y descrito en el procedimiento de la Tabla 4-26 ejecución

Tabla 4-26: Pruebas de enroscado de tapas

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>	
<p>PROCEDIMIENTO REALIZADO PARA LAS PRUEBAS DE ENROSCADO DE TAPAS</p>		
<p>LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN</p>		
<p>Ejecución</p>		
<p>Para determinar el tiempo requerido para el enroscado de tapas en las botellas se realizaron los siguientes pasos.</p>		
<ul style="list-style-type: none">• Revisión las características técnicas de funcionamiento de los elementos neumáticos adquiridos.		
<p>Taladro neumático – Presión de trabajo 90 Psi.</p>		
<p>Válvula estranguladora antirretorno – Abertura total 9 vueltas.</p>		
<p>Unidad de mantenimiento – Control máximo de presión 150 Psi.</p>		
		



PROCEDIMIENTO REALIZADO PARA LAS PRUEBAS DE ENROSCADO DE TAPAS

LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN

- Control de ruido.

Como se menciona en el marco teórico una de las desventajas de los actuadores neumáticos es el ruido excesivo que se puede llegar a generar en este tipo de actuadores por lo cual se realizó la adaptación de un silenciador a los escapes de taladro neumático.

- Regulaciones de operación.

Las regulaciones realizadas fueron:

Mantener una presión de trabajo de 90 Psi suministrada por la unidad de mantenimiento a una abertura máxima de la válvula estranguladora, considerando que el silenciador adaptado permite reducir la velocidad de salida del actuador sin la necesidad de regulaciones adicionales.

- Determinación de la velocidad de salida en el actuador luego de las regulaciones.

Para determinar este parámetro se utilizó el tacómetro de medición de revoluciones por minuto modelo 470, existente en el Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica, obtenido un valor de 324 rpm como se muestra en el ANEXO A 42.



PROCEDIMIENTO REALIZADO PARA LAS PRUEBAS DE ENROSCADO DE TAPAS

LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN

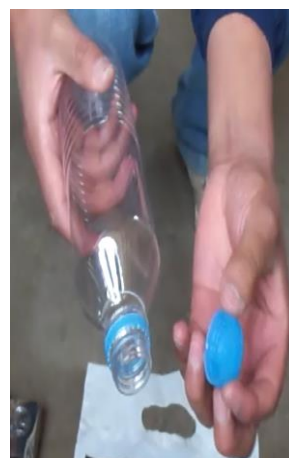
- Pruebas de funcionamiento.



Posicionamiento



Enroscado



Verificación

Las pruebas de funcionamiento fueron realizadas de forma manual con las regulaciones de operación ya mencionadas, lo que indica que se mantuvo una velocidad de 324 rpm en el actuador para el enroscado de las tapas, con estos parámetros en la experimentación se pudo observar un enroscado suave y con facilidad, evitando de esta manera realizar algún tipo de regulación adicional en el actuador, como se indica en los ensayos del ANEXO A 43.

- Interpretación de resultados

Las experimentaciones realizadas permitieron definir un tiempo promedio de 0.32 segundos para el enroscado de las tapas, manteniendo un sellado adecuado.

Fuente: El Autor

Para un posicionamiento adecuado del actuador seleccionado es necesario tomar en cuenta la separación que se produce entre las botellas, por lo tanto considerando que las botellas a tendrán futuro su ingreso por medio de una banda transportadora como las demás máquinas de la línea del prototipo, es conveniente acoplarse a la separación de centro a centro que se produce entre las botellas cuando están juntas lo cual no fue considerado en el diseño original como se puede observar en la Figura 4.14 en la que mantiene una separación de 180 mm para el posicionamiento de las botellas la cual no es conveniente ya que al momento de que requiera de la automatización completa de la máquina selladora involucraría generar tiempo muertos hasta que los medios separadores acomoden las botellas a esa distancia de separación o generaría el diseño de mecanismos complejos que conlleven a la elevación de su costo de fabricación y ocupen más espacio dentro del proceso.

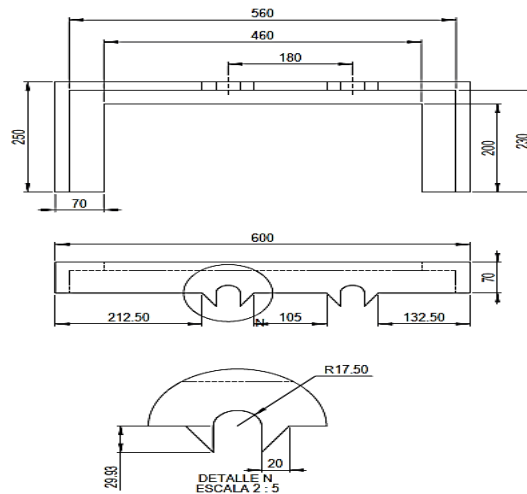


Figura 4-14: Distancia de separación entre botellas

Fuente: (Saillema, 2013)

Realizado el análisis se procede a la elaboración del esquema mostrado en la Figura 4.15, tomando como referencias principales la longitud y peso del actuador indicados en la Tabla 4.25, para que se adapte a los requerimientos mencionados, con el fin de mejorar la ubicación y el dimensionamiento de los componentes del sistema de sellado.

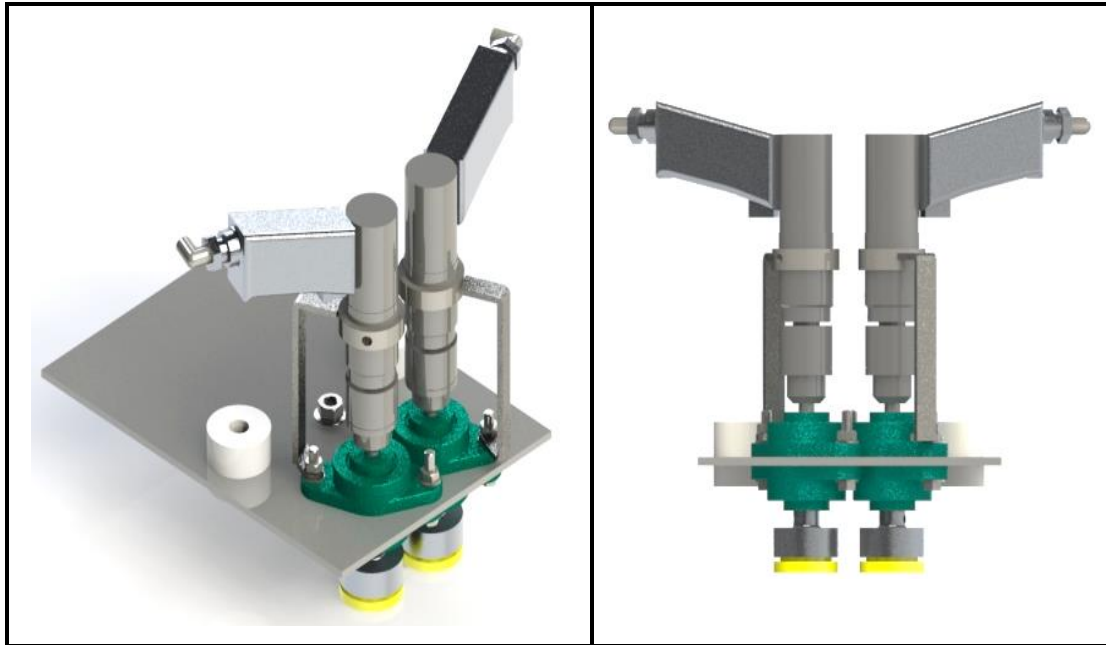


Figura 4-15: Conjunto de sellado modificado

Fuente: El Autor

El esquema de la Figura 4.15 consta de una placa de Acero inoxidable de 6 mm de espesor, chumaceras con rodamientos para el alojamiento de ejes con diámetros de 12 mm, guías para su deslizamiento, boquillas desarmables para su limpieza y los actuadores neumáticos. De los cuales algunos de ellos serán especificados y justificados con sus respectivos cálculos de diseño y elaboración de sus planos de construcción más adelante.

Para la elaboración del esquema de la Figura 4.15 se utilizó el software de diseño asistido por computadora SolidWorks 2014 versión estudiantil instalado en los Laboratorios de Computación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, con el cual y en conjunto de la revisión de las especificaciones técnicas de los componentes indicados en la Figura 4.15 se determinó un peso aproximado de 28.56 Kg (280 N), lo que indica una reducción de casi de la mitad del peso del diseño original mostrado en la Figura 4.1 que es de 40.39 Kg (396 N) aproximadamente obtenido mediante la revisión de cada componente como se especifica en el Anexo A 39.

Esto significa una reducción del diámetro requerido en el actuador neumático para el posicionamiento del conjunto de sellado y produce que el tiempo de llenado de la cámara del actuador sea menor para provocar la salida del vástago.

- **Longitud y diámetro del émbolo del cilindro neumático para el posicionamiento del sistema de sellado.**

La consideración principal para la selección de este elemento fue evaluar el efecto de la longitud de carrera sobre el tiempo de posicionamiento del sistema de sellado, mediante la variación de esta longitud con valores de 25, 50, 75 y 100 mm los cuales son estandarizados como se indica en el Anexo A 40, manteniendo constante un diámetro del émbolo del pistón de 40 mm el cual es el requerido para mover la caga del conjunto de sellado mostrado en la Figura 4.15, especificado más adelante con sus cálculos de diseño. Además para relacionar el tiempo con la longitud de carrera es necesario conocer la velocidad que se produce en este tipo de actuadores.

Según Bernal (2015), la velocidad que puede alcanzar un cilindro neumático varía en función del tamaño de su diámetro como se indica en el Anexo A 41 del cual se escogió los valores de velocidad que se indican en la Tabla 4.26 dependiendo del diámetro requerido. Los resultados obtenidos son los mostrados en la Tabla 4-26.

Tabla 4-27: Variación del tiempo en función de la longitud de carrera del actuador

Diámetro del émbolo (mm)	Longitud de carrera (mm)	Velocidad (m/seg)	Tiempo de posicionamiento (seg)
40	100	2,5	0,040
40	75	2,5	0,030
40	50	2,5	0,020
40	25	2,5	0,010

Fuente: El Autor

Con los datos obtenidos en la Tabla 4.26 se puede verificar que al disminuir la longitud de carrera el tiempo de posicionamiento empieza a cambiar, esto ocurre

debido a que al tener una menor distancia de recorrido el vástago puede llegar a su posición final en un menor tiempo, además con una área menor en el émbolo del cilindro el fluido llena con mayor rapidez la cámara, provocando una salida inmediata del vástago, sin embargo, el tiempo de posicionamiento es eficiente siempre y cuando la longitud de carrera permita un ingreso libre de la botella, lo que se consigue al tomar en cuenta la longitud total que se produce una vez colocada la tapa sobre la botella como se muestra en la Figura 4-16.

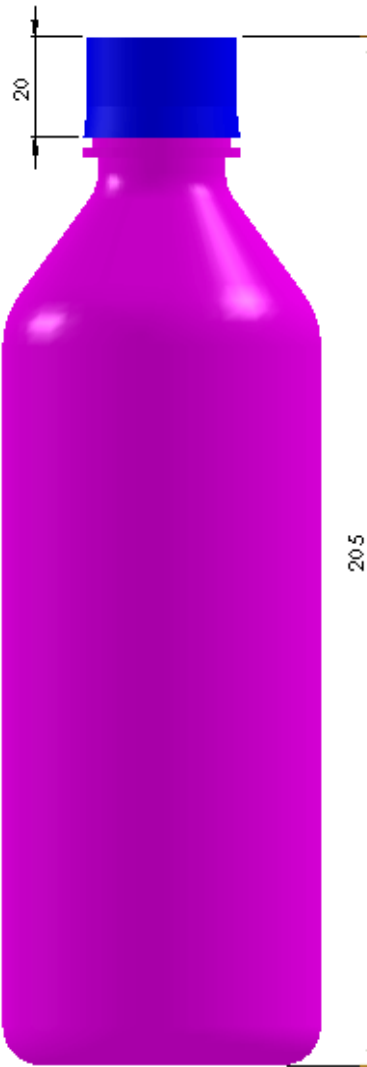


Figura 4-16: Dimensiones generales del conjunto

Fuente: El Autor

Una vez especificado las dimensiones generales de la Figura 4-16 se debe determinar la separación que se produce entre la boquilla y la parte superior del conjunto formado por la botella y la tapa, por lo tanto es necesario restar la longitud de ingreso al interior de la boquilla, que en este caso son los 20 mm del tamaño de la tapa sobre cada una de las longitudes de carrera de la Tabla 4-26; obteniendo los siguientes valores mostrados en la Tabla 4.28.

Tabla 4-28: Valores de separación entre la boquilla para el ingreso de la botella

Longitud de carrera (mm)	Separación de ingreso (mm)
100	80
75	55
50	30
25	5

Fuente: El Autor

De la Tabla 4.27 se establece que al mantener una longitud de carrera de 50 mm en el actuador neumático para el posicionamiento del sistema de sellado se obtiene una separación de 30 mm para el ingreso de las botellas lo cual se considera apropiado ya que no se tiene el riesgo de contactos con la parte superior donde se encuentran los demás elementos mostrados en la Figura 4.15.

Establecido el diámetro y longitud de carrera se procedió a determinar la regulación de la abertura del regulador de caudal y el tipo que se produce en la salida total del vástago para el posicionamiento del sistema de sellado de botellas mediante las experimentaciones mostradas en el procedimiento de la Tabla 4-29.

Tabla 4-29: Tiempos de posicionamiento

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
PROCEDIMIENTO REALIZADO PARA LAS PRUEBAS DE POSICIONAMIENTO		
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN		
Ejecución		
<p>Para el determinar el tiempo de posicionamiento del sistema de enroscado de tapas para el sellado de botellas que se muestra en la Figura 4.15 se realizaron los siguientes pasos.</p>		
<ul style="list-style-type: none">• Revisión las características técnicas de funcionamiento de los elementos neumáticos adquiridos.		
<p>Actuador neumático de doble accionamiento – Presión de trabajo 90 Psi.</p>		
<p>Válvula estranguladora – Abertura total 9 vueltas.</p>		
<p>Unidad de mantenimiento – Control máximo de presión 150 Psi.</p>		
<ul style="list-style-type: none">• Presión de trabajo.		
<p>La presión de trabajo suministrada por la unidad de mantenimiento se mantuvo regulada a 90 Psi.</p>		



**PROCEDIMIENTO REALIZADO PARA LAS PRUEBAS DE
POSICIONAMIENTO**

LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN

- Pruebas de funcionamiento.

Las pruebas de funcionamiento fueron realizadas manteniendo diferentes regulaciones de la válvula estranguladora de caudal a la salida del émbolo con el fin de observar su comportamiento y relacionarlo con un tiempo promedio de ejecución. Para lo cual se hace referencia de las observaciones indicadas a continuación tomadas los ensayos de medición del ANEXO A 44.

Presión (Psi)	Aberturas (Vueltas)	Tiempo promedio (Segundos)
90	2	0.48
		Se mantuvo una salida lenta con poca presencia de golpes entre las paredes del cilindro y el émbolo.
Presión (Psi)	Aberturas (Vueltas)	Tiempo promedio (Segundos)
90	4	0.33
		Se originó una salida rápida con una mayor formación de golpes entre las paredes del cilindro y el émbolo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



PROCEDIMIENTO REALIZADO PARA LAS PRUEBAS DE POSICIONAMIENTO

LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN

Presión (Psi)	Aberturas (Vueltas)	Tiempo promedio (Segundos)
90	6	0.21
		Se produce una velocidad de salida demasiado alta, difícil de controlar, generando golpes fuertes entre las paredes del cilindro y del émbolo.
Presión (Psi)	Aberturas (Vueltas)	Tiempo promedio (Segundos)
90	8	0.11
		Mantiene un tiempo de salida muy corto para controlar su funcionamiento, también existe la presencia de golpes demasiado bruscos entre el émbolo y las paredes del cilindro, lo que generaría la posibilidad de que se produzca un daño prematuro del actuador.

- Interpretación de resultados

Se determinó que a una regulación de caudal de 2 vuelta de abertura se mantiene una salida del vástago adecuada con un movimiento suave libre de golpes bruscos entre las paredes del cilindro y del émbolo con un tiempo de operación relativamente bajo de 0.48 seg.

Fuente: El Autor

Luego de establecer que la longitud de carrera cumple con lo requerido se elaboró el esquema de la Figura 4.17 para verificar que si es posible su adaptación, donde también se observa que la altura para el posicionamiento del sistema de sellado de botellas se puede regular a conveniencia mediante un mecanismo de regulación manual que se desplaza hacia arriba y hacia abajo, permitiendo un control para la calibración de la distancia de separación del sistema de sellado.

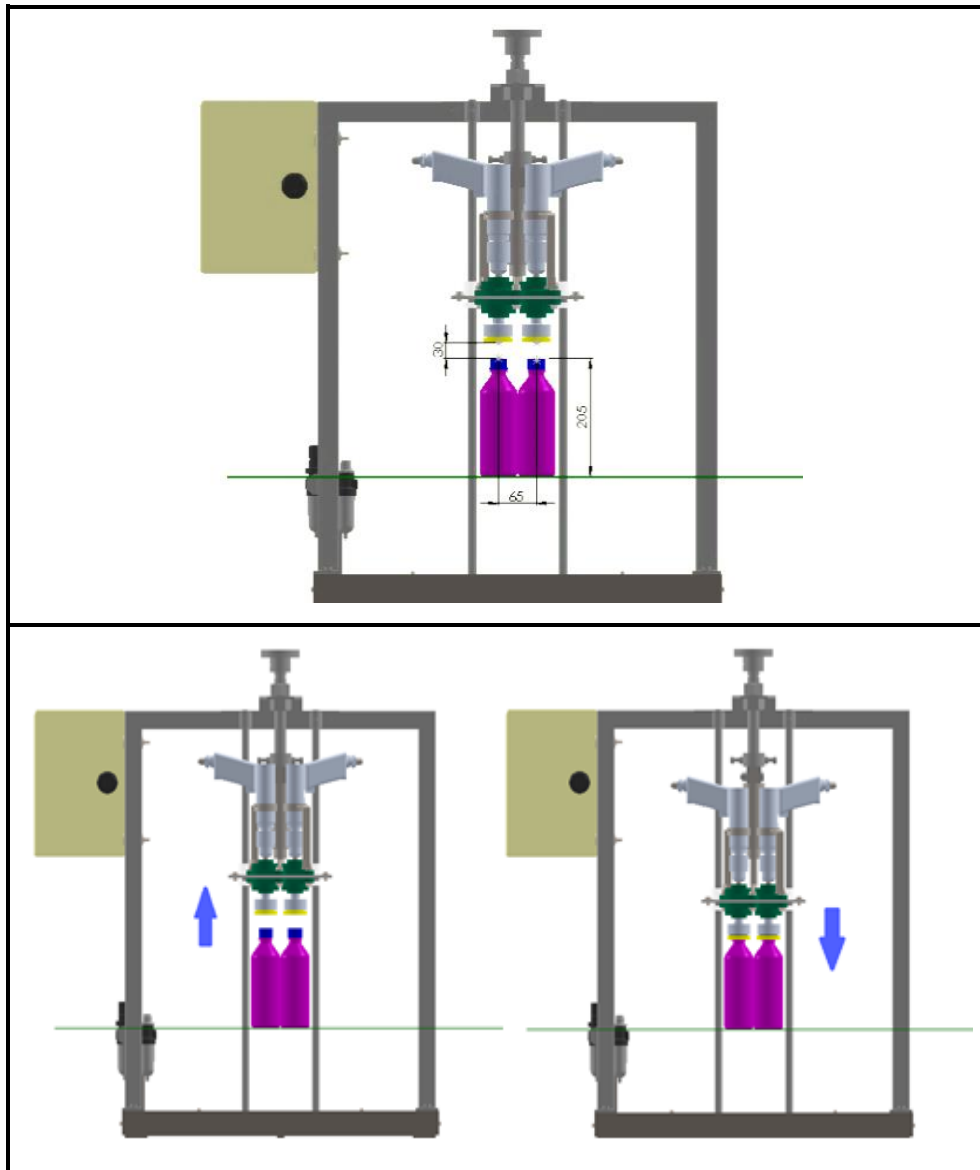


Figura 4-17: Esquema de posicionamiento para el ingreso de las botellas

Fuente: El Autor

4.11 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

La verificación de la hipótesis se basa en los datos experimentales y teóricos obtenidos en este estudio que se muestran en la Tabla 4-30, la cual fue elaborada con los tiempos indicados en la Tabla 4-7 que son los valores que manejaba la máquina selladora de botellas originalmente, el tiempo reducido para el posicionamiento de las botellas obtenido por Ronald Calderón en su trabajo de investigación de graduación bajo el tema de “Estudio del sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el Laboratorio de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato” con un valor de 4 segundos y la sumatoria de los tiempos determinados para el sellado de botellas de las Tablas 4-26 y 4-29.

Tabla 4-30: Tiempos totales de producción

TIEMPOS DEL PROCESO DE SELLADO SEMIAUTOMÁTICO					
Ítem	Tiempo de se sellado (seg)	Tiempo de Manipulación (seg)	Tiempo total del proceso (seg)	Número de botellas	Producción de botellas/hora
Tabla 4-7	1,81	5	6.81	2	1057
Datos obtenidos	0,8	4	4.8	2	1500

Fuente: El Autor.

Por lo tanto con los datos indicados en la Tabla 4-30 se verifica que se pudo reducir el tiempo total del sellado en un 55.8 %, con el cual se alcanzaría una producción de 1500 botellas/hora una vez unificados los procesos para un funcionamiento autónomo de máquina, logrando de esta manera verificar la hipótesis, ya que la correcta evaluación de los parámetros para la selección de un sistema de repotenciación de la máquina selladora de botellas nos permitió reducir su tiempo de sellado para mejorar la producción en un 42% equivalente a 443 botellas/hora más de lo producido.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Con el análisis realizado de los componentes de la máquina selladora de botellas identificados en la Tabla 4.1. y tomando en cuenta el número de revoluciones indicadas en los antecedentes investigativos. Se descartó la reutilización del motor encargado del roscado, debido a que proporciona una velocidad de salida de 1740 rpm y no cuenta con una relación de transmisión adecuada o medio de regulación auxiliar para disminuir su velocidad.
- La presencia de oxidación en los soportes laterales y en el sistema de regulación manual de posicionamiento indica una selección inadecuada de los materiales lo que hizo necesario su rediseño ya que se está tratando con bebidas de consumo (agua embotella), y se requiere de la aplicación de materiales inertes,
- El actuador neumático junto con sus componentes como: reguladores de caudal, electroválvulas, unidad de mantenimiento y elementos del circuito de control fueron evaluados para su reutilización, dejando la misma estructura como soporte de todos los componentes por su buena condición.
- Para un funcionamiento adecuado del sistema de sellado de botellas se debe considerar parámetros como: la regulación de la fuerza que se ejerce sobre la tapa de la botella, un diseño neumático adecuado para mantener un tiempo de posicionamiento bajo y una velocidad de sellado eficiente.
- Otros parámetros importantes como: la cantidad de producción, su costo de fabricación, el tipo de material para su construcción, la complejidad de su

montaje, facilidad de su manejo y mantenimientos reducidos, fueron evaluados mediante la aplicación del método ordinal corregido de criterios ponderados permitiendo la selección de un sistema de repotenciación neumático posicionado por un cilindro de doble accionamiento controlado por un autómatas programable (PLC).

- El prototipo consta de las modificaciones indicadas en el esquema en la Figura 4-17 mantenido como referencias principales las dimensiones generales de la estructura de soporte que son 700 x 600 mm para un montaje de adaptación sin inconvenientes.

5.2 RECOMENDACIONES

- Considerar un número de revoluciones para el sellado no muy elevado para evitar el sobredimensionamiento de este parámetro, tomando como referencia un valor cercano al indicado en los antecedentes investigativos citados para esta investigación.
- Para facilidad de construcción del prototipo tener en cuenta la disponibilidad de materiales existentes en nuestro mercado.
- Tomar como parámetros principales las dimensiones y material de la tapa para el diseño y selección de los componentes de la boquilla, ya que se podrían producir daños en las tapas que afectarían a su calidad.
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos en el área de la línea de embotellado del Laboratorio de Automatización para una adecuada distribución e instalación de las máquinas.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1 Tema:

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SELLADO NEUMÁTICO DE BOTELLAS PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

6.1.1 Datos informativos

6.1.2 Institución ejecutora

Universidad técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

6.1.3 Ubicación

Provincia de Tungurahua, Ciudad Ambato campus Huachi Chico.

6.1.4 Beneficiarios

Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Facultad de ingeniería Civil y Mecánica, carrera de Ingeniería Mecánica.

6.1.5 Técnico responsable

Cacuango Chicaiza Luis Octavio, Egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Los procesos industriales a través del tiempo han ido modificando su forma de operación incorporando máquinas más eficientes para mejorar su calidad y cantidad de producción. Con la tecnología actual la adaptación de equipos sofisticados hace posible recuperar o mejorar su funcionamiento cuando dichas máquinas bajan su nivel de operación sin la necesidad de una reposición completa.

De este análisis parte la necesidad de proponer la repotenciación de la máquina selladora de botellas del Laboratorio de Control y Automatización Industrial para contrarrestar su bajo nivel de producción y calidad; por lo que fue necesario estudiar los parámetros indicados en el Capítulo IV, que afectan a los tiempos de producción para poder tener una idea clara de un diseño de repotenciación que cumpla con un rendimiento óptimo y eficiente.

6.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la búsqueda de alternativas para recuperar el nivel de producción dentro de las fábricas industriales sin la necesidad de reemplazar por completo la maquinaria debido a fallas que se pueden llegar a producir es evidente ya que esto representa un costo de inversión elevado y desechar partes de la misma que todavía se encuentran en buen estado lo que se puede evitar en algunos casos con una repotenciación.

El presente proyecto es realizado con el fin de mejorar el funcionamiento de la máquina selladora de botellas que está relacionada directamente con el prototipo de embotellado del Laboratorio de Control y Automatización Industrial, generando el interés de los estudiantes sobre la importancia de contar con máquinas eficientes que no causen retrasos dentro de las líneas de producción ya que estos procesos automatizados tienen que estar perfectamente sincronizados.

Además por medio de las prácticas que realicen los estudiantes en estos equipos lograr una capacitación práctica de alto nivel que sea una ventaja al momento de adentrarse al campo laboral.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo general

Implementar un sistema de repotenciación neumático en el sellado de botellas para mejorar los tiempos de producción en el laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

6.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros necesarios de diseño para la repotenciación del sistema de sellado de botellas.
- Seleccionar los componentes necesarios para la repotenciación del sistema de sellado de botellas.
- Programar el PLC para un control de funcionamiento manual o semiautomático de la máquina.
- Elaborar los planos eléctricos, neumáticos y de construcción.
- Construir el prototipo.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Se debe considerar que el Laboratorio no cuenta con demasiadas máquinas para que los estudiantes realicen sus prácticas, razón por la cual resulta importante recuperar el buen funcionamiento de la máquina selladora de botellas.

El tema propuesto es factible de realizarlo no presento un costo de inversión muy elevado, además está sustentado por los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, los materiales para su construcción, así como sus elementos eléctricos y

electrónicos se los puede conseguir sin inconvenientes en nuestro mercado, también la facilidad de contar con el Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica permite el uso de instrumentos, equipos y herramientas necesarias para realizar el presente trabajo.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 Determinación de los parámetros de diseño.

Los parámetros requeridos para el inicio del diseño se determinaron del análisis de la información y de las experimentaciones que permitieron obtener observaciones que influyen dentro del diseño.

✓ **Momento mínimo y máximo de aplicación y desenroscado de tapas.**

Según la norma COVENIN 790:2000 del ANEXO A 5 en las tapas de tamaño nominal de 30 mm de diámetro este valor está comprendido de 13.8 - 23 Kg-cm.

✓ **Fuerza de aplicación de enroscado.**

Esta fuerza se determinó mediante la aplicación manual de la tapa en la botella que estaba soportada sobre una balanza dando un promedio de 2.52 Kgf indicado en el ANEXO A 6, la cual influye en cálculo de la fuerza de avance del pistón neumático para su selección.



Figura 6.1: Puntos de aplicación de fuerza

Fuente: El Autor.

✓ Dimensionamiento

La máquina trabaja en secuencia con las demás máquinas del prototipo de la línea de embotellado, cada máquina maneja una banda transportadora para la entrada de botellas, la cual está ubicada a una altura de operación de 945 mm con respecto al piso, indicada en la Figura 6.2.

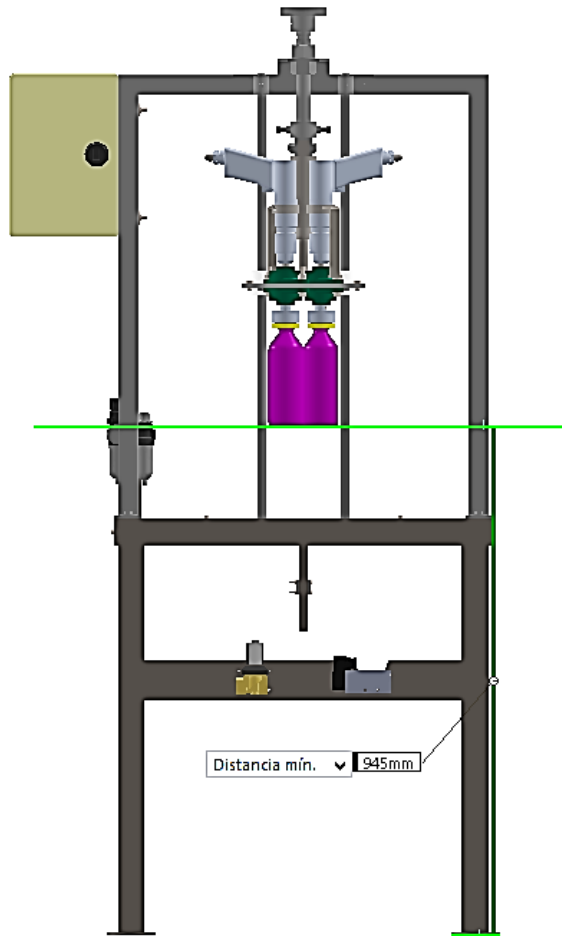


Figura 6.2: Altura con respecto a la banda transportadora

Fuente: El Autor.

La longitud de ancho y largo del soporte para los elementos del sellado esta limitado a las dimensiones de la estructura base de la máquina la cual presenta un ancho de 700 mm por un largo de 600 mm representados en la Figura 6.3.

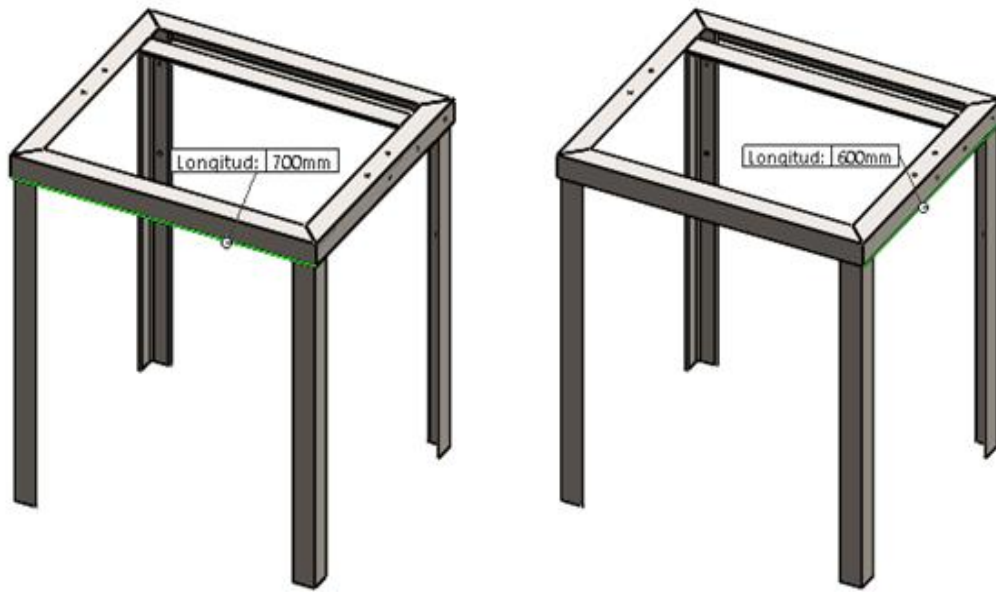


Figura 6.3: Límites de dimensionamiento del soporte

Fuente: El Autor.

✓ **Materiales**

Según la norma INEN (2008) referente a los requisitos de agua purificada envasada, “Las instalaciones destinadas a la producción y envasado, deben ser apropiadas para excluir toda posibilidad de contaminación” (p.1). Recomendando el uso de materiales inertes o de grado alimenticio de modo que se eviten los riesgos de enfermedades”

También es importante considerar que la máquina se debe diseñar y construir de modo que los materiales empleados puedan limpiarse antes de cada utilización y en caso de no ser posible recurrir a otras alternativas como el uso de materiales desechables. (Fraser, 2010)

✓ **Factor de diseño**

Según Mott (2006), es la medida de seguridad de un componente bajo la acción de una carga y cuando no se cuente con códigos o normas que establezcan este valor para el diseño del elemento el diseñador debe aplicar su juicio para especificar este valor.

6.6.2 Funcionamiento de la máquina de sellado de botellas.

Para que la máquina tenga un funcionamiento de repotenciación adecuado debe tener la siguiente configuración estructural y elementos mostrados en la Figura 6.4.

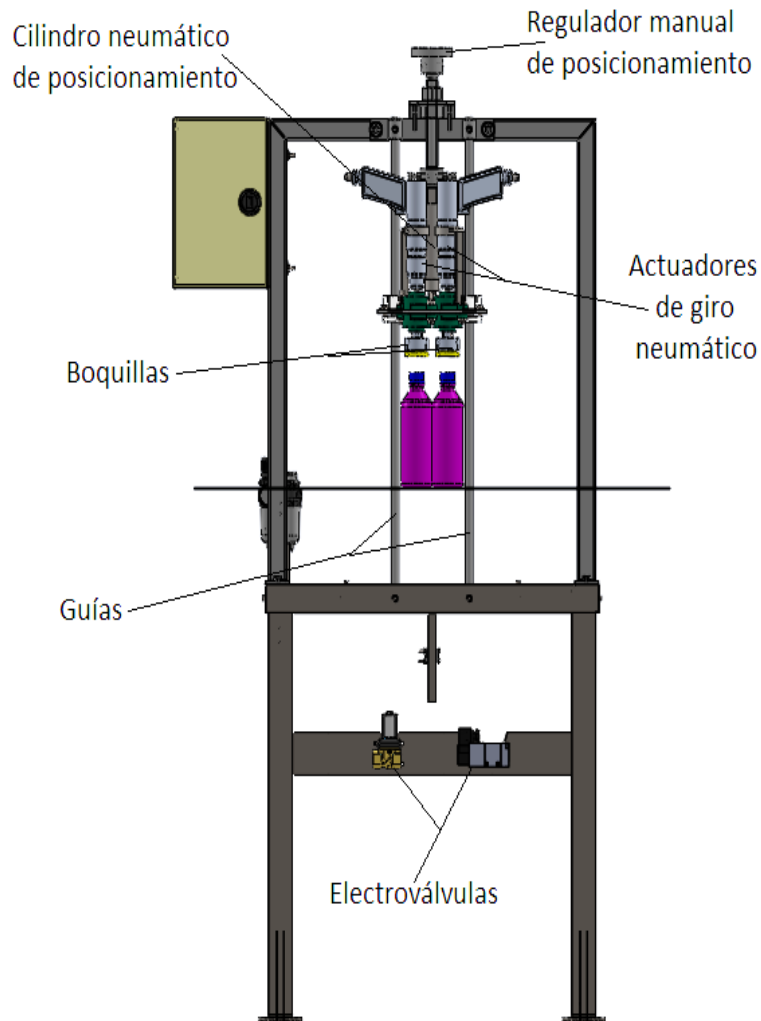


Figura 6.4: Componentes y estructura básica de la máquina

Fuente: El Autor.

El ingreso es realizado de forma manual al soporte donde se sujetan los cuellos de las botellas para asegurarlos, posteriormente se procede al encendido de la máquina mediante las botoneras del panel de control indicadas en la Figura 6.5.

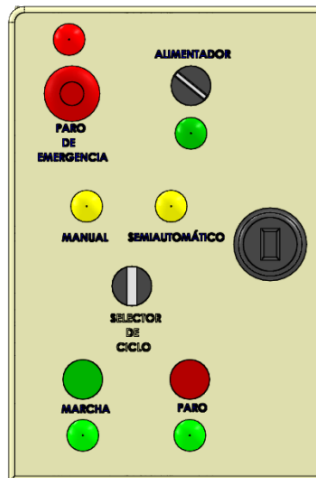


Figura 6.5: Panel de control

Fuente: El Autor.

El operador tendrá la opción de seleccionar un ciclo de funcionamiento manual o semiautomático de la máquina.

- **Ciclo manual**

Para operar en este ciclo el proceso se controlará con los botones marcha y paro del panel de control, manteniendo presionado el botón de marcha se producirá el accionamiento del pistón encargado del posicionamiento del sistema de sellado y mediante la observación cuando las boquillas ya se encuentren a unos pocos milímetros de la tapa se presionará el botón de paro para accionar a los actuadores de giro neumático que realicen el roscado de la tapa durante un cierto tiempo, por seguridad mientras no se mantenga presionado primero el botón de marcha el botón de paro que activa los actuadores de giro permanecerá bloqueado.

- **Ciclo semiautomático**

En este ciclo la máquina se encuentra en un modo de funcionamiento autónomo, al presionar el botón de marcha la máquina funcionará dentro de un ciclo continuo y repetitivo, realizando la activación y desactivación de los actuadores en los tiempos y

secuencias establecidas dentro de la programación, este ciclo podrá ser desactivado al presionar el botón de paro deteniendo de forma inmediata el proceso.

6.6.3 Selección y diseño de los componentes de repotenciación.

- **Actuador neumático de posicionamiento.**

La fuerza requerida del actuador se determinó en base a la carga total que tiene el sistema de sellado de botellas, como su función es desplazar esta carga hacia arriba y abajo se requiere de un actuador neumático de doble accionamiento para vencer esta carga en ambos sentidos, dicha carga se obtuvo de la revisión de cada uno de los pesos y masas de los elementos mostrados en la Figura 6.6, revisando sus hojas técnicas de especificaciones del fabricante y el empleo del software de diseño asistido por computadora SolidWorks 2014. Estos datos encuentran en los ANEXOS A 7, A 9 y planos de construcción.



Fuente: El Autor.

Conocido el valor de la fuerza a mover se toma un factor de seguridad de 2 considerando la seguridad del operador y futuras adaptaciones al sistema.

Sugún Gómez (2007), en su libro de neumática básica, para calcular la fuerza de avance de un cilindro de doble accionamiento se emplea la siguiente ecuación.

$$F_a = \frac{\pi * D^2 * p * R}{4}$$

Ecuación 6-1

Donde:

F_a : fuerza de avance del cilindro.

D: diámetro del pistón.

p: presión del aire.

R: rendimiento del cilindro. (Gómez (2007) recomienda emplear un factor de rendimiento de 0.95).

Cocido el valor de la fuerza equivalente y la presión que se puede aplicar por medio del compresor del laboratorio se procede a determinar el diámetro del cilindro requerido. Despejando de la ecuación 6-1.

$$D = \sqrt{\frac{F_a * 4}{\pi * p * R}}$$

$$D = \sqrt{\frac{57.12kg * 4}{\pi * 6.3 \frac{kg}{cm^2} * 0.95}}$$

$$D = 3.48 \text{ cm}$$

Aproximamos a 4 cm y mediante el ANEXO A 10 se verifica que se encuentra dentro de los cilindros comerciales.

Recalculando con el diámetro establecido.

$$F_a = \frac{\pi * (4cm)^2 * 6.3 \frac{kg}{cm^2} * 0.95}{4}$$

$$F_a = 75.2 \text{ Kgf}$$

$$F_a = 737.71 \text{ N}$$

Entonces se procede a calcular el diámetro del vástago para que no exista pandeo.

Según Creus (2007), se debe establecer los siguientes datos.

$$F_a : 737.71 \text{ N}$$

Factor de montaje: 2 (Montaje de pivote y guiado rígido indicado en la Tabla del ANEXO A 11)

Diámetro: 40 mm

Carrera: 50 mm (Se considera esta longitud para que cumpla con el dimensionamiento de los parámetros de diseño establecidos)

Calculando:

La longitud básica es $50 * \text{factor de montaje} = 100 \text{ mm}$

Una vez determinado los valores de los parámetros requeridos se ubicó en la gráfica de diámetros de vástago del ANEXO A 12, dando como resultado un diámetro de 12 mm pero como este diámetro de vástago no se encuentra disponible para la carrera requerida se procede al siguiente más corno que es de 16 mm de diámetro.

Gómez (2007), indica la siguiente fórmula para calcular la fuerza de retroceso.

$$F_r = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) * p * R$$

Ecuación 6-2

Donde:

d: diámetro del vástago

$$F_r = \frac{\pi}{4} ((4cm)^2 - (1.6cm)^2) * 6.3 \frac{kg}{cm^2} * 0.95$$

$$F_r = 63.17 \text{ kgf}$$

$$F_r = 619.69 \text{ N}$$

Las fuerzas en ambos sentidos son mayores a 57.12 Kg (560 N) siendo el peso total a levantar y 2.52 Kg (25 N) que es la fuerza necesaria para realizar el sellado mostrado en el ANEXO A 6, cumpliendo con el diseño requerido.

Consumo de aire.

Sugún Gómez (2007), el consumo de aire de un actudor de doble efecto se determina con la siguiente ecuación.

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

Ecuación 6-3

Dónde:

C: carrera del vástago

$$Q = \frac{\pi * 50cm * 6.12bar * 20}{4000} (2(4cm)^2 - (1.6cm)^2)$$

$$Q = 129.2 \text{ L/min}$$

- **Eje para el acople de la boquilla**

Este elemento permite el acople de la boquilla que transmite el movimiento entregado por el actuador neumático para el sellado de las botellas, el cual tiene las dimensiones mostradas en la Figura 6.7, que fueron establecidas en base a las necesidades requeridas para que cumpla con su funcionamiento, empleando un acero AISI 304.

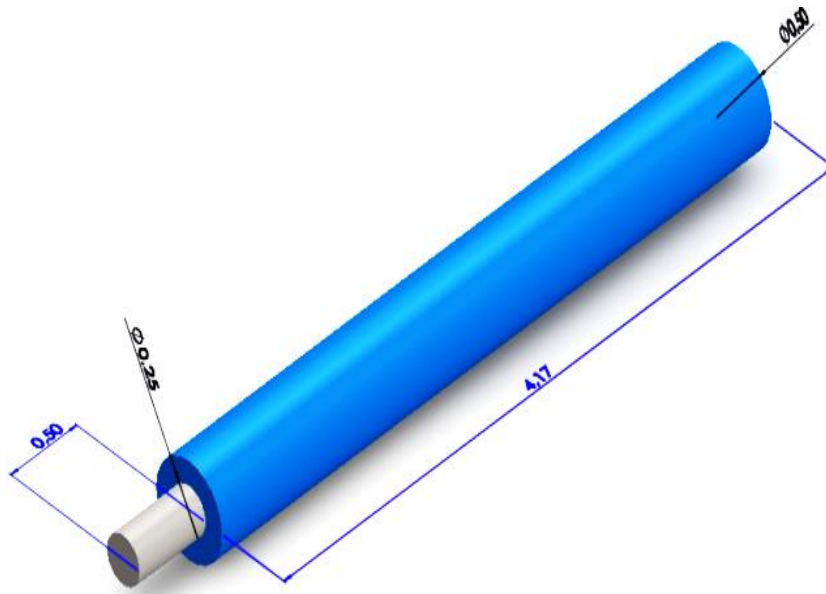


Figura 6.7: Eje acople

Fuente: El Autor.

De la figura 6.7 se considera un diámetro mayor de 12 mm (0.5 pulg) que se adapte a la abertura total de la boca del taladro para que permita mantener una buena estabilidad al momento de producir su accionamiento, también se puede observar que en uno de sus lados se encuentra un diámetro menor con un valor de 6 mm (0.25 pulg) que sirva como medio de alojamiento de la boquilla que posteriormente será sujeta con prisioneros por ambos extremos para asegurarla.

Lo que se tiene que verificar con el cálculo de diseño mecánico es que los diámetros indicados puedan soportar un torque de 4.5 Nm (39.8283 Lb-pulg) el cual fue establecido para la selección del actuador de giro y el sellado, donde es necesario

determinar el esfuerzo cortante torsional representado en el siguiente diagrama de la Figura 6.8.

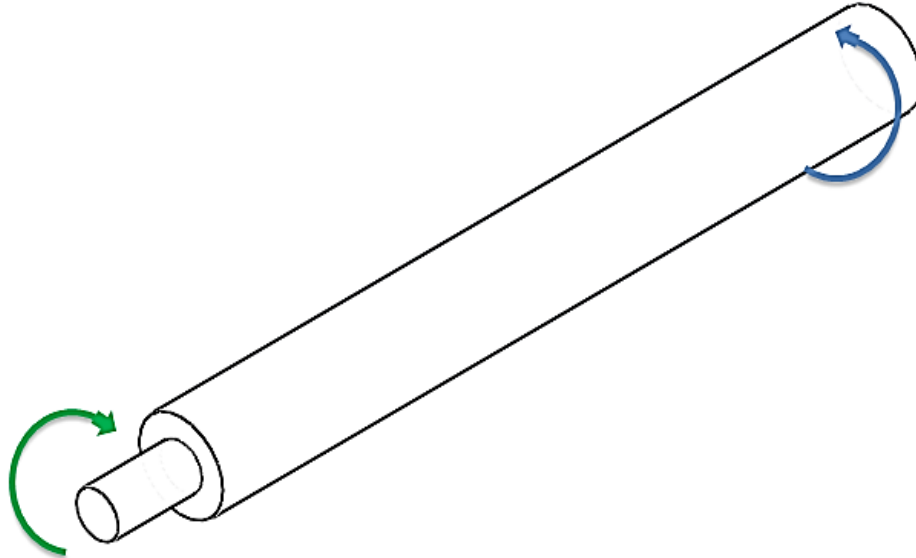


Figura 6.8: Diagrama de momento torsor

Fuente: El Autor.

Según Mott (2006), el esfuerzo cortante torsional se calcula con la siguiente ecuación

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{Tc}{J}$$

Ecuación 6-4

Donde

c: Radio de la superficie externa del eje.

J: Momento polar de inercia.

Calculando

Para este caso como se trata de un eje macizo el momento polar de inercia, Según Mott (2006) se calcula con la siguiente ecuación.

$$J = \frac{\pi * D^4}{32}$$

Ecuación 6-5

$$J = \frac{\pi(0.25pulg)^4}{32} = 3.8349 \times 10^{-4} pulg^4$$

Donde reemplazando en la ecuación 6.4 se obtiene

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{39.8283bpulg \times 0.125pulg}{3.8349 \times 10^{-4} pulg^4}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 13.97KPsi$$

Una vez determinando este valor se verifico los resultados mediante la aplicación de SolidWorks 2014, el cual dio como resultado 14.297 Kpsi mostrado en la Figura 6.9.

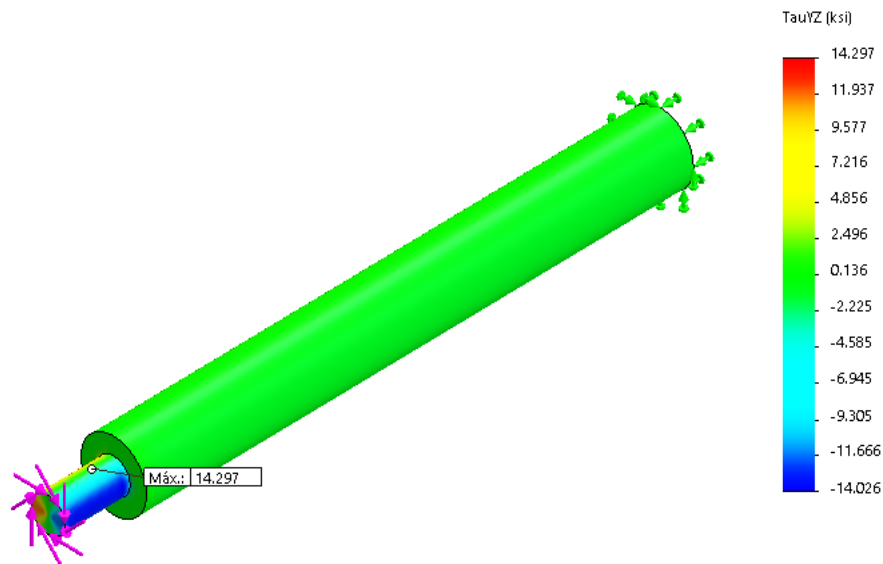


Figura 6.9: Esfuerzo cortante torsional

Fuente: El Autor.

De la Figura 6.9 se puede observar que el valor calculado es muy cercano al resultado de la simulación, con el cual se procede a verificar su factor de seguridad.

Según Shigley (2008), el factor de seguridad se obtiene con la siguiente ecuación.

$$n = \frac{0.5S_y}{\tau_{m\acute{a}x}}$$

Ecuación 6-6

Donde

S_y: Es el límite de fluencia del material

S_y = 31.908 Kpsi (Tomado del ANEXO A 16, propiedades mecánicas del acero AISI 304)

Reemplazando en la ecuación 6-6.

$$n = \frac{0.5 \times 31.908 \text{ Kpsi}}{13.97 \text{ Kpsi}}$$

$$n = 1.2$$

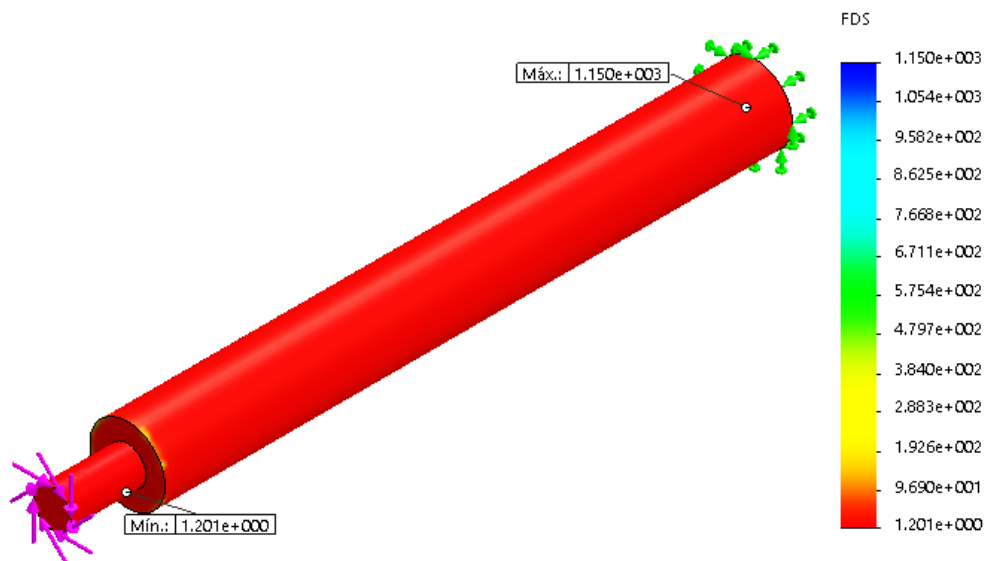


Figura 6.10: Factor de seguridad

Fuente: El Autor.

El factor de seguridad mostrado en la Figura 6.10 es un valor mínimo de 1.2 y se encuentra ubicado en el diámetro menor del eje que es de 0.25 pulg (6 mm), al ser este factor de seguridad superior a la unidad y no ser demasiado alto para evitar un sobredimensionamiento se verifica que los diámetros indicados en la Figura 6.7 son los adecuados.

- **Selección de rodamientos**

La función principal de estos elementos es permitir una rotación suave con un mínimo de rozamiento, de manera que permita obtener una buena precisión en su movimiento.

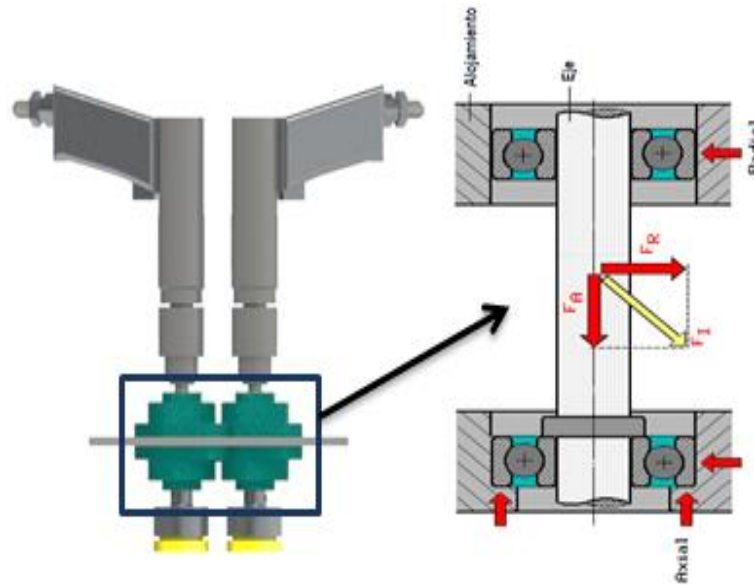


Figura 6.11: Diagrama de cargas combinadas

Fuente: El Autor.

En la Figura 6.11 se puede observar como estos son colocados dentro del sistema de sellado donde son los encargados de proporcionar una buena estabilidad al eje acoplado directamente al actuador neumático y a las boquillas de roscado, mediante el diagrama mostrado se puede observar la presencia fuerzas radiales y axiales las cuales se determinan a continuación para la selección de los mismos.

Calculando.

Para determinar la fuerza radial se considera los siguientes datos indicados anteriormente.

Torque: 4.5 Nm

Diámetro mayor del eje: 12 mm (0.5 pulg)

Según Bavaresco (2012), el torque se determina con la siguiente ecuación.

$$\text{Torque} = \text{Fuerza} * \text{radio}$$

Ecuación 6-7

De la cual despejamos la fuerza que es la equivalente a la fuerza radial.

$$\text{Fuerza} = \frac{4.5Nm}{0.006m}$$

$$\text{Fuerza} = 750N = 0.75KN = Fr$$

La fuerza axial se encuentra indentificada en el diagrama de la Figura 6.11 y se determino mediante la sumatoria de las fuerzas en el eje Y.

$$\sum F_Y = 0$$

Ecuación 6-8

$$\sum F_Y = 0$$

$$-(9.81 * 28.56) + F_a = 0$$

$$F_a = 280N = 0.28KN$$

Donde

$9.81 \frac{m}{s^2}$: Es la constante del valor de la gravedad.

28.56Kg : Masa total que se ejerce sobre los rodamientos, indicado en la Figura 6.6.

Según el catalogo de rodamientos FAG, la carga dinámica equivalente se determina con la siguiente ecuación.

$$P = X * F_r + Y * F_a$$

Ecuación 6-9

Donde:

P : Carga dinámica equivalente.

X : Factor radial.

F_r : Carga radial.

F_a : Carga axial.

Y : Factor axial.

Para determinar los valores de los factores radiales y axiales se aplica las siguientes relaciones indicadas en el ANEXO A 17.

$$\frac{f_0 * F_a}{C_0}$$

Ecuación 6-10

Donde

$f_0=15.5$, Valor indicado en el ANEXO A 18, del factor para rodamientos.

C_0 : Capacidad de carga estática .

$$C_0 = P_0 * f_s$$

Ecuación 6-11

Donde

P_0 : Carga estática equivalente.

f_s : Factor de esfuerzos estáticos.

$$P_0 = F_r \quad \text{para} \quad \frac{F_a}{F_r} \leq 0.8$$

Ecuación 6-12

Resolviendo la condición de la ecuación 6.12.

$$\frac{0.28KN}{0.75KN} \leq 0.8 \quad \text{se obtiene } 0.373$$

Lo que indica que $P_0 = 0.75KN$

Para la asignación del valor de f_s se emplea el criterio del diseñador asignando una valoración de 1.25 como recomienda el catalogo FAG para un desempeño de exigencias normales.

De la ecuación 6-11

$$C_0 = 0.93KN$$

Con los datos obtenidos se ingresa a los valores de la Tabla de ANEXO A 17 para la determinación de los factores radiales y axiales mediante interpolación.

$$X = 1$$

$$Y = 0$$

Reemplazando de la ecuación 6-9 se obtiene la carga dinámica.

$$P = 1 * 0.75KN$$

$$P = 0.75KN$$

Obtenido el valor de la Carga dinámica equivalente (P) se procede a la determinación de la capacidad de carga dinámica con la siguiente ecuación indicada en el catálogo.

$$C = \frac{f_L * P}{f_n}$$

Ecuación 6-12

Donde:

f_n : Factor de velocidad, el cual viene dado en función de las rpm como indica la Tabla del ANEXO A 20 dando como resultado un valor de 0.347.

f_L : Factor de esfuerzos dinámicos, el cual viene indicado dependiendo de su aplicación como se puede observar en el ANEXO A19 del cual se toma un valor intermedio de 3.5.

Con todos los valores determinados para la resolución de la ecuación 6.12 se tiene la siguiente capacidad de carga dinámica.

$$C = \frac{3.5 * 0.75KN}{0.347}$$

$$C = 7.564KN$$

Con el valor de la capacidad de carga establecida se procedio a verificar dentro del catálogo de rodamientos FAG el tipo de rodamiento que sea capaz de soportar este

valor, dando como resultado un rodamiento rígido de bolas con las siguientes características tomadas del ANEXO A 23.

Tabla 6-1: Características del rodamiento seleccionado

RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS	
Capacidad de carga dinámica (C): se tiene un valor de disponibilidad de 6.95 KN que es muy cercano al calculado, pero para una mayor fiabilidad de su funcionamiento se procede a la selección del siguiente valor de 9.65 KN.	
Diámetro interior (d)	12 mm
Diámetro exterior (D)	37 mm
Ancho (B)	12 mm
Denominación	6301

Elaborado por: El Autor.

Como en este caso se requiere de un medio de soporte para la sujeción del mismo, también se seleccionó una chumacera del catálogo que cumpla con los requerimientos de montaje dando como resultado la indicada en el ANEXO A 7.

Cálculo de vida ampliada del rodamiento seleccionado.

Este parámetro es prácticamente la vida de duración alcanzable por el rodamiento.

$$L_{na} = a_1 * a_{23} * L[10^6 rev]$$

Ecuación 6-13

Donde.

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

Ecuación 6-14

L: Vida nominal.

p: Exponente de vida, con una asignación de valor de 3 recomendado por el catálogo.

a_1 : Factor de probabilidad de fallo, para la designación de este parámetro se estimó una probabilidad de falla del 90% como criterio de diseño del cual se obtiene un valor de 1 mostrado en la Tabla del ANEXO A 21.

a_{23} : Factor para el material y las condiciones de servicio, es determinado mediante la siguiente ecuación.

$$a_{23} = a_{23II} * s$$

Ecuación 6-15

Donde

a_{23II} : Valor básico.

s: Factor de limpieza, viene dado de acuerdo al factor de impurezas V de la gráfica del ANEXO A 24 para el cual seleccionamos un criterio de limpieza normal con el que se tiene un valor de 1.

Para determinar el valor de a_{23II} es necesario aplicar las siguientes relaciones indicadas en el ANEXO A 22

Ratio de viscosidad

$$K = \frac{v}{v_1}$$

Ecuación 6-16

$$K = 1.017$$

Donde

ν : Viscosidad de servicio del lubricante, dato leído en el ANEXO A 25 tomando como criterio una temperatura de servicio de 40 °C se tiene un valor de $29.5 = \frac{mm^2}{s}$

ν_1 : Viscosidad relativa, dato leído en el ANEXO A 25 mediante la relación del diámetro medio con los datos de la Tabla 6.1 se tiene un valor de $29 = \frac{mm^2}{s}$

Determinado el valor de la relación $K = \frac{\nu}{\nu_1}$ es necesario conocer el valor de K de las curvas del ANEXO A 22 mediante la siguiente ecuación.

$$K = K_1 + K_2$$

Ecuación 6-17

Donde

K_1 : Se determina en función del tipo de rodamiento, como se trata de un rodamiento de bolas y se conoce el factor de esfuerzos estáticos f_s el valor que se ubica en las gráficas del ANEXO A 26 es 0.

K_2 : Depende del ratio de viscosidad K y del factor f_s , con estos valores ingresamos a las gráficas del ANEXO A 27 para obtener un valor de 6.92 aproximadamente.

De la ecuación 6-16 se tiene.

$$K = 6.92$$

Una vez determinado los valores de K y el ratio de viscosidad se ubicó como resultado un valor de 0.57 para a_{23II} dentro de la zona III de las gráficas del ANEXO A 22

Por lo tanto de la Ecuación 6-15

$$a_{23} = 0.57 * 1$$

$$a_{23} = 0.57$$

Determinando la vida nominal de la ecuación 6.14.

$$L = \left(\frac{7.564KN}{0.75KN} \right)^3$$

$$L = 1025.81$$

Se procede al cálculo de la vida ampliada del rodamiento de la Ecuación 6.13.

$$L_{na} = 1 * 0.57 * 1025.81 [10^6 rev]$$

$$L_{na} = 584.71 [10^6 rev]$$

El valor calculado es el número de ciclos que presenta para la vida útil del rodamiento.

- **Placa soporte**

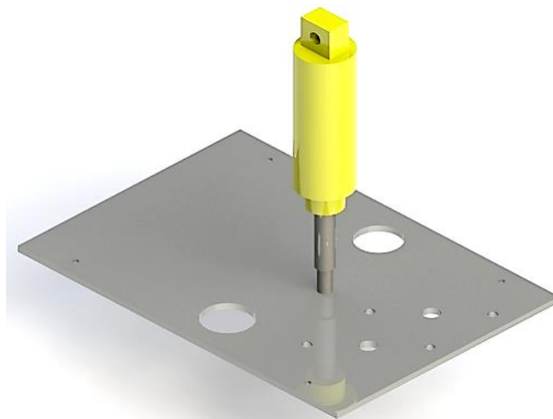


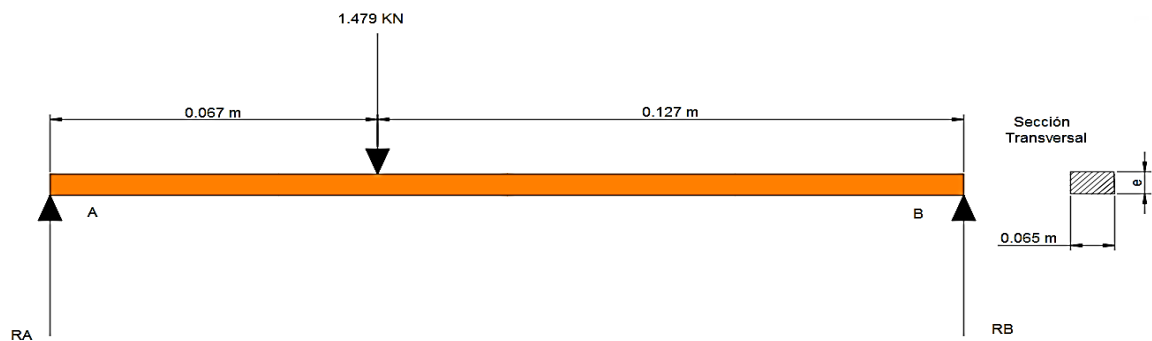
Figura 6.12: Placa soporte

Fuente: El Autor

Este elemento es construido de una placa de acero AISI 304 en la cual se encuentran realizadas varias perforaciones con diferentes diámetros para el ensamblado de los componentes del sellado.

Como se puede observar en la Figura 6.12. la placa se encuentra sometida a una fuerza flexionante ejercida por el actuador de manera que para el diseño mecánico se considera esta fuerza como una carga puntual con la cual se debe determinar el espesor de la placa para resistir esta carga.

Para el desarrollo de los cálculos se procedió a la esquematización de un diagrama de cuerpo libre donde se representa la fuerza del actuador considerando un factor de multiplicación por 2 tomada del ANEXO A10 y las reacciones que se producen.



El valor de las reacciones según Shigley (2008), se determina mediante las ecuaciones de sumatoria de momentos y fuerzas.

$$\sum M_A = 0$$

Ecuación 6-18

$$-(1479 * 0.067) + R_B * 0.194 = 0$$

$$R_B = 510.78 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0$$

Ecuación 6-19

$$-1479 + R_B + R_A = 0$$

$$R_A = 968.21 \text{ N}$$

Los valores calculados fueron verificados mediante una simulación en SolidWorks 2014 con la representación del diagrama de fuerzas cortantes.

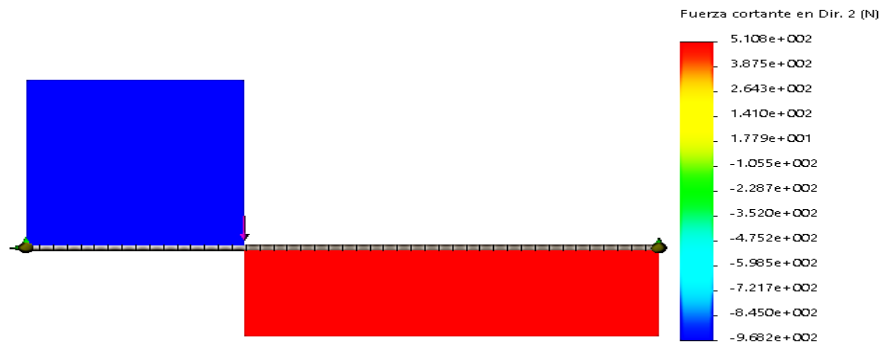


Figura 6.13: Diagrama de fuerzas cortantes de la placa

Fuente: El Autor.

En la Figura 6.13 se puede observar que las fuerzas de las reacciones calculadas coinciden con las del diagrama.

Para determinar el valor especificado anteriormente se requiere obtener el valor del momento flector máximo indicado en la siguiente Figura 6.14.

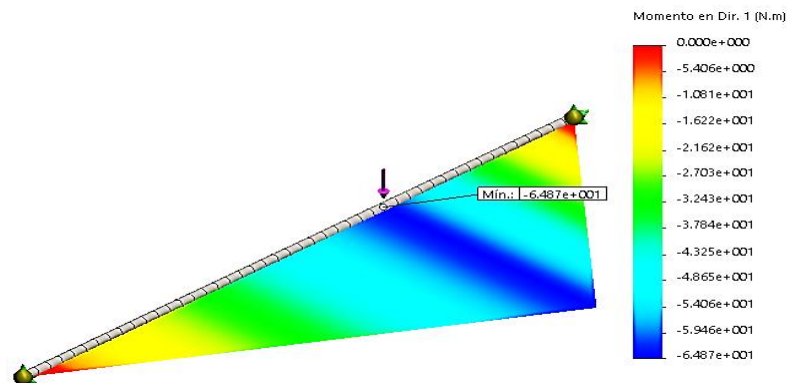


Figura 6.14: Momento flector máximo de la placa

Fuente: El Autor.

Según Singer (1994), para el diseño se emplea las siguientes ecuaciones.

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

Ecuación 6-20

Donde

n: Factor de seguridad, para el criterio de diseño se designo una valoración de 1 para evitar un elemento demasiado robusto que incremente su valor y un peso excesivo.

S_y : Límite de Fluencia del material, para el cual su valor es de $220 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$ indicado en el ANEXO A 16.

σ : Esfuerzo por flexión. El cual viene dado por la ecuación.

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Ecuación 6-21

Donde

M: Momento máximo, leído de la Figura 6.14.

S: Módulo de sección. El cual viene dado para secciones rectangulares por la siguiente ecuación.

$$S = \frac{b * h^2}{6}$$

Ecuación 6-22

Donde

b: Ancho

h: Altura (espesor)

Sustituyendo la ecuación 6.22 en 6.21.

$$\sigma = \frac{M * 6}{b * h^2}$$

Ecuación 6-23

Sustituyendo la ecuación 6.23 en 6.20

$$n = \frac{b * h^2 * S_y}{M * 6}$$

Ecuación 6-23

De la cual despejamos h (espesor) y reemplazamos valores.

$$h = \sqrt{\frac{n * M * 6}{b * S_y}}$$

$$h = \sqrt{\frac{1 * 64.87 * 6}{0.065 * 220 \times 10^6}}$$

$$h = \sqrt{\frac{389.22}{143 \times 10^5}}$$

$$h = 5.22 \times 10^{-3} \text{ m} = 5.22 \text{ mm}$$

Por lo tanto para una prestación de servicio adecuada de la placa soporte su dimensión de espesor es de 6 mm debido a que este se encuentra disponible en el mercado y no tiene una variación significativa respecto al calculado además se evita

un maquinado innecesario que elevaria su costo para dejar el elemento a esa dimensión específica.

Adicionalmente en la Figura 6.15 se puede observar un valor de 0.01482 mm de desplazamiento de deformación que sufre la placa cuando se aplica la carga, la cual es una cantidad aceptable para mantener una buena precisión en el sellado.

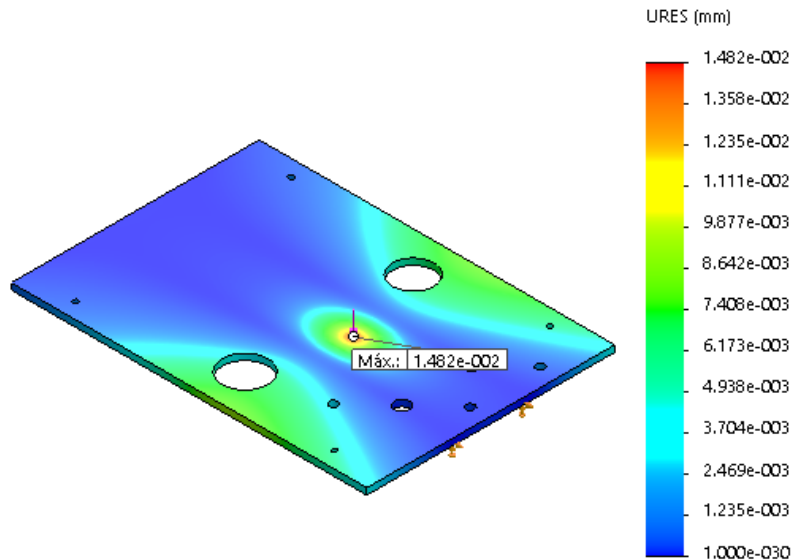


Figura 6.15: Deformación de la placa.

Fuente: El Autor.

- **Soporte**

Este elemento está construido de un tubo estructural y está soportando todos los elementos mostrados en la Figura 6.6 cuya masa total es de 28.56 Kgf, las dimensiones como ya se indicó en los parámetros de diseño fueron establecidas en base a lo requerido para su acople sobre la estructura de la máquina, dando como resultado que tenga una configuración de estructura de esqueleto o portico, de esta manera su diseño se realizó mediante la aplicación de SolidWorks 2014 dentro del cual la aplicación de la masa que soporta se consideró como una carga puntual ubicada en el centro del tubo y empotrada en sus extremos como se muestra en la Figura 6.16.

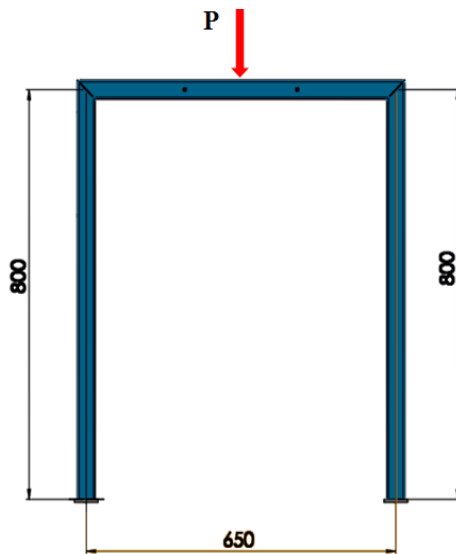


Figura 6.16: Soporte

Fuente: El Autor.

Para la ejecución del análisis de diseño dentro de SolidWorks 2014 se considero los siguientes parámetros.

Tabla 6-2: Parámetros para la selección del perfil


PARÁMETROS ESTABLECIDOS	
Dimensiones	Acorde a su funcionalidad
Carga de Aplicación	Se digna un factor de multiplicación de 2 a la carga como criterio de diseño.
Espesor	Debe tener una prestación apta para evitar problemas es las soldaduras y en su rigidez.
Área transversal	Ser lo suficiente para mantener una buena estabilidad del soporte
Material	De grado alimenticio.

Fuente: El Autor

Estos parámetros fueron aplicados para la modificación de las características de los elementos estructurales existentes dentro de la librería de materiales del software con ayuda de los datos tomados del catálogo.

Con la simulación se obtuvo varios tubos estructurales que pueden soportar la carga, pero el que mejor se adapta a los parámetros requeridos tiene las siguientes dimensiones y características tomadas del ANEXO A 28.

TUBO SELECCIONADO			
Tubo	Dimensiones (mm)	Espesor (mm)	Material
Cuadrado	40x40	1.5	AISI 304



Fuente: El Autor

Los resultados de la simulación se pueden observar en la Figura 6.17 donde se tiene la distribución del factor de seguridad.

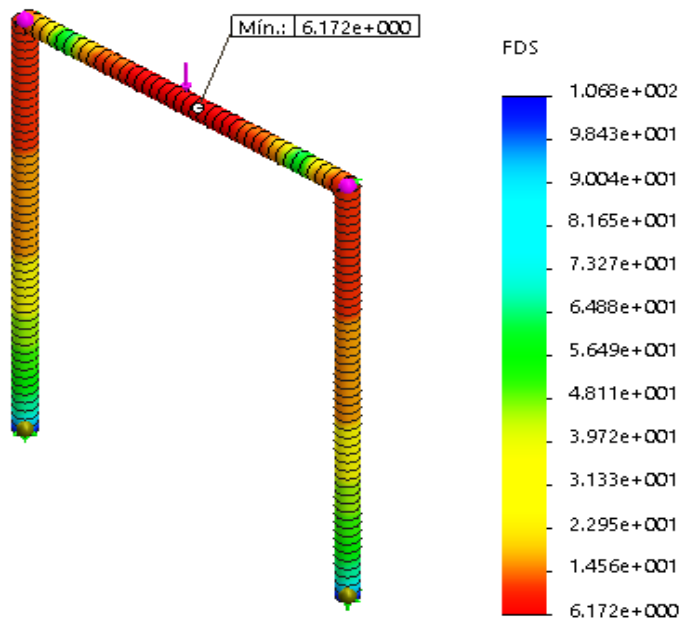


Figura 6.17: Distribución del factor de seguridad en el soporte

Fuente: El Autor

El factor de seguridad mínimo de la Figura 6.17 que presta el perfil seleccionado es de 6.17 y se encuentra distribuido en la parte superior del perfil donde tiene mayor concentración de la fuerza, cumpliendo sin problemas su función.

- **Guía de desplazamiento**

Este elemento está construido de un polímero de nylon tipo 6 (duralon) por su buena prestación de servicio al maquinado evitando que se produzca la adherencia del material en el herramental de trabajo cuando se sobrecalienta.

La función de esta guía es mantener una buena estabilidad en el desplazamiento de subida y bajada del conjunto de sellado, esto depende del tipo de ajuste que se debe realizar entre los dos elementos (eje y guía) considerando si se trata de un agujero base o eje base.

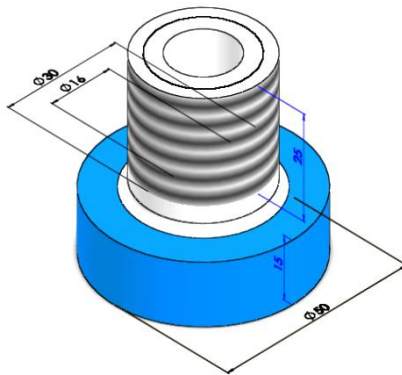


Figura 6.18: Guía

Fuente: El Autor

Para el desarrollo de los cálculos se consideró que se trata de un eje base ya que este es de adquisición comercial y su medida es estándar.

Como indica la Tabla del ANEXO A 30, extraída del prontuario de Ajustes y tolerancias, para ese tipo de aplicación se trata de un ajuste deslizante ya que se requiere que las piezas no se muevan libremente una respecto a la otra pero puedan colocarse con precisión obteniendo el dato de G_7 y h_6 .

Con la consideración realizada de que se trata de un eje base se obtiene del ANEXO A 31 que se trata de un ajuste con juego.

Con las designaciones obtenidas y el valor del diámetro del eje se recurre a las tolerancias fundamentales del ANEXO A 32 para obtener los siguientes valores.

$$G_7 = 0.018 \text{ (Agujero)}$$

$$h_6 = 0.011 \text{ (Eje)}$$

Para obtener la desviación fundamental del agujero y el eje se tiene los valores indicados a continuación tomados del ANEXO A 33 y ANEXO A 34

$$G_7 = 0.006$$

$$h_6 = 0$$

Con los datos obtenidos se establece el siguiente esquema de la Figura 6.19 donde se representa la valoración de cada uno.

AGUJERO	
EJE	0.018 mm
	0.011 mm
	0.006 mm

Figura 6.19: Esquema para la designación de medidas finales de las piezas

Fuente: El Autor

Del esquema de la Figura 6.19 se tiene que las dimensiones generales para que se produzca el juego de deslizamiento para la guía.

$$\text{Agujero} \rightarrow 16_{+0.006}^{+0.024}$$

$$\text{Eje} \rightarrow 16_{+0}^{+0.011}$$

Según Giraldo (2014), para determinar el apriete máximo que se produce entre el agujero y el eje se aplica la siguiente ecuación.

$$Amáx = |\phi \text{ min. agujero} - \phi \text{ máx. eje}|$$

Ecuación 6-24

$$Amáx = |16.024 - 16|$$

$$Amáx = 0.024 \text{ mm}$$

Con el valor del apriete máximo determinado se procede a calcular la presión de contacto producida.

$$Pc = \frac{Ama'x}{d_c \left[\frac{d_c^2 + d_i^2}{E_i(d_c^2 - d_i^2)} + \frac{d_0^2 + d_c^2}{E_i(d_0^2 - d_c^2)} - \frac{\nu_i}{E_i} + \frac{\nu_o}{E_o} \right]}$$

Ecuación 6-25

Donde

$Ama'x$ = Apriete máximo

d_i = Diámetro interno del elemento interno (En este caso el eje es sólido).

d_c = Diámetro de la superficie de contacto (Indicado en la Figura 6.18)

d_0 = Diámetro exterior del elemento externo (Indicado en la Figura 6.18)

ν_o = Relación de poisson del agujero (Indicado en el ANEXO A 29).

ν_i = Relación de poisson del eje (Indicado en el ANEXO A 35).

E_o = Módulo de elasticidad del agujero (Indicado en el ANEXO A 29).

E_i = Módulo de elasticidad del eje (Indicado en el ANEXO A 35).

$$P_c = \frac{0.024}{16 \left[\frac{16^2 + 0}{193 \times 10^9 (16^2 - 0)} + \frac{30^2 + 16^2}{193 \times 10^9 (30^2 - 16^2)} - \frac{0.3}{193 \times 10^9} + \frac{0.39}{700 \times 10^6} \right]}$$

$$P_c = 2.63 \text{ MPa}$$

Con la presión de contacto especificada se procede a verificar las dimensiones de los diámetros impuestos que se indican en la Figura 6.18 mediante la determinación de la fuerza resultante que se transmite y esfuerzo máximo que se produce en la pared del cilindro.

Según Singer (1994), la fuerza resultante se determina con la siguiente ecuación.

$$pDL = 2P$$

Ecuación 6-26

Donde

P : Fuerza resultante

p : Presión de contacto

L : Longitud de contacto (Indicado en la Figura 6.18).

D : Diámetro interior de la guía (Indicado en la Figura 6.18).

D : Longitud de la guía (Indicado en la Figura 6.18).

$$P = \frac{381.45 \text{ Psi} * 0.63 \text{ Pulg} * 1.81 \text{ pulg}}{2}$$

$$P = 217.48 \text{ lb (967.39 N)}$$

Fuerza de reacción (lbf)		
Componente	Selección	Todo el modelo
Sum X:	-0.0085541	-0.012075
Sum Y:	-217.48	-434.96
Sum Z:	-0.00092677	0.0075288
Resultante:	217.48	434.96

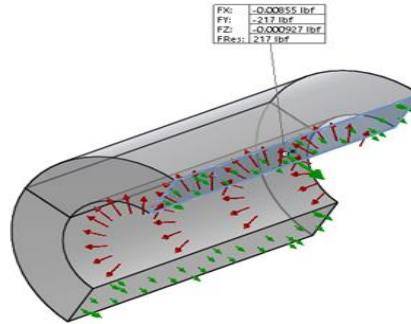


Figura 6.20: Fuerza ejercida de en las paredes de la guía

Fuente: El Autor

La Figura 6.20 muestra la obtención de la fuerza resultante mediante SolidWorks 2014 coninsidiendo con la calculada.

Según Singer (1994), el esfuerzo máximo se determina con la siguiente ecuación.

$$\sigma_t = \frac{P}{A_s}$$

Ecuación 6-27

Donde

P : Fuerza resultante.

A_s : Área de la sección transversal del elemento (Indicado en la Figura 6.18)

$$\sigma_t = \frac{217.48lb}{0.2755 \times 1.81 pu lg}$$

$$\sigma_t = 438.133 \text{ Psi}$$

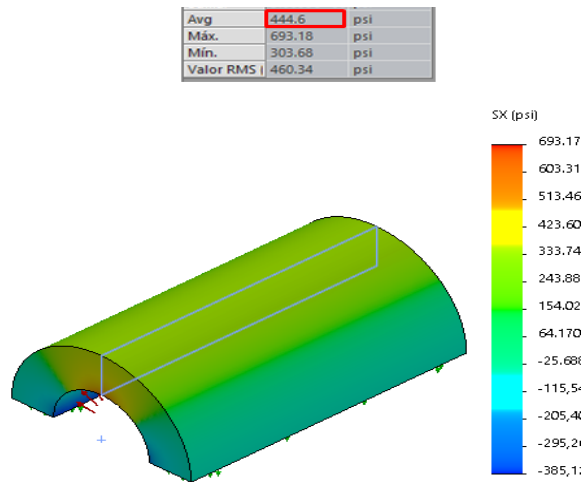


Figura 6.21: Esfuerzo máximo que actúa en las paredes de la guía

Fuente: El Autor

En la Figura 6.21 se observa el valor del esfuerzo interno promedio que se producen en las paredes de la guía siendo un valor cercano al calculado.

Determina la carga y el esfuerzo que se produce en la guía de desplazamiento se tiene que verificar el espesor de la misma, cuyo valor es el resultado de la resta de los diámetros asumidos en la Figura 6.18, obteniendo de esta manera un espesor de 7 mm (0.2755 pulg).

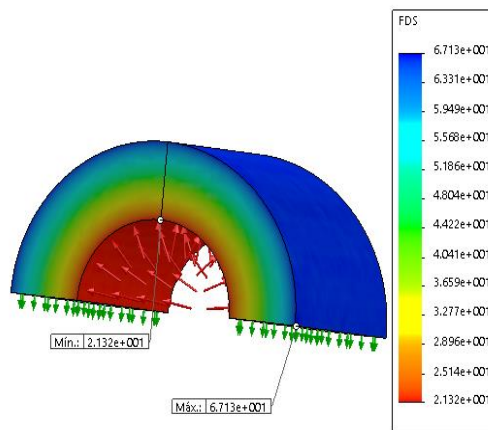


Figura 6.22: Factor de seguridad distribuido en las paredes de la guía

Fuente: El Autor

Para validar el espesor se muestra en la Figura 6.22 la distribución del factor de seguridad cuyo valor mínimo es de 21.3 situado en la parte interna donde se encuentra la mayor concentración de fuerzas y a medida que se aleja hacia la superficie el factor de seguridad aumenta dando como resultado un valor 67.13 situado en la superficie exterior de la guía, verificando así las dimensiones establecidas en la Figura 6.18 y su material de construcción.

Barra Guía

Este elemento está construido de acero AISI 304, sirve como soporte para el desplazamiento de las guías y se encuentra afectado por la fuerza resultante de la presión de contacto que se genera entre estos dos elementos como se puede observar en la Figura 6.23.

Para su diseño se debe considerar que este elemento debe mantener la mínima deflexión posible lo cual está relacionado con el diámetro del eje que se requiere determinar.

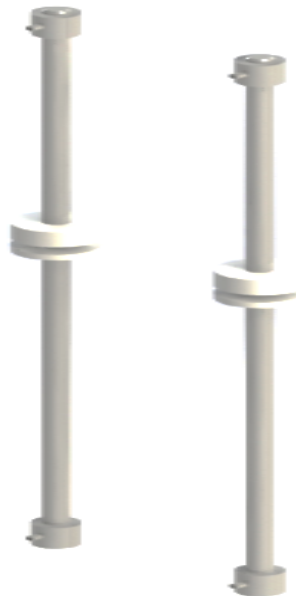


Figura 6.23: Barra guía

Fuente: El Autor

Para los cálculos de diseño se considera la fuerza resultante obtenida anteriormente como una carga puntual ubicada en el centro de la longitud de contacto, lo cual se representa en el siguiente diagrama de fuerzas de la Figura 6.24.

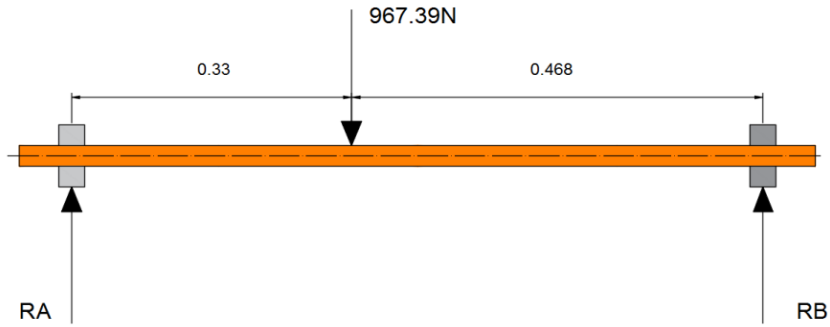


Figura 6.24: Diagrama de fuerzas de la barra guía

Fuente: El Autor

De la ecuación 6.18

$$\sum M_A = 0$$

$$-(967.39 * 0.33) + R_B * 0.798 = 0$$

$$R_B = 400 \text{ N}$$

De la ecuación 6.19

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_A + R_B - 967.39 = 0$$

$$R_A = 567.34 \text{ N}$$

Las fuerzas de reacción fueron verificadas mediante la obtención del diagrama de fuerzas cortantes de Figura 6.25 y también se obtuvo el momento flector máximo indicado en las Figura 6.26.

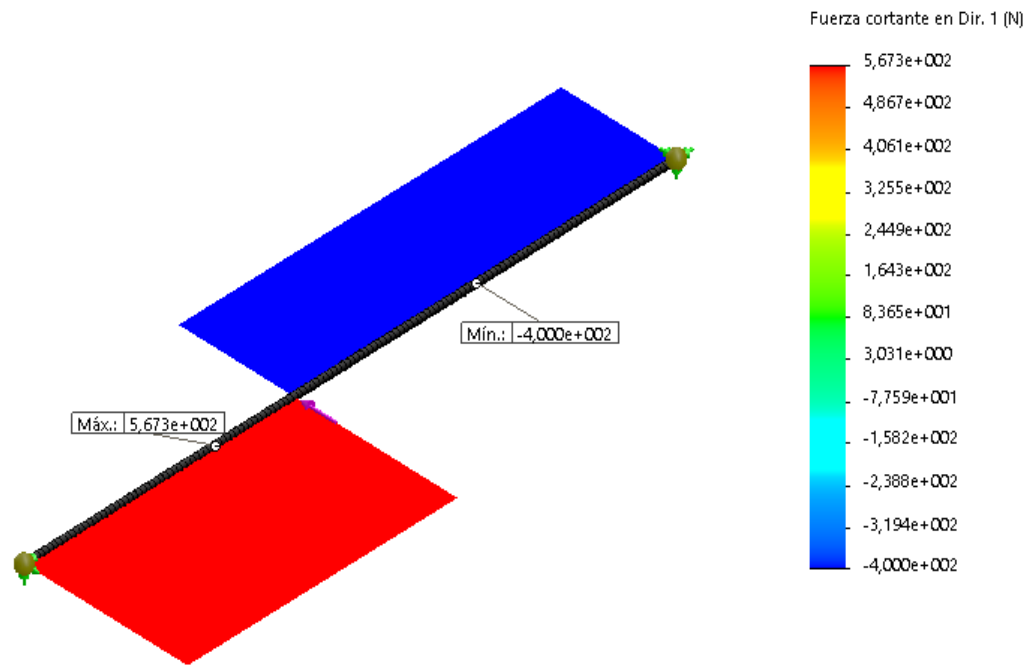


Figura 6.25: Diagrama de fuerza cortante de la barra guía

Fuente: El Autor

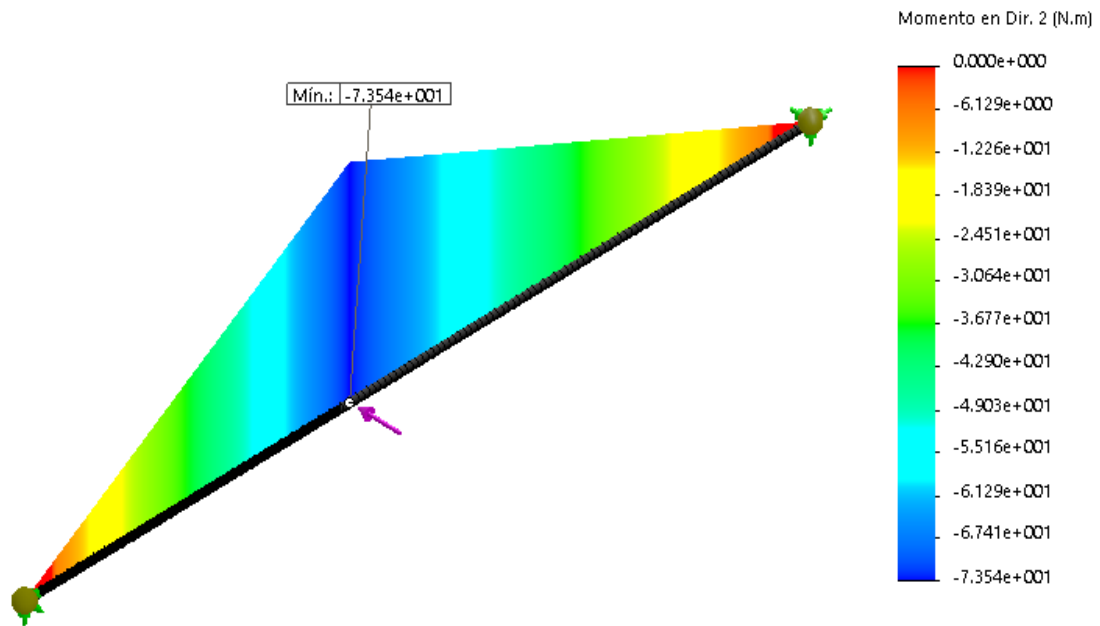


Figura 6.26: Diagrama de momento de la barra guía

Fuente: El Autor

Con el valor de momento máximo indicado en la Figura 6.26 se procede al cálculo del esfuerzo a flexión con la siguiente ecuación según Shigley (2008).

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{n}$$

Ecuación 6-28

Donde

n : Factor de seguridad, como criterio de diseño se designó un valor de 1.2 para un sobredimensionamiento del diámetro.

S_y : 220 MPa, indicado en el ANEXO A 16

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{220}{1.2} \text{MPa}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 183.33 \text{MPa}$$

Con el que se calcula el módulo de resistencia del material aplicando la siguiente ecuación según Shigley (2008).

$$S = \frac{M}{\sigma_{m\acute{a}x}}$$

Ecuación 6-29

Donde

M : Momento flector máximo, indicado en la Figura 6.26.

$$S = \frac{73540}{183.33}$$

$$S = 401.13 \text{ mm}^3$$

Según Shigley (2008), para determinar el diámetro requerido se utiliza la siguiente ecuación.

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * S}{\pi}}$$

Ecuación 6-30

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 401.13}{\pi}}$$

$$d = 15.89 \text{ mm}$$

Como la dimensión del diámetro no es estándar se aproxima a un diámetro de 16 mm que se puede conseguir en el mercado, como ya se mencionó se debe verificar la deformación que se produce sobre el eje para evitar movimientos que causen inestabilidad al momento de ejecutar su funcionamiento, para lo cual se utilizó SolidWorks 2014 dando como resultado los siguientes valores mostrados en la Figura 6.27.

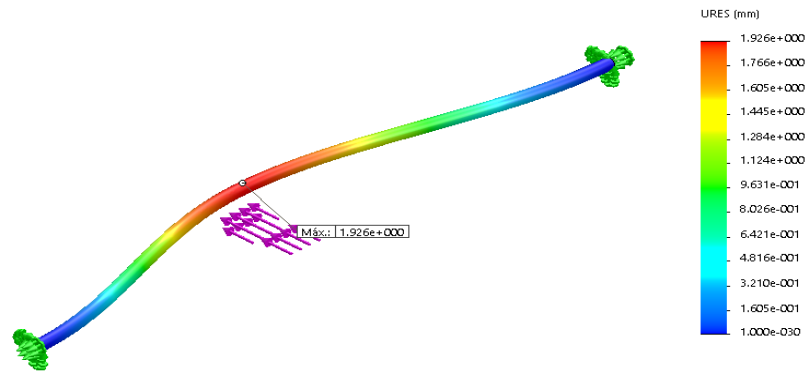


Figura 6.27: Deformación máxima

Fuente: El Autor

De la Figura 6.27 se tiene un valor máximo de deformación de 1.92 mm que es aceptable ya que no es un valor demasiado alto, validando de esta manera el diámetro calculado para el acople con la guía de desplazamiento.

- **Canal suspensor**

Este elemento sujeta a todo el conjunto de sellado mostrado en la Figura 6.6 por medio de un perno de 10 mm, está construido por tres secciones de platinas de acero AISI 304 con dimensiones de 28x6 mm, con un ancho de 30 mm y tiene una forma de C como se muestra en la Figura 6.28.

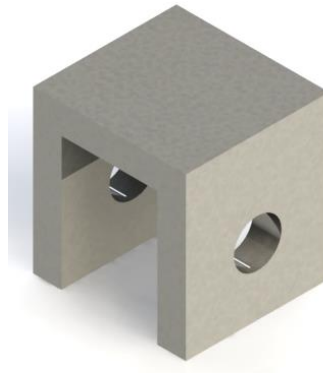


Figura 6.28: Canal suspensor

Fuente: El Autor

De la cual se tiene un area transversal de:

$$A = 2[6\text{mm} \times 30\text{mm} - 10\text{mm}]$$

$$A = 2[(0.006)(0.030) - 0.01]$$

$$A = 0.01964 \text{ m}^2$$

El esfuerzo que se produce se determina mediante la siguiente ecuación según Singer (1994).

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

Ecuación 6-31

Donde

F : Fuerza aplicada, indicada en la Figura 6.6 con un criterio de diseño de 2.

$$\sigma = \frac{560.34N}{0.01964m^2}$$

$$\sigma = 28.530\text{KPa}$$

De la ecuación 6.28 el factor de seguridad es:

$$n = \frac{220}{0.028530}$$

$$n = 7711$$

El factor de seguridad resulta elevado debido a que el área transversal es pequeña, la cual fue dimensionada para la adaptación de la base del cilindro, además la carga soportada se encuentra dividida para los dos extremos del canal.

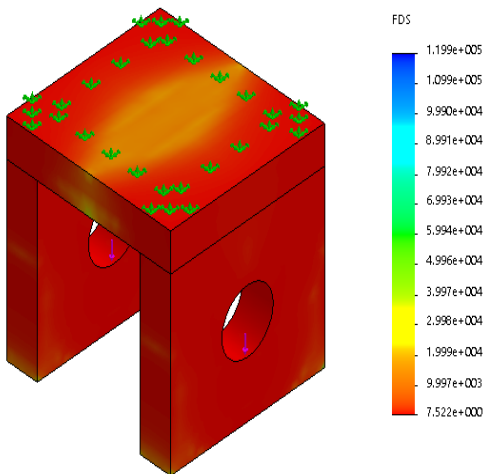


Figura 6.29: Factor de seguridad en el canal suspensor

Fuente: El Autor

- **Tornillo regulador**

Este componente está construido de acero AISI 304 y se encuentra bajo una carga de tensión de 28.46 kg indicada en la Figura 6.6, por medio de este elemento se realiza la

regulación manual del posicionamiento del sistema del sellado para colocarlo a una distancia adecuada sobre las botella como se indica en la Figura 4.17.

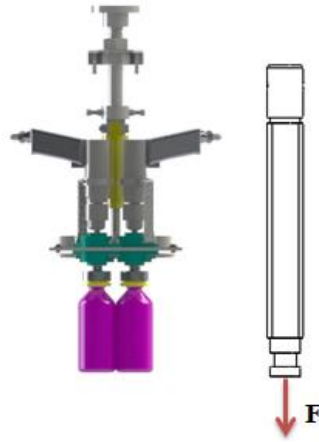


Figura 6.30: Diagrama de tensiones del tornillo regulador

Fuente: El Autor

En la Figura 6.30 se observa el diagrama de fuerzas de la carga de tensión aplicada con el propósito de determinar el diámetro requerido para el eje roscado.

Como el diseño debe mantener un alto grado de confianza se aplica un factor de seguridad para este elemento de 4 como indica el ANEXO A 36.

Por lo tanto de la ecuación 6.28

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{220}{4} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 55 \text{ MPa}$$

Determinado el esfuerzo se aplica la ecuación 6.31

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

Como se trata de una sección circular se tiene que $A = \frac{\pi * D^2}{4}$

Donde reemplazando en la ecuación 6.31 y despejando el diámetro se tiene la siguiente ecuación

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\sigma\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1.117KN}{55MPa * \pi}}$$

$$D = 5.1mm$$

Mediante el cálculo se obtiene un diámetro de 5 mm, el cual es el requerido para soportar la tensión producida por el conjunto de sellado, pero para este diseño el tornillo debe mantener una buena rigidez con el fin de proporcionar estabilidad para evitar inconvenientes al momento de realizar las regulaciones del sistema, por lo cual se designa un diámetro de 25 mm.

Obteniendo un factor de seguridad de 24.98 como se muestra en el análisis de la Figura 6.31 mejorando la confiabilidad en el diseño.

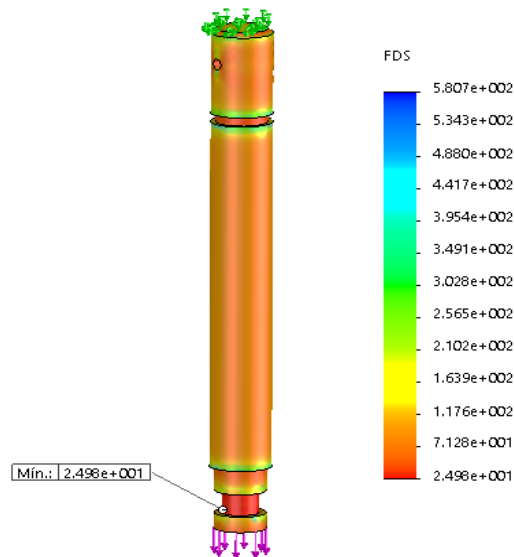


Figura 6.31: Factor de seguridad del tornillo regulador

Fuente: El Autor

- **Manija o volante de regulación**

Para el dimensionamiento de este componente se consideró que tenga una buena manipulación en su agarre para poder girar el tornillo regulador sin demasiado esfuerzo, empleando un acero AISI 304 para su construcción.

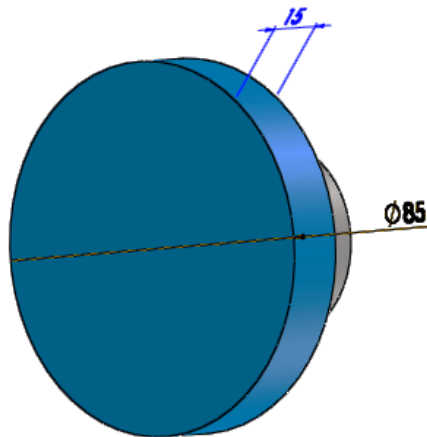


Figura 6.32: Volante de regulación

Fuente: El Autor

Para validar las dimensiones indicadas en la Figura 6.32 se tiene que determinar si el torque que se produce con el radio del disco es lo suficiente para mover la caga que soporta el tornillo regulador.

De la ecuación 6.7

$$\text{Torque} = \text{Fuerza} * \text{radio}$$

Donde

Para la designación del valor de la fuerza se considera una cantidad de 24.94 Kgf (244.55 N) que es la fuerza que una persona puede ejercer según, López en su tesis de maestría bajo el tema de “ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y FOTOELÁSTICO EN LA DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS PARA MEJORAR EL DISEÑO MECÁNICO DE PIEZAS”.

$$\text{Torque} = 244.55\text{N} * 0.0425$$

$$\text{Torque} = 10.39\text{Nm} = 10390\text{Nmm}$$

Mediante un análisis de mecanismos en SolidWorks 2014 se verifica el valor calculado.

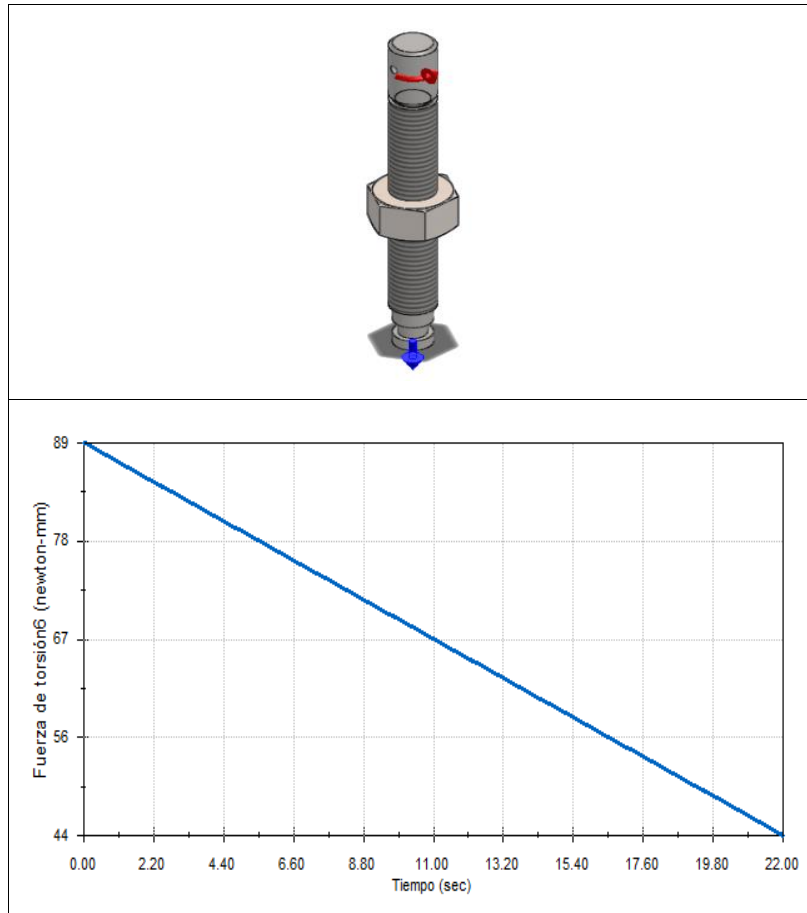


Figura 6.33: Análisis del torque requerido para mover la carga en función del tiempo

Fuente: El Autor

De la Figura 6.33 se concluye que la fuerza máxima de torsión se produce al iniciar el movimiento de elevación, es decir cuando la carga parte del reposo. Obteniendo un resultado de 89 Nmm el cual que es menor al calculado, esta diferencia se produce debido a que el radio indicado en la Figura 6.32 debe permitir transmitir la fuerza necesaria para mover la carga y mantener un área de agarre adecuada para las

regulaciones manuales lo cual no se conseguiria si el radio resultará demasiado pequeño, validando así las dimensiones establecidas.

- **Boquilla de cierre**

Este componente se encuentra formado por tres elementos principales como son:

Una boquilla en la cual se considero importante mantener un bajo peso para aligerar el movimiento del actuador, seleccionado al aluminio para su construcción ya que en comparación con un acero inoxidable es mas liviano y también presenta una buena resistencia a la corrosión para evitar contaminar el ambiente del producto.

Un o-ring con diámetro exterior de 36.8 mm y diámetro interior de 29.74 mm indicadas en el ANEXO A 37 en base al diámetro exterior de la tapa que es de 30 mm indicado en el ANEXO A 5 de su tamaño nominal, cuya función es permitir un amortiguamiento y evitar el contacto directo de la superficie superior de la tapa en la cara interior de la boquilla para reducir los daños y producir el ajuste del sellado.

Un acople construido del mismo material de las guías, con un diámetro interior de 30.5 mm, provisto de una rosca exterior y un chaflan que sirven para asegurar el oring y permitir una entrada de la tapa sin demasiado juego entre sus caras para el sellado.

Las demás dimensiones para su diseño se muestran en los planos y fueron establecidas en base a la mejor adaptación de la tapa.

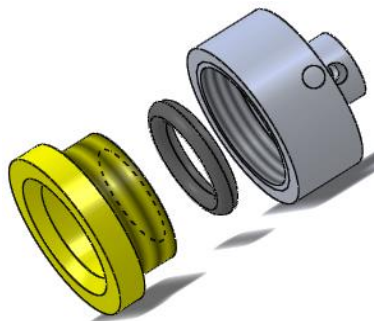


Figura 6.34: Componentes de la boquilla de cierre

Fuente: El Autor

La consideración principal fue establecer un ciclo de vida aproximado de su acople ya que al mantener un nivel mínimo de separación entre la superficie de la tapa tiene a producirse desgaste entre sus paredes.

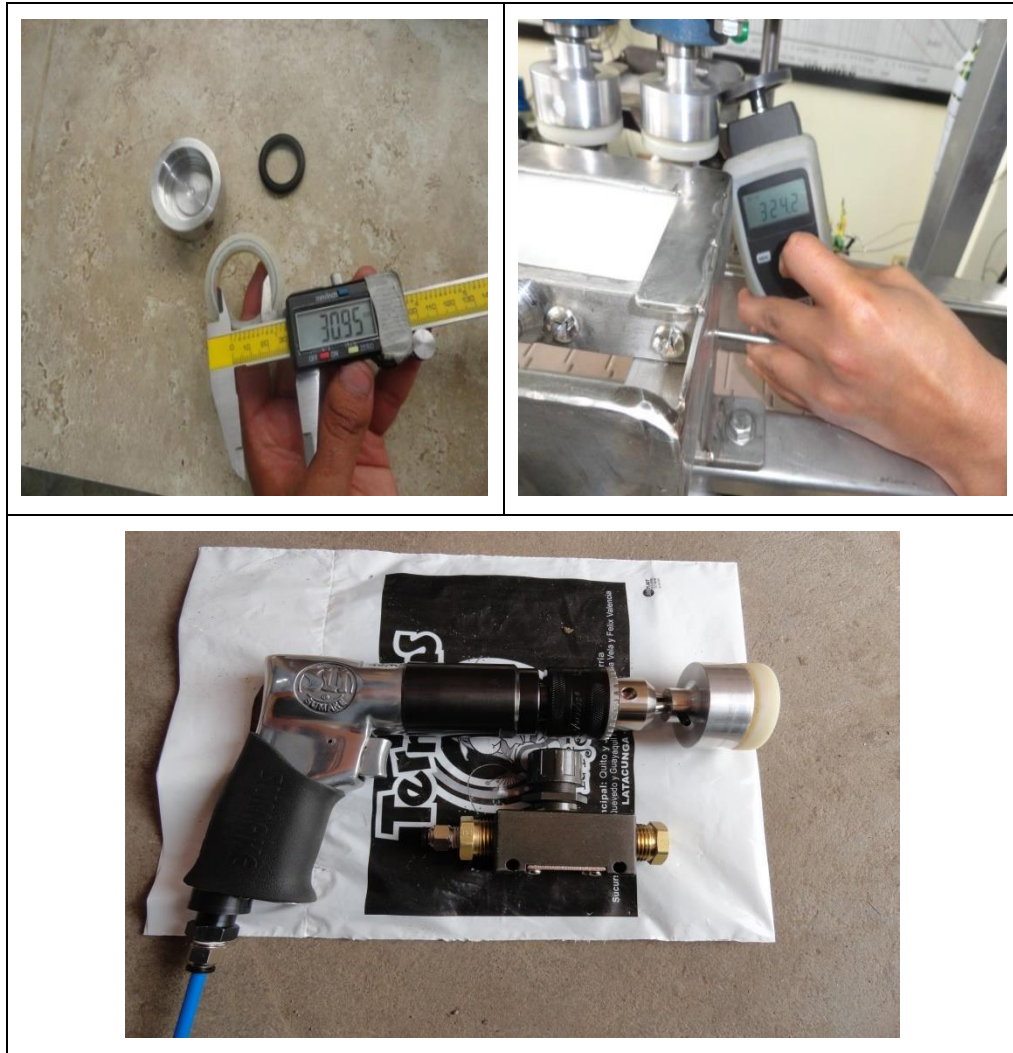


Figura 6.35: Desgaste del acople de la boquilla

Fuente: El Autor

Los valores mostrados en la Figura 6.35 fueron obtenidos mediante la aplicación de los equipos existentes dentro del Laboratorio Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica como son un calibrador y un medidor de revoluciones por minuto digital.

De la Figura 6.35 se puede observar el desmontaje de los componentes de la boquilla y la medición del desgaste producido en el acople luego de ensayar con 100 tapas obteniendo un valor de 0.45 mm de desgaste al relacionar el diámetro interior inicial del acople con el valor 30.95 mm.

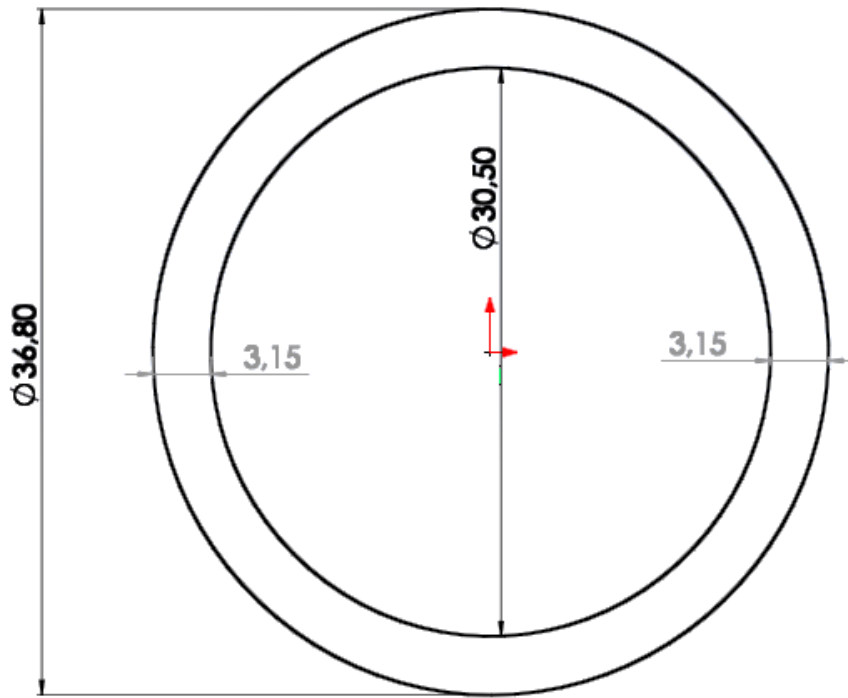


Figura 6.36: Área de contacto efectiva

Fuente: El Autor

Con la cantidad del desgaste determinado se establece la zona de contacto efectiva, para la cual se hace referencia de los diámetros indicados en la Figura 6.36 de donde se obtiene un espesor de 6.3 mm, que es la zona efectiva ya que esta permite la sujeción del o-ring para el sellado, entonces relacionando el número de botellas y la cantidad de desgaste se obtiene que la capacidad de vida útil de la boquilla es para aproximadamente 1400 botellas, considerando que la velocidad de 324 rpm indicada en la Figura 6.35 es constante para la operación de la máquina ya que fue la que mejor se adaptó para este estudio obtenida mediante la observación y regulación del caudal de los actuadores.

6.6.4 Diseño del sistema de control

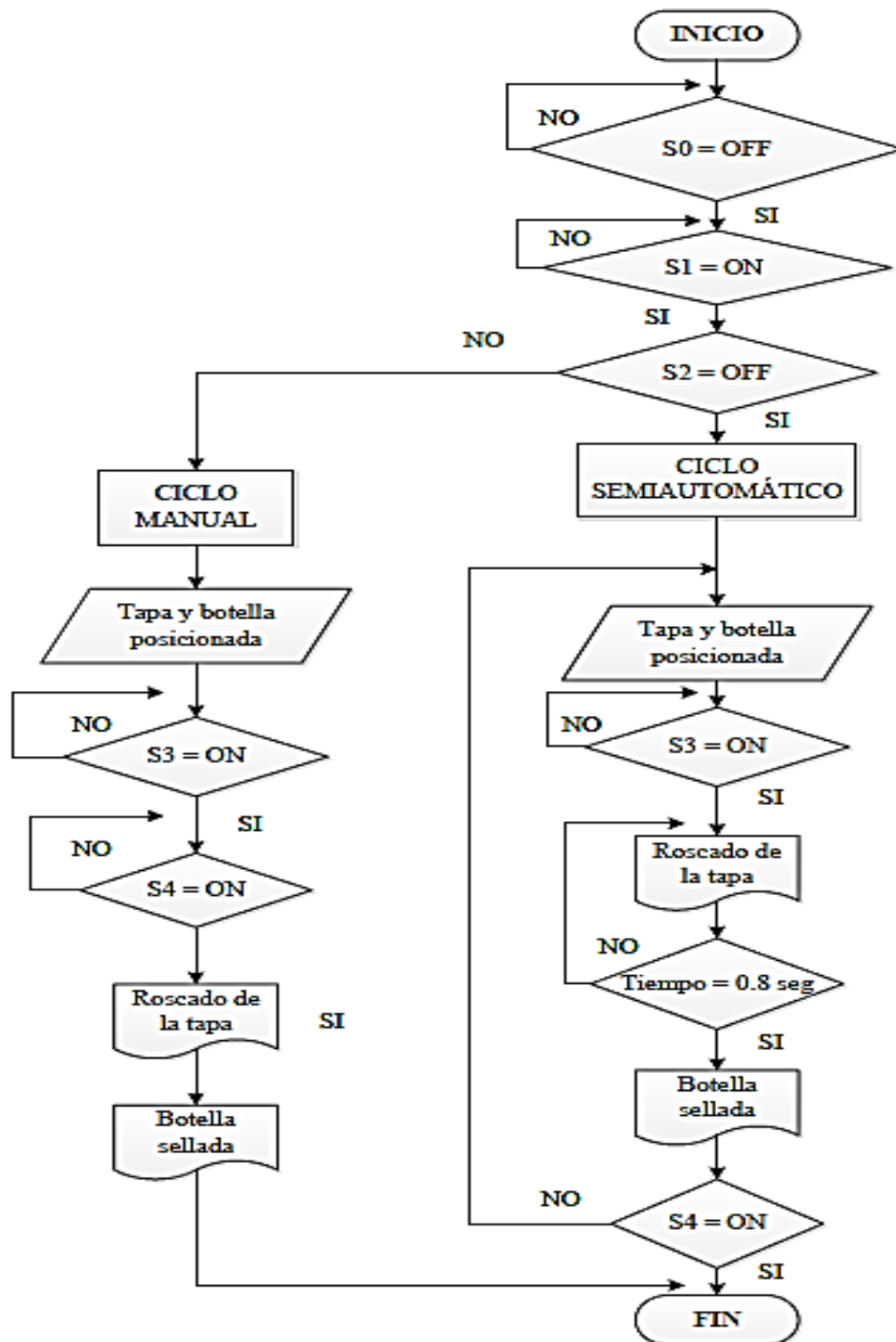
La lógica para un correcto funcionamiento de la máquina selladora de botellas se encuentra representada a continuación en el diagrama de flujo del proceso, en el cual se puede observar la secuencia que siguen las operaciones que se realizan en el prototipo, seguido por el diagrama de potencia y control, el diagrama neumático y la programación del PLC, en los cuales intervienen las variables establecidas en el siguiente cuadro de nomenclatura.

CUADRO DE NOMENCLATURA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES			
Denominación	Descripción	Denominación	Descripción
S0	Paro de emergencia	S6	Sensor 2
S1	Alimentador de energía	EV1	Electroválvula 1
S2	Selector de ciclo	EV2	Electroválvula 2
S3	Marcha	K1, K2, K3	Relés
S4	Paro	H0, H1, H2, H3, H4, H5	Luces piloto indicadores
S5	Sensor 1	-	-

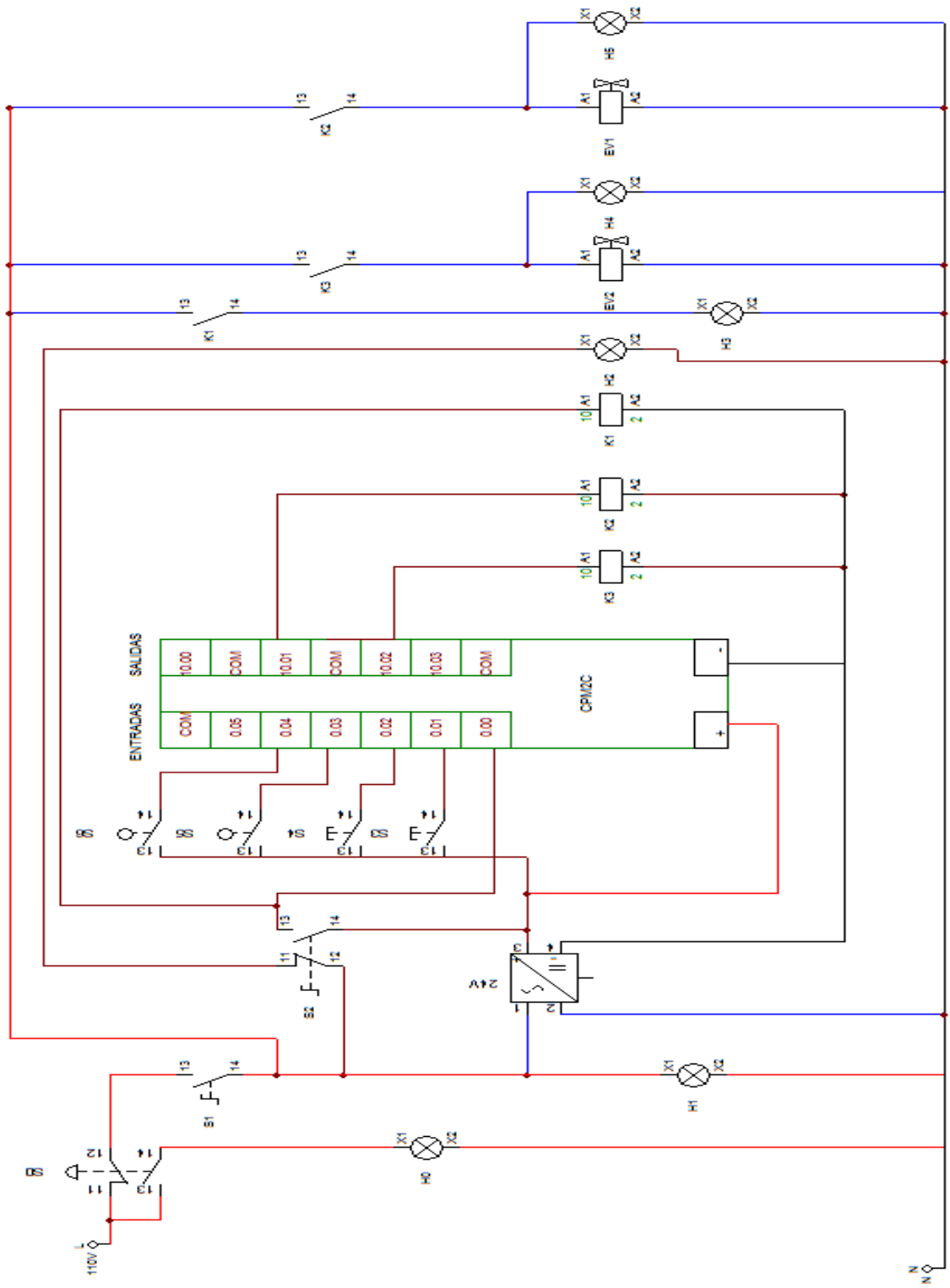
Fuente: El Autor

En el cuadro de nomenclatura para la identificación de variables también se indica mediante los cuadros marcados un número de 5 entradas y 2 salidas requeridas para la selección del PLC, dando como resultado la selección del PLC CPM 2C indicado en el ANEXO A 13 y provisto por el Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

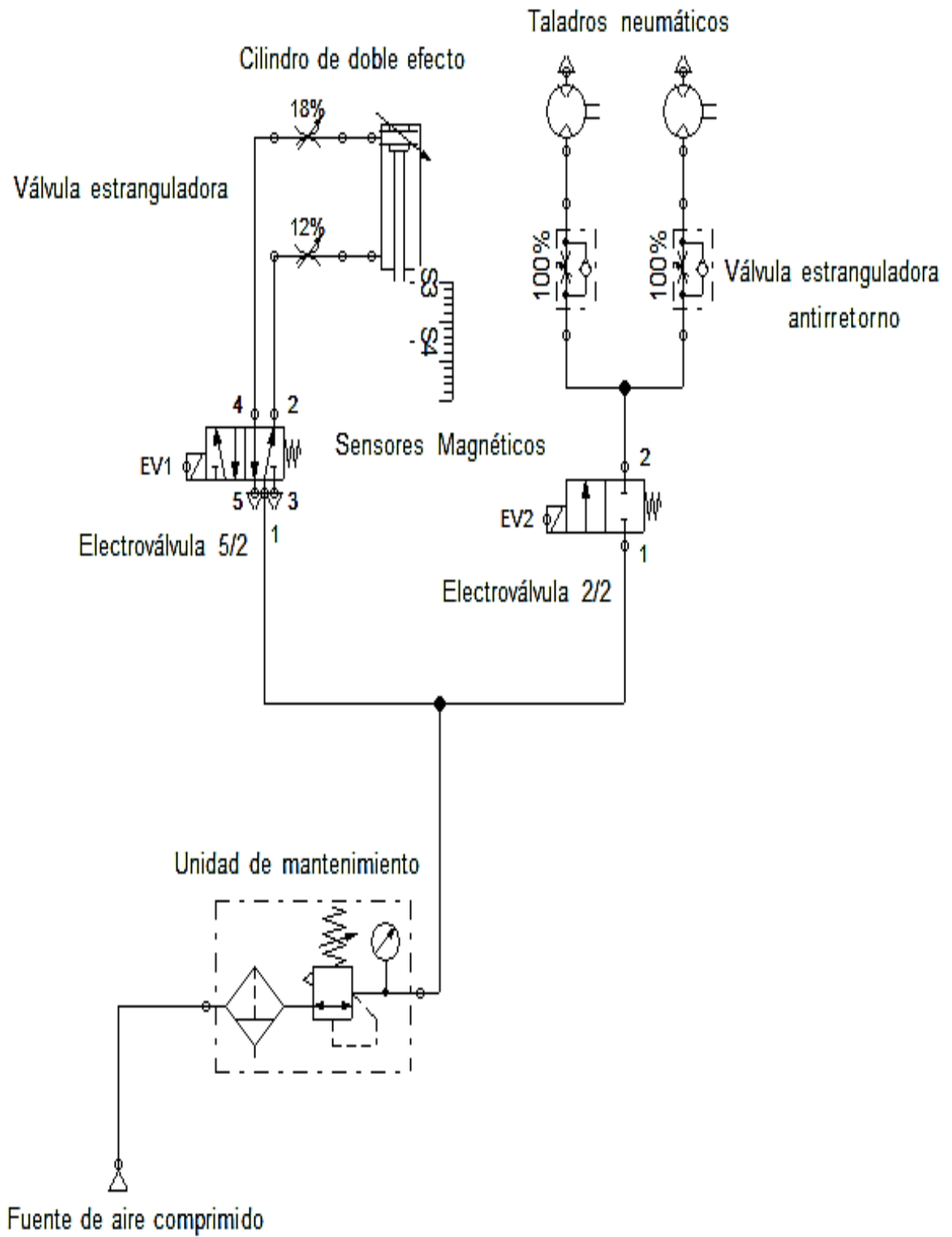
- Diagrama de flujo del proceso de la máquina selladora de botellas



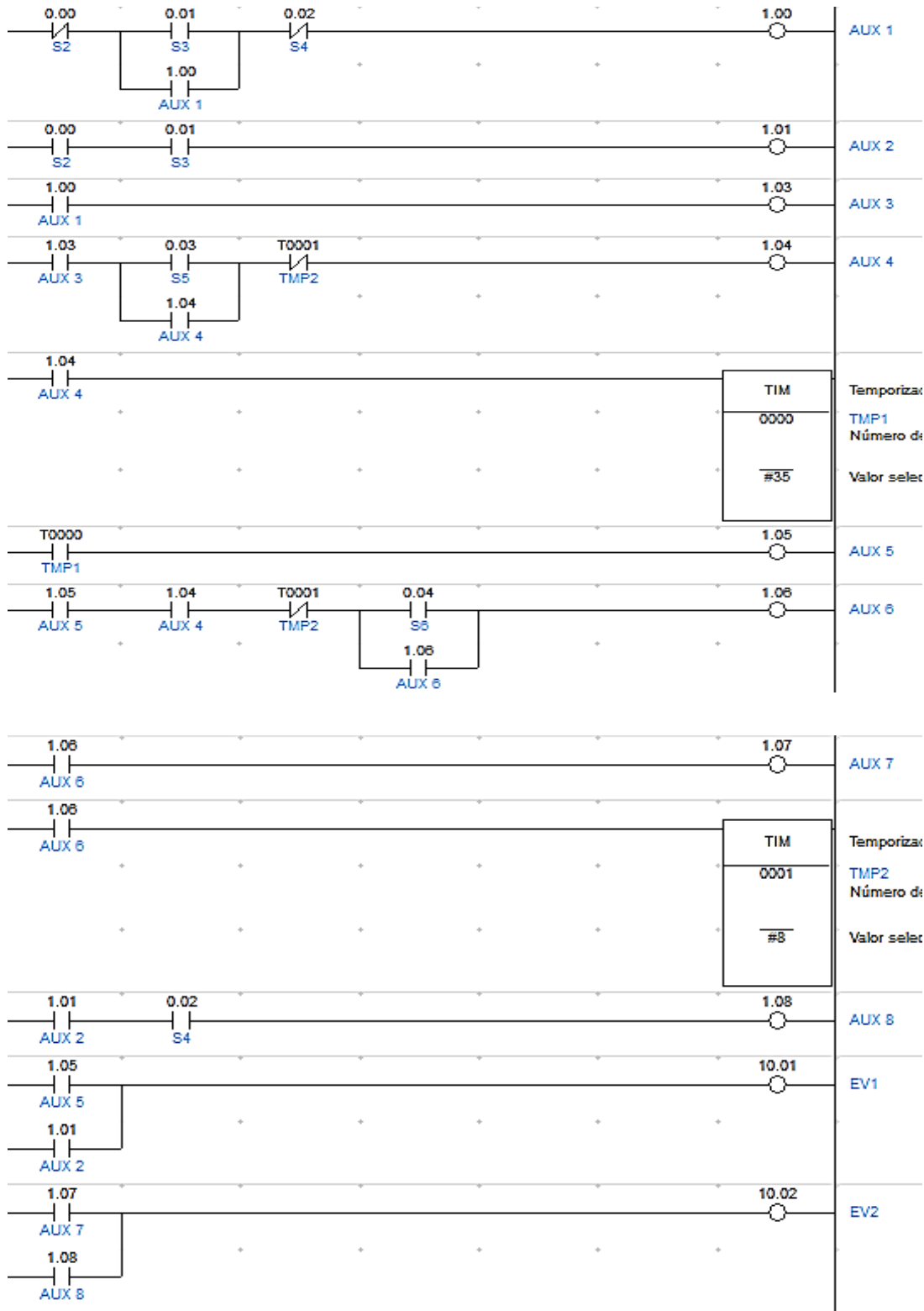
- Circuito de control y potencia



- **Circuito neumático**

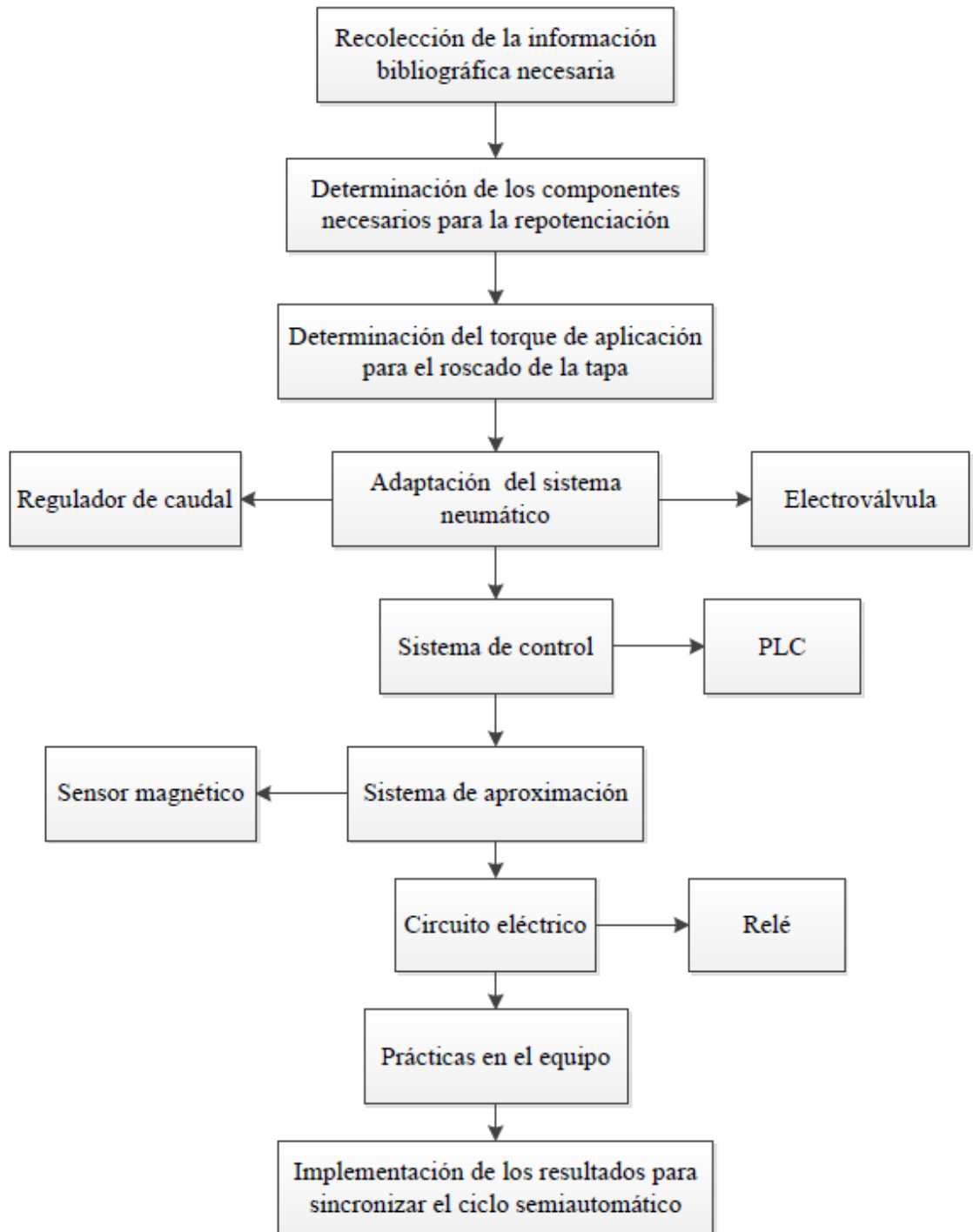


• Programación del PLC



6.7 METODOLOGÍA

Dentro de la investigación para la construcción del prototipo se aplicaron las siguientes etapas.



6.8 ADMINISTRACIÓN

En la Tabla 6.3 se menciona cada valor económico de los materiales que fueron empleados para el desarrollo de la investigación.

Tabla 6-3: Tabla de costos

Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	Total. (\$)
Acople recto 6 mm x 1/4 MPT	3	Unidad	1,13	3,53
Aluminio 2 1/4 pulg	10	cm	1,404	14,21
Barra inox 1/4"	0,08	Kg	8,61	0,74
Broca de 5 mm	1	Unidad	0,8	0,80
Bushing 1/2 MPT 1/4 FPT	2	Unidad	2,1	4,45
Taladro reversible 1/2"-800rpm-6CFM	2	Unidad	79,65	168,86
Hoja de sierra	1	Unidad	2,8	3,14
Lija 1200	1	Unidad	0,6	0,67
Manguera de poliuretano – ø 6 mm (90Psi)	3	m	0,74	2,31
Nylon 2 pulg	0,35	Kg	15,573	7,32
O - ring	2	Unidad	1,1	2,33
Perno allen inox 5x10 mm	4	Unidad	0,07	0,29
Regulador de caudal 1600 l/min - 1/2"	2	Unidad	14,02	29,72
Conector recto 1/2"	4	Unidad	2,84	11,70
Unida de Mantenimiento	1	Unidad	43,55	48,78
Conector recto 1/4"	2	Unidad	2,01	4,26
Gabinete metálico 30x20x15 cm	1	Unidad	24,11	27,00
Codo 12 mm x 1/2 MPT	1	Unidad	3,21	3,60
Silicón	1	Unidad	2,85	3,19
Perno allen inox 1/4"x1/2"	8	Unidad	0,25	2,03
Tuerca inox 1/4"	8	Unidad	0,08	0,65
Arandela plana galvanizada 1/4"	8	Unidad	0,02	0,16
Tornillo cabeza de pan 6x12 mm	20	Unidad	0,04	0,80
Pletina inox 6x38 mm	2,78	kg	7,53	21,84
Barra inox 1 1/8"	1,2	Kg	6,82	9,00
Prisionero inox 5/16"x1/2"	6	Unidad	0,05	0,31
Perno inox 1/4"x2 1/2"	10	Unidad	0,22	2,23
Arandela plana inox 1/4"	12	Unidad	0,04	0,48
Arandela inox de presión 1/4"	8	Unidad	0,04	0,32
Eje inox 3 1/2"	1,05	Kg	7,314	8,56

Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	Total. (\$)
Duralon 50 mm	10	cm	1,425	14,42
Cilindro neumático	1	Unidad	76,94	86,17
Regulador de caudal 6X1/4"MPT	2	Unidad	5,18	10,98
Barra inox 1/2"	0,21	Kg	5,73	1,89
Electroválvula 2/2	1	Unidad	77,2	86,46
Yee 12 mm	2	Unidad	2,32	4,92
Bushing 3/8 MPT x1/4 FPT	1	Unidad	1,1	1,23
Acople recto 12 mm x 3/8 FPT	1	Unidad	2,58	2,89
Acople recto 12 mm x 1/2 FPT	1	Unidad	3,127	3,50
Acople recto 6 mm x 1/2 MPT	1	Unidad	2,47	2,77
Acople recto 12 mm x 1/2 MPT	2	Unidad	2,82	5,98
Manguera de poliuretano - ø 12 mm (90 Psi)	3	m	4,27	13,32
Electro AWS 308L x 3/32"	20	Unidad	0,75	15,09
Pletina A36 - 3"x1/4"	1	m	4,54	5,08
Barra inox 1"	1,02	Kg	5,08	5,79
Barra inox 2"	0,65	Kg	5,91	4,55
Tubo inox 1 1/2"x1.2 cuadrado	1	Unidad	51,16	57,30
Pasador tubular 5x50 mm	1	Unidad	0,8	0,90
Correa plástica 5x120 mm	10	Unidad	0,2	2,02
Chumacera	4	Unidad	14	57,68
Tuerca galvanizada 1"	2	Unidad	0,9	1,908
Pletina de 25 x3 mm	1	m	1,2	1,344
Placa inox 6x350x400 mm	1	Unidad	55	61,6
Barra de acero AISI 1018 - 2"	0,316	kg	1,25	0,545
Lámina de acero brillante pulido	1	Unidad	44,91	50,30
Pintura	1	Lt	4,5	5,04
Thinner	2	Lt	1,7	3,60
Lija 1200	5	Unidad	0,6	3,07
Lija 400	5	Unidad	0,65	3,33
Lija 600	5	Unidad	0,65	3,33
Masilla	1	Unidad	5,4	6,05
Cable número 16 negro	12	m	1,2	14,54
Cable número 16 rojo	12	m	1,2	14,54
Cable número 16 verde	12	m	1,2	14,54
Cable número 16 celeste	12	m	1,2	14,54
Cable número 16 amarillo	12	m	1,2	14,54
Cable número 20	10	Unidad	0,64	6,48

Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	Total. (\$)
Luces piloto	2	Unidad	1,12	2,37
Selector de dos posiciones	1	Unidad	2,3	2,58
Espiral eléctrico	1	Unidad	5,14	5,76
RECURSOS VARIOS				
Transporte		-	250	30
Taller Mecánico			400	48
Impresiones	250		0,2	50,02
Empastado	1		25	28
Subtotal				1152,28
Imprevistos 10%				115,2
Total				1267,48



Elaborado por: El investigador.

6.9 PRUEBAS DEL SELLADO DE BOTELLAS.

6.9.1 Sellado semiautomático.

De los ensayos realizados se consideró mostrar los resultados de 50 pruebas ya que no se presentó una gran diferencia entre sus valores, manteniéndose un tiempo de posicionamiento de 4 segundos para el sellado de botellas indicado en la Tabla 4-30, donde se observó un enroscado de la tapa suave con facilidad libre de daños como se muestra en el ANEXO A 4.

Tabla 6-4: Tiempos de sellado de botellas

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN			
SELLADO SEMIAUTOMÁTICO			
Número De Pruebas	Tiempo del posicionamiento (Segundos)	Tiempo del sellado (Segundos)	Número de botellas
1	4	0,66	2
2	4	0,69	2
3	4	0,85	2

Continuación de la Tabla 6-4			
4	4	0,68	2
5	4	0,86	2
6	4	0,81	2
7	4	0,75	2
8	4	0,61	2
9	4	0,86	2
10	4	0,95	2
11	4	0,68	2
12	4	0,83	2
13	4	0,81	2
14	4	0,95	2
15	4	0,79	2
16	4	0,82	2
17	4	0,96	2
18	4	0,85	2
19	4	0,66	2
20	4	0,75	2
21	4	0,87	2
22	4	0,65	2
23	4	0,82	2
24	4	0,74	2
25	4	0,95	2
26	4	0,67	2
27	4	0,79	2
28	4	0,84	2
29	4	0,88	2
30	4	0,74	2
31	4	0,65	2
32	4	0,94	2
33	4	0,72	2
34	4	0,87	2
35	4	0,97	2
36	4	0,82	2
37	4	0,78	2
38	4	0,99	2
39	4	0,72	2
40	4	0,94	2
41	4	0,76	2
42	4	0,92	2
43	4	0,65	2
44	4	0,69	2
45	4	0,62	2

Continuación de la Tabla 6-4			
46	4	0,97	2
47	4	0,66	2
48	4	0,87	2
49	4	0,98	2
50	4	0,64	2
Promedio	4	0,80	2

Fuente: El Autor.

- Con los datos obtenidos del tiempo de sellado de la Tabla 6-4, se procedió a la representación gráfica para su tabulación.

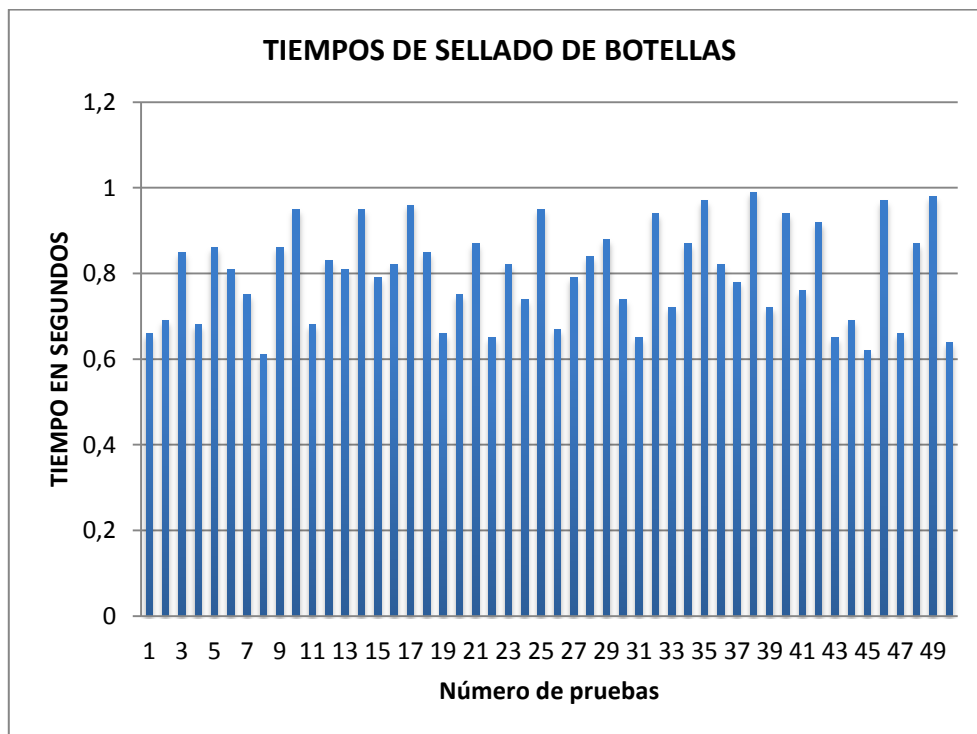


Figura 6.37: Tabulación de los tiempos de sellado semiautomático

Fuente: El Autor.

La Figura 6.37 presenta los tiempos obtenidos en las pruebas de sellado, dando un rango de valores entre $0.61 < t < 0.99$ segundos, y un promedio total de 0.8 segundos en el sellado de dos botellas, lo cual respalda el tiempo de sellado indicado en la Tabla 4-30 de la verificación de la hipótesis.

- **Interpretación de los tiempos de sellado**

Para la interpretación de los tiempos de sellado se elaboró la Tabla 6-5 donde se indica nuevamente los tiempo promedios de la Tabla 4-30.

Tabla 6-5: Tiempos totales de producción

TIEMPOS DEL PROCESO DE SELLADO SEMIAUTOMÁTICO					
Datos	Tiempo (seg) de Sellado	Tiempo (seg) de Posicionamiento	Tiempo (seg) Total del proceso	Cantidad de Botellas	Producción botellas / hora
Tabla 4-7	1,81	5	6,81	2	1057
Datos obtenidos	0,8	4	4,8	2	1500

Fuente: El Autor.

En la Tabla 6-5 se pueden observar los tiempos totales del proceso de sellado de botellas anteriores y obtenidos mediante la repotenciación de la máquina, los cuales se los representaron en la gráfica de la Figura 6.39.

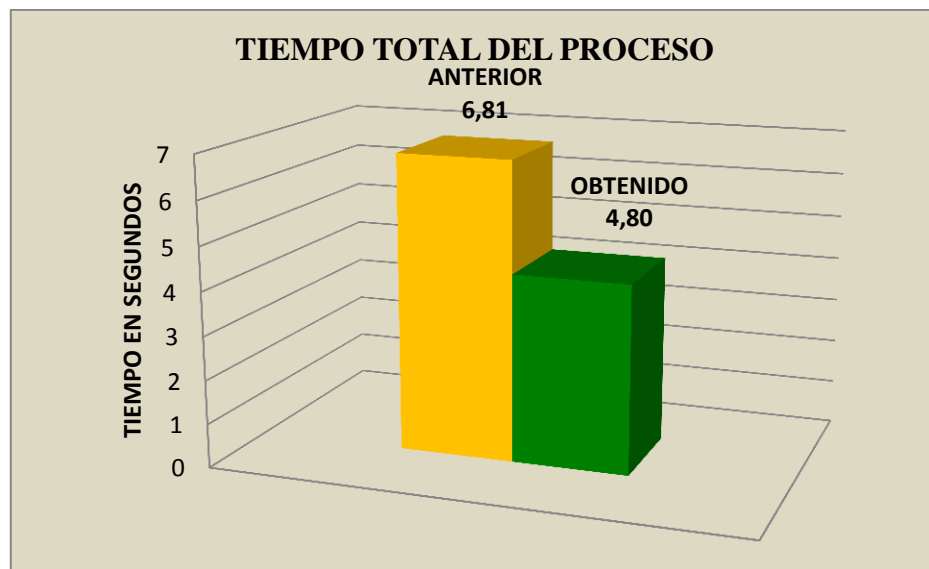


Figura 6.38: Porcentaje de reducción de tiempo

Fuente: El Autor.

Los gráficos de la Figura 6.39 muestran una diferencia de 2.01 segundos, lo que equivale a una reducción de tiempo del 29.5 % dentro del proceso de sellado de botellas operado de forma semiautomática.

Con lo que se obtiene el nivel de producción indicado en la Tabla 6-5 y representada en la gráfica de la Figura 6.40.

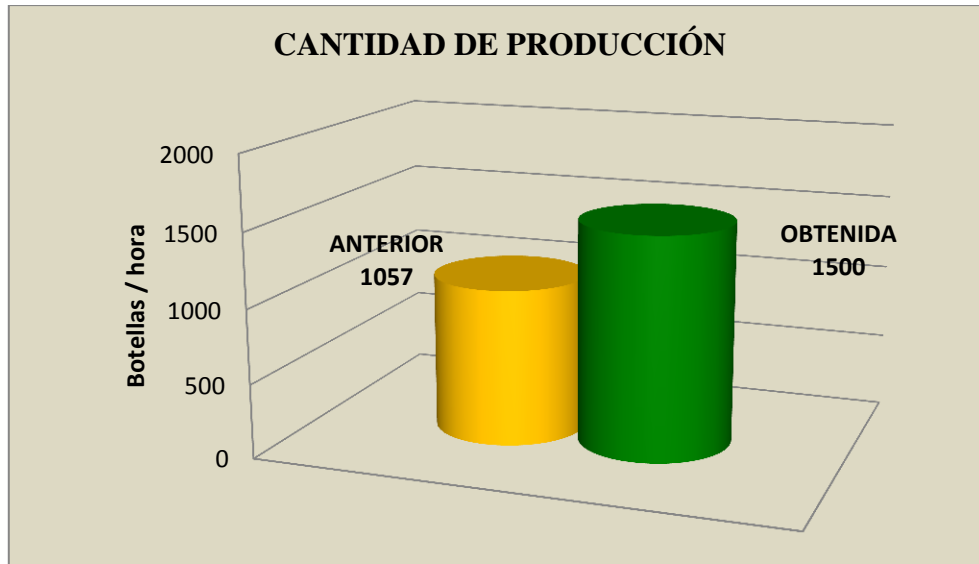


Figura 6.39: Aumento de producción

Fuente: El Autor.

La Figura 6.40 muestra un incremento en la producción del 42 % equivalente a 443 botellas / hora más de lo que se producía, lo cual se consiguió reduciendo el tiempo del sellado por medio de la repotenciación.

6.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.10.1 Conclusiones

- El prototipo construido es de fácil manipulación y permite la selección y observación de un ciclo de funcionamiento manual o semiautomático para las prácticas.
- La repotenciación de la máquina selladora de botellas permito restablecer y mejorar las condiciones originales de su funcionamiento.
- Con el rediseño de los componentes sobredimensionados se consiguió reducir 25 Kg de un peso inicial de la máquina de 96.154 Kg, facilitando así su manipulación de traslado y reduciendo su espacio físico.
- El silenciador adaptado a los escapes de los taladros neumáticos permite disminuir el ruido excesivo y mantener una velocidad de salida de 324 rpm para el sellado de botellas.
- La recuperación de la máquina mediante la repotenciación generara un gran beneficio para la institución, mejorando los tiempos de producción del Laboratorio de Control y Automatización Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica y ampliando el conocimiento de los estudiantes hacia nuevas tecnologías.

6.10.2 Recomendaciones

- Establecer una guía y bitácora de mantenimiento con el fin de mantener un buen funcionamiento y llevar un registro de las actividades y tareas realizadas en el equipo.
- Para mejorar el funcionamiento semiautomático de la máquina se recomienda la utilización de un PLC con más entradas y salidas que el PLC CPM 2C para poder unificar los procesos de trabajo con la banda transportadora encargada de la entrada de las botellas y obtener funcionamiento automático.

- Revisar la cantidad voltaje requerido por los elementos eléctricos y electrónicos para su activación y verificar que los circuitos se encuentren correctamente aislados y protegidos.
- Mantener la presión de funcionamiento y las regulaciones de las aberturas de los reguladores de caudal indicados en el ANEXO A 4 para una correcta ejecución de las velocidades de los actuadores neumáticos.
- Revisar periódicamente la unidad de mantenimiento para mantener el nivel del lubricante, drenar su condensado, y estar al tanto de sus condiciones de funcionamiento para evitar daños en los elementos neumáticos.
- Mantener una buena lubricación de las guías de desplazamiento del sistema de sellado para conservar un movimiento suave en su accionamiento.

6.11 PREVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El sistema neumático adaptado para la repotenciación de la máquina selladora de botellas permite recuperar un funcionamiento óptimo de la misma, la cual forma parte de los equipos del Laboratorio de Control y Automatización Industrial.

Uno de los parámetros para conservar este estado de funcionamiento es mantener las regulaciones de las aberturas de los reguladores de caudal recomendados que se obtuvieron mediante la experimentaciones en este proyecto, otro aspecto importante es llevar a cabo una lubricación periódica para un deslizamiento suave en las guías de posicionamiento y en cuanto a las boquillas conviene mejorar su diseño de forma que permita la regulación de su abertura para manejar diferentes tamaños de tapas tomando en cuenta que esta disponga en su interior de un medio de separación suave que evite el contacto directo de la superficie de la tapa con la de la del material de construcción de la boquilla.

Como este equipo a futuro va ser utilizado para el aprendizaje y enseñanza de los estudiantes en la facultad se recomienda la adaptación de una banda transportadora para el ingreso de las botellas que disponga de un mecanismo de sujeción de las

botellas una vez posicionadas para el roscado de la tapa con el fin de ir mejorando los tiempos de producción y ampliado la implementación de equipos sofisticados que resulten beneficiosos tanto en el aspecto académico como al desarrollo de los laboratorios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Águeda, E. (2012). Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje. España: Editorial Paraninfo.
2. ALUCAPS. (1978). División Plástica. Recuperado de <http://www.alucapsgroup.com>.
3. Bernal, V. (2015). Automatización y Robótica Educativa. Colombia: Recuperado de, <http://automatica.mex.tl>.
4. Bolton, W. (2010). Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. México: Alfaomega.
5. Bravo, O. (2014). Repotenciación de Maquinaria. Metal actual, 32-36. Edición Digital. Recuperado de <http://www.metalactual.com>.
6. Bueno, A. (2015). Unidad didáctica: Neumática e hidráulica. Recuperado de <http://www.portaleso.com>.
7. Calfio, A. (2011). Aplicaciones de PLC. Recuperado de <http://aplicacionesdeplc.blogspot.com>.
8. Carrobles, M., y Rodríguez, A. (2002). Manual de Mecánica Industrial. España: Cultural, S. A.
9. Castillo, J. (2009). Formación Profesional Básica - Equipos eléctricos y electrónicos. España: Editex. Recuperado de <https://books.google.es>.
10. Castiñeira, N. (2015). Educación Tecnológica. Recuperado de <http://www.tecnologia-tecnica.com>.
11. Cembranos, F. (2007). Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Madrid: Editorial Paraninfo.

12. Cembranos, F. (2014). UF1796 - Planificación de la gestión y organización de los procesos de montaje de sistemas de automatización industrial. Madrid: Ediciones Paraninfo, Recuperado de <https://books.google.es>.
13. COREPTEC. (1995). Tapadoras semiautomáticas. Recuperado de <http://www.coreptec.com>.
14. Creus, A. (2007). Neumática e Hidráulica. España: Marcombo.
15. Enriquez, G. (2004). Diseño de sistemas eléctricos/ Electrical System Design. México: Limusa, Recuperado de <https://books.google.com>.
16. Equitek. (2015). Sistema de Enroscado de Tapas Compacto. Recuperado de <http://www.equitek.com>.
17. Festo. (2003). Actuadores Neumáticos. Recuperado de <http://fosva.seas.es>.
18. Floría, P. (2006). Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales. España: FC Editorial.
19. García, J. (2004). Fundamentos del diseño mecánico. Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.
20. García, J. (2008). Apuntes de diseño de máquinas. España: Editorial Club Universitario.
21. Giraldo, L. (Productor.2014). Ajustes y tolerancias [DVD]. De <https://www.youtube.com>.
22. Gómez, L. G. (2007). Neumática Básica. México: ITM.
23. González, M. (2013). Componentes de Sistemas Mecánicos y Eléctricos. Recuperado de <http://ww2.educarchile.cl>.
24. González, V. (2002). Actuadores. Recuperado de <http://platea.pntic.mec.es>.
25. Heras, S. (2003). Instalaciones neumáticas. Barcelona: Editorial UOC.

26. Hernández, C. (2002). Sistemas neumáticos. Recuperado de <http://catarina.udlap.mx..>
27. Jaén, M. (2013). Trasiego y almacenamiento de aceites de oliva. Málaga : IC Editorial.
28. Krones. (2014). Técnica de taponado de krones. Recuperado de <http://www.krones.com>.
29. Maciel, C. (2008). Sistemas tecnologicos: sistema mecanico. Recuperado de <http://st32caren2.blogspot.com>.
30. Majumdar, S. (1997). Sistemas neumáticos principios y mantenimiento. México: McGraw-Hill.
31. Martin. (1951). Engranés. Recuperado de <http://www.martinsprocket.com>.
32. Martín, J. (2009). Automatismos industriales. Madrid: Editex.
33. Martínez, A. (2001). Automatización Industrial Moderna. España: Alfaomega.
34. Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación.
35. Muñoz, T. (2014). Envasado de conservas vegetales. Málaga: IC Editorial.
36. Novas, D. (2008). Microcontroladores. Hawaii: Atlantic International University Honolulu. Recuperado de <https://www.aiu.edu>.
37. Peña, J. (2003). Introducción a los autómatas programables. España: Editorial UOC.
38. Pérez, V., Pallàs, R., y Fernando, E. (2007). Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC. España: Marcombo.
39. Riba, C. (2002). Diseño concurrente. Barcelona: Univ. Politècnica.

40. Rodríguez, M. (2005). Técnicas de Embutición, Embuchado y Enmoldado de Masas y Piezas Cárnicas. España: Ideaspropias Editorial.
41. Rossano, V. (2013). Electrónica y microcontroladores PIC. Buenos Aires: usershop.
42. Salvador, A. (1988). Introducción a la neumática. España: Marcombo.
43. Sánchez, J. (2013). Instrumentación y control básico de procesos. España: Ediciones Díaz de Santos.
44. Serrano, A. (2009). Neumática práctica. España: Paraninfo.
45. Shigley, J. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de shigley. México: mcgraw-hill/interamericana editores, s.a. De c.v..
46. Systèmes, D. (2002-2015). Diseño de Sistemas Mecánicos. 3DS.: Recuperado de <http://www.3ds.com>.
47. Torrens, P. (2010). Máquinas Eléctricas. Aplicaciones de Ingeniera Eléctrica a Instalaciones Navales y Marinas. Prácticas. España: Univ. Politèc. de Catalunya.
48. Vázquez, M. (2001). Avances en seguridad alimentaria. España: Editorial Altaga. Recuperado de <http://books.google.es>.
49. Vilanova, I. (1998). Control Automático. España: Edicions UPC. Recuperado de <http://www.freelibros.org>.

ANEXOS

ANEXO A 1: Tapadora neumática.



Tapadora manual neumática

agosto 7, 2013

By tecnoembalaje

Tagged with: Tapadora Manual, Tapadora Neumática

TAPADORA MANUAL NEUMÁTICA



Descripción

Tapadora manual neumática completamente lista para su uso. Se dispone de varios tamaños de insertos para manejar un amplio rango de tamaños de tapas entre 15 y 83mm. La unidad viene con un inserto para un tamaño determinado. Para otros tamaños, se debe cotizar un inserto adicional.

Sistema de empujador para iniciar la operación y parado automático para simplificar la operación.

Cada inserto puede manejar diferentes tamaños de tapas.

El sistema neumático es ideal para ambientes en localizaciones peligrosas.

Características

Velocidad: entre 50 – 60 tapadas/minuto (dependiendo del operario)

Velocidad de rotación: 7000 RPM

Torque ajustable entre 80 – 170lbs (92 – 207 Kgft/cm)

Presión de aire: 90 PSI (6 – 7 Kgft/cm³)

Dimensiones del equipo (mm): ancho: 102 x largo: 102 x altura: 368

Peso: 1,8 Kg

ANEXO A 2: Selladora eléctrica.



Especificaciones del artículo

Aplicación:	Maquinaria y equipo
Potencia:	60w
Tipo:	Máquina de entaponado
Nombre de la marca:	Shifeng
Tipo de transmisión:	Electricidad
Condición:	Nueva
Grado automático:	Semi-automática
Número de modelo:	XG-200B
Material de empaquetado:	Otros
Tipo de embajaje:	Otros
Type:	Special
Usage:	Other
capping range:	20-50mm
Function:	Microcomputer control
capping speed:	5-40pcs/min
Place of Origin:	Guangdong, China (Mainland)

Descripción del producto

ANEXO A 3: Sellado mecánico.

SISTEMA DE ENROSCADO							
Sistema	Capacidad de Producción	Costo estimado	Mantenimiento	Ventajas	Desventajas	Lógica de control	Ponderado
Neumático	2000 botellas/hora ¹	\$ 900 ⁴	-Filtro de aire y lubricación el mantenimiento se reduce al mínimo.	- Buen rendimiento y facilidad de implantación. - El aire está disponible. -Velocidad de producción alta.	- Impurezas y humedades previas a su utilización. - Ruidos bastante molestos.	-La lógica cableada es un diseño complejo para el sistema neumático, (un único circuito para cada tipo de aplicación), mientras que la lógica programada esta controlada por un programa, el cual tiene una serie de instrucciones, que el sistema puede leer e interpretar ² .	9
Ponderación			2	3	1	3	
Hidráulico	1400 botellas/hora ⁴	\$1200 ⁴	-Si se dispone de un dispositivo de mantenimiento éste se reduce al mínimo.	- Cambios rápidos de sentidos - Velocidad de producción alta.	- Temperatura de operación es de 20 a 70°C. - Personal especializado para el mantenimiento.	-Mayor economía con la lógica programada los micro controladores son sumamente económicos igualmente la lógica cableada brinda mayor robustez y resistencia a entornos industriales alta mente pesados en el sistema hidráulico ² .	8
Ponderación			1	3	1	3	
Mecánico	800 botellas/hora ⁴	\$300 ⁴	-Lubricación adecuada. -Mantenimiento periódico.	- Precio muy conveniente. - Mantn n miento simple. - Velocidad de producción normal.	- La incapacidad de funcionar a velocidades bajas	-Resulta conveniente el sistema cableado para el sistema mecánico porque no se necesita grandes cadenas de ensamblaje, pero la lógica programada brinda un control rápido y eficiente para cualquier sistema ² .	10
Ponderación			3	2	2	3	

ANEXO A 4: Examen visual.

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>	
<p>EXAMEN VISUAL</p>		
<p>LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN</p>		
		
<p>Observaciones</p> <p>Una vez aplicado el proceso se sellado en las botellas se realizó una revisión detallada en busca de imperfecciones que pudieron haberse generado, pero como se puede observar la tapa no presenta daño significativo sobre su superficie.</p> <p>Regulaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Apertura del regulador de retorno del cilindro 1.5 vueltas• Apertura del regulador de salida del cilindro 2 vueltas• Apertura del regulador de caudal de los actuadores de giro 9 vueltas• Presión de trabajo 90 Psi• Velocidad 324 rpm		

ANEXO A 5: Momentos máximos y mínimos de aplicación.

Tabla 3. Momento mínimo y máximo de aplicación y desenroscado de tapas

Tamaño Nominal (Mm)	Momento (Kg-Cm)	
	Mínimo	Máximo
13	5.7	9.2
15	6.9	10.4
18	8.1	11.5
20	9.2	13.8
22	10.4	16.1
24	11.5	18.4
28	13.8	20.7
30	13.8	23.0
33	17.3	28.8
38	19.6	30.0
43	20.7	31.1
48	21.9	34.5
53	24.2	41.4
58	26.5	46.0
63	28.8	49.5
66	30.0	51.8
70	32.3	57.6

ANEXO A 6: Fuerza de aplicación sobre la tapa para el roscado

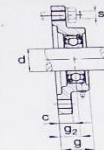
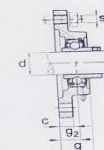
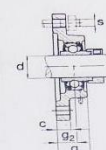
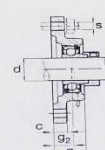
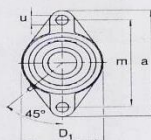
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
FUERZA DE APLICACIÓN PARA EL SELLADO								
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN								
								
<p style="text-align: center;">Observaciones</p> <p>Para obtener un rango de la fuerza que se debe aplicar sobre la tapa una vez posicionada en la botella se realizaron pruebas que consistieron en colocar la botella sobre una balanza electrónica y registrar los datos de los valores que marcaban mientras se roscaba la tapa manualmente dando como resultado un promedio de 2.52 Kg.</p>								
<p style="text-align: center;">Valores de las mediciones realizadas</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"><tr><td>1935</td></tr><tr><td>2215</td></tr><tr><td>2945</td></tr><tr><td>2567</td></tr><tr><td>2935</td></tr><tr><td>2519,4</td></tr></table>			1935	2215	2945	2567	2935	2519,4
1935								
2215								
2945								
2567								
2935								
2519,4								

ANEXO A 7: Soporte brida de fundición gris (Chumacera de pared).

Unidades FAG de rodamientos S

Serie FL162, FL362, FL562, FL762...2RSR

Soporte brida de fundición gris



Eje	Dimensiones										Tornillos de fijación		Denominación abreviada			Peso Unidad de rodamiento S kg	
	d	a	c	D ₁	g	g ₂	m	u	min	max	s	mm	in	Unidad de soporte FAG	Rodamiento con dispositivo de seguridad FAG		Soporte FAG
mm	in	mm															
10	15	98	12	60	27	17	76,5	11	12,5	M10	3/8	FL16203/12	16203/12	FL203	0,48		
	1/2	12,7	98	12	60	27	76,5	11	12,5	M10	3/8	FL16203.008	16203.008	FL203	0,475		
	3/16	14,288	98	12	60	27	76,5	11	12,5	M10	3/8	FL16203.009	16203.009	FL203	0,476		
15	15	98	12	60	27	17	76,5	11	12,5	M10	3/8	FL16203/15	16203/15	FL203	0,47		
	3/8	15,875	98	12	60	27	76,5	11	12,5	M10	3/8	FL16203.010	16203.010	FL203	0,467		
17	17	98	12	60	27	17	76,5	11	12,5	M10	3/8	FL16203	16203	FL203	0,45		
	17	98	12	60	27	17	76,5	11	12,5	M10	3/8	FL76203.2RSR	76203.2RSR	FL203	0,414		
	11/16	17,463	98	12	60	27	76,5	11	12,5	M10	3/8	FL16203.011	16203.011	FL203	0,441		
20	19,05	113	13	61	29,5	19	90	11	12,5	M10	3/8	FL16204.012	16204.012	FL204	0,554		
	19,05	113	13	61	29,5	19	90	11	12,5	M10	3/8	FL36204.012	36204.012	FL204	0,608		
	19,05	113	13	61	29,5	19	90	11	12,5	M10	3/8	FL56204.012	56204.012	FL204	0,562		
	20	113	13	61	29,5	19	90	11	12,5	M10	3/8	FL18204	18204	FL204	0,55		
20	20	113	13	61	29,5	19	90	11	12,5	M10	3/8	FL36204	36204	FL204	0,6		
	20	113	13	61	29,5	19	90	11	12,5	M10	3/8	FL56204	56204	FL204	0,54		
	20	113	13	61	29,5	19	90	11	12,5	M10	3/8	FL76204.2RSR	76204.2RSR	FL204	0,506		
	13/16	20,638	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL16205.013	16205.013	FL205	0,846	
	20,638	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL36205.013	36205.013	FL205	0,913		
20,638	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL56205.013	56205.013	FL205	0,838			
	20,638	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL16205.014	16205.014	FL205	0,837		
	20,638	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL36205.014	36205.014	FL205	0,898		
7/8	22,225	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL56205.014	56205.014	FL205	0,823		
	22,225	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL16205.015	16205.015	FL205	0,828		
	22,225	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL36205.015	36205.015	FL205	0,882		
15/16	23,813	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL56205.015	56205.015	FL205	0,808		
	23,813	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL16205	16205	FL205	0,82		
	23,813	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL36205	36205	FL205	0,87		
25	25	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL56205	56205	FL205	0,79		
	25	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL76205.2RSR	76205.2RSR	FL205	0,728		
	25	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL16205	16205	FL205	0,82		
	25	123	13	70	30	19	99	11,5	12,5	M10	7/16	FL36205	36205	FL205	0,87		

ANEXO A 8: Diámetro de manguera recomendada para el actuador de giro neumático.

Application:
SUMAKE Drills are light weight with sturdy construction, which used in woodworking, metalworking, and construction; for drilling holes in various materials or fastening various materials together with the use of fasteners.

Operation Method:

1. Use clamps or another practical way to secure and support the workpiece to a stable platform.
2. Do not force the tool. Use the correct tool for the application.
3. Do not use the tool if the switch does not tune the tool on or off.
4. Disconnect the tool from the air source before making any adjustments, changing accessories, or storing the tool.
5. Use only accessories that are identified by the manufacturer for the specific tool model.
6. Accessories must be rated for at least the speed of the tool marked on the tool label.
7. ➔ A 3/8" (10mm) air hose is required up to a length of 2.5M. if more length is required a 1/2" (13mm) air hose should be connected to the 3/8" (10mm) hose to ensure the tool had the necessary air supply. Be sure all hoses and fitting are the correct size and tightly secured.
8. Drill bits should be inserted into drill chuck as far as possible.
9. For key chuck drill, use appropriately size chuck key to securely tighten drill bit, tap or reamer in drill chuck.
10. Locate center of new hole by using a center punch. Place drill bit tip in punch mark. Hold drill square with work and start motor. Apply steady, even pressure. Do not force! Too much pressure can cause bit from cutting and cause it to overheat.
11. Reduce pressure just before bit cuts through the work. When bit has penetrated work and is spinning freely, take it from the work while the motor is running, then release throttle.



Common Troubleshooting:

Event	Appearance	Possible Cause	Solution
Not operating	Air is coming from the exhaust valve	Blades broken or worn out	Replace blades
		Ball bearing damaged	Replace ball bearing
		Rusty motor or clogged with objects	Disassemble and repair
Not operating	No air coming from the exhaust valve	Regulator is set at OFF	Adjust regulator
		No air flow	Check air system and connections
		Valve set damaged or broken	Disassemble and repair
Low efficiency	Low revolution rate	Not enough air pressure	Check air pressure
		Forwarder/reverse valve is not set properly	Adjust forwarder/reverse valve
		Not enough lubrication, ball bearing, upper/lower end plate, cylinder, rotor, blade damaged	Lubricate or replace parts
Low efficiency	Torque rate decreases	Gear set broken or blade worn out	Replace gear set or replace blade
		Trigger does not bounce back or does not bounce back correctly	Trigger set has other objects stuck on it or the spring is broken, deformed or rusty
Motor keeps running	Trigger function normally	Trigger O-ring worn out or valve set damaged or broken	Disassemble, repair and replace parts

ANEXO A 9: Características del Actuador de giro.

1/2" Air Reversible Drill ST-4441

Specification:

Free Speed	800 r/min
Drilling Cap	1/2" (13 mm)
Air Consumption	17 CFM (480 L/min)
Overall Length	7" (180 mm)
Air Inlet (PT)	1/4" (6.35 mm)
Air Hose (I.D.)	3/8" (10 mm)
Air Pressure	90 psi (6.3 bar)
Net Weight	2.0 lbs (0.9 kg)

Noise and Vibration:

Vibration EN ISO 28927-5	Noise EN ISO 15744	Remark
Load: 3.462 m/s ²	Sound Pressure Level No load: 94.2 dB(A)	Please always wear ear protector at environment noise level > 80 dB(A) due to risk of impaired hearing!
Uncertainty K= 1.5 m/s ²	Sound power level No load: 105.2 dB(A)	
	Uncertainty K= 3dB	

SUMAKE INDUSTRIAL CO., LTD
 4F, NO.351, Yangguang St., Neihu District TAIPEI, TAIWAN, ZIP:114-91 ST-4441-S-1304E-PZF

ANEXO A 10: Características del actuador neumático de doble accionamiento.

RELATED CALCULATION INFORMATION

CHELIC PNEUMATIC

Theoretic force and various pressure conversion table

■ The calculation method of cylinder force.

$$F = P \times A - f$$

F : Cylinder force (kgf)

P : Operating pressure (kgf/cm²)

A : Piston area (cm²)

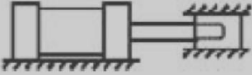
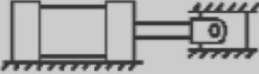


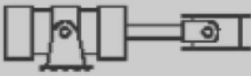

f : Frictional force (kgf)

■ Cylinder theoretic force

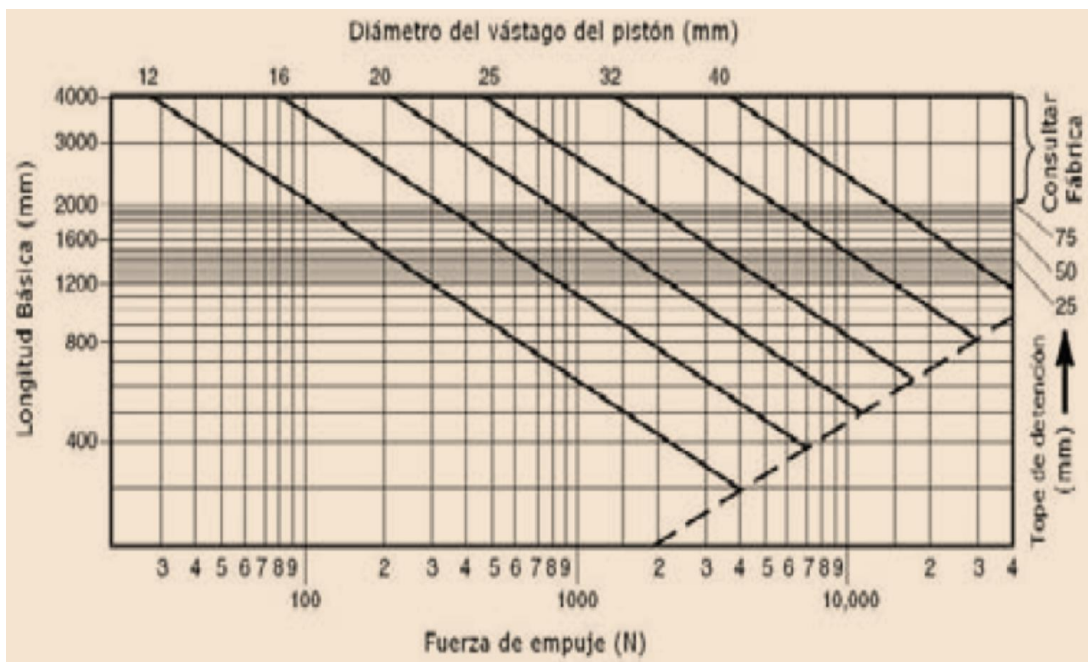
		10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Bore size (mm)		10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Rod size(mm)		6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	
Piston area (cm ²)	A1	0.8	1.1	2.0	3.1	4.9	8.0	12.5	19.6	31.2	50.2	78.5
	A2	0.3	0.9	1.7	2.6	4.1	6.9	10.6	16.5	28.0	45.3	73.6
1	A1	0.8	1.1	2.0	3.1	4.9	8.0	12.6	19.6	31.2	50.2	78.5
	A2	0.3	0.9	1.7	2.6	4.1	6.9	10.6	16.5	28.0	45.3	73.6
2	A1	1.6	2.3	4.0	6.3	9.8	16.1	25.1	39.3	62.3	100.5	157.0
	A2	0.6	1.7	3.5	5.3	8.2	13.8	21.1	33.0	56.0	90.7	147.2
3	A1	2.4	3.4	6.0	9.4	14.7	24.1	37.7	58.9	93.5	150.7	235.5
	A2	1.0	2.5	5.2	7.9	12.4	20.7	31.7	49.5	84.0	136.0	220.8
4	A1	3.2	4.5	8.0	12.6	19.6	32.2	50.2	78.5	124.6	201.0	314.0
	A2	1.3	3.4	6.9	10.6	16.5	27.6	42.2	65.9	112.1	181.3	294.4
5	A1	4.0	5.7	10.1	15.7	24.5	40.2	62.8	98.1	155.8	251.2	392.5
	A2	1.6	4.2	8.7	13.2	20.6	34.5	52.8	82.4	140.1	226.7	368.0
6	A1	4.7	6.8	12.1	18.9	29.4	48.2	75.4	117.8	186.9	301.4	471.0
	A2	2.0	5.1	10.4	15.8	24.7	41.5	63.3	98.9	168.1	272.0	441.6
7	A1	5.5	7.9	14.1	22.0	34.3	56.3	87.9	137.4	218.1	351.7	549.5
	A2	2.2	5.9	12.1	18.5	28.9	48.4	73.9	115.4	196.1	317.3	515.2
8	A1	6.3	9.0	16.1	25.1	39.3	64.3	100.5	157.0	249.3	401.9	628.0
	A2	2.6	6.8	13.8	21.1	33.0	55.3	84.4	131.9	224.1	362.7	588.8
9	A1	7.1	10.2	18.1	28.3	44.2	72.3	113.0	176.6	280.4	452.2	706.5
	A2	2.9	7.6	15.5	23.8	37.1	62.2	95.0	148.4	252.1	408.0	662.4

Note: The above data are for reference only. When come to actual practice, frictional force and the mechanical efficiency have to be taken into consideration.

ANEXO A 11: Factor de montaje.

Tipos de montaje	Conexión del extremo del vástago	Tipo de conexión	Factor de pandeo
Grupos 1 o 3 - Los cilindros de gran longitud de carrera deben montarse usando en un extremo una base rígida y alineada para soportar la fuerza principal y en el extremo opuesto un soporte parecido. Se aconseja un soporte intermedio para el caso de carreras muy largas	Fijo y guiado rígido	I 	0,5
	Pivote y guiado rígido	II 	0,7
	Soporte sin guiado rígido	III 	2
Grupo 2	Pivote y guiado rígido	IV 	1
	Pivote y guiado rígido	V 	1,5
	Pivote y guiado rígido	VI 	2

ANEXO A 12: Gráfico de diámetro del vástago.



ANEXO A 13: Controlador lógico programable

CPM2C CPU units

Compact PLC



The versatile slim-line controller

An extensive range of models ensures efficient machine control in an ultra-compact package. CPU units are available with relay or transistor output, terminal block or various connector options, and an optional real-time clock function. Select the output type, number of I/O points and other specifications to meet your needs. Expansion I/O units with 8 to 32 I/O points make it possible to configure a control system with a maximum of 192 I/O points.

- Space-saving slim outline, high-density I/O
- 10-32 I/O points per CPU, transistor or relay outputs
- 20 kHz counter input, two 10 kHz pulse outputs integrated
- Two communication ports built-in, freely accessible
- Digital, analogue, and fieldbus expansion units

PLC

Ordering information

Input points	Output points	Program capacity	Data memory capacity	Logic execution speed	Size in mm (HxWxD)	I/O Connectors	Output method	Built-in functions	Real time clock	Order code
6 points	4 points	4K words	2K words	0.64 µs	90x33x65	2 Terminal blocks	Relay	1 Encoder input (20 kHz)	-	CPM2C-10C0R-D
								Yes	CPM2C-10C10R-D	
						2 Fujitsu (24 pt)	Transistor (source type)	1 Encoder input (20 kHz) 2 Pulse output (10 kHz)	-	CPM2C-10C0T1C-D
		Yes	CPM2C-10C10T1C-D							
		2 MIL (20 pt)	Transistor (source type)	1 Encoder input (20 kHz) 2 Pulse output (10 kHz)	-	CPM2C-10C0T1M-D		Yes	CPM2C-10C10T1M-D	
12 points	8 points	4K words	2K words	0.64 µs	90x33x65	2 Terminal blocks	Relay	1 Encoder input (20 kHz)	-	CPM2C-20C0R-D
								Yes	CPM2C-20C10R-D	
						2 Fujitsu (24 pt)	Transistor (source type)	1 Encoder input (20 kHz) 2 Pulse output (10 kHz)	-	CPM2C-20C0T1C-D
		Yes	CPM2C-20C10T1C-D							
		2 MIL (20 pt)	Transistor (source type)	1 Encoder input (20 kHz) 2 Pulse output (10 kHz)	-	CPM2C-20C0T1M-D		Yes	CPM2C-20C10T1M-D	
16 points	16 points	4K words	2K words	0.64 µs	90x33x65	2 Fujitsu (24 pt)	Transistor (source type)	1 Encoder input (20 kHz) 2 Pulse output (10 kHz)	-	CPM2C-32C0T1C-D
								-	CPM2C-32C0T1M-D	
		2 MIL (20 pt)	Transistor (source type)	1 Encoder input (20 kHz) 2 Pulse output (10 kHz)	-	CPM2C-32C0T1M-D		-	CPM2C-32C0T1M-D	
6 points	4 points	4K words	2K words	0.64 µs	90x40x65	1 Fujitsu (24 pt)	Transistor (source type)	1 Encoder input (20 kHz) 2 Pulse output (10 kHz) Programmable Slave with DeviceNet slave and CompoBus/S Master	Yes	CPM2C-S110C-DRT
6 points	4 points	4K words	2K words	0.64 µs	90x40x65	1 Fujitsu (24 pt)	Transistor (source type)	1 Encoder input (20 kHz) 2 Pulse output (10 kHz) CompoBus/S Master	Yes	CPM2C-S110C

Note: All CPU's are available only with DC supply voltage (CPM2C-PA201 can be used as power supply).

CPUs with sourcing transistor outputs are also available with sinking transistor outputs.

MIL - connector according to MIL-C-83503 (compatible with DIN 41551/IEC 60625-1).

ANEXO A 14. Cotización de componentes mecánicos.

MERCURIO ELECTRICIDAD
 CALLE GUAYAQUIL 2-32 Y ANTONIA VELA
 032813264 RUC: 0500738430001

COTIZACIÓN

0000153081

Cliente: Sr(s). LUIS CHICAIZA
CI/RUC:
Emisión: 13/04/2015
Entrega:
Forma de pago: EF


Descripción	Cant.	Und.	V. Unt.	V. Total
MOTOR M2QA 80 M48 1HP/0.75KW 1637RPM				
30QAD02302-ASA	1.00	UND	157.000	141.300
VARIADOR ACS55-01N-04A3-2 1HP/0.75KW				
66878435	1.00	UND	206.000	185.400
ACCESORIO ACS50-POT PONTECIONMETRO				
66226716	1.00	UND	189.000	170.100
DESCUENTO:				55.20
SUBTOTAL 12%				496.80
SUBTOTAL 0 %				0.00
I.V.A.				59.62
TOTAL A PAGAR:				556.42

ANEXO A 15: Especificaciones técnicas del sensor magnético

Specification			
Type	TD-11N	TD-11P	TD-11
Wiring system	Three wire type		Two wire type
Sensor type	NPN Current sinking	PNP Current sourcing	Reed Switch
Operating voltage	DC 5~30V		DC/AC 5~120V
Switching current	200mA. max.		50mA. max.
Switching rating	5W max.		
Current consumption	20mA @24V max. (Switch Active)		-
Internal voltage drop	0.5V@200mA. max.		2.5V max.
Leakage current	0.01mA max.		
Indicator lamp	Red LED	Green LED	Red LED
Cable	ø2.8, 3C, Black PU		ø2.8, 2C, Grey PU
Temperature range	-10°C~70°C		
Shock	50G		30G
Vibration	9G		
Enclosure classification	IEC529 IP67		
Protection circuit	Power source reverse polarity; Surge Suppression		None

ANEXO A 16: Propiedades mecánicas del acero AISI 304

BÖHLER A 604



Tipo de aleación: C 0.05 max. Si 0.60 Mn 1.40 Cr 19.00 Ni 10.0 %

Color de identificación: Azul
Estado de suministro: Apegado
Acabado: Pulido H9

AISI: 304
 DIN: X6CrNi18.9
 Pr. Nat. 1.4301

PROPIEDADES:

Acero inoxidable austenítico al cromo - níquel con bajo contenido de carbono. Resistente a la corrosión intercris- talina hasta 300 °C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas si se emplea con la superficie pulida espejo. Muy apropiado para embutir. Fácil mecanizado.

EMPLEO:

En las industrias al mentadas tales como la cervecera, lechera, azucarera, cámaronera, donde los normas exigen el uso de acero inoxidable. Fábricas de jabones, ceras y grasas comestibles. Utensilios domésticos y de hotele- ría. Industria farmacéutica.

TRATAMIENTO TÉRMICO:

Fajado:	1040 - 1100 °C
Apegar al agua, espesor > 2 mm y gto:	1040 - 1100 °C

Los aceros austeníticos son susceptibles a endurecer durante el maquinado y presentar magnetismo. Por ello, los herramientas deberán estar perfectamente afiladas y firmemente sujetas. La profundidad de corte no debe ser muy pequeña.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Producto	Dimensiones mm	Límite de fluencia N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ²
Canales	2 - 100	220	620
	> 100 ≤ 200	220	

ANEXO A 17: Factores radiales y axiales de los rodamientos rígidos de bolas.

▼ Factores radiales y axiales de los rodamientos rígidos de bolas

$\frac{f_0 \cdot F_a}{C_0}$	Juego normal de rodamiento				Juego de rodamiento C3				Juego de rodamiento C4						
	e		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		e		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$				
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y			
0,3	0,22	1	0	0,56	2	0,32	1	0	0,46	1,7	0,4	1	0	0,44	1,4
0,5	0,24	1	0	0,56	1,8	0,35	1	0	0,46	1,56	0,43	1	0	0,44	1,31
0,9	0,28	1	0	0,56	1,58	0,39	1	0	0,46	1,41	0,45	1	0	0,44	1,23
1,6	0,32	1	0	0,56	1,4	0,43	1	0	0,46	1,27	0,48	1	0	0,44	1,16
3	0,36	1	0	0,56	1,2	0,48	1	0	0,46	1,14	0,52	1	0	0,44	1,08
6	0,43	1	0	0,56	1	0,54	1	0	0,46	1	0,56	1	0	0,44	1

ANEXO A 18: Factor para rodamientos rígidos de bolas indicado.

Número característico del agujero	Factor f_0								
	Serie de rodamientos 618	160	161	60	62	622	63	623	64
3					12,9				
4					12,2				
5					13,2			13,2	
6					13			13	
7				13	12,4				
8				12,4	13				
9				13	12,4				
00			12,4	12,4	12,1	12,1	11,3		
01			13	13	12,3	12,2	11,1		
02		13,9		13,9	13,1	13,1	12,1	12,1	
03		14,3		14,3	13,1	13,1	12,3	12,2	12,4
04		14,9		13,9	13,1	13,1	12,4	12,1	11
05		15,4		14,5	13,8	13,8	12,4	12,4	12,1
06		15,2		14,8	13,8	13,8	13	13	12,2
07		15,6		14,8	13,8	13,8	13,1	13,1	12,1
08		16		15,3	14	14	13	13	12,2
09		15,9		15,4	14,3	14,1	13	13	12,1
10		16,1		15,6	14,3	14,3	13	13	13,1
11		16,1		15,4	14,3		12,9		13,2
12		16,3		15,5	14,3		13,1		13,2
13		16,4		15,7	14,3		13,2		12,3
14		16,2		15,5	14,4		13,2		12,1
15		16,4		15,7	14,7		13,2		12,2
16		16,4		15,6	14,6		13,2		12,3
17		16,4		15,7	14,7		13,1		12,3
18		16,3		15,6	14,5		13,9		12,2
19		16,5		15,7	14,4		13,9		
20		16,5		15,9	14,4		13,8		
21		16,3		15,8	14,3		13,8		
22		16,3		15,6	14,3		13,8		

ANEXO A 19: Valores de orientación para f_L y valores usuales de cálculo.

Máquina-herramienta		
Husillos de tornos y fresadoras	3 ... 4,5	Fuerza de corte, par motor, precarga peso de la pieza a mecanizar; velocidad de servicio
Husillos de taladradoras	3 ... 4	
Husillos de rectificadoras	2,5 ... 3,5	
Husillos porta-piezas en rectificadora	3,5 ... 5	
Transmisiones de máquina-herramienta	3 ... 4	Potencia nominal; velocidad nominal
Prensas / volante	3,5 ... 4	Peso de volante; velocidad nominal
Prensas / eje excéntrico	3 ... 3,5	Fuerza de prensado, tiempos alcuotos; velocidad nominal
Herramientas eléctricas y	2 ... 3	Fuerza de corte y accionamiento; velocidad nominal

ANEXO A 20: Valores f_n para rodamientos de bolas.

▼ Valores f_n para rodamientos de bolas

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{V}{n}}{n}}$$

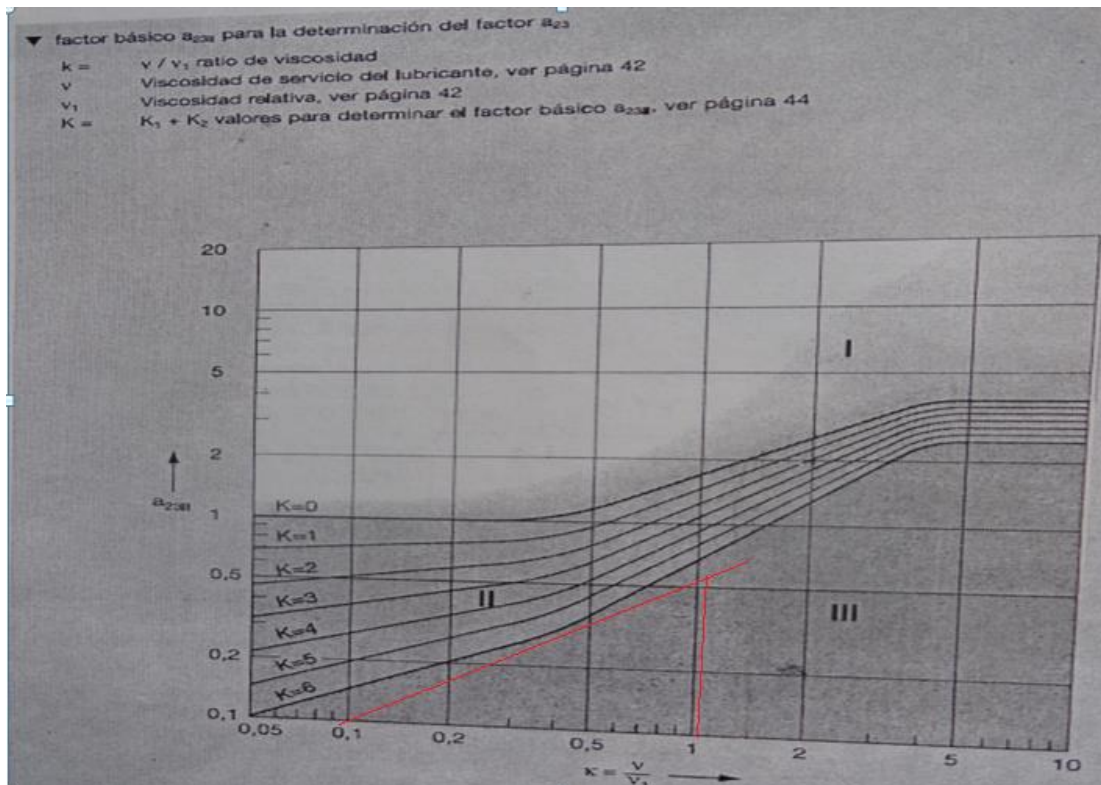
n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n
min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹	
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3200	0,218	17000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3400	0,214	18000	0,123
20	1,19	110	0,672	600	0,382	3600	0,21	19000	0,121
22	1,15	120	0,652	650	0,372	3800	0,206	20000	0,119
24	1,12	130	0,635	700	0,362	4000	0,203	22000	0,115
26	1,09	140	0,62	750	0,354	4200	0,199	24000	0,112
28	1,06	150	0,606	800	0,347	4400	0,196	26000	0,109

ANEXO A 21: Factor de probabilidad de fallo

▼ Factor a_1

Probabilidad de fallo %	10	5	4	3	2	1
Vida a fatiga	L_{10}	L_5	L_4	L_3	L_2	L_1
Factor a_1	1	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21

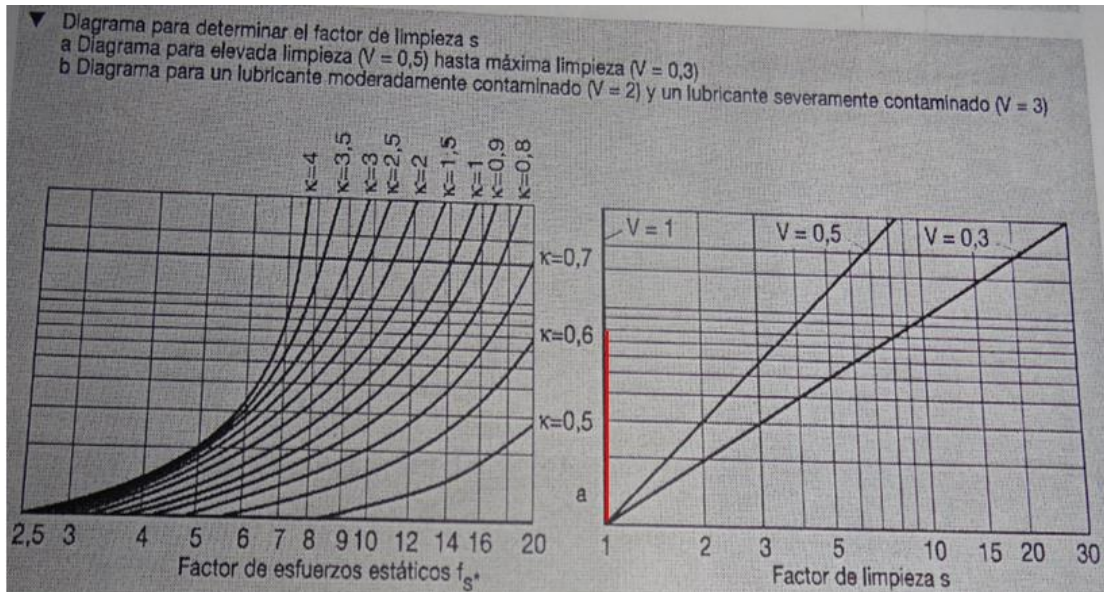
ANEXO A 22. Factor básico a_{23II} para la determinación del factor a_{23}



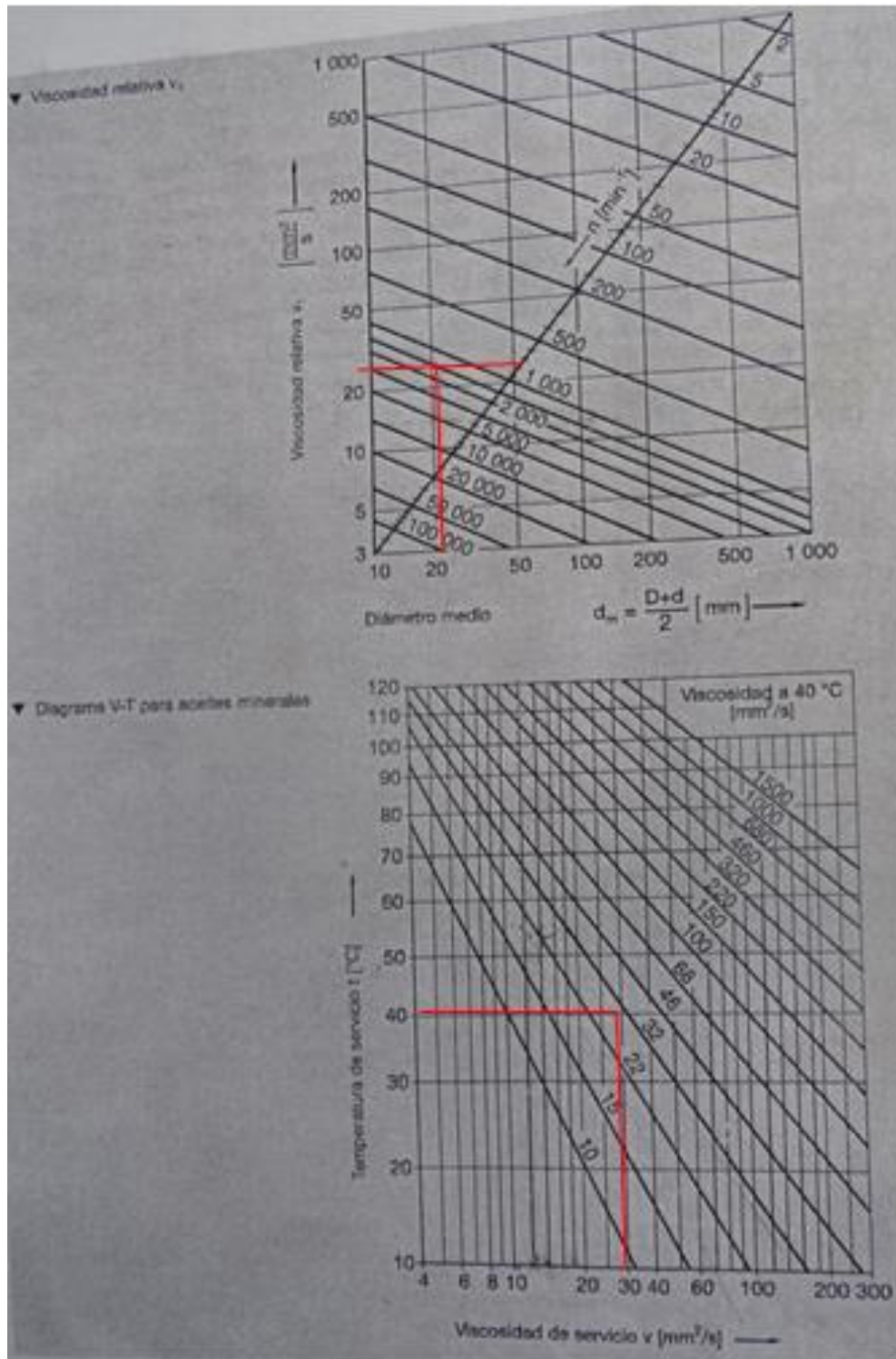
ANEXO A 23: Rodamiento rígido de bolas

Eje	Dimensiones							Peso m kg	Capacidad de carga		Velocidad límite n min ⁻¹	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG	Medidas auxiliares		
	d	D	B	r_a mm	H mm	H ₂ mm	J mm		d _{yn} C	stat. C ₀				D ₁ mm	D ₂ max	f _g max
	mm								N							
10	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,019	4,55	1,96	34000	32000	6000	12	24	0,3
	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,019	4,55	1,96	34000	32000	S6000.W203B	12	24	0,3
	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,02	4,55	1,96	28000	32000	6000.2ZR	12	24	0,3
	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,02	4,55	1,96	19000		6000.2RSR	12	24	0,3
	10	26	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,02	4,55	1,96	19000		S6000.2RSR.W203B	12	24	0,3
	10	28	8	0,3	21,4	22,5	14,7	0,024	4,55	1,96	34000		16100	12	28	0,3
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,031	6	2,6	32000	28000	6200	14,2	25,8	0,6
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,031	6	2,6	32000	28000	S6200.W203B	14,2	25,8	0,6
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,032	6	2,6	26000	28000	6200.2ZR	14,2	25,8	0,6
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,032	6	2,6	17000		6200.2RSR	14,2	25,8	0,6
	10	30	9	0,6	24	25	16,6	0,034	6	2,6	17000		S6200.2RSR.W203B	14,2	25,8	0,6
	10	30	14	0,6	23,9	24,3	16,6	0,048	6	2,6	17000		62200.2RSR	14,2	25,8	0,6
10	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,055	8,15	3,45	50000	26000	6300	14,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,056	8,15	3,45	50000	26000	S6300.W203B	14,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,057	8,15	3,45	22000	26000	6300.2ZR	14,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,057	8,15	3,45	15000		6300.2RSR	14,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,058	8,15	3,45	15000		S6300.2RSR.W203B	14,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	27	28,6	18,1	0,058	8,15	3,45	15000			14,2	30,8	0,6	
12	12	28	8	0,3	23,6	24,4	16,6	0,02	5,1	2,36	32000	28000	6001	14	28	0,3
	12	28	8	0,3	23,6	24,4	16,6	0,021	5,1	2,36	32000	28000	S6001.W203B	14	28	0,3
	12	28	8	0,3	23,6	24,4	16,6	0,02	5,1	2,36	26000	28000	6001.2ZR	14	28	0,3
	12	28	8	0,3	23,6	24,4	16,6	0,022	5,1	2,36	18000		6001.2RSR	14	28	0,3
	12	28	8	0,3	23,6	24,4	16,6	0,023	5,1	2,36	18000		S6001.2RSR.W203B	14	28	0,3
	12	30	8	0,3	23,6	24,4	16,6	0,026	5,1	2,36	32000		16101	14	28	0,3
	12	30	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,037	6,95	3,1	32000	26000	6201	16,2	27,8	0,6
	12	30	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,038	6,95	3,1	32000	26000	S6201.W203B	16,2	27,8	0,6
	12	30	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,039	6,95	3,1	24000	26000	6201.2ZR	16,2	27,8	0,6
	12	30	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,039	6,95	3,1	16000		6201.2RSR	16,2	27,8	0,6
	12	30	10	0,6	25,8	27,4	18,3	0,04	6,95	3,1	16000		S6201.2RSR.W203B	16,2	27,8	0,6
	12	32	14	0,6	26,8	27,4	18,3	0,052	6,95	3,1	16000		62201.2RSR	16,2	27,8	0,6
12	37	18	1	29,6	31,4	19,5	0,060	8,65	4,15	53000	24000	6301	17,8	31,4	1	
12	37	18	1	29,6	31,4	19,5	0,060	8,65	4,15	53000	24000	S6301.W203B	17,8	31,4	1	
12	37	18	1	29,6	31,4	19,5	0,062	8,65	4,15	36000	24000	6301.2ZR	17,8	31,4	1	

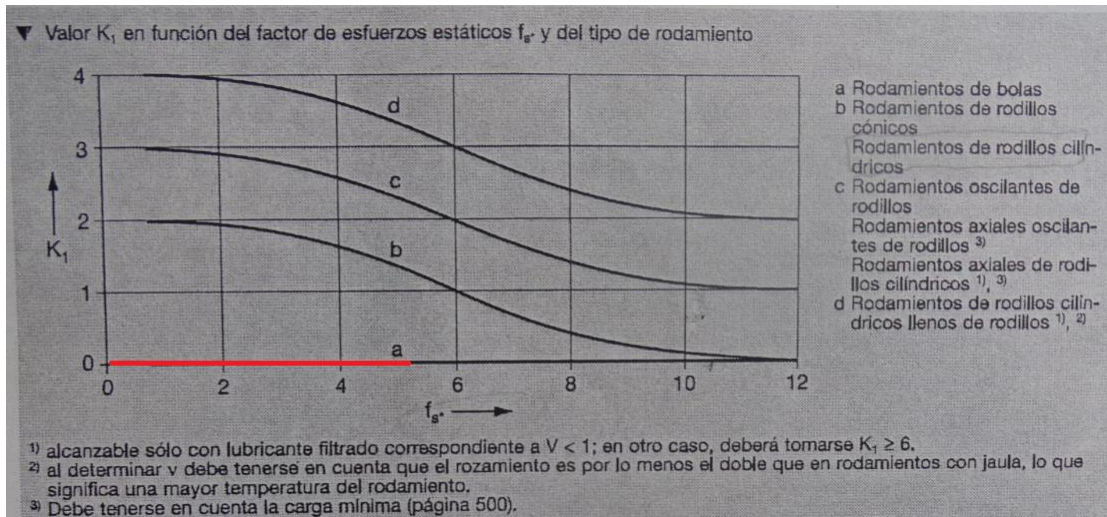
ANEXO A 24: Diagrama para determinar el factor de limpieza



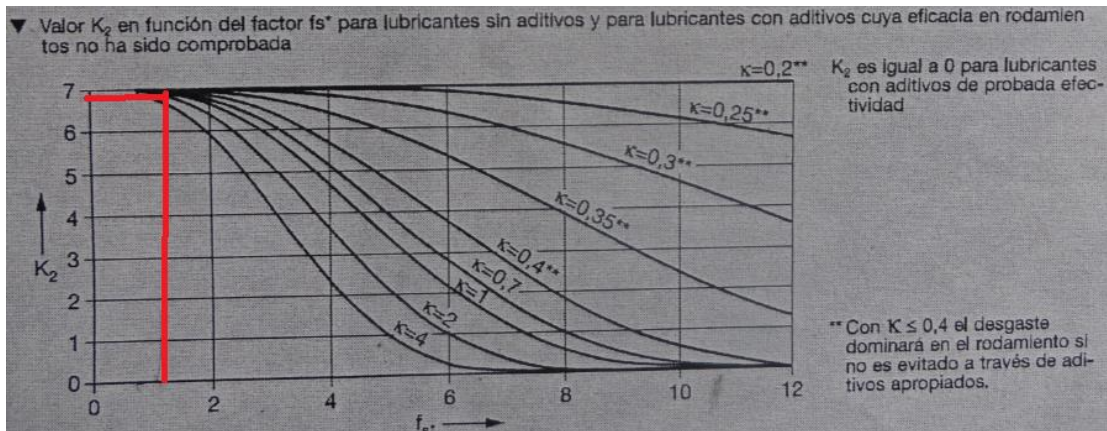
ANEXO A 25: Viscosidad relativa y diagrama V-T para aceites minerales.



ANEXO A 26: Valor de K_1 en función del factor de esfuerzos estáticos f_s y el tipo de rodamiento.



ANEXO A 27: Diagrama de valoración de K_2 .



ANEXO A 28: Tubo estructural inoxidable

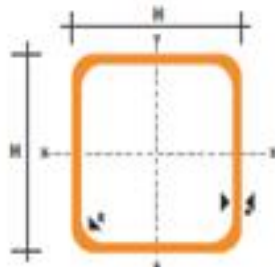
TUBO CUADRADO EN ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales

Norma	ASTM 304
Largo normal	6mts
Otros largos	Previa consulta
Dimensiones	Desde 1/2" a 2"
Espesor	Desde 0.6 a 2.0 mm



Pulg.	DIMENSIONES		PESO Kg/m	AREA			
	H	e		EJES X-X E Y-Y			
	mm	mm		A	I	W	I
			cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	
1/2	12	0.60	1.32	0.27	0.06	0.10	0.47
		0.75	1.86	0.32	0.07	0.12	0.47
5/8	15	0.95	2.28	0.40	0.08	0.13	0.45
		0.60	1.74	0.35	0.12	0.16	0.59
		0.75	2.16	0.41	0.14	0.19	0.58
3/4	20	0.95	2.70	0.51	0.16	0.21	0.56
		0.60	2.22	0.47	0.29	0.29	0.79
		0.75	2.88	0.56	0.34	0.34	0.78
		1.10	4.20	0.80	0.47	0.47	0.77
1	25	1.50	5.64	1.05	0.58	0.58	0.74
		0.75	3.60	0.71	0.89	0.55	0.99
		0.95	4.50	0.89	0.84	0.67	0.97
		1.10	5.22	1.02	0.95	0.76	0.97
1 1/4	30	1.50	7.08	1.35	1.21	0.97	0.95
		0.95	5.40	1.08	1.50	1.00	1.18
		1.10	6.24	1.24	1.70	1.13	1.17
1 1/2	40	1.50	8.46	1.65	2.19	1.47	1.15
		0.95	7.20	1.46	3.68	1.84	1.59
		1.10	4.34	1.68	4.20	2.10	1.58
2	50	1.50	11.28	2.25	5.48	2.74	1.56
		1.50	14.04	2.85	11.00	4.42	1.97



NOMENCLATURA	
A=	Area de la sección transversal del tubo, cm ²
I=	Momento de inercia de la sección, cm ⁴
W=	Módulo resistente de la sección, cm ³
i=	Radio de giro de la sección, cm

ANEXO A 29: Propiedades mecánicas del nylon 6 (Duralon)

TABLA 10.3 (continuación). (f) Poliamidas.

Polímero representativo:	Nylon 6,6 [(CH ₂) ₆ (CONH) ₂ (CH ₂) ₄] _n
Símbolo:	PA-6,6
Método de polimerización:	Por pasos (condensación)
Grado de cristalinidad:	Altamente cristalino
Módulo de elasticidad:	100,000 lb/pulg ² (700 MPa)
Resistencia a la tensión:	10,000 lb/pulg ² (70 MPa)
Elongación:	300%
Gravedad específica:	1.14
Temperatura de transición vítrea:	122 °F (50 °C)
Temperatura de fusión:	500 °F (260 °C)
Participación aproximada en el mercado:	1% para todas las poliamidas.

Polyamide - Nylon 6

PA 6

Common Brand Names : Akulon K and F, Capron, Maranyl B, Nylacast, Orgamid, Ultramid B

See also General Information under Nylon 6,6.

General Description : A semi-crystalline, white engineering thermoplastic very similar to nylon 6,6 with which it is in many respects interchangeable. Its melt viscosity is not quite as low as 6,6 so it is generally slightly easier to process and often preferred for moulding. Relative to 6,6 it has somewhat higher impact strength but somewhat lower strength and stiffness and higher water absorption (the highest of all nylons).

It can be monomer cast, commonly called just cast - ie, polymerised in a mould direct to a semi-fabricated shape. This allows the production of thick sections without voiding and gives a product with a slightly different balance of properties - a little stronger and stiffer, slightly reduced extensibility and impact strength.

Its applications are similar to those of nylon 6,6.

Physical Properties

Density	1.13 g cm ⁻³
Flammability	HB
Limiting oxygen index	25 %
Radiation resistance	Fair
Refractive index	1.53
Resistance to Ultra-violet	Poor
Water absorption - equilibrium	> 8 %
Water absorption - over 24 hours	2.7 %

Mechanical Properties

Abrasive resistance - ASTM D1044	5 ml/1000 cycles
Coefficient of friction	0.2-0.3
Hardness - Rockwell	M82
Izod impact strength	30-250 J m ⁻¹
Poisson's ratio	0.39
Tensile modulus	2.0-3.0 GPa
Tensile strength	78 MPa

ANEXO A 30: Tabla de Ajustes

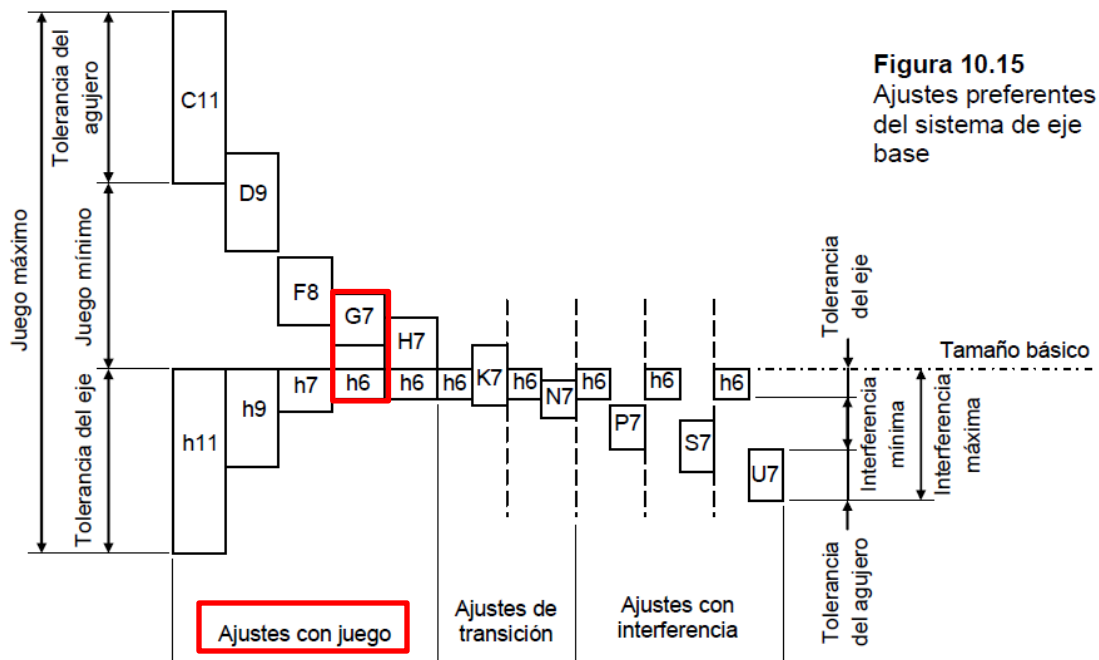
Tabla 10.2 Descripción y aplicaciones de los ajustes preferentes.

SÍMBOLO ISO		DESCRIPCIÓN**	APLICACIONES
Agujero base	Eje base		
H11/c11	C11/h11	Movimiento grande, amplio: ajuste para tolerancias comerciales amplias o para elementos exteriores.	Cojinetes en maquinaria agrícola y doméstica, equipos de minería, topes, pasadores.
H9/d9	D9/h9	Movimiento libre: no debe emplearse cuando la precisión sea algo esencial. Es adecuado para grandes variaciones de temperatura, velocidades de giro elevadas, o presiones elevadas en la pieza macho.	Cojinetes giratorios donde la velocidad de giro es mayor o igual a 600 R.P.M., soportes de ejes en grúas, carretillas, transmisiones y maquinaria agrícola.
H8/f7	F8/h7	Movimiento limitado: para máquinas de precisión y para posicionamiento preciso en caso de velocidades moderadas y presión en la pieza macho.	Montajes deslizantes donde la velocidad es menor de 600 r/min, construcción de máquinas herramientas de precisión, partes de automotores.
H7/g6	G7/h6	Ajuste deslizante: cuando no se pretende que las piezas se muevan libremente, una respecto a la otra, pero pueden girar entre sí y colocarse con precisión.	Collares de retención, émbolos de frenos de aceite, acoplamientos de platillos desembragables, bridas de centrar para tuberías y válvulas.
H7/h6	H7/h6	Posicionamiento con juego: proporciona cierto apriete. Es adecuado para posicionar piezas estacionarias, pero pueden montarse y desmontarse fácilmente.	Engranajes de cambios de velocidades, ejes de contrapunto, mangos de volantes de mano, columnas guía de taladros radiales, brazo superior de fresadoras.
H7/k6	K7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: posicionamiento de precisión, es un compromiso entre el juego y la interferencia.	Engranajes en husillos, poleas fijas y volantes en ejes, discos de excéntrica, manivelas para pequeños esfuerzos.
H7/h6	N7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: posicionamiento más preciso en el que se requiere y admite una interferencia mayor.	Casquillos de bronce, collares calados sobre ejes, piñones en ejes motores, inducidos en dinamos.
H7/p6*	P7/h6	Posicionamiento con interferencia: para piezas que requieran rigidez y alineación muy precisas pero sin requisitos especiales de presión en el agujero.	
H7/s6	S7/h6	Sin movimiento o fijo: para piezas de acero normales o ajustes forzados en secciones pequeñas. Es el ajuste más apretado admisible en piezas de fundición.	Casquillos de bronce en cajas, cubos de ruedas y bielas, coronas de bronce en ruedas helicoidales y engranajes, acoplamientos en extremos de ejes.
H7/u6	U7/h6	Forzado: para piezas que van a funcionar muy cargadas, para ajustes forzados en los que las fuerzas de apriete requeridas no son factibles en la práctica.	

* Ajuste de transición para tamaños básicos comprendidos entre 0 y 3 mm.

** Tomada de Mitutoyo, Márgenes y Tolerancias. Impreso por Equipos y Controles Industriales (eci), Bogotá D.C..

ANEXO A 31: Ajustes preferentes de eje Base



ANEXO A 32: Tolerancia fundamental

Tabla 10.1 Tolerancias fundamentales en micrómetros (μm) (tolerancias ISO, menos de 500 mm) (tomada de Jiménez^[8], página 29).

Grupos de dimensiones en mm	Calidad																		
	Mayor de	Hasta	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250*	400*	600*
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

* Hasta 1 mm las calidades 14 a 16 no están previstas.

ANEXO A 33: Desviación para el agujero

Tabla 10.4 Desviaciones fundamentales en milímetros (mm) para zonas de tolerancia de agujeros (tomada de Jiménez^[6]). Los intervalos de tamaños básicos son sobre el límite inferior e incluyendo el límite superior.

Tamaños básicos (mm)	Desviación fundamental (mm)									
	Desviación inferior					Desviación superior				
	C	D	F	G	H	K [*]	N [*]	P ^{**}	S ^{**}	U ^{**}
0-3	+0.060	+0.020	+0.006	+0.002	0	0	-0.004	-0.006	-0.014	-0.018
3-6	+0.070	+0.030	+0.010	+0.004	0	-0.001+ δ	-0.008+ δ	-0.012	-0.019	-0.023
6-10	+0.080	+0.040	+0.013	+0.005	0	-0.001+ δ	-0.010+ δ	-0.015	-0.023	-0.028
10-14	+0.095	+0.050	+0.016	+0.006	0	-0.001+ δ	-0.012+ δ	-0.018	-0.028	-0.033
14-18	+0.095	+0.050	+0.016	+0.006	0	-0.001+ δ	-0.012+ δ	-0.018	-0.028	-0.033
18-24	+0.110	+0.065	+0.020	+0.007	0	-0.002+ δ	-0.015+ δ	-0.022	-0.035	-0.041
24-30	+0.110	+0.065	+0.020	+0.007	0	-0.002+ δ	-0.015+ δ	-0.022	-0.035	-0.048
30-40	+0.120	+0.080	+0.025	+0.009	0	-0.002+ δ	-0.017+ δ	-0.026	-0.043	-0.060
40-50	+0.130	+0.080	+0.025	+0.009	0	-0.002+ δ	-0.017+ δ	-0.026	-0.043	-0.070
50-65	+0.140	+0.100	+0.030	+0.010	0	-0.002+ δ	-0.020+ δ	-0.032	-0.053	-0.087
65-80	+0.150	+0.100	+0.030	+0.010	0	-0.002+ δ	-0.020+ δ	-0.032	-0.059	-0.102
80-100	+0.170	+0.120	+0.036	+0.012	0	-0.003+ δ	-0.023+ δ	-0.037	-0.071	-0.124
100-120	+0.180	+0.120	+0.036	+0.012	0	-0.003+ δ	-0.023+ δ	-0.037	-0.079	-0.144
120-140	+0.200	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.092	-0.170
140-160	+0.210	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.100	-0.190
160-180	+0.230	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.108	-0.210
180-200	+0.240	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.122	-0.236
200-225	+0.260	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.130	-0.258
225-250	+0.280	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.140	-0.284
250-280	+0.300	+0.190	+0.056	+0.017	0	-0.004+ δ	-0.034+ δ	-0.056	-0.158	-0.315
280-315	+0.330	+0.190	+0.056	+0.017	0	-0.004+ δ	-0.034+ δ	-0.056	-0.170	-0.350
315-355	+0.360	+0.210	+0.062	+0.018	0	-0.004+ δ	-0.037+ δ	-0.062	-0.190	-0.390
355-400	+0.400	+0.210	+0.062	+0.018	0	-0.004+ δ	-0.037+ δ	-0.062	-0.208	-0.435
400-450	+0.440	+0.230	+0.068	+0.020	0	-0.005+ δ	-0.040+ δ	-0.068	-0.232	-0.490
450-500	+0.480	+0.230	+0.068	+0.020	0	-0.005+ δ	-0.040+ δ	-0.068	-0.252	-0.540

* Sólo para calidades IT01 a IT8, excepto el valor para 0-3 mm que es válido para cualquier calidad. Para la posición N tomar cero para calidades IT9 a IT16, excepto para 0-3 mm que debe tomarse -0.004

** Sólo para calidades IT8 a IT16

Nota: $\delta = IT_n - IT_{n-1}$ (diferencia entre la tolerancia de la calidad considerada y de la calidad inmediata más fina)

ANEXO A 34: Desviaciones para ejes

Tabla 10.3 Desviaciones fundamentales en milímetros (mm) para zonas de tolerancia de ejes (tomada de Jiménez^[8]). Los intervalos de tamaños básicos son sobre el límite inferior e incluyendo el límite superior.

Tamaños básicos (mm)	Desviación fundamental (mm)									
	Desviación superior					Desviación inferior				
	c	d	f	g	h	k	n	p	s	u
0-3	-0.060	-0.020	-0.0006	-0.002	0	0	+0.004	+0.006	+0.014	+0.018
3-6	-0.070	-0.030	-0.010	-0.004	0	+0.001	+0.008	+0.012	+0.019	+0.023
6-10	-0.080	-0.040	-0.013	-0.005	0	+0.001	+0.010	+0.015	+0.023	+0.028
10-14	-0.095	-0.050	-0.016	-0.006	0	+0.001	+0.012	+0.018	+0.028	+0.033
14-18	-0.095	-0.050	-0.016	-0.006	0	+0.001	+0.012	+0.018	+0.028	+0.033
18-24	-0.110	-0.065	-0.020	-0.007	0	+0.002	+0.015	+0.022	+0.035	+0.041
24-30	-0.110	-0.065	-0.020	-0.007	0	+0.002	+0.015	+0.022	+0.035	+0.048
30-40	-0.120	-0.080	-0.025	-0.009	0	+0.002	+0.017	+0.026	+0.043	+0.060
40-50	-0.130	-0.080	-0.025	-0.009	0	+0.002	+0.017	+0.026	+0.043	+0.070
50-65	-0.140	-0.100	-0.030	-0.010	0	+0.002	+0.020	+0.032	+0.053	+0.087
65-80	-0.150	-0.100	-0.030	-0.010	0	+0.002	+0.020	+0.032	+0.059	+0.102
80-100	-0.170	-0.120	-0.036	-0.012	0	+0.003	+0.023	+0.037	+0.071	+0.124
100-120	-0.180	-0.120	-0.036	-0.012	0	+0.003	+0.023	+0.037	+0.079	+0.144
120-140	-0.200	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.092	+0.170
140-160	-0.210	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.100	+0.190
160-180	-0.230	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.108	+0.210
180-200	-0.240	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.122	+0.236
200-225	-0.260	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.130	+0.258
225-250	-0.280	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.140	+0.284
250-280	-0.300	-0.190	-0.056	-0.017	0	+0.004	+0.034	+0.056	+0.158	+0.315
280-315	-0.330	-0.190	-0.056	-0.017	0	+0.004	+0.034	+0.056	+0.170	+0.350
315-355	-0.360	-0.210	-0.062	-0.018	0	+0.004	+0.037	+0.062	+0.190	+0.390
355-400	-0.400	-0.210	-0.062	-0.018	0	+0.004	+0.037	+0.062	+0.208	+0.435
400-450	-0.440	-0.230	-0.068	-0.020	0	+0.005*	+0.040	+0.068	+0.232	+0.490
450-500	-0.480	-0.230	-0.068	-0.020	0	+0.005*	+0.040	+0.068	+0.252	+0.540

* Sólo para calidades IT4 a IT7; para las otras calidades tomar cero

ANEXO A 35: Propiedades del acero AISI 304



Propiedades Físicas

AUSTENÍTICOS

AISI	ASTM (UNS)	Densidad (g/cm ³)	Calor Específico 0-100°C (Kcal/Kg °C)	Coefficiente Medio de Dilatación Térmica (μm/m°C)	Conductividad Térmica 100°C (cal/s cm °C)	Módulo de Elasticidad (GPa)	Módulo de Rigidez (GPa)
304	S30400	8,0	0,29	18,0	0,033	193	86,2
304L	S30403	8,0	0,29	18,0	0,033	193	86,2
316	S31600	8,0	0,36	18,0	0,032	193	-
316L	S31603	8,0	0,36	18,0	0,032	193	-

Material	Módulo de elasticidad		Coeficiente de Poisson
	GPa	10 ⁶ psi	
Aceros inoxidables			
Acero inoxidable 304:	193	28	0,30
Acero inoxidable 316 e 316L:	193	28	0,30
Acero inoxidable 440 A:	200	29	0,30
Acero inoxidable 17-7PH:	204	29,5	0,30

ANEXO A 36: Factores de seguridad recomendados

1. $N = 1.25$ a 2.0 . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2. $N = 2.0$ a 2.5 . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3. $N = 2.5$ a 4.0 . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4. $N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.
5. $N = 3.0$ a 4.0 . Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.
6. $N = 4.0$ a 8.0 . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

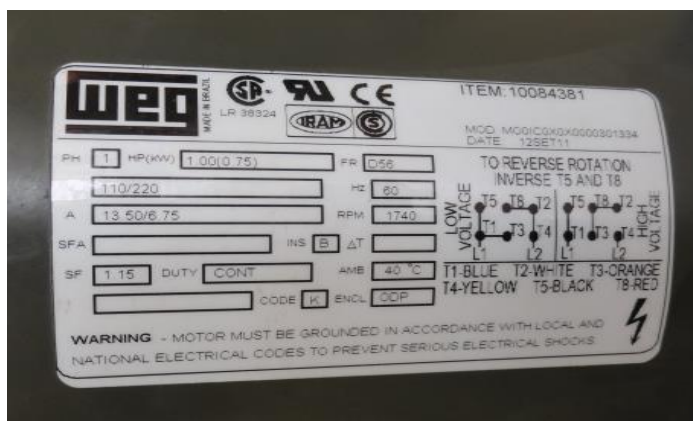
ANEXO A 37: Diámetros estándar para la selección del o-ring.

Sección 1.78 mm.			Sección 2.62 mm.			Sección 2.62 mm.			Sección 3.53 mm.		
CÓDIGO	D. INT.	D. EXT.	CÓDIGO	D. INT.	D. EXT.	CÓDIGO	D. INT.	D. EXT.	CÓDIGO	D. INT.	D. EXT.
*ORA7 2001	0.74	2.78	ORA7 2102	1.24	6.48	ORA7 2140	56.82	62.06	ORA7 2201	4.34	11.40
*ORA7 2002	1.07	3.61	ORA7 2103	2.06	7.30	ORA7 2141	58.42	63.66	ORA7 2202	5.94	13.00
*ORA7 2003	1.42	4.46	ORA7 2104	2.84	8.08	ORA7 2142	59.99	65.23	ORA7 2203	7.52	14.58
ORA7 2004	1.78	5.34	ORA7 2105	3.63	8.87	ORA7 2143	61.60	66.84	ORA7 2204	9.12	16.18
ORA7 2005	2.57	6.13	ORA7 2106	4.42	9.66	ORA7 2144	63.17	68.41	ORA7 2205	10.69	17.75
ORA7 2006	2.90	6.46	ORA7 2107	5.23	10.47	ORA7 2145	64.77	70.01	ORA7 2206	12.29	19.35
ORA7 2007	3.68	7.24	ORA7 2108	6.02	11.26	ORA7 2146	66.34	71.58	ORA7 2207	13.87	20.93
ORA7 2008	4.47	8.03	ORA7 2109	7.59	12.83	ORA7 2147	67.95	73.19	ORA7 2208	15.47	22.53
ORA7 2009	5.28	8.84	ORA7 2110	9.19	14.43	ORA7 2148	69.52	74.76	ORA7 2209	17.04	24.10
ORA7 2010	6.07	9.63	ORA7 2111	10.77	16.01	ORA7 2149	71.12	76.36	ORA7 2210	18.64	25.70
ORA7 2011	7.65	11.21	ORA7 2112	12.37	17.61	ORA7 2150	72.69	77.93	ORA7 2211	20.22	27.28
ORA7 2012	9.25	12.81	ORA7 2113	13.94	19.18	ORA7 2151	75.87	81.11	ORA7 2212	21.82	28.88
ORA7 2013	10.82	14.38	ORA7 2114	15.54	20.78	ORA7 2152	82.22	87.46	ORA7 2213	23.39	30.45
ORA7 2014	12.42	15.98	ORA7 2115	17.12	22.36	ORA7 2153	88.57	93.81	ORA7 2214	24.99	32.05
ORA7 2015	14.00	17.56	ORA7 2116	18.72	23.96	ORA7 2154	94.92	100.16	ORA7 2215	26.57	33.63
ORA7 2016	15.60	19.16	ORA7 2117	20.30	25.54	ORA7 2155	101.27	106.51	ORA7 2216	28.17	35.23
ORA7 2017	17.17	20.73	ORA7 2118	21.89	27.13	ORA7 2156	107.62	112.86	ORA7 2217	29.74	36.80
ORA7 2018	18.77	22.33	ORA7 2119	23.47	28.71	ORA7 2157	113.97	119.21	ORA7 2218	31.34	38.40
ORA7 2019	20.35	23.91	ORA7 2120	25.07	30.31	ORA7 2158	120.32	125.56	ORA7 2219	32.92	39.98
ORA7 2020	21.95	25.51	ORA7 2121	26.64	31.88	ORA7 2159	126.67	131.91	ORA7 2220	34.52	41.58
ORA7 2021	23.52	27.08	ORA7 2122	28.24	33.48	ORA7 2160	133.02	138.26	ORA7 2221	36.09	43.15
ORA7 2022	25.12	28.68	ORA7 2123	29.82	35.06	ORA7 2161	139.37	144.61	ORA7 2222	37.69	44.75
ORA7 2023	26.70	30.26	ORA7 2124	31.42	36.66	ORA7 2162	145.72	150.96	ORA7 2223	40.87	47.93
ORA7 2024	28.30	31.86	ORA7 2125	32.99	38.23	ORA7 2163	152.07	157.31	ORA7 2224	44.04	51.10
ORA7 2025	29.87	33.43	ORA7 2126	34.59	39.83	ORA7 2164	158.42	163.66	ORA7 2225	47.22	54.28
ORA7 2026	31.47	35.03	ORA7 2127	36.17	41.41	ORA7 2165	164.77	170.01	ORA7 2226	50.39	57.45
ORA7 2027	33.05	36.61	ORA7 2128	37.77	43.01	ORA7 2166	171.12	176.36	ORA7 2227	53.57	60.63

ANEXO A 38: Descripción de las características del motor

W22 - Standard Efficiency - 60 Hz
Exceeds IE1 ⁽¹⁾ - EFF2 ⁽²⁾

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/ In	Par con rotor trabado T/ Tn	Par máximo Tb/ Tn	Momento de Inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	440 V						Corriente nominal In (A)	
								Caliente	Frio			% de la potencia nominal			Factor de potencia				
												Rendimiento		Factor de potencia					
kW	HP	50		75		100		50	75		100								
14 Polos - 1800 rpm - 60 Hz																			
0,09	0,12	63	0,499	5,2	3,2	3,4	0,00045	22	48	7,0	48	1725	45,0	53,0	55,0	0,44	0,52	0,61	0,352
0,12	0,16	63	0,667	4,5	3,0	3,2	0,0004	27	59	7,0	48	1720	47,0	55,0	57,0	0,46	0,55	0,62	0,445
0,18	0,25	63	1,01	4,5	2,8	3,0	0,00045	22	48	7,5	48	1710	55,0	63,0	64,0	0,47	0,57	0,65	0,570
0,25	0,33	63	1,40	4,5	2,9	2,9	0,00068	25	55	8,0	48	1710	59,0	64,0	67,0	0,48	0,59	0,68	0,720
0,37	0,5	71	2,10	4,3	2,3	2,5	0,00079	12	26	10,0	47	1680	58,0	65,0	68,0	0,46	0,59	0,69	1,04
0,55	0,75	71	3,13	4,8	2,5	2,5	0,00096	12	26	11,5	47	1680	65,0	69,0	72,0	0,48	0,61	0,71	1,41
0,75	1	80	4,17	6,7	2,6	2,9	0,0025	12	26	12,5	48	1720	74,0	78,0	78,2	0,60	0,73	0,81	1,56
1,1	1,5	80	6,15	6,4	2,5	2,8	0,0030	9	20	14,0	48	1710	76,0	79,0	79,2	0,61	0,74	0,81	2,25
1,5	2	90S	8,28	6,4	2,5	2,8	0,0049	10	22	18,5	51	1730	80,5	81,5	82,0	0,59	0,71	0,79	3,04
2,2	3	90L	12,2	5,7	2,1	2,4	0,0060	9	20	22,0	51	1720	82,0	83,0	83,1	0,62	0,74	0,81	4,29
3	4	100L	16,8	6,0	2,4	2,7	0,0082	12	26	30,0	54	1710	83,5	84,0	84,1	0,63	0,76	0,81	5,78
3,7	5	100L	20,7	6,4	2,7	2,9	0,0097	11	24	33,0	54	1710	85,0	85,5	85,5	0,63	0,75	0,81	7,01
4,5	6	112M	24,6	6,7	2,1	2,8	0,0156	15	33	42,0	58	1750	86,0	86,5	86,2	0,63	0,75	0,81	8,43
5,5	7,5	112M	30,2	6,0	2,0	2,7	0,0167	11	24	43,0	58	1740	86,0	87,0	87,0	0,61	0,74	0,80	10,3
7,5	10	132S	40,8	7,2	2,1	2,8	0,0413	8	18	63,0	61	1755	86,5	88,0	87,5	0,67	0,78	0,83	13,6
9,2	12,5	132M	50,1	7,5	2,2	2,9	0,0488	7	15	70,0	61	1755	87,5	88,5	88,0	0,67	0,79	0,83	16,5
11	15	132M	59,9	8,3	2,3	2,8	0,0563	6	13	73,0	61	1755	87,0	88,5	88,6	0,68	0,80	0,83	19,6
15	20	160M	81,2	6,2	2,1	2,6	0,0954	9	20	105	64	1765	89,0	90,2	90,2	0,68	0,79	0,84	26,0
18,5	25	160L	100	6,3	2,2	2,7	0,1154	9	20	122	64	1765	89,5	91,0	91,0	0,68	0,79	0,84	31,8
22	30	180M	119	6,0	2,2	2,5	0,1615	12	26	150	64	1760	89,6	91,0	91,1	0,68	0,79	0,84	37,7
30	40	200M	162	6,0	2,0	2,4	0,2758	12	26	195	68	1770	91,0	91,8	91,8	0,71	0,80	0,85	50,4
37	50	200L	200	6,0	2,0	2,4	0,3310	12	26	222	68	1770	92,0	92,5	92,5	0,71	0,81	0,85	61,7
45	60	225S/M	242	6,8	2,3	2,6	0,6474	10	22	367	70	1775	92,3	93,1	93,1	0,75	0,83	0,87	72,9
55	75	225S/M	296	6,9	2,3	2,6	0,7699	9	20	386	70	1775	92,8	93,4	93,3	0,75	0,83	0,87	88,9
75	100	250S/M	404	7,0	2,4	2,7	1,01	10	22	470	70	1775	93,0	93,6	93,6	0,75	0,84	0,88	119
90	125	280S/M	483	6,5	1,9	2,5	1,93	17	37	625	73	1780	93,0	93,9	94,0	0,74	0,82	0,86	146
110	150	280S/M	589	7,3	2,2	2,7	2,57	16	35	684	73	1785	93,2	94,1	94,3	0,74	0,83	0,86	178
132	180	315S/M	705	6,5	1,8	2,3	2,65	24	53	880	75	1790	93,0	94,3	94,6	0,73	0,81	0,85	215
150	200	315S/M	801	6,8	2,0	2,4	3,21	20	44	947	75	1790	93,5	94,5	94,7	0,74	0,83	0,86	242
185	250	315S/M	988	6,6	2,1	2,3	3,77	17	37	1018	75	1790	94,0	94,6	94,8	0,75	0,83	0,86	298
200	270	315S/M	1070	7,3	2,3	2,3	3,77	18	40	1062	75	1790	94,2	94,8	95,0	0,76	0,83	0,86	321
220	300	315L	1170	6,6	2,3	2,4	5,80	16	35	1180	79	1790	94,4	94,9	95,2	0,75	0,83	0,86	353
260	350	315L	1390	7,6	2,6	2,6	6,86	13	29	1287	79	1790	94,6	95,2	95,4	0,75	0,83	0,87	411
300	400	315L	1600	7,7	2,7	2,6	8,12	14	31	1398	79	1790	94,8	95,3	95,6	0,76	0,84	0,87	473
330	450	355M/L	1760	7,0	2,1	2,3	9,02	19	42	1662	81	1790	95,2	95,6	95,7	0,77	0,83	0,86	526
370	500	355M/L	1980	7,6	2,6	2,6	9,92	12	26	1833	81	1790	95,3	95,7	95,8	0,75	0,82	0,85	596
400*	550	355M/L	2140	7,3	2,5	2,6	9,92	14	31	1916	81	1790	95,4	95,8	95,9	0,74	0,82	0,86	636
440	600	355M/L	2350	7,1	2,2	2,5	9,92	16	35	1966	81	1790	95,5	95,9	96,0	0,74	0,82	0,86	715



ANEXO A 39: Componentes principales del sistema de sellado de la máquina

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
FUERZA DE APLICACIÓN PARA EL SELLADO			
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN			
	Lista de componentes		
	Denominación	Cantidad	Peso (Kg)
	Motor	1	12.5
	Polea simple	1	0.825
	Polea doble	1	0.69
	Polea del motor	1	0.87
	Plancha	1	23.78
	Boquilla	2	1.372
	Boquilla de ajuste	2	0.0161
	Bocín	2	0.342
	Total	40.39	
Observaciones			
Para obtener la carga total que tienen los componentes principales del sistema de sellado de la máquina del laboratorio de Automatización, se revisó los datos de los pesos especificados dentro de los planos existentes, dando como resultado un valor aproximado de 40.39 Kg, que es el peso a levantar por el actuador neumático empleado para el posicionamiento del sistema.			

ANEXO A 40: Diámetros estandarizados de los cilindros neumáticos

MGPM, MGPL Dimensiones comunes

Diámetro (mm)	Carreras estándar (mm)	B	C	DA	FA	FB	G	GA	GB	GC	H	HA	J	K	L	MM	ML	NN	OA	OB	OL	P	PA	PB	PW	Q
		32	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400	58.5	37.5	16	12	10	48	12.5	9	12.5	112	M6	24	24	34	M8 x 1.25	20	M8 x 1.25	6.6	11	7.5	Rc1/8	7	15
40	66	44		16	12	10	54	14	10	14	120	M6	27	27	40	M8 x 1.25	20	M8 x 1.25	6.6	11	7.5	Rc1/8	13	18	38	33
50	72	44		20	16	12	64	14	11	12	148	M8	32	32	46	M10 x 1.5	22	M10 x 1.5	8.6	14	9	Rc1/4	9	21.5	47	40
63	77	49		20	16	12	78	16.5	13.5	16.5	162	M10	39	39	58	M10 x 1.5	22	M10 x 1.5	8.6	14	9	Rc1/4	14	28	55	50

Diámetro (mm)	R	S	T	U	VA	VB	WA					WB					X	XA	XB	XC	XL	YY	YL	Z
							25st o menos	De 25st a 100st	De 100st a 200st	De 200st a 300st	Más de 300st	25st o menos	De 25st a 100st	De 100st a 200st	De 200st a 300st	Más de 300st								
32	96	44	110	78	98	63	24	48	124	200	300	33	45	83	121	171	42	4	4.5	3	6	M8 x 1.25	16	21
40	104	44	118	86	106	72	24	48	124	200	300	34	46	84	122	172	50	4	4.5	3	6	M8 x 1.25	16	22
50	130	60	146	110	130	92	24	48	124	200	300	36	48	86	124	174	66	5	6	4	8	M10 x 1.5	20	24
63	130	70	158	124	142	110	28	52	128	200	300	38	50	88	124	174	80	5	6	4	8	M10 x 1.5	20	24

MGPM (casquillos de fricción)/Dimensiones A, DB, E MGPL (con cojinetes lineales a bolas)/Dimensiones A, DB, E

Diámetro (mm)	A			DB	E		
	50st o menos	De 50st a 200st	Más de 200st		50st o menos	De 50st a 200st	Más de 200st
32	97	102	140	20	37.5	42.5	80.5
40	97	102	140	20	31	36	74
50	106.5	118	161	25	34.5	46	89
63	106.5	118	161	25	29.5	41	84

Diámetro (mm)	A				DB	E			
	50st o menos	De 50st a 100st	De 100st a 200st	Más de 200st		50st o menos	De 50st a 100st	De 100st a 200st	Más de 200st
32	81	98	118	140	16	21.5	38.5	58.5	80.5
40	81	98	118	140	16	15	32	52	74
50	93	114	134	161	20	21	42	62	89
63	93	114	134	161	20	16	37	57	84

St: mm de carrera

ANEXO A 41: Velocidades máximas y mínimas de los actuadores neumáticos.

Normalización ISO

La ISO (International Standard Organization) ha establecido un serie de normas de carácter internacional que regulan el aspecto dimensional de los cilindros neumáticos. En ella básicamente se establecen las dimensiones tendientes a garantizar al usuario la intercambiabilidad de cilindros de diversas procedencias. Según esta entidad quedan fijados los diámetros constructivos de los cilindros, los extremos de vástagos, roscas de conexión, materiales a emplear, sus tolerancias y los diferentes accesorios de montaje.

Para los diámetros establece la siguiente serie:

8- 10- 12- 16- 20- 25- 32- 40- 50- 63- 80- 100- 125- 160- 200- 250- 320 mm - etc.

Las primeras seis dimensiones (8 a 25 mm) corresponden a los comercialmente denominados microcilindros, que responden a un tipo particular de construcción (sin tensores y en general no desarmables), en tanto las restantes (a partir de 32 mm) son los genéricamente conocidos como cilindros.

Velocidad máxima y mínima de cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos pueden alcanzar una velocidad máxima comprendida entre 0,6 y 2,6 m/s según el diámetro.

Diámetro (mm)	Velocidad máx. (m/s)
10-12-16	2,6
20-25-32	2,6
40	2,5
50	2
63	1,5
80	1,1
100	0,9
125	0,7
160	0,6



ANEXO A 42: Medidor de revoluciones por minuto del Laboratorio



ANEXO A 43: Tiempo promedio del enroscado de tapas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
PRUEBAS DE ENROSCADO DE TAPAS			
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN			
PRESIÓN DE TRABAJO 90 PSI		VELOCIDAD 324 RPM	ABERTURA DE LA VÁLVULA ESTRANGULADORA 9 VUELTAS
Número de pruebas	Tiempo de enroscado	Número de pruebas	Tiempo de enroscado
1	0.25	11	0.32
2	0.38	12	0.43
3	0.28	13	0.35
4	0.34	14	0.27
5	0.41	15	0.29
6	0.29	16	0.31
7	0.26	17	0.28
8	0.28	18	0.37
9	0.27	19	0.33
10	0.25	20	0.35
Observaciones:			
<p>Los ensayos realizados no originaron variaciones considerables entre las mediciones realizadas, por lo cual se considero mostrar los resultados de 20 mediciones, obteniendo un promedio en el tiempo de enroscado de 0.32 segundos.</p>			

ANEXO A 44: Tiempo promedio del posicionamiento.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
PRUEBAS DEL POSICIONAMIENTO			
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN			
Número de pruebas	Presión (Psi)	Abertura (Vueltas)	Tiempo de salida (Seg)
1	90	2	0.48
2	90	2	0.48
3	90	2	0.48
4	90	2	0.48
5	90	2	0.48
1	90	4	0.33
2	90	4	0.33
3	90	4	0.33
4	90	4	0.33
5	90	4	0.33
1	90	6	0.21
2	90	6	0.21



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA
CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



PRUEBAS DEL POSICIONAMIENTO

LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN

3	90	6	0.21
4	90	6	0.21
5	90	6	0.21
1	90	8	0.11
2	90	8	0.11
3	90	8	0.11
4	90	8	0.11
5	90	8	0.11

ANEXO B 1: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN



Estructura



Soporte central



Conjunto de sellado



Base de regulación



Conexión neumática



Ensamble completo



Tablero de control

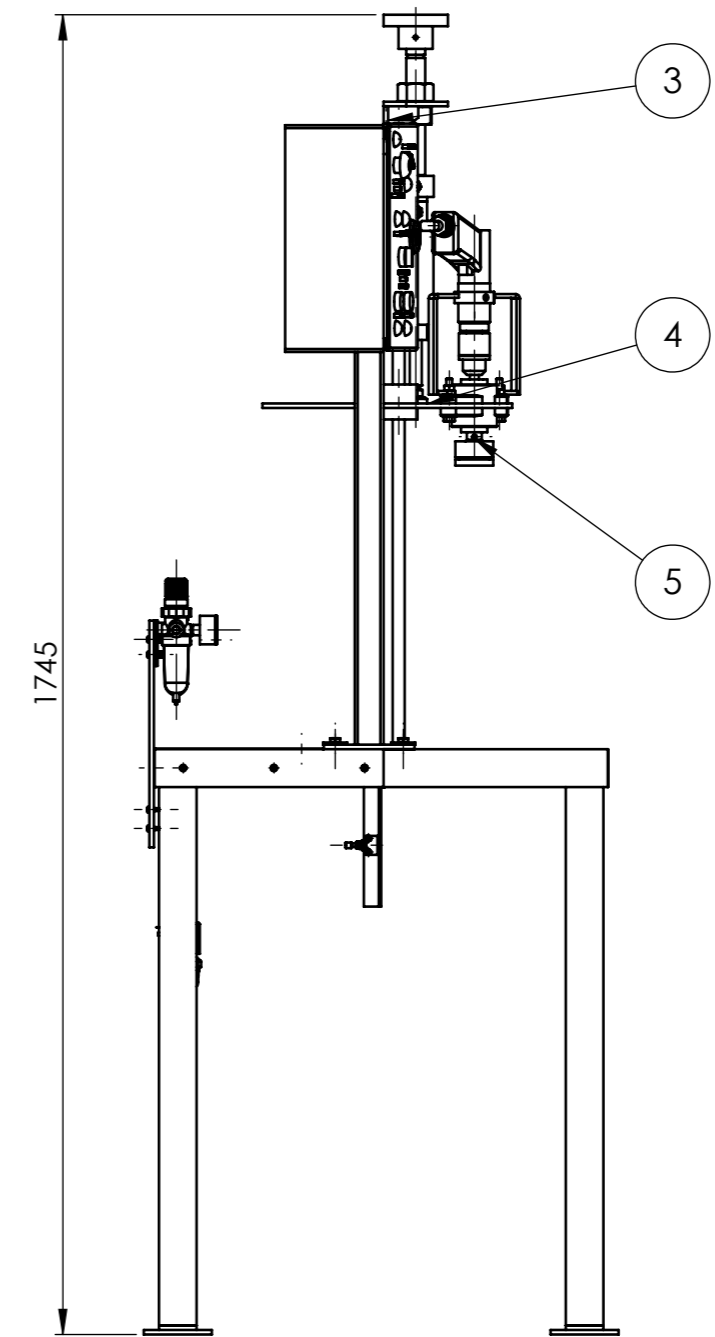
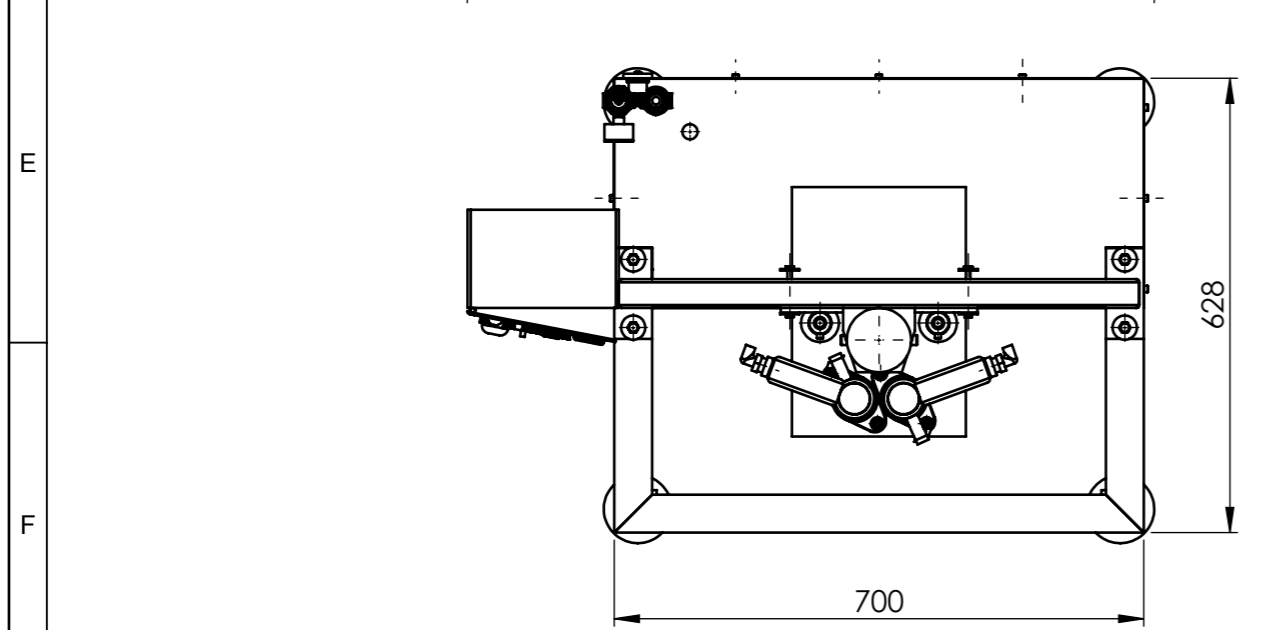
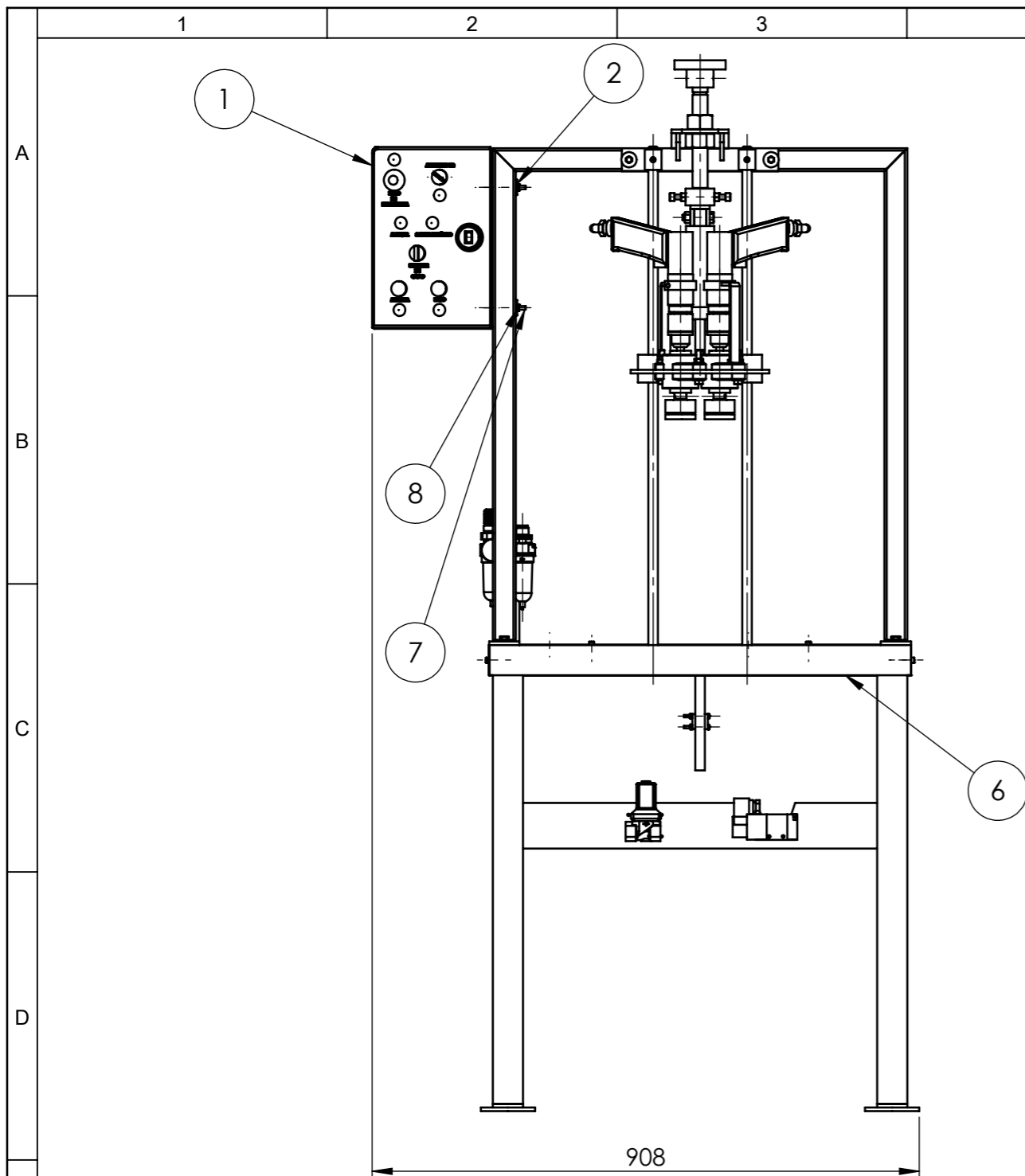


PLC



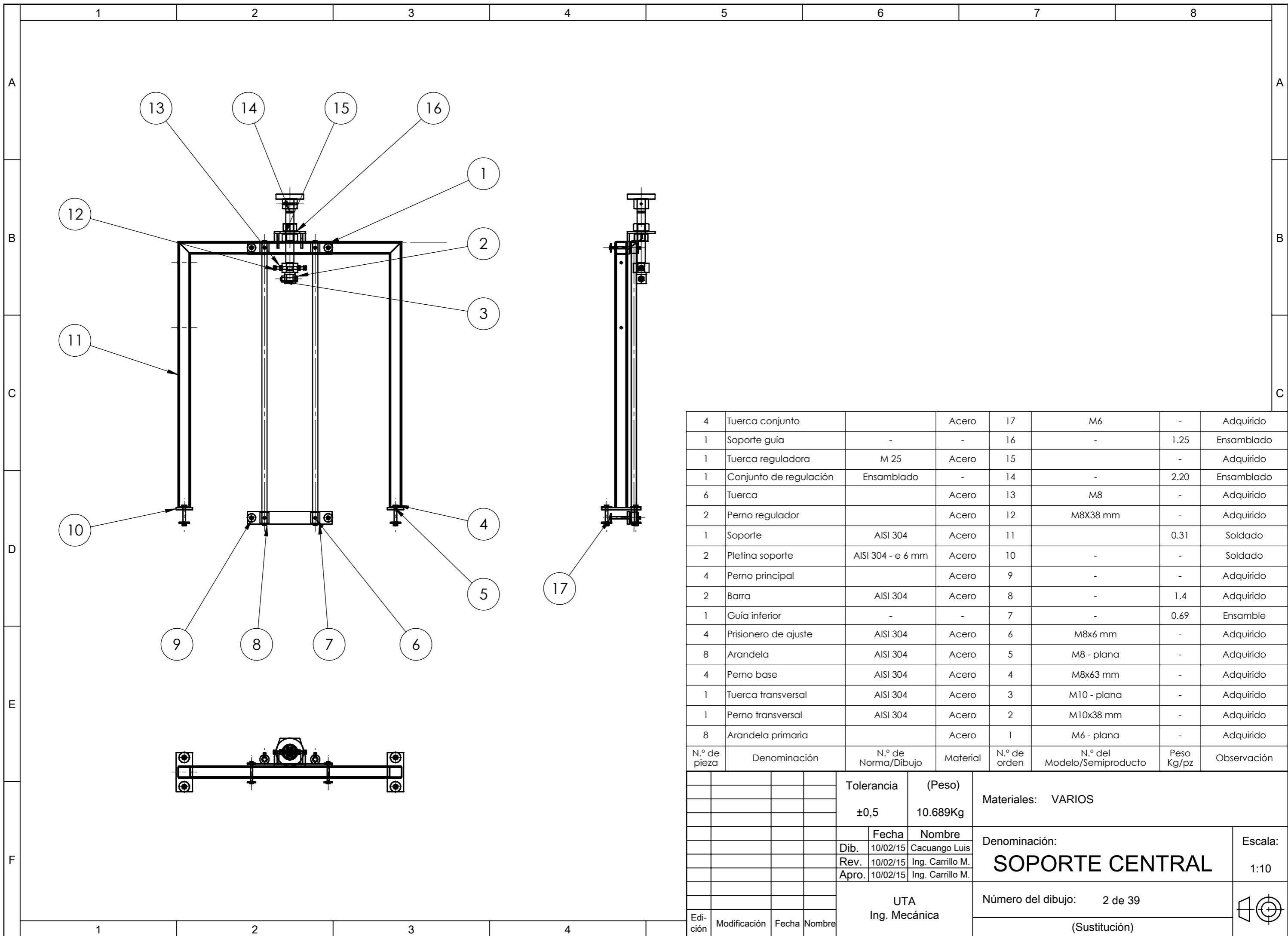
Máquina selladora de botellas repotenciada

PLANOS



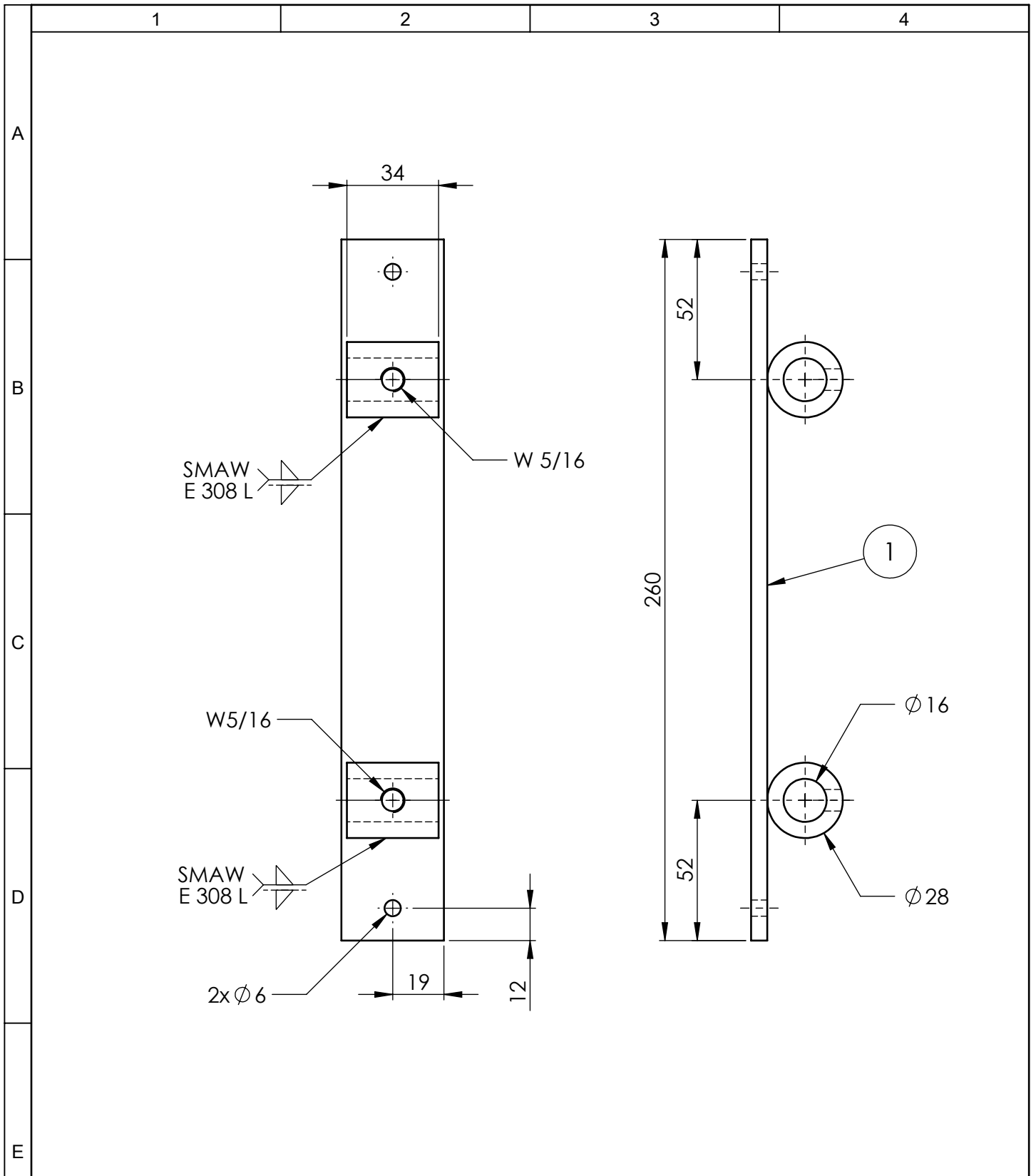
N.º de Piezas	Denominación	N.º de Norma/Dibujo	Material	N.º de Orden	N.º del Modelo/Semiproducto	Peso Kg/pz	Observación
2	Tuerca conjunto		Acero	8	M 6	-	Adquirido
2	Perno principal		Acero	7	-	-	Adquirido
1	Estructura base	-	Acero	6	-	34.34	Ensamblado
4	Prisionero		Acero	5	M6x12 mm	-	Adquirido
1	Conjunto de sellado	-	-	4	-	20.37	Ensamblado
1	Soporte central	-	-	3	-	10.68	Ensamblado
4	Arandela primaria		Acero	2	M6-Plana	-	Adquirido
1	Caja de protección	300x200x150 mm	-	1	-	-	Adquirido

Tolerancia		(Peso)		Materiales: VARIOS				
±0,5		71.08Kg						
Fecha		Nombre		Denominación: MÁQUINA DE SELLADO DE BOTELLAS			Escala: 1:10	
Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis						
Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.						
Apro.		22/06/2015		Ing. Carrillo M.			Número del dibujo: 1 de 39	
UTA Ing. Mecánica				(Sustitución)				
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



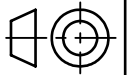
4	Tuerca conjunto		Acero	17	M6	-	Adquirido
1	Soporte guía	-	-	16	-	1.25	Ensamblado
1	Tuerca reguladora	M 25	Acero	15		-	Adquirido
1	Conjunto de regulación	Ensamblado	-	14	-	2.20	Ensamblado
6	Tuerca		Acero	13	M8	-	Adquirido
2	Perno regulador		Acero	12	M8X38 mm	-	Adquirido
1	Soporte	AISI 304	Acero	11		0.31	Soldado
2	Pletina soporte	AISI 304 - e 6 mm	Acero	10	-	-	Soldado
4	Perno principal		Acero	9	-	-	Adquirido
2	Barra	AISI 304	Acero	8	-	1.4	Adquirido
1	Guía inferior	-	-	7	-	0.69	Ensamble
4	Prisionero de ajuste	AISI 304	Acero	6	M8x6 mm	-	Adquirido
8	Arandela	AISI 304	Acero	5	M8 - plana	-	Adquirido
4	Perno base	AISI 304	Acero	4	M8x63 mm	-	Adquirido
1	Tuerca transversal	AISI 304	Acero	3	M10 - plana	-	Adquirido
1	Perno transversal	AISI 304	Acero	2	M10x38 mm	-	Adquirido
8	Arandela primaria		Acero	1	M6 - plana	-	Adquirido
N.º de pieza	Denominación	N.º de Norma/Dibujo	Material	N.º de orden	N.º del Modelo/Semiproducto	Peso Kg/pz	Observación

		Tolerancia		(Peso)		Materiales: VARIOS	
		±0,5		10.689Kg			
		Fecha		Nombre		Denominación: SOPORTE CENTRAL	
		Dib. 10/02/15		Cacuango Luis			
		Rev. 10/02/15		Ing. Carrillo M.			
		Apro. 10/02/15		Ing. Carrillo M.		Escala: 1:10	
		UTA		Número del dibujo: 2 de 39			
		Ing. Mecánica		(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Pletina central	AISI 304 - 38x6 mm	Soldado
2	2	Bocín guía	AISI 304	Torneado

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304
				±0,1	0.69 Kg	
				Fecha	Nombre	Denominación: GUÍA INFERIOR
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis	
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:2
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 3 de 39
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)



1

2

3

4

N7 Torneado

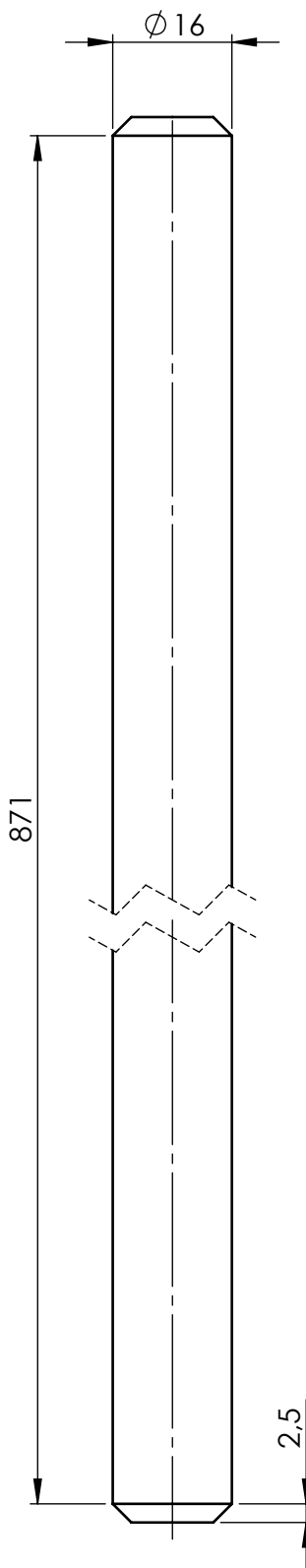
A

B

C

D

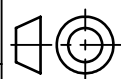
E

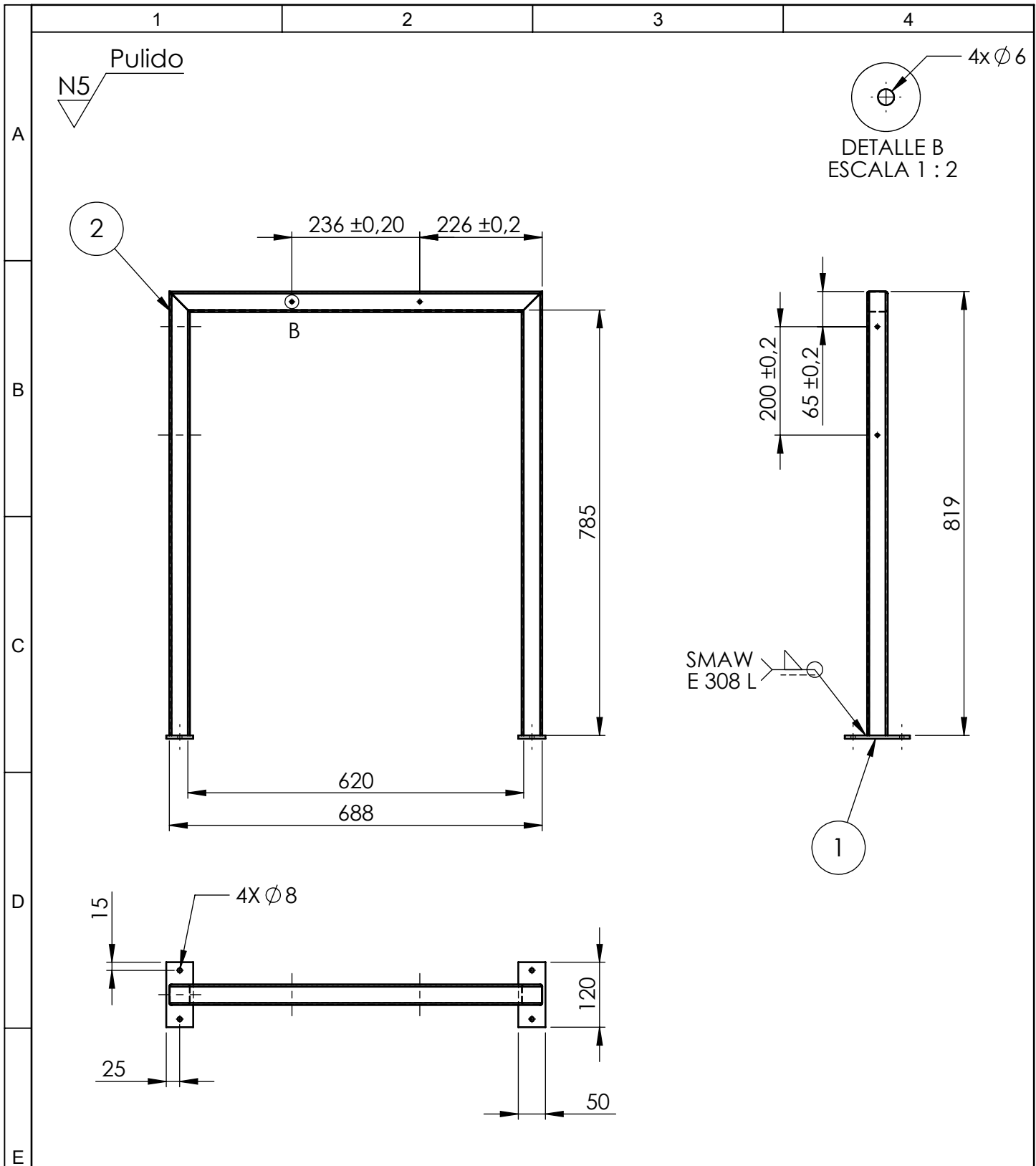


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				$\pm 0,5$	1.409Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	
				UTA		Número del dibujo: 4 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	

BARRA

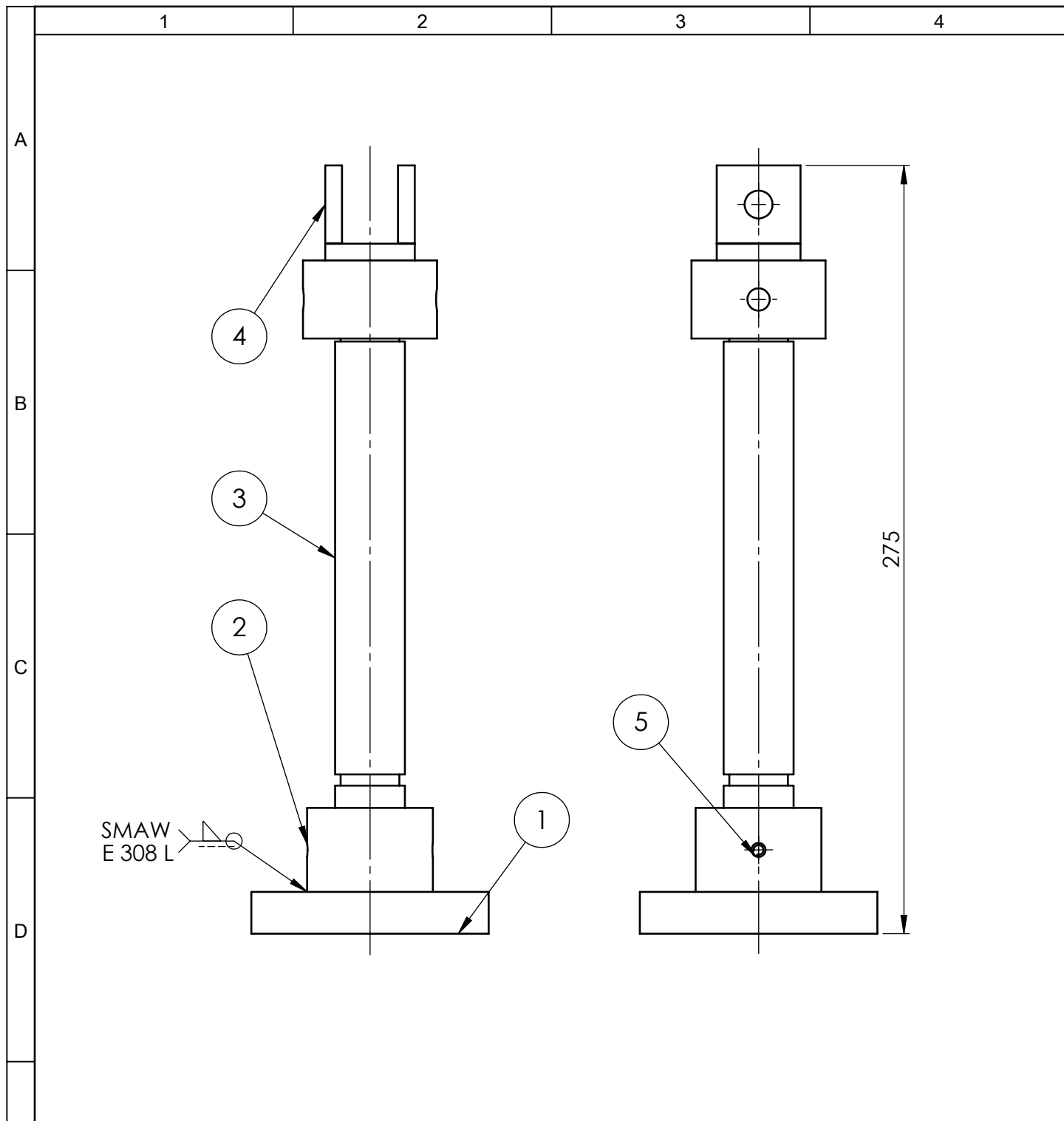
1:1





N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	2	Pletina soporte	AISI 304 - e 6 mm	Soldado
2	1	Soporte	AISI 304	Soldado

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304 - Tubo 38x38x1.2 mm		
				±0,5	3.62Kg			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis			
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.			
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	SOPORTE DE SISTEMA		1:10
				UTA		Número del dibujo:	5 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)		



N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Manija	AISI 304	Moleteado
2	1	Bocin superior	AISI 304	Soldado
3	1	Tornillo regulador	AISI 304	Torneado
4	1	Canal suspensor	-	Ensamblado
5	1	Pasador	-	Adquirido

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS		
				±0,5	2.207Kg			
				Fecha	Nombre	Denominación: CONJUNTO DE REGULACIÓN	Escala: 1:2	
				Dib.	22/06/2015			Cacuango Luis
				Rev.	22/06/2015			Ing. Carrillo M.
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 6 de 39		
						(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

1

2

3

4

Torneado

N7



A

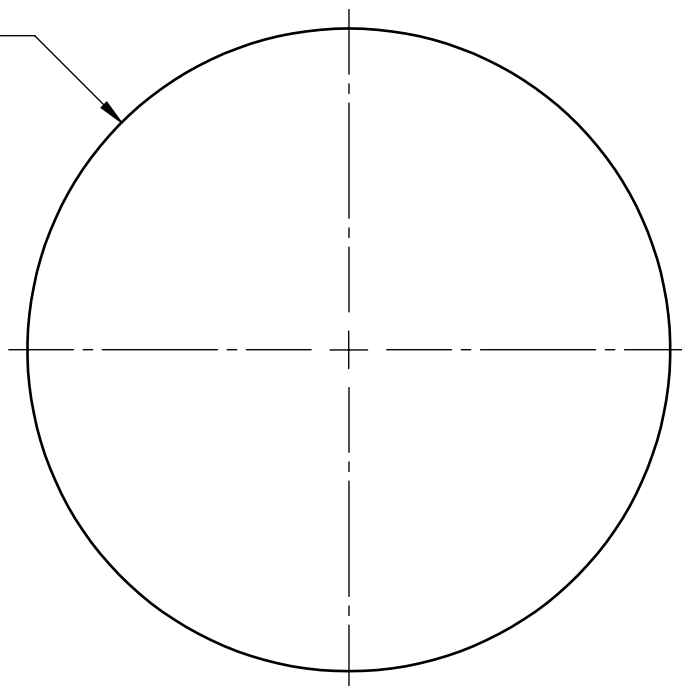
B

C

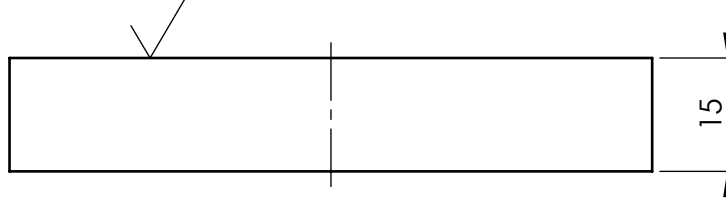
D

E

Ø 85



Moletado RGE 06 DIN 82



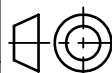
15

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±0,5	0.68Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 7 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica			(Sustitución)

MANIJA

Número del dibujo: 7 de 39

(Sustitución)



1

2

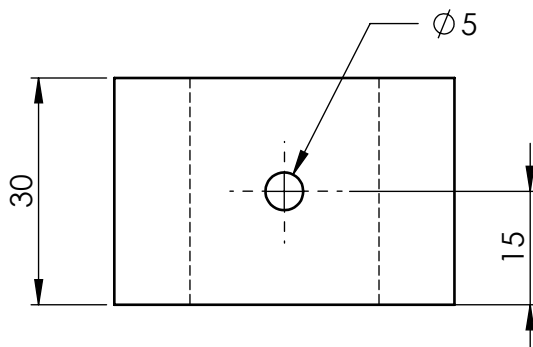
3

4

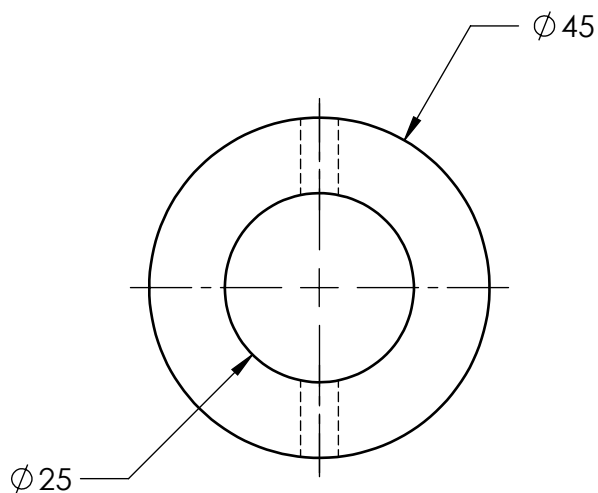
A

N7 Torneado

B



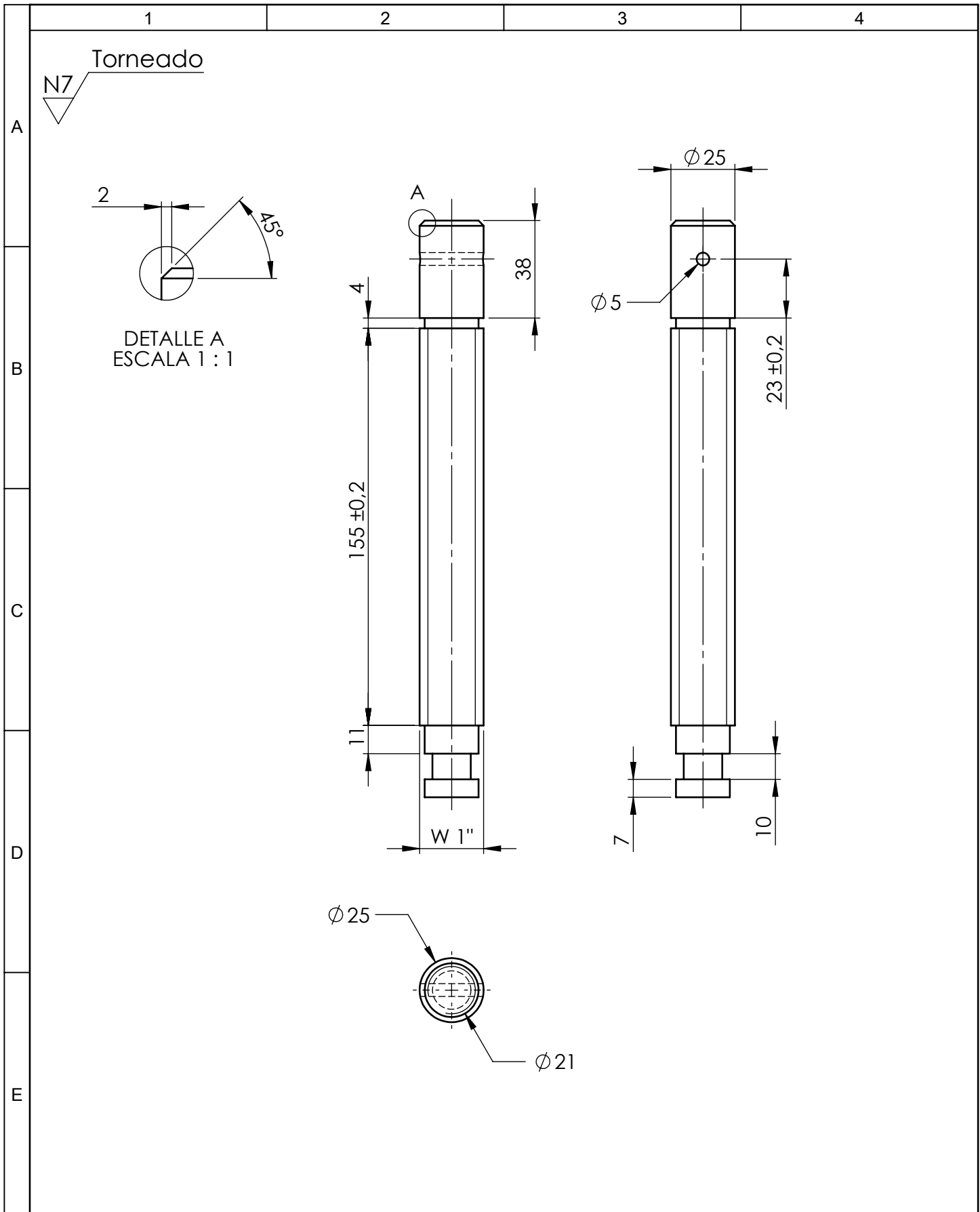
C



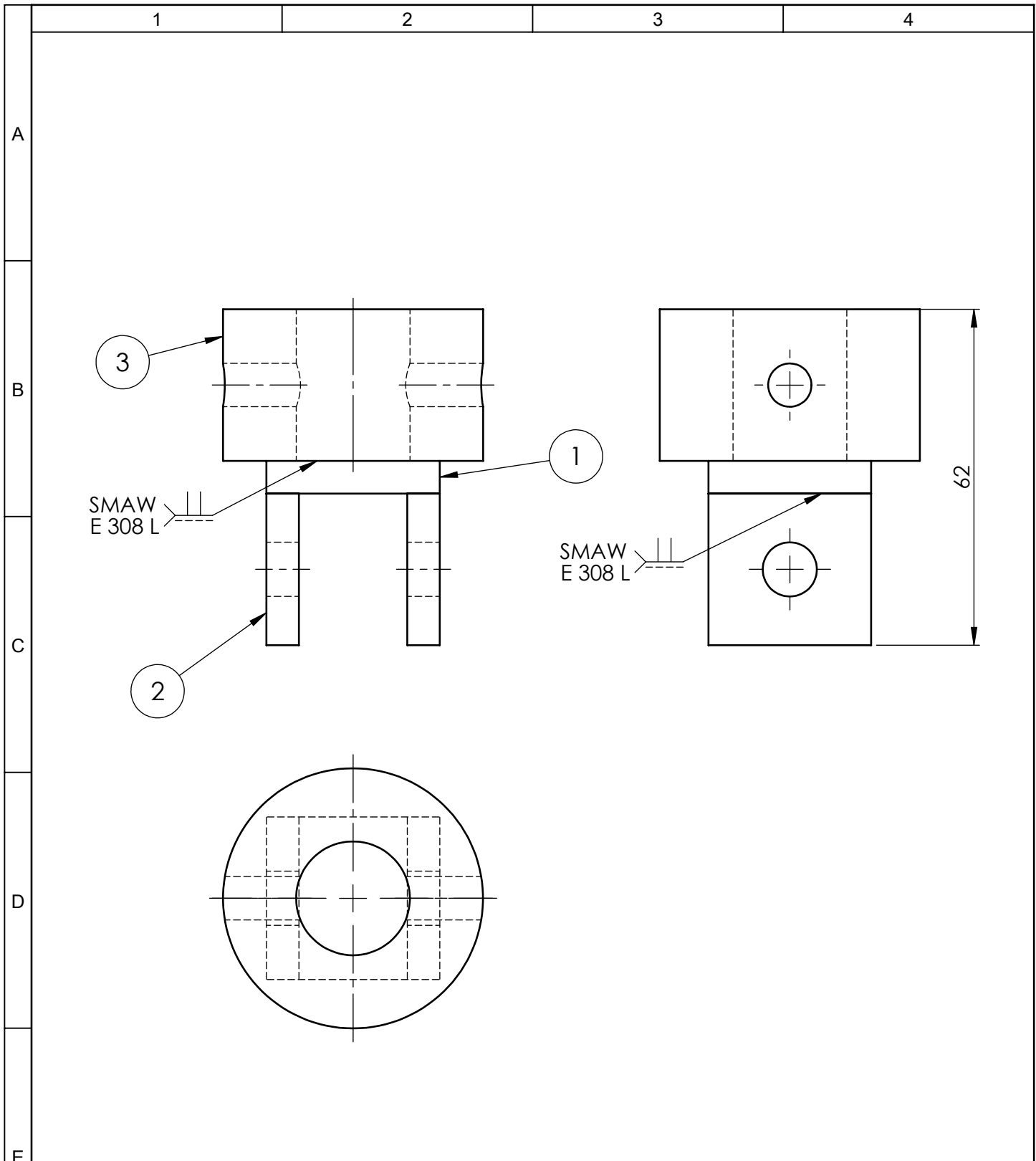
D

E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±0,5	0.260 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: BOCIN SUPERIOR	Escala: 1:1
				Dib. 22/06/2015	Cacuango Luis		
				Rev. 22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				Apro. 22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 8 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

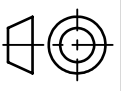


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				$\pm 0,5$	0.827Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: TORNILLO REGULADOR	Escala: 1:2
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 9 de 39	
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Unión guía	AISI 304 -30x32 x6 mm	Soldado
2	2	Unión base	AISI 304 - e 6mm	Soldado
3	1	Sujetador regulador	AISI 304	Soldado

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS	
				±0,5	0.435Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: CANAL SUSPENSOR	Escala: 1:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 10 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	



N5 Pulido

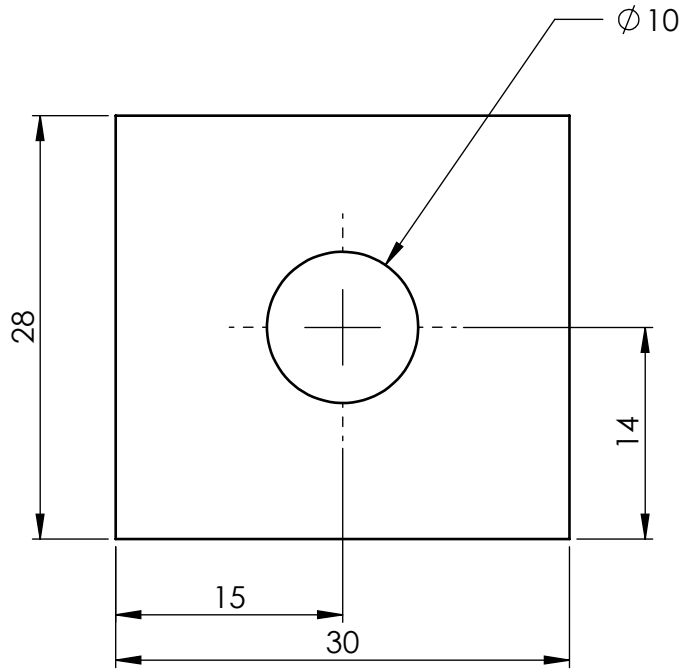
A

B

C

D

E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304 - e= 6 mm	
				±0,5	0.036Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: UNIÓN BASE	Escala: 2:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 11 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

Torneado

N7

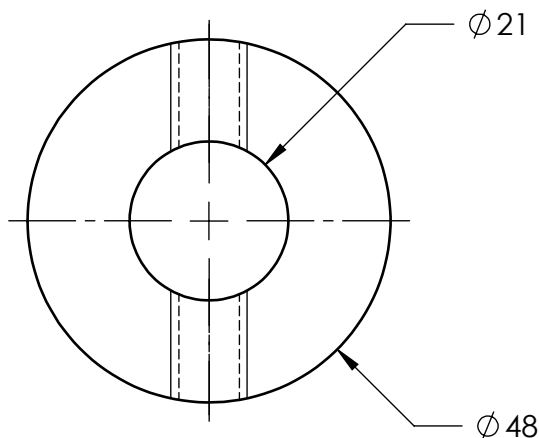
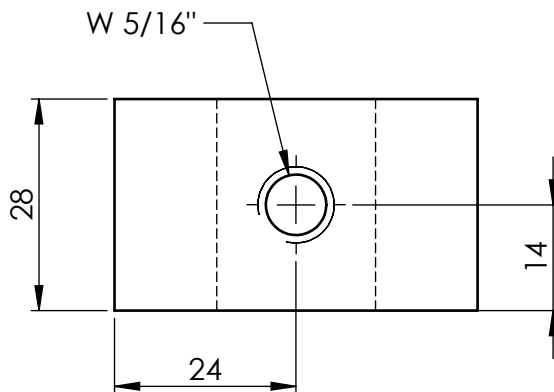
A

B

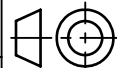
C

D

E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±0,5	0.316Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 12 de 39	
				Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



N5 Pulido

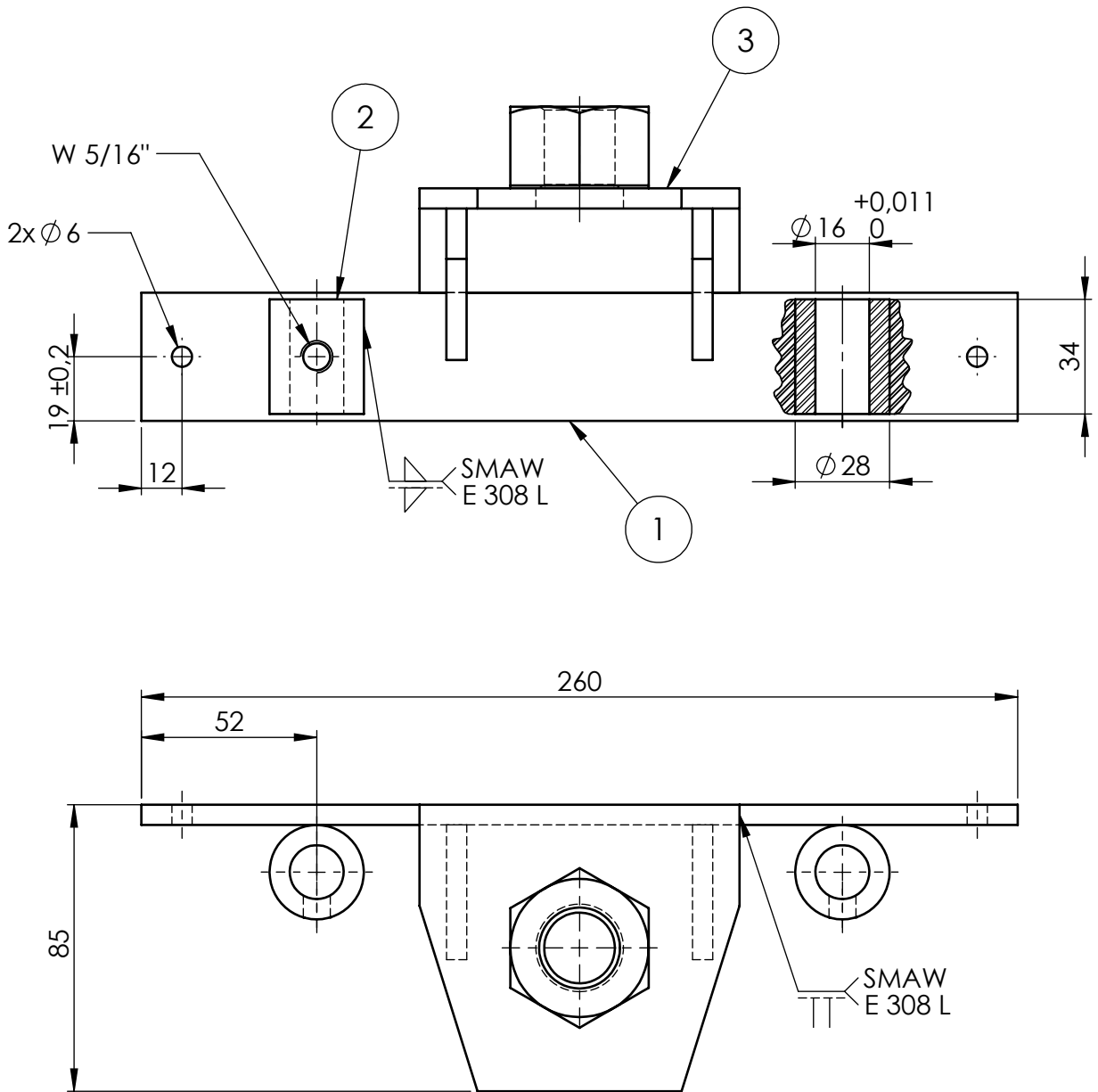
A

B

C

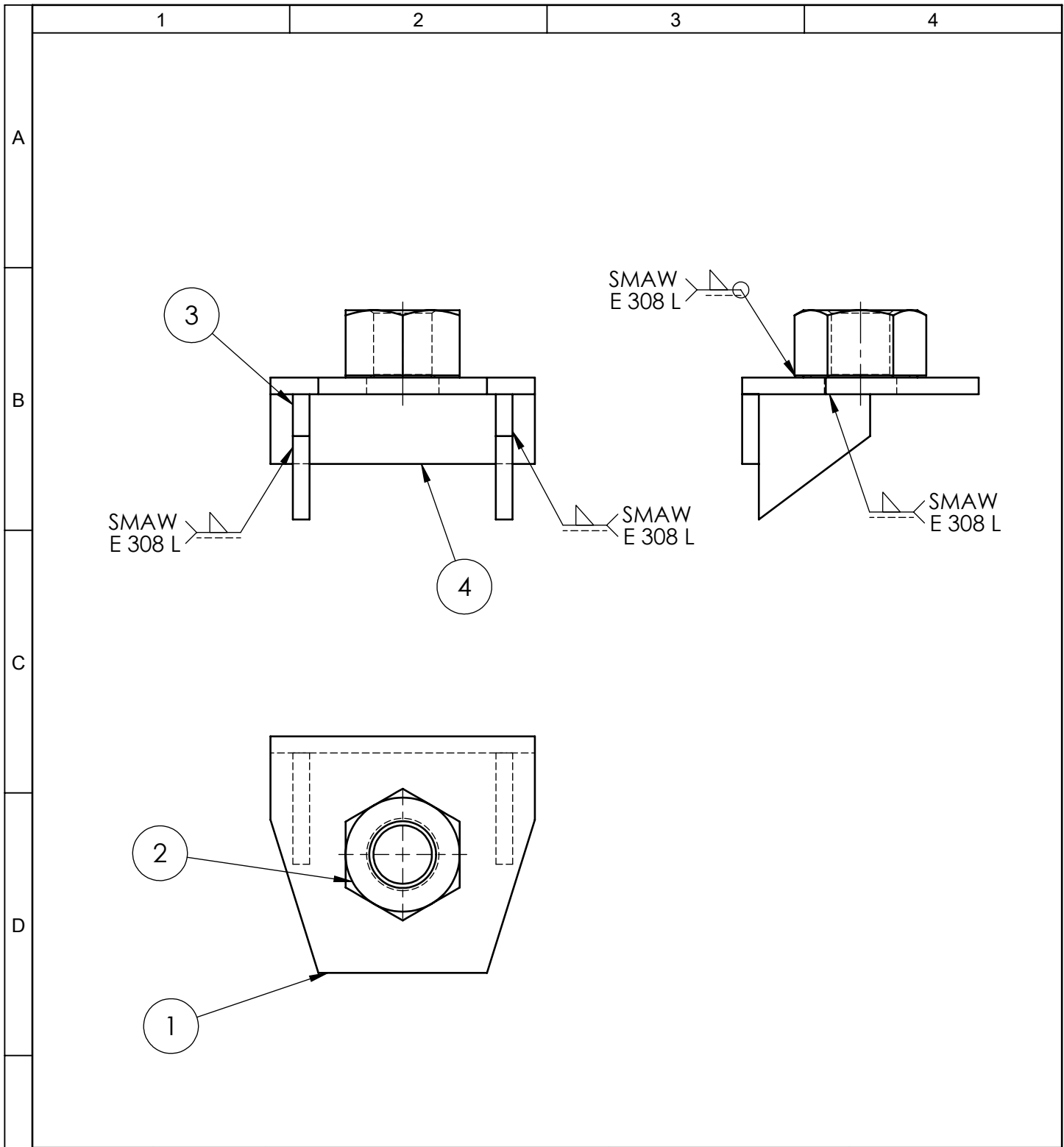
D

E



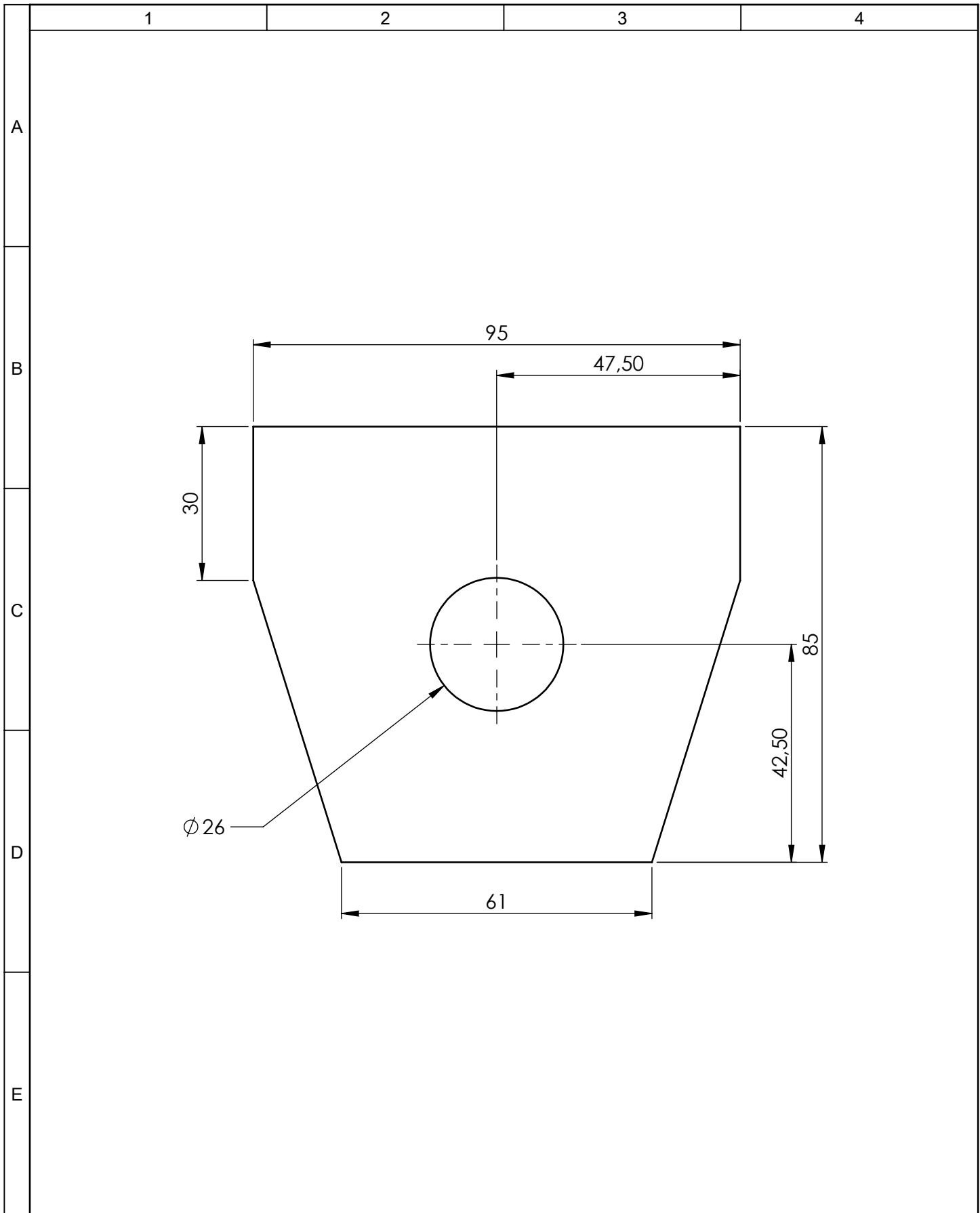
N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Pletina central	AISI 304 - 38x6 mm	Soldado
2	2	Bocin guía	AISI 304	Torneado
3	1	Base regulador	-	Ensamble

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS		
				±0,5	1.258Kg			
				Fecha	Nombre	Denominación: SOPORTE DE GUÍA	Escala: 1:2	
				Dib.	22/06/2015			Cacuango Luis
				Rev.	22/06/2015			Ing. Carrillo M.
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 13 de 39		
						(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

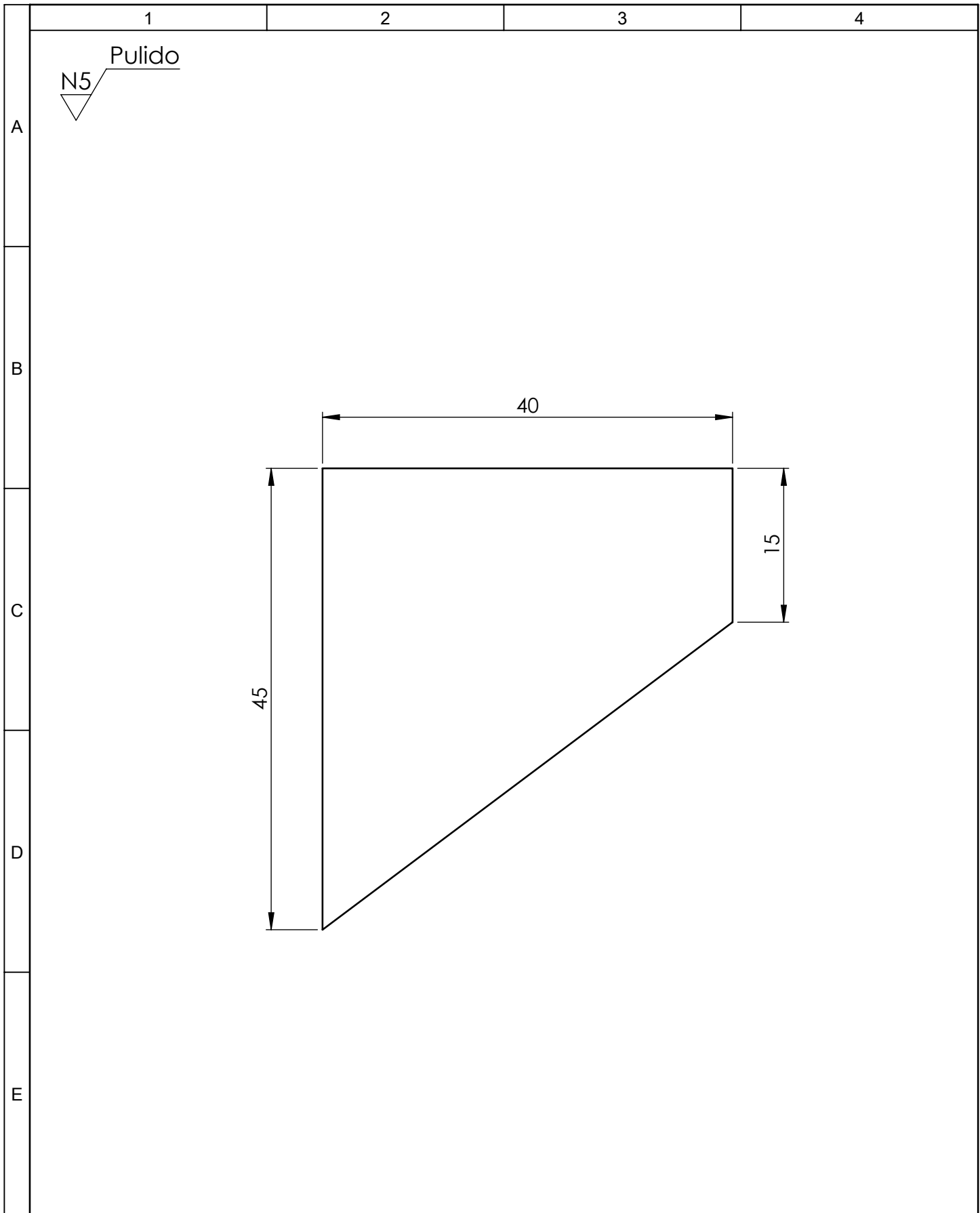


N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Placa superior	AISI 304	Soldado
2	1	Tuerca reguladora	-	Adquirido
3	2	Conector	IAISI 304	Soldado
4	1	Pletina superior	AISI 304	Soldado

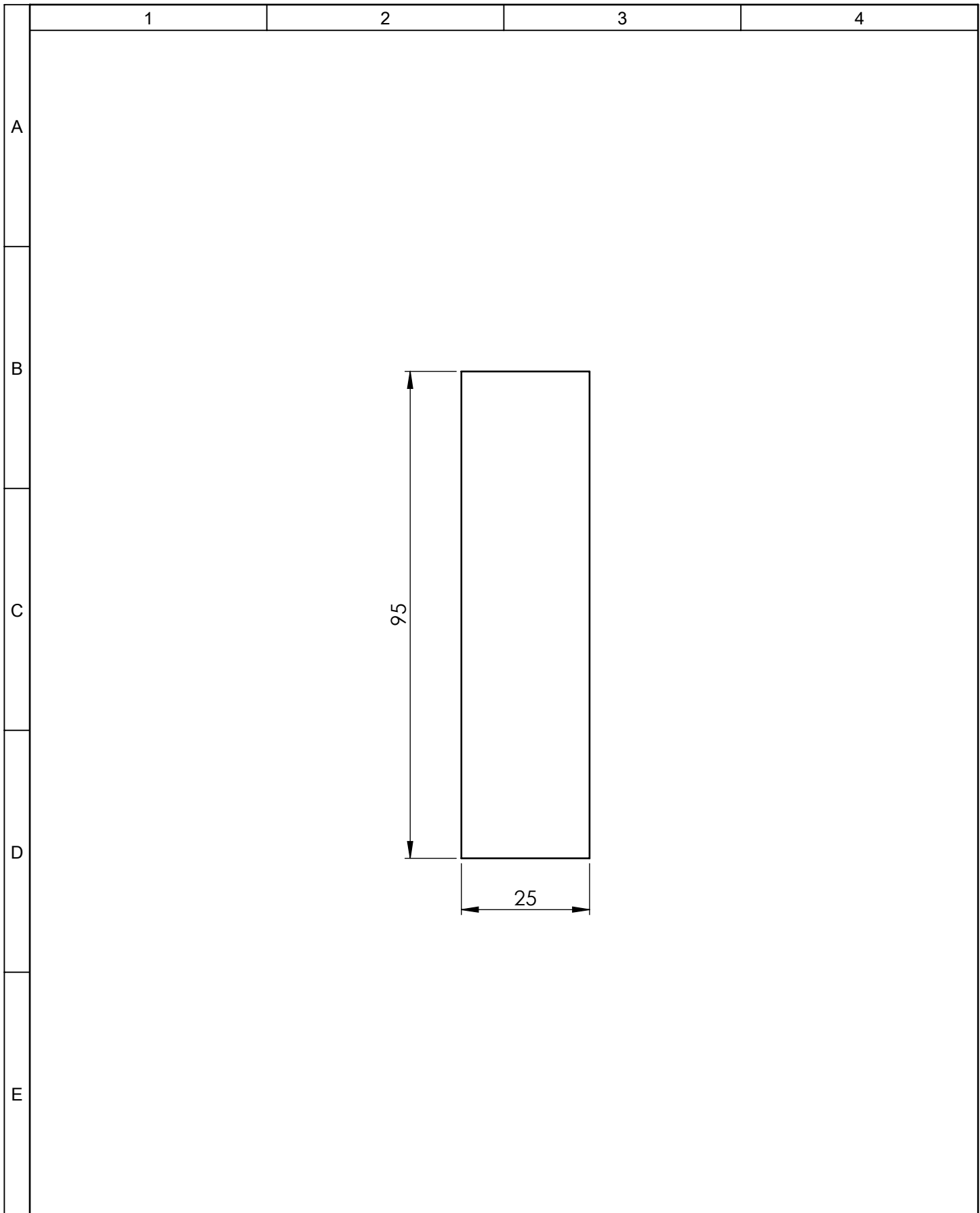
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS	
				±0,5	0.572Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: BASE REGULADOR	Escala: 1:2
				Dib. 22/06/2015	Cacuango Luis		
				Rev. 22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				Apro. 22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 14 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			



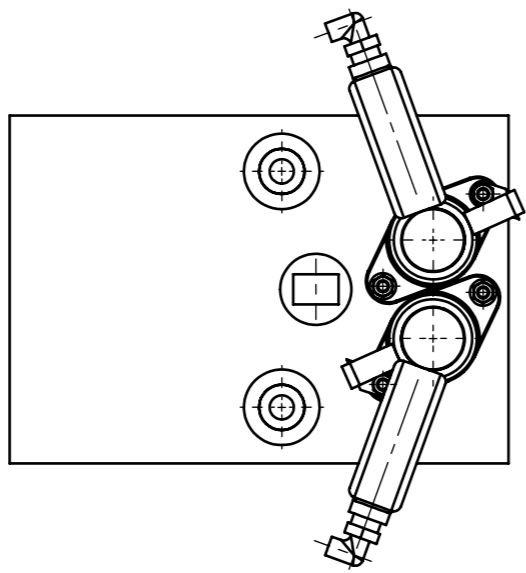
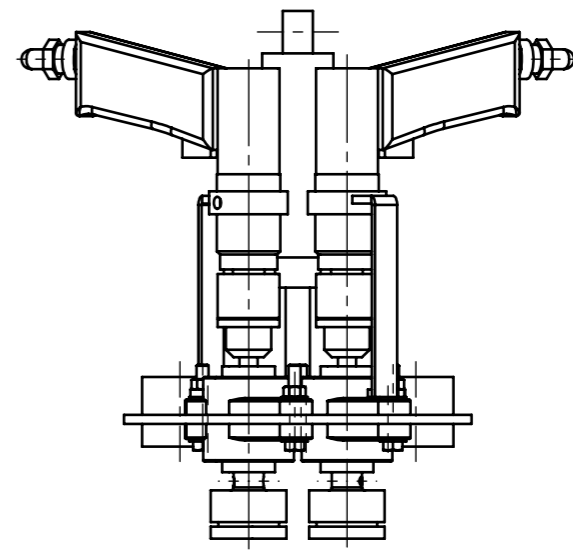
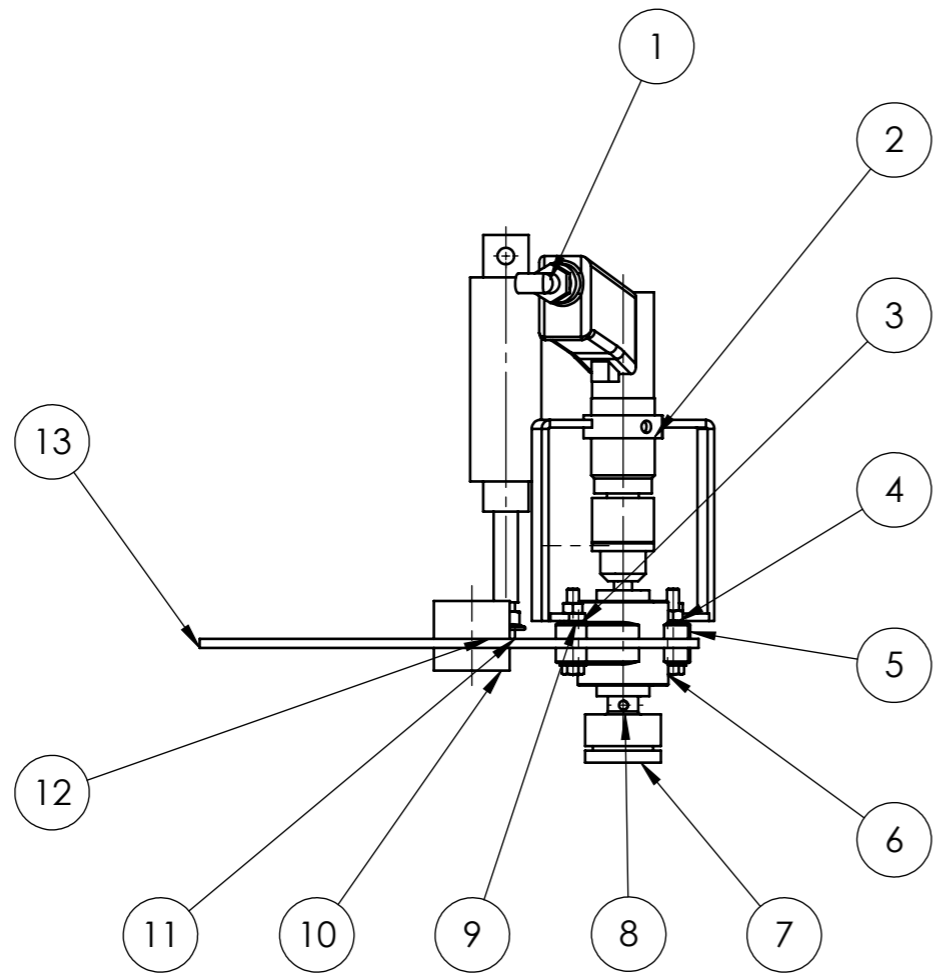
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304 - e= 6 mm	
				±0,5	0.316Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: PLACA SUPERIOR	Escala: 1:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 15 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



					Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304 - e= 6 mm		
					±0,5	0.057Kg			
					Fecha	Nombre	CONECTOR		Escala:
				Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis			2:1
				Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.			
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 16 de 39		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			(Sustitución)		

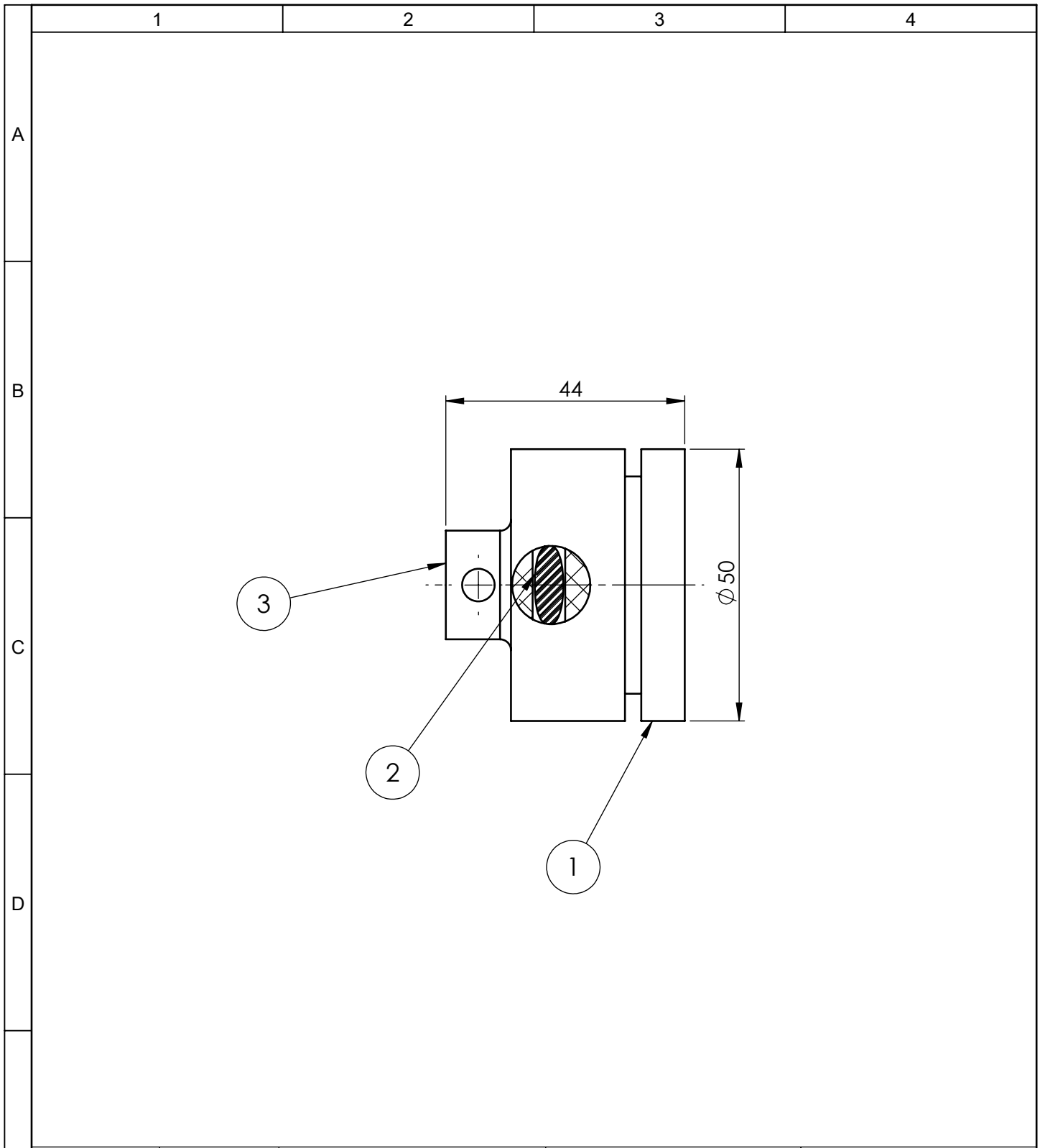


				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304 - e= 6 mm	
				±0,5	0.114Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: PLETINA SUPERIOR	Escala: 1:1
				Dib.	22/06/2015 Cacuangó Luis		
				Rev.	22/06/2015 Ing. Carrillo M.		
				Apro.	22/06/2015 Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 17 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



N.º de pieza	DENOMINACIÓN	N.º de Dibujo/Norma	Material	N.º de orden	N.º del Modelo/Semiproducto	Peso Kg/pz	Observación
1	Base soporte	-	-	13	-	3.55	Ensamble
2	Tuerca guía	M16	Polímero	12	-	0.040	Torneado
1	Actuador neumático	-	-	11	-	-	Adquirido
2	Guía desplazamiento	-	Polímero	10	-	0.053	Torneado
2	Sección fija lateral	-	-	9	-	0.203	Ensamble
2	Eje	AISI 304	Acero	8	-	-	Torneado
2	Boquilla de cierre	-	-	7	-	-	Ensamblado
4	Perno frontal	-	Acero	6	M8X50 mm	-	Adquirido
4	Chumacera	-	Hierro fundido	5	-	-	Adquirido
4	Tuerca frontal	M8	Acero	4	-	-	Adquirido
8	Arandela frontal	M8 - AISI 304	-	3	-	-	Adquirido
2	Taladro	-	-	2	ST-4441	0.9	Adquirido
2	Codo	-	-	1	-	-	Adquirido

		Tolerancia		(Peso)		Materiales: VARIOS	
				20.37 Kg			
		Fecha		Nombre		Denominación:	
		Dib. 22/06/2015		Cacuango Luis		CONJUNTO DE SELLADO	
		Rev. 22/06/2015		Ing. Carrillo M.		Escala:	
		Apro. 22/06/2015		Ing. Carrillo M.		1:5	
		UTA		Número del dibujo:		18 de 39	
		Ing. Mecánica		(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Acople	-	Torneado
2	1	Oring	-	Adquirido
3	1	Boquilla	1060	Torneado

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS						
				$\pm 0,5$	0.09029Kg							
				Fecha	Nombre	BOQUILLA DE CIERRE					Escala:	
				Dib.	22/06/2015						Cacuango Luis	1:1
				Rev.	22/06/2015						Ing. Carrillo M.	
				Apro.	22/06/2015						Ing. Carrillo M.	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 19 de 39						
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)								

1

2

3

4

Torneado



A

B

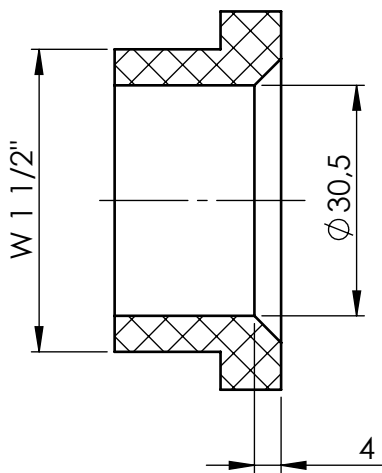
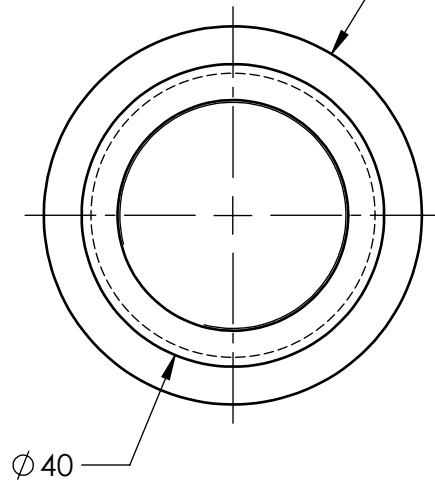
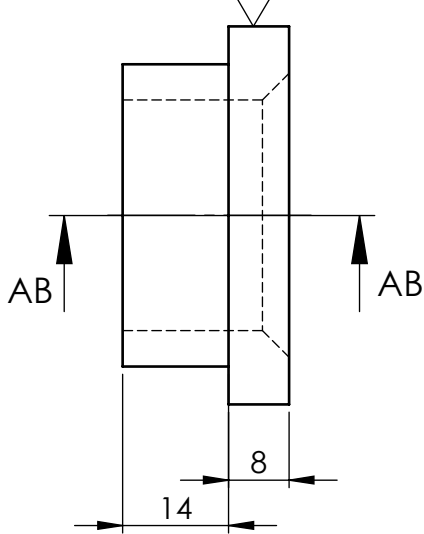
C

D

E

Moletado RGE 06 DIN 82

Ø 50

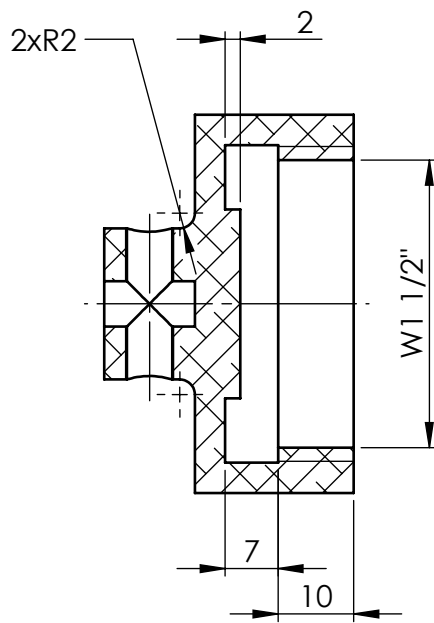
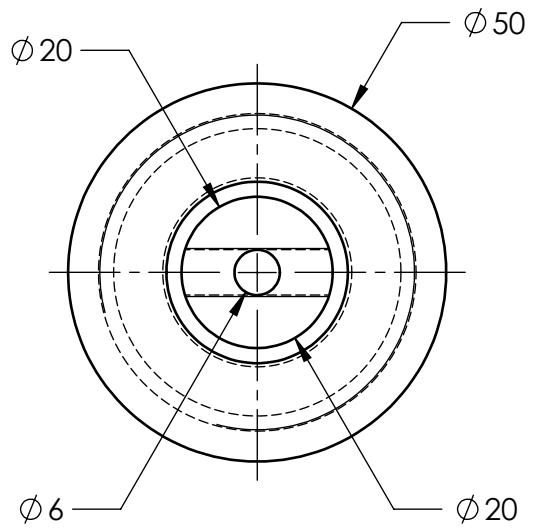
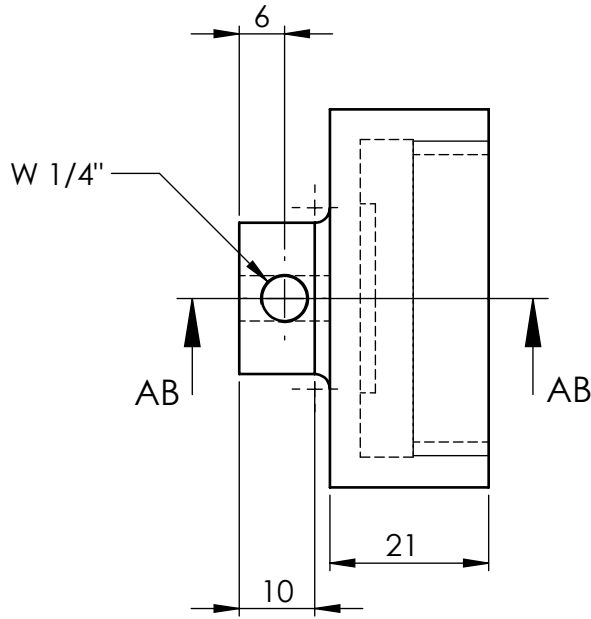


SECCIÓN AB-AB
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: DURALON	
				±0,2	0.0215Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: ACOPLE	Escala: 1:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 20 de 39 (Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			

N7 Torneado

A
B
C
D
E



SECCIÓN AB-AB
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ALEACIÓN 1060	
				±0,2	0.0654Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: BOQUILLA	Escala: 1:1
				Dib. 22/06/2015	Cacuango Luis		
				Rev. 22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				Apro. 22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 21 de 39 (Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			

1

2

3

4

N7

Torneado

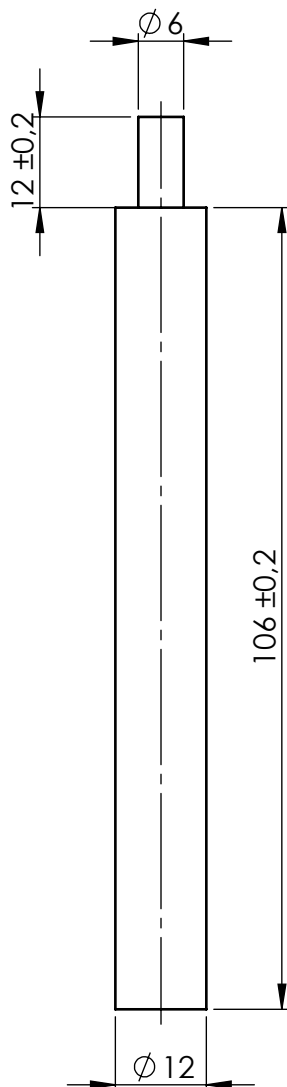
A

B

C

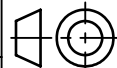
D

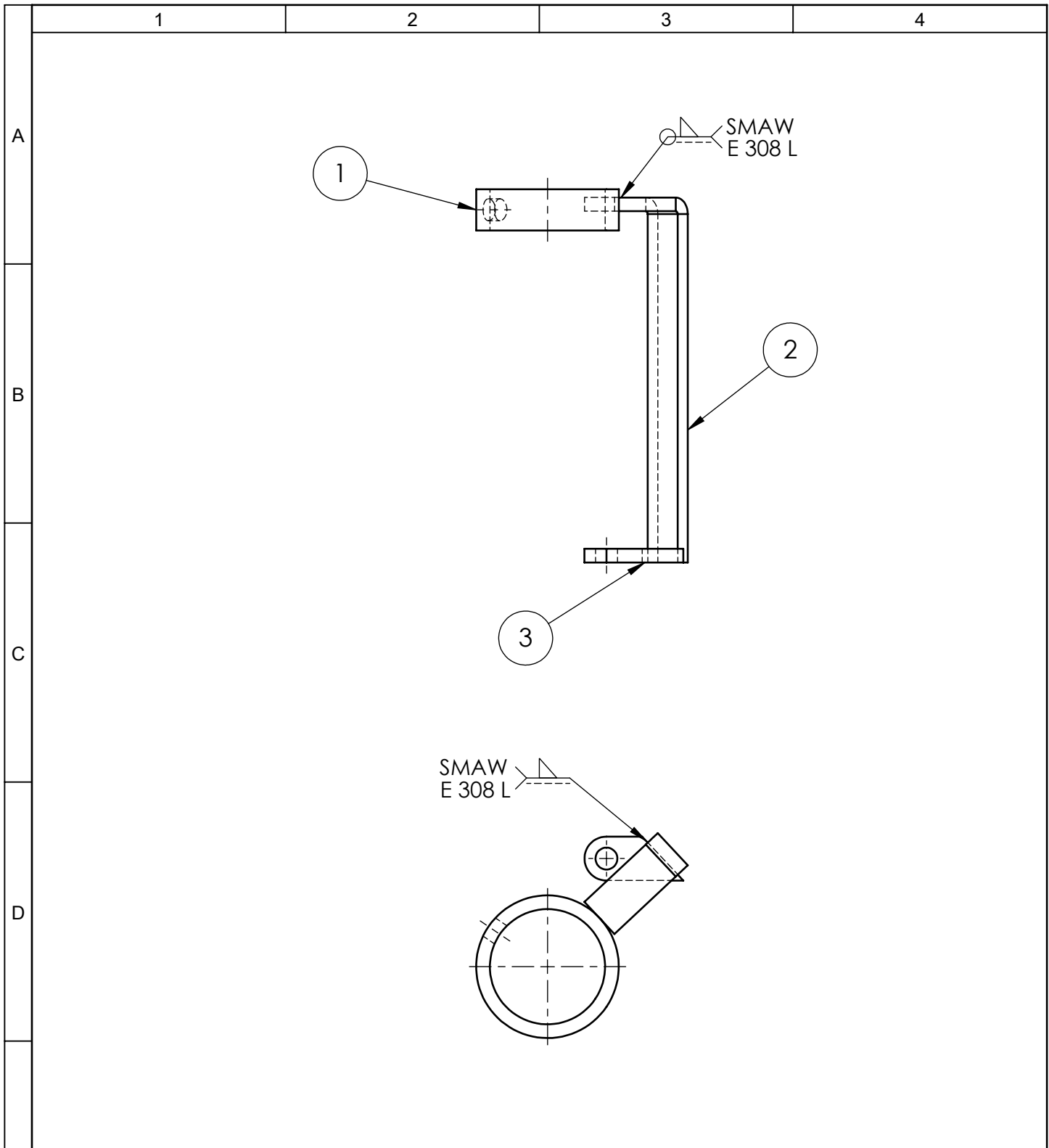
E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				$\pm 0,5$	0.0986 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 22 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica			(Sustitución)

EJE





N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Anillo	-	Adquirido
2	1	Pletina de fijación	AISI 304	Doblado y soldado
3	1	Sección fija	AISI 304	Soldado

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		VARIOS
				±0,5	0.203Kg			
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dib. 22/06/2015	Cacuango Luis	SECCIÓN FIJA LATERAL		1:6
				Rev.	Ing. Carrillo M.			
				Apro.				
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 23 de 39		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

1

2

3

4

N7 Torneado

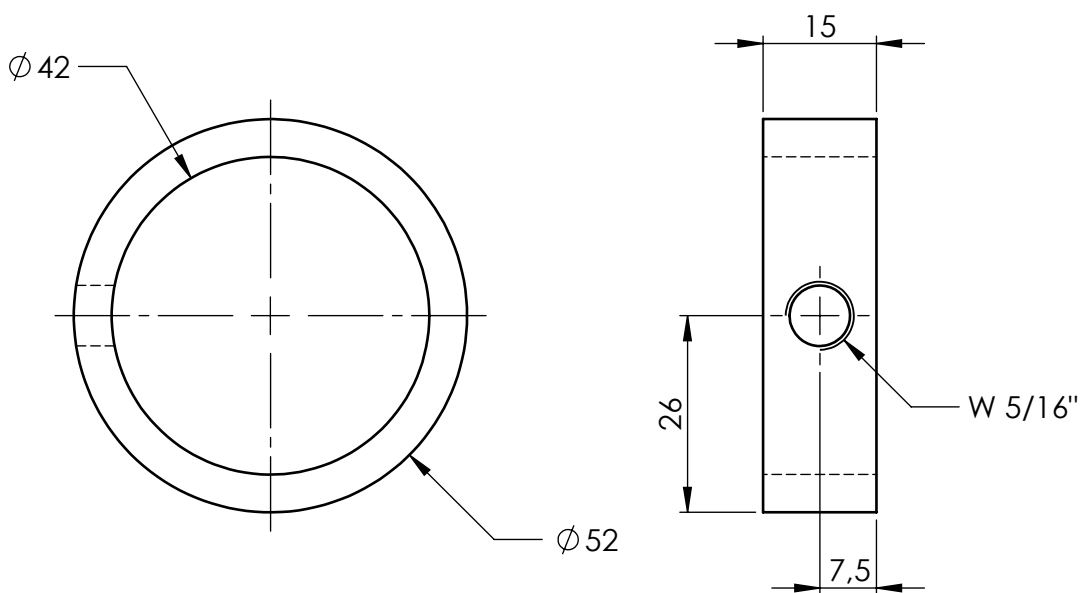
A

B

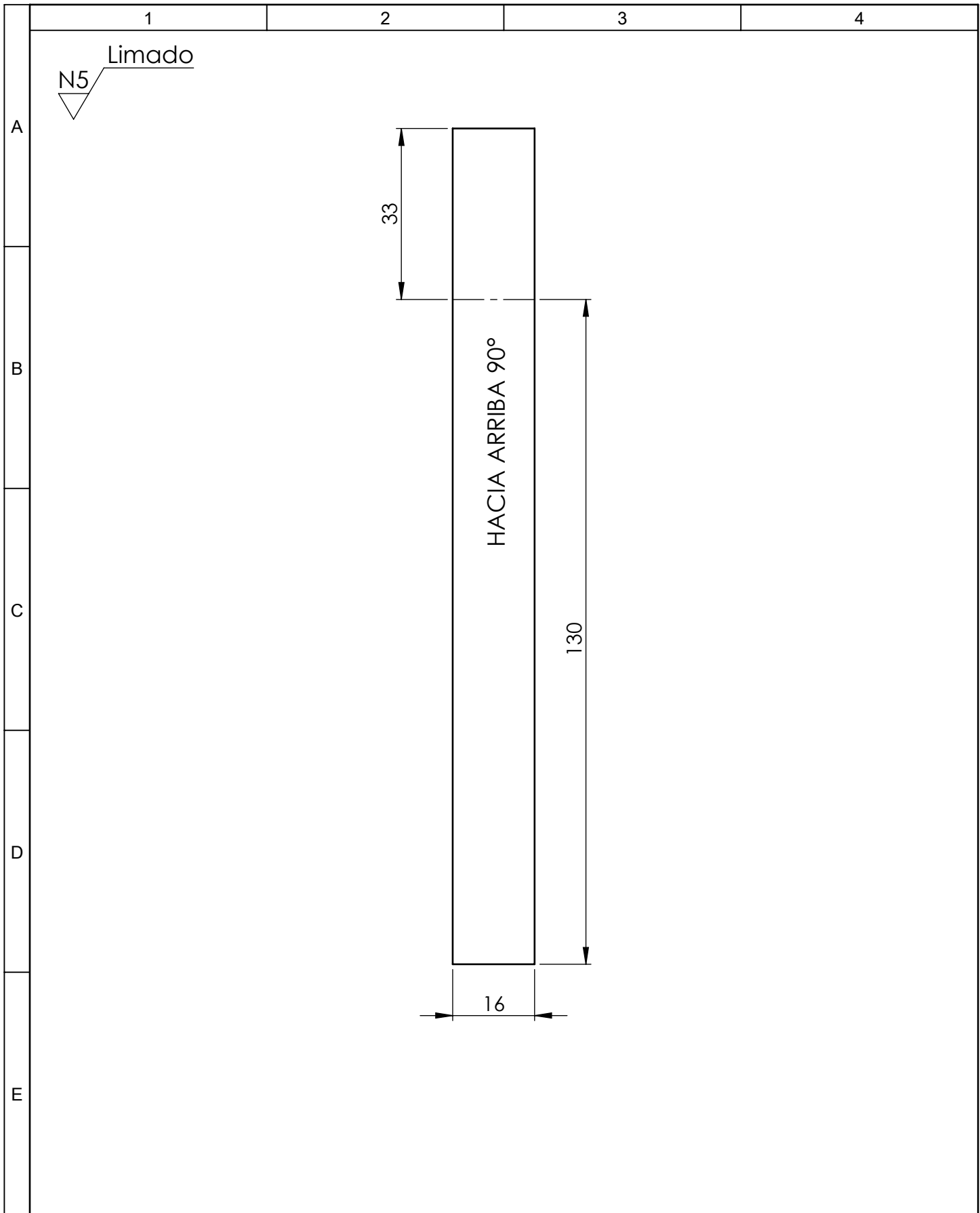
C

D

E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304	
				±0,5	0.086 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: ANILLO	Escala: 1:1
				Dib.	22/06/2015 Cacuango Luis		
				Rev.	22/06/2015 Ing. Carrillo M.		
				Apro.	22/06/2015 Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 24 de 39 (Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A36 - e= 6 mm	
				±0,5	0.102Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: PLETINA DE FIJACIÓN	Escala: 1:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 25 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

Limado

N5

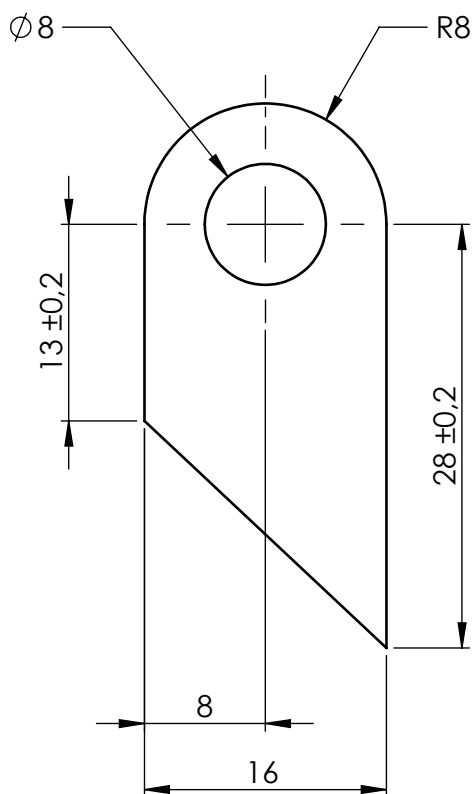
A

B

C

D

E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A36 - e= 6 mm		
				±0,5	0.014Kg			
				Fecha	Nombre	Denominación: SECCIÓN FIJA	Escala: 2:1	
				Dib.	22/06/2015			Cacuango Luis
				Rev.	22/06/2015			Ing. Carrillo M.
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 26 de 39		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

1

2

3

4

N7 Torneado

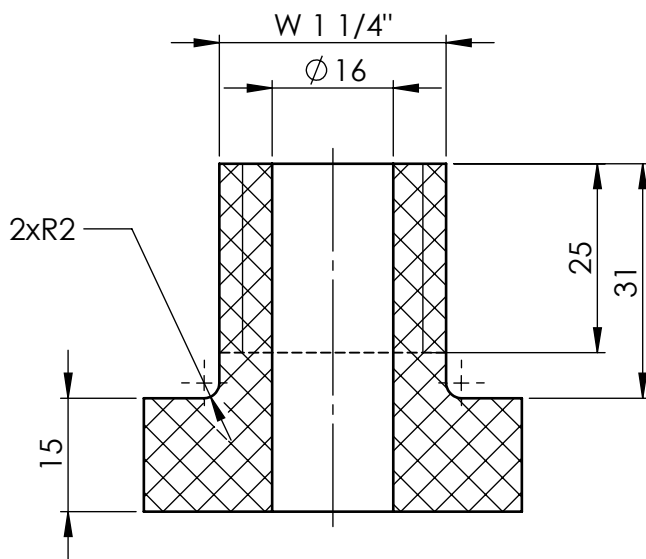
A

B

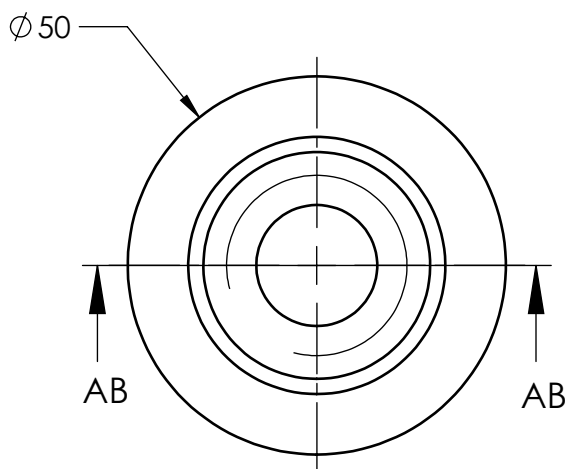
C

D

E



SECCIÓN AB-AB
ESCALA 1 : 1



Tolerancia

(Peso)

Materiales: DURALON

±0,5

0.053Kg

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dib. 22/06/2015 Cacuangó Luis

Rev. 22/06/2015 Ing. Carrillo M.

Apro. 22/06/2015 Ing. Carrillo M.

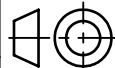
GUÍA DESPLAZAMIENTO

1:1

UTA
Ing. Mecánica

Número del dibujo: 27 de 39

(Sustitución)



Edición

Modificación

Fecha

Nombre

1

2

3

4

N7

Torneado

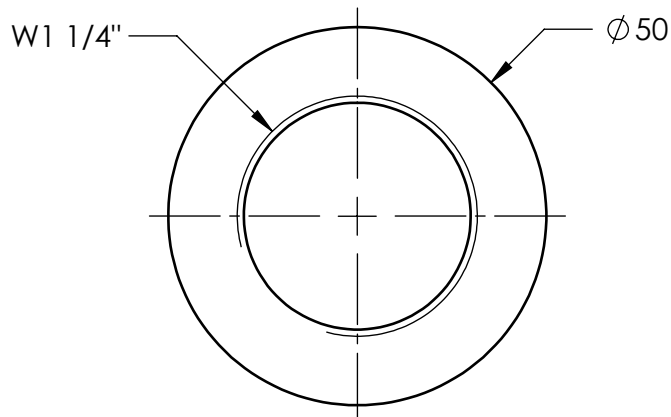
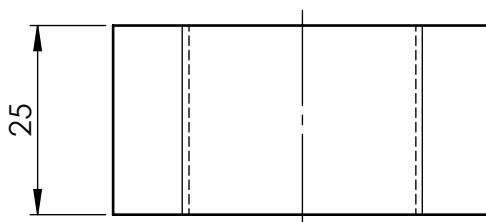
A

B

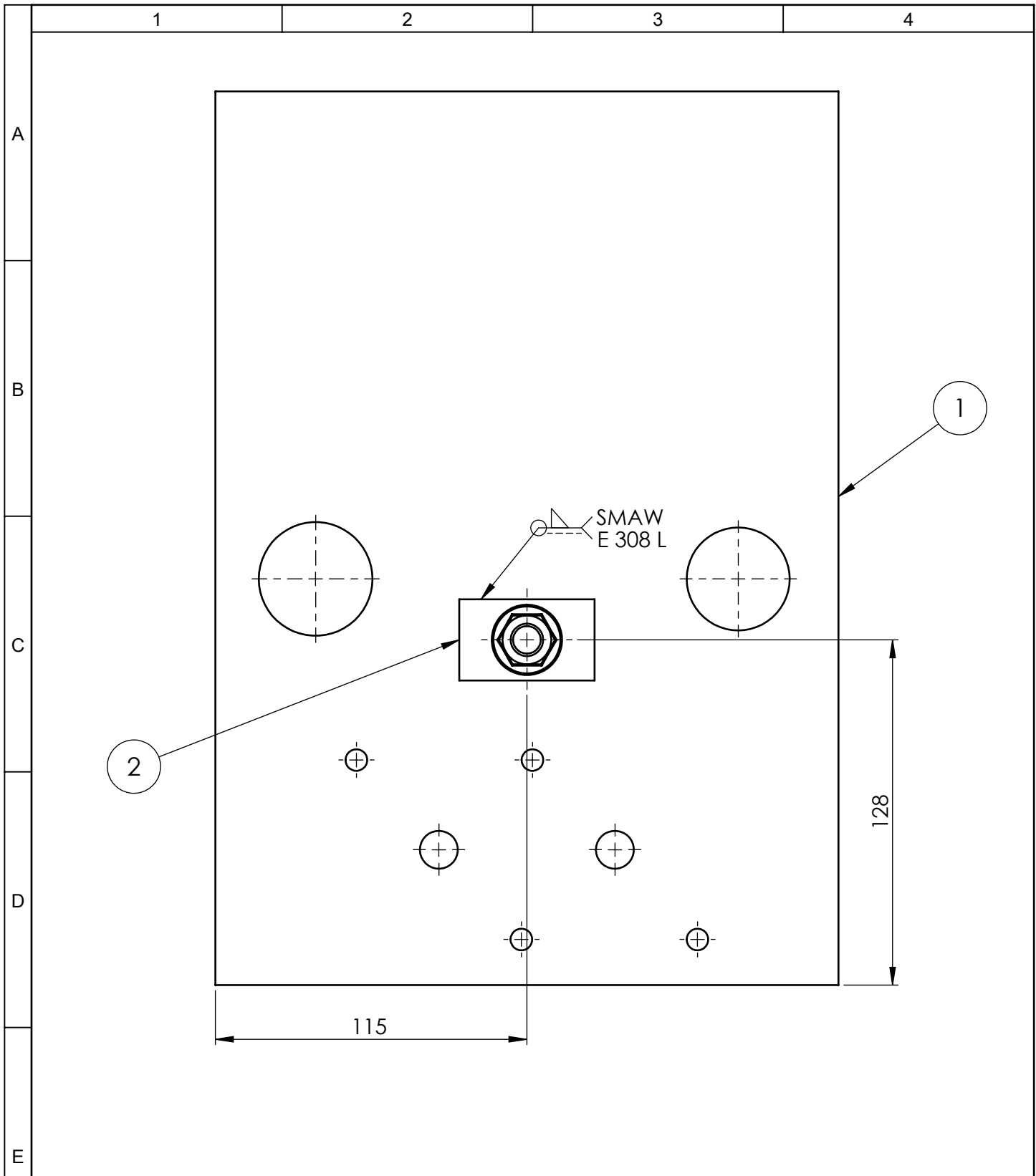
C

D

E

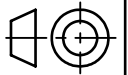


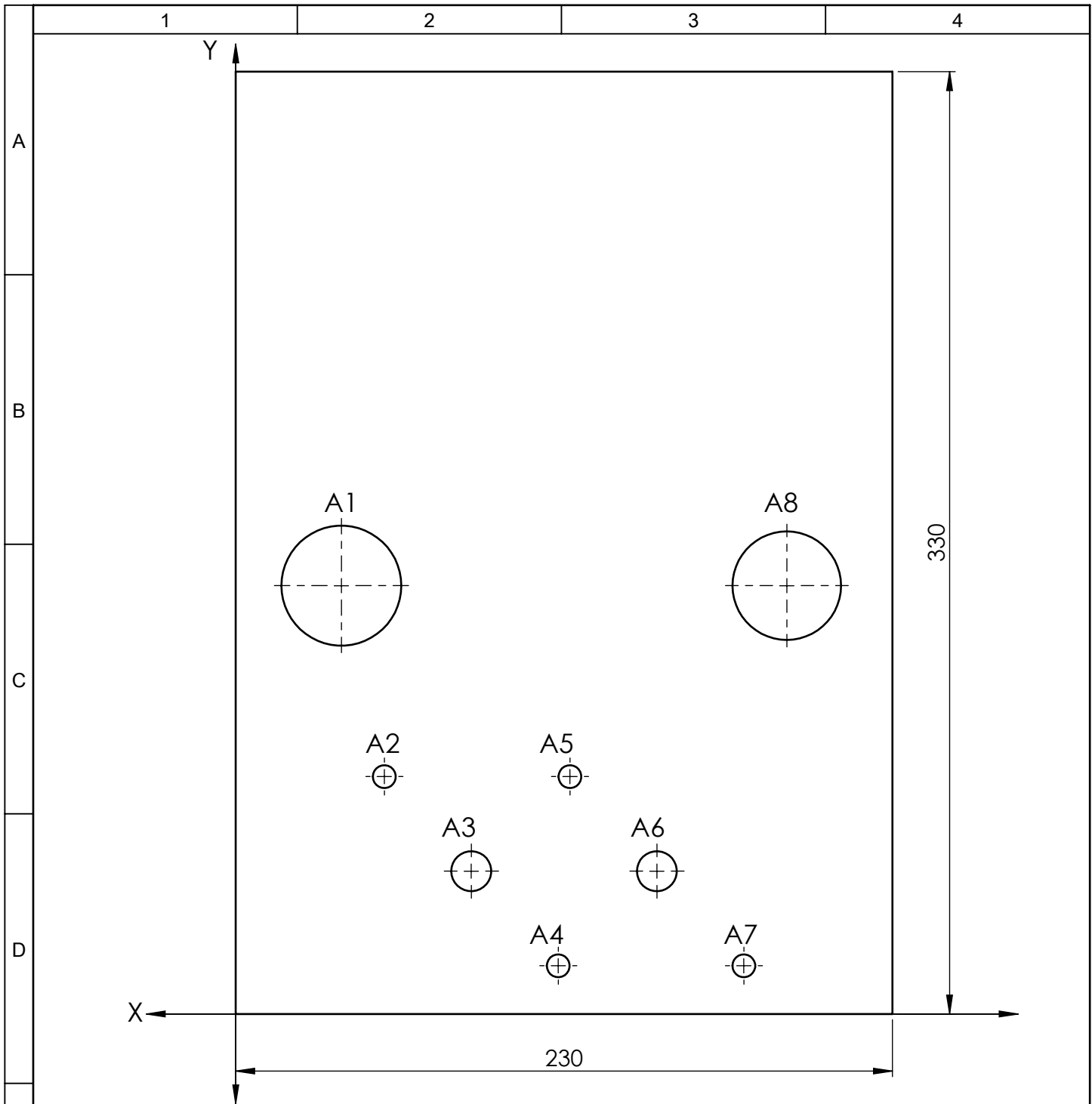
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: DURALON	
				±0,5	0.0408Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: TUERCA GUÍA	Escala: 1:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 28 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Plancha conjunto	ASI 304	Soldado y pulido
2	1	Conjunto de unión	-	Ensamble

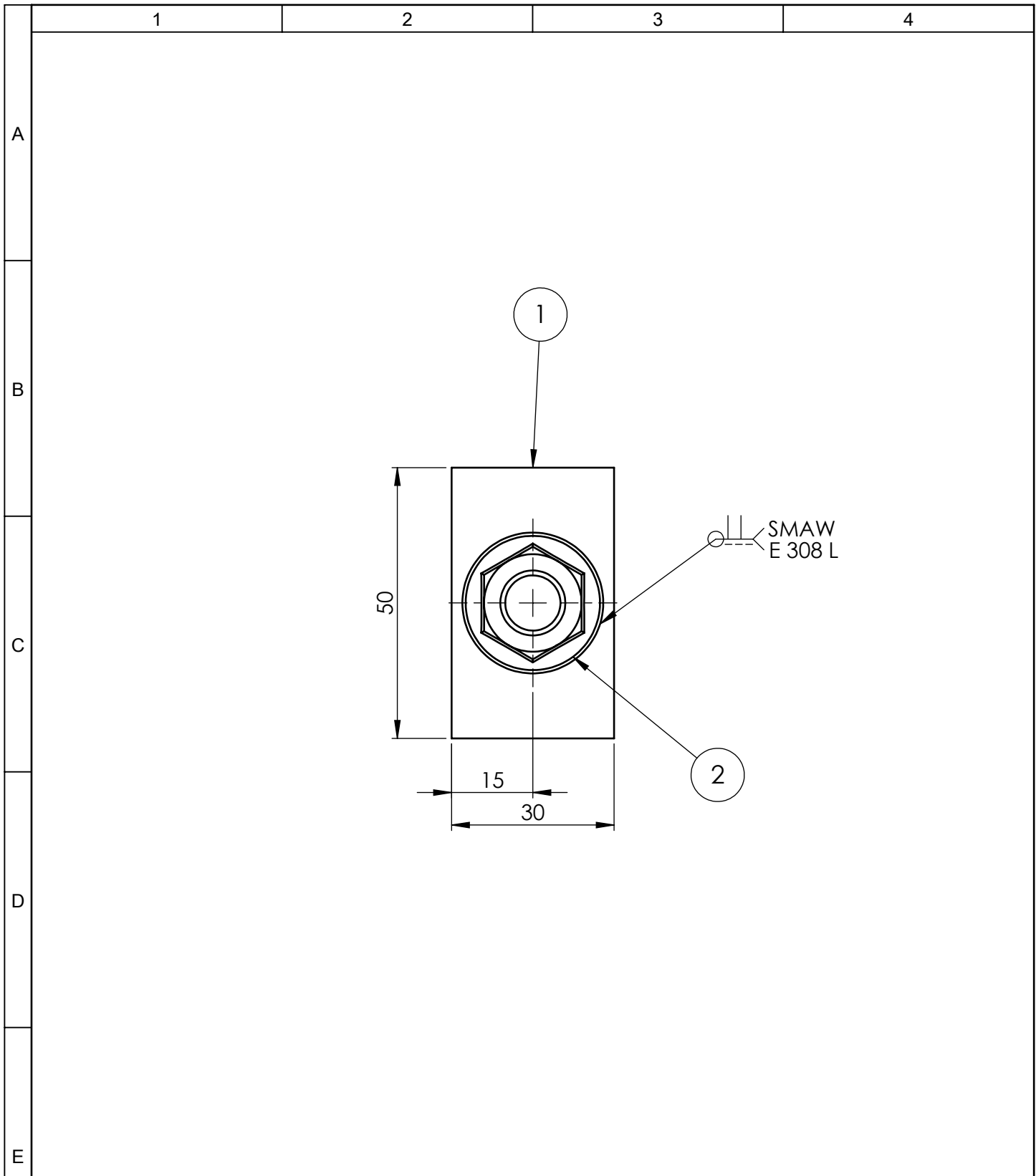
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS	
				±0,5	3.551Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: BASE SOPORTE	Escala: 1:2
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 29 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	





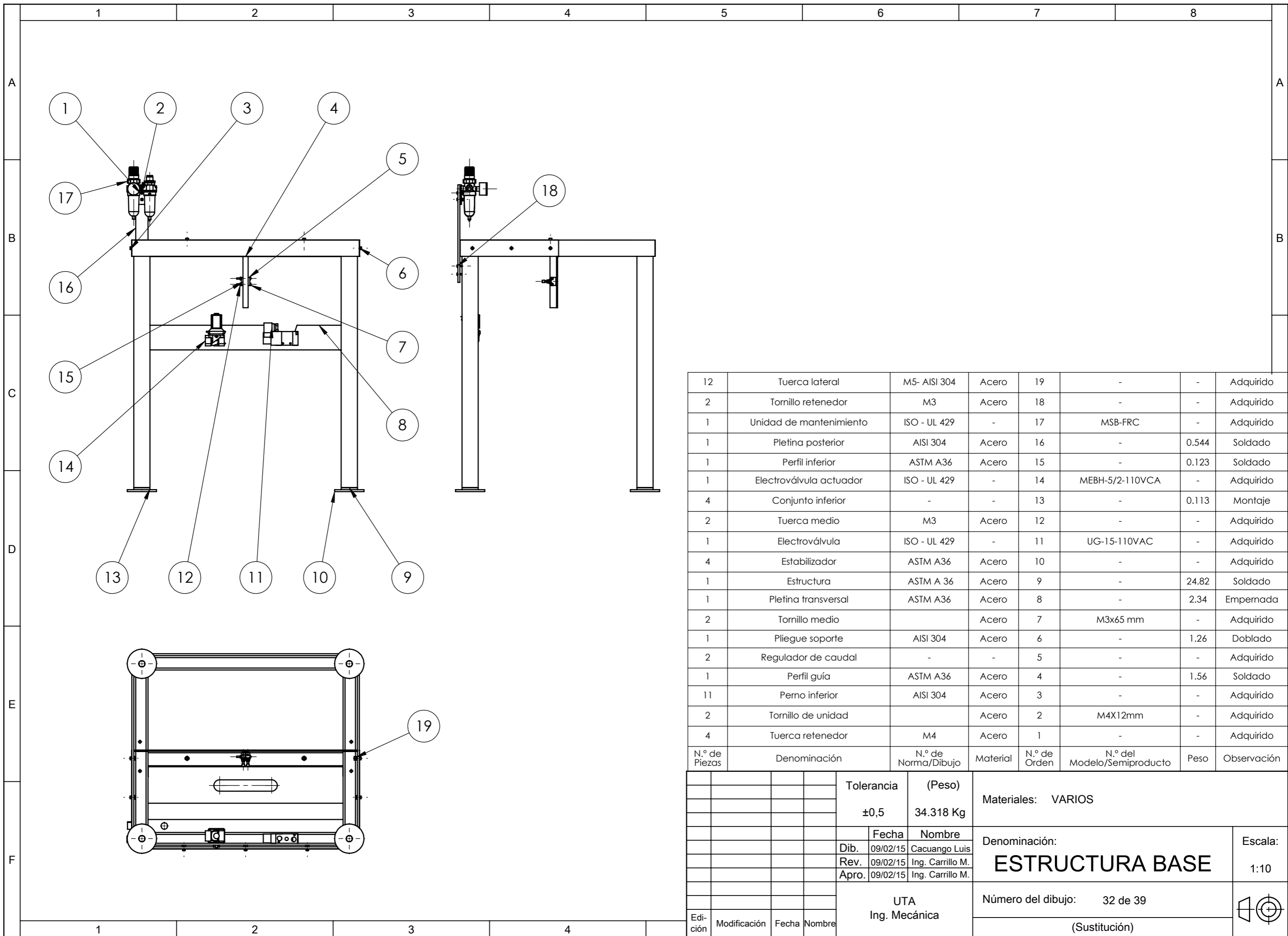
RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	DIÁMETRO
A1	37	150	42
A2	52	83	8
A3	83	50	14
A4	112	17	8
A5	117	83	8
A6	147	50	14
A7	178	17	8
A8	193	150	42

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304 - e= 6 mm	Escala:
				±0,5	3.482Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: PLANCHA CONJUNTO	1:2
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 30 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			



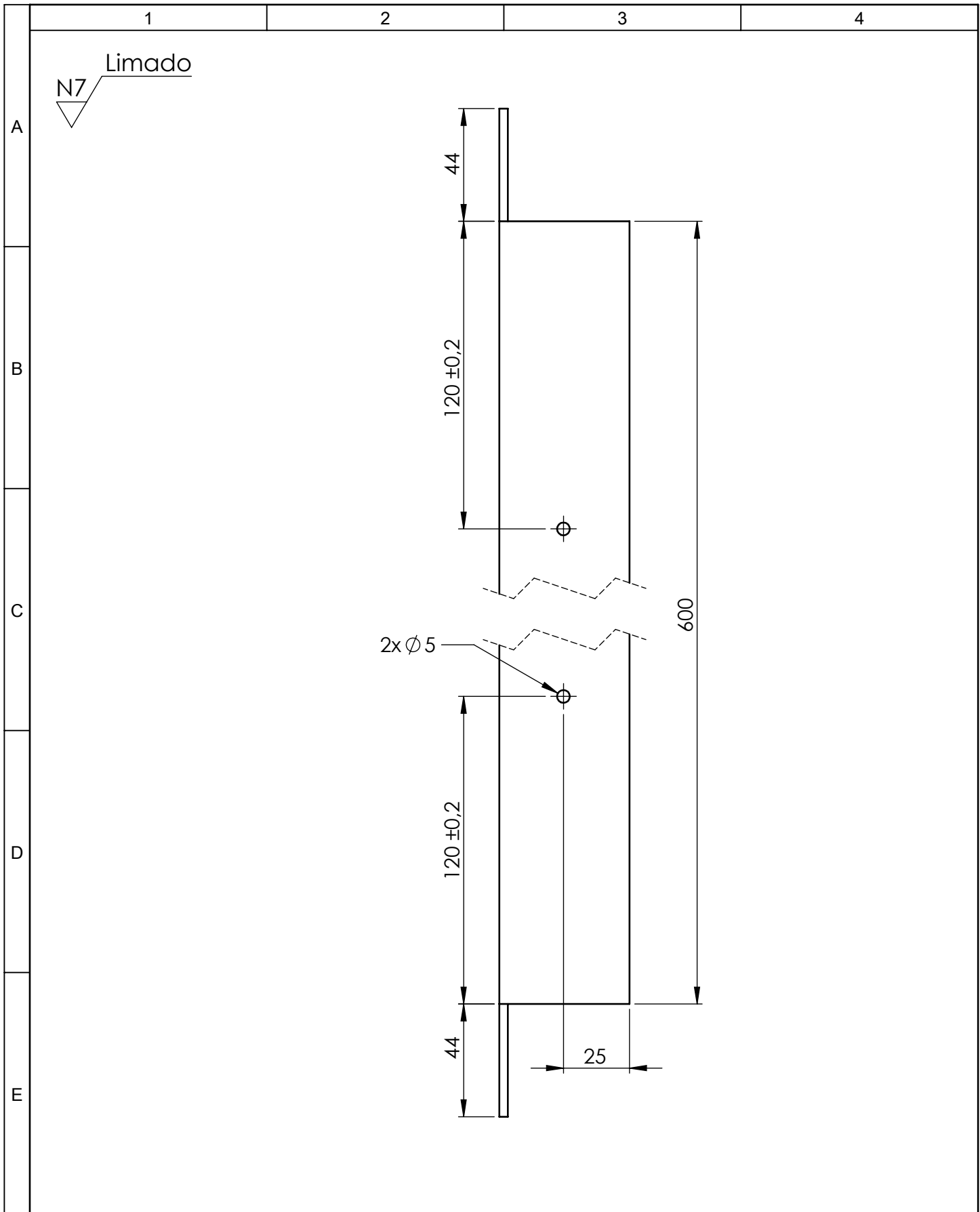
N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Pletina de agarre	AISI 304 - 6 mm	Soldado
2	1	Tuerca base		Adquirido

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS	
				±0,5	0.069Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: CONJUNTO DE UNIÓN	Escala: 1:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 31 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

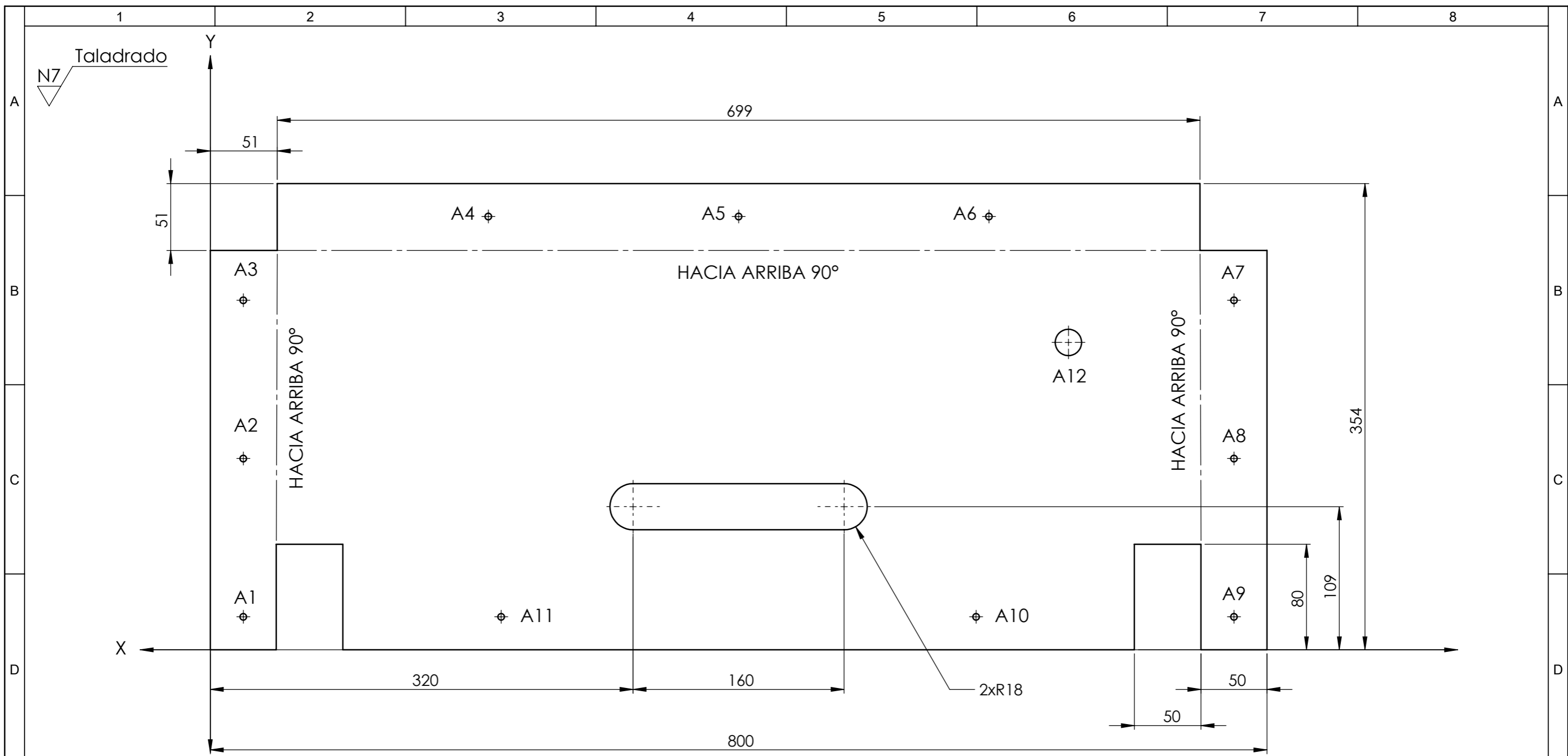


12	Tuerca lateral	M5- AISI 304	Acero	19	-	-	Adquirido
2	Tornillo retenedor	M3	Acero	18	-	-	Adquirido
1	Unidad de mantenimiento	ISO - UL 429	-	17	MSB-FRC	-	Adquirido
1	Pletina posterior	AISI 304	Acero	16	-	0.544	Soldado
1	Perfil inferior	ASTM A36	Acero	15	-	0.123	Soldado
1	Electroválvula actuador	ISO - UL 429	-	14	MEBH-5/2-110VCA	-	Adquirido
4	Conjunto inferior	-	-	13	-	0.113	Montaje
2	Tuerca medio	M3	Acero	12	-	-	Adquirido
1	Electroválvula	ISO - UL 429	-	11	UG-15-110VAC	-	Adquirido
4	Estabilizador	ASTM A36	Acero	10	-	-	Adquirido
1	Estructura	ASTM A 36	Acero	9	-	24.82	Soldado
1	Pletina transversal	ASTM A36	Acero	8	-	2.34	Empernada
2	Tornillo medio		Acero	7	M3x65 mm	-	Adquirido
1	Piiegue soporte	AISI 304	Acero	6	-	1.26	Doblado
2	Regulador de caudal	-	-	5	-	-	Adquirido
1	Perfil guía	ASTM A36	Acero	4	-	1.56	Soldado
11	Perno inferior	AISI 304	Acero	3	-	-	Adquirido
2	Tornillo de unidad		Acero	2	M4X12mm	-	Adquirido
4	Tuerca retenedor	M4	Acero	1	-	-	Adquirido
N.º de Piezas	Denominación	N.º de Norma/Dibujo	Material	N.º de Orden	N.º del Modelo/Semiproducto	Peso	Observación

Tolerancia		(Peso)		Materiales: VARIOS		
±0,5		34.318 Kg				
Fecha		Nombre		Denominación: ESTRUCTURA BASE		
Dib. 09/02/15		Cacuango Luis				
Rev. 09/02/15		Ing. Carrillo M.				
Apro. 09/02/15		Ing. Carrillo M.		Escala: 1:10		
UTA Ing. Mecánica				Número del dibujo: 32 de 39		
				(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			



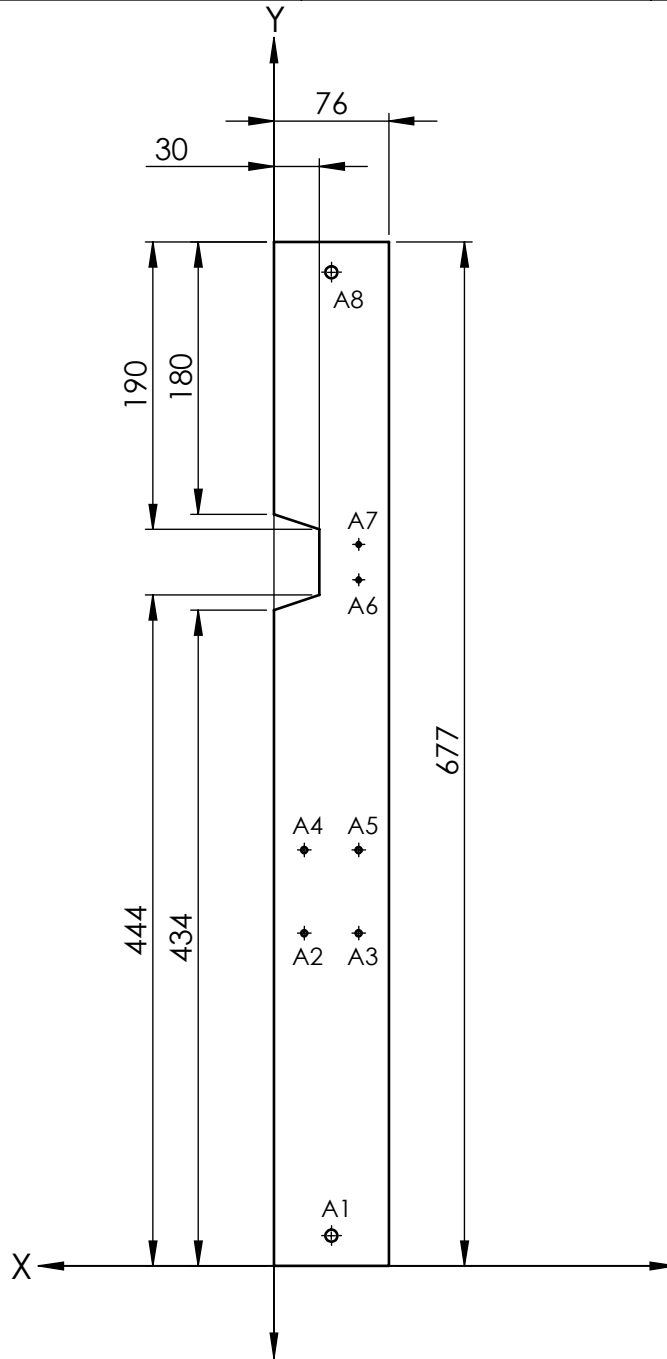
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A36- Ángulo 50x50x6 m	
				$\pm 0,5$	1.566Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: PERFIL GUÍA	Escala: 1:2
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 33 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	DIÁMETRO
A1	25	25	5
A2	25	145	5
A3	25	265	5
A4	210	328	5
A5	400	328	5
A6	590	328	5
A7	775	265	5
A8	775	145	5
A9	775	25	5
A10	580	25	5
A11	220	25	5
A12	650	233	20

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: LÁMINA DE ACERO AISI 304 - e = 0.6 mm	
				±0,5	1.26 Kg		
					Fecha	Nombre	Denominación: PLIEGUE SOPORTE
				Dib.	09/02/15	Cacuango Luis	
				Rev.	09/02/15	Ing. Carrillo M.	
				Apro.	09/02/15	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:3
				UTA Ing. Mecánica			
				Número del dibujo: 34 de 39			
				(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

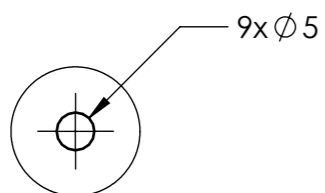
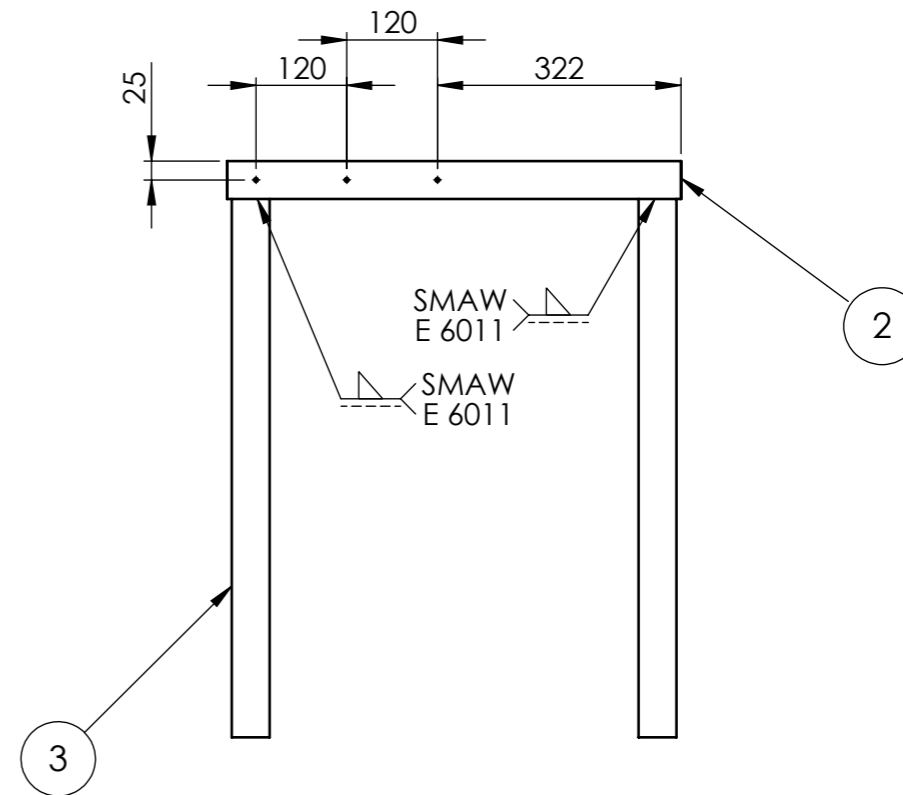
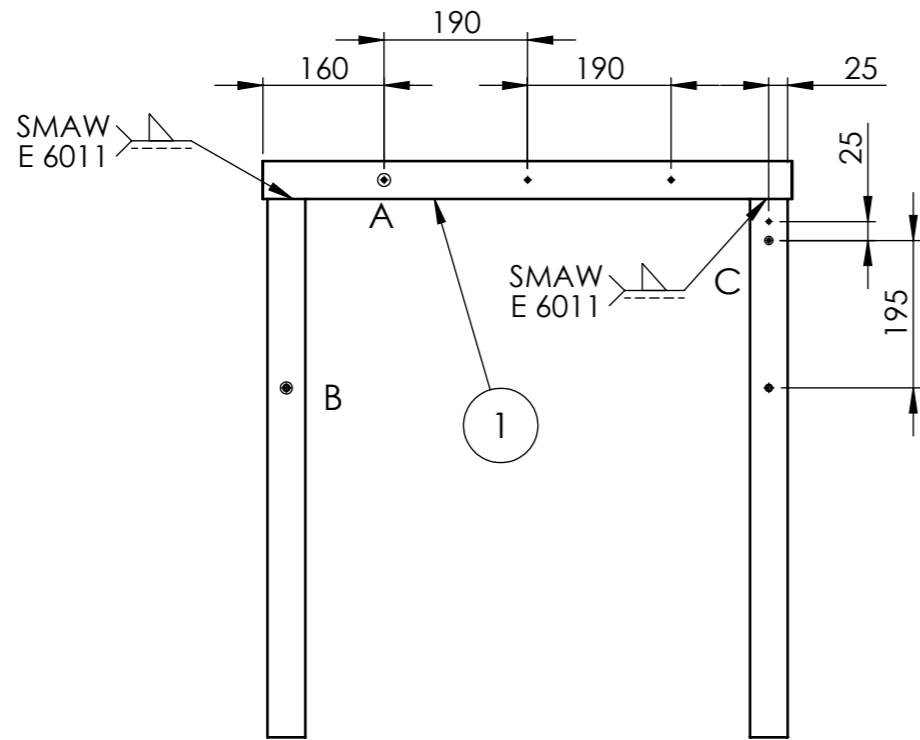
N5 Limado



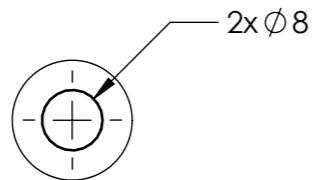
RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	DIÁMETRO
A1	38	20	8
A2	20	220	6
A3	56	220	6
A4	20	275	6
A5	56	275	6
A6	56	454	6
A7	56	477	6
A8	38	657	8

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36 - e= 6 mm	
				±0,5	2.34Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: PLETINA TRANSVERSAL	Escala: 1:5
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 35 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	

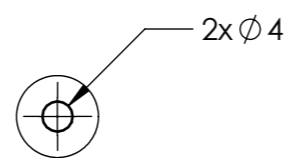
N5 Pulido



DETALLE A
ESCALA 1:1

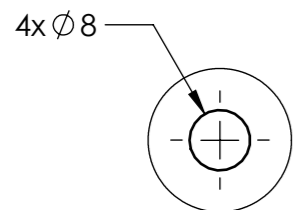


DETALLE B
ESCALA 1:1

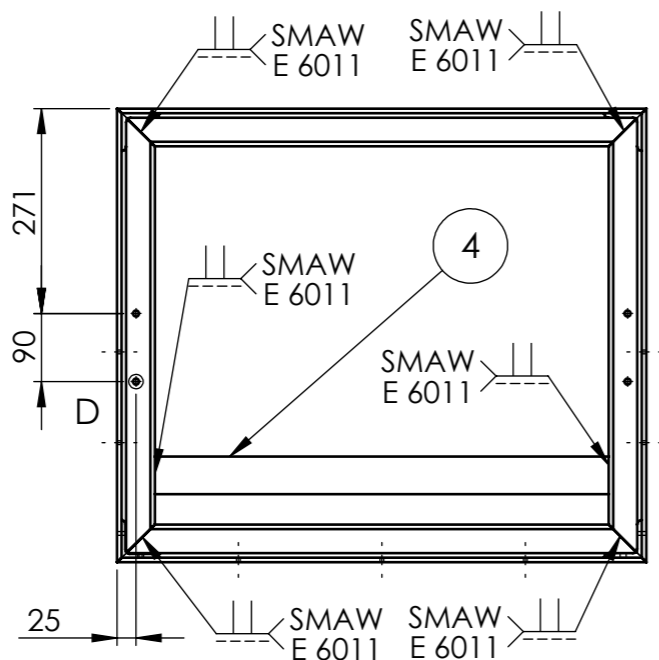


DETALLE C
ESCALA 1:1

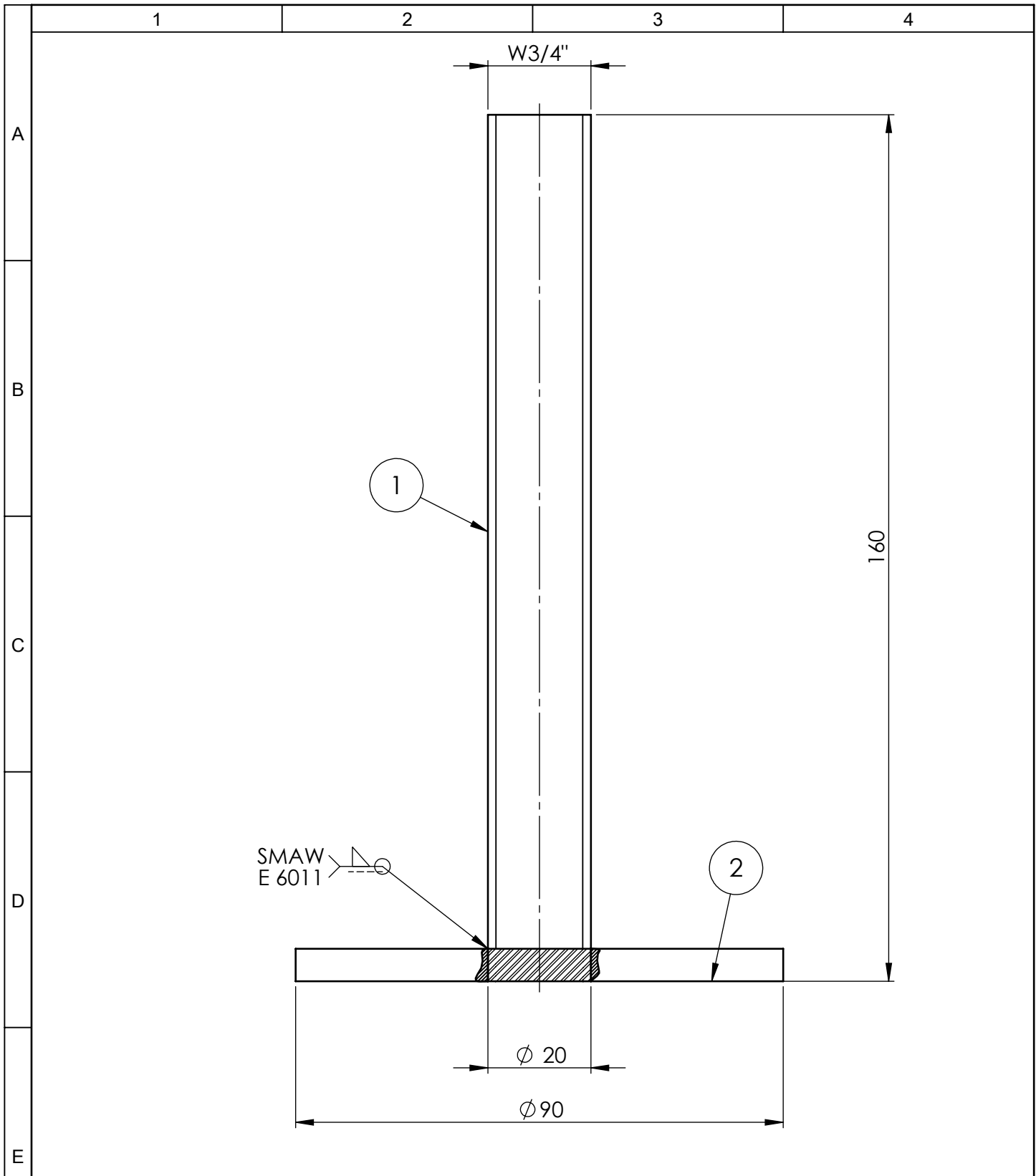
N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
1	2	Ángulo -50X50X6 mm	700
2	2	Ángulo -50X50X6 mm	600
3	4	Ángulo -50X50X6 mm	750
4	1	Pletina DE 50X6 mm	600



DETALLE D
ESCALA 1:1

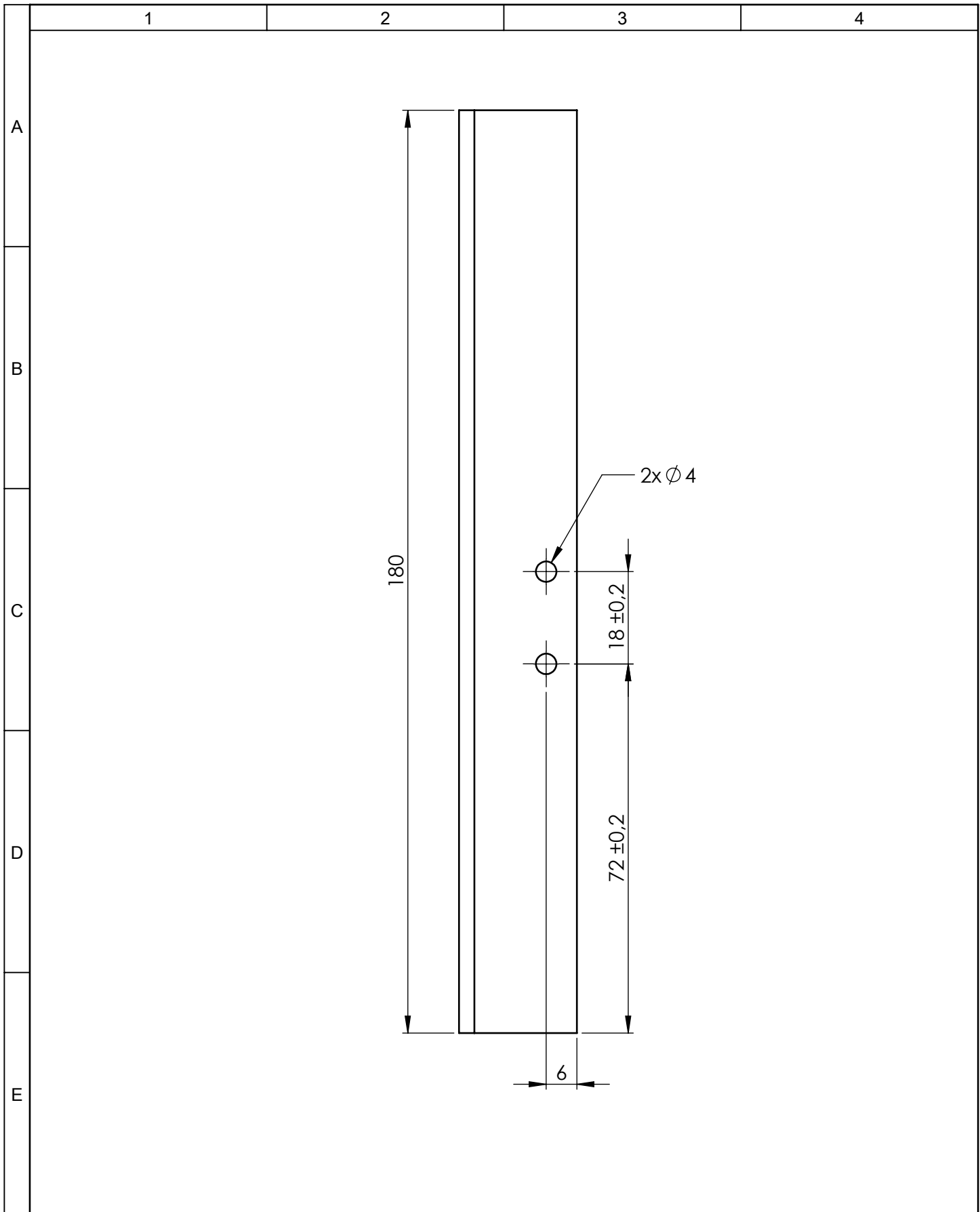


Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Tolerancia	(Peso)	Materiales: ACERO ASTM A36	
				±0,5	24.86 Kg		
					Fecha	Nombre	Denominación: ESTRUCTURA
				Dib.	09/02/15	Cacuango Luis	
				Rev.	09/02/15	Ing. Carrillo M.	
				Apro.	09/02/15	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:10
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 36 de 39	
						(Sustitución)	

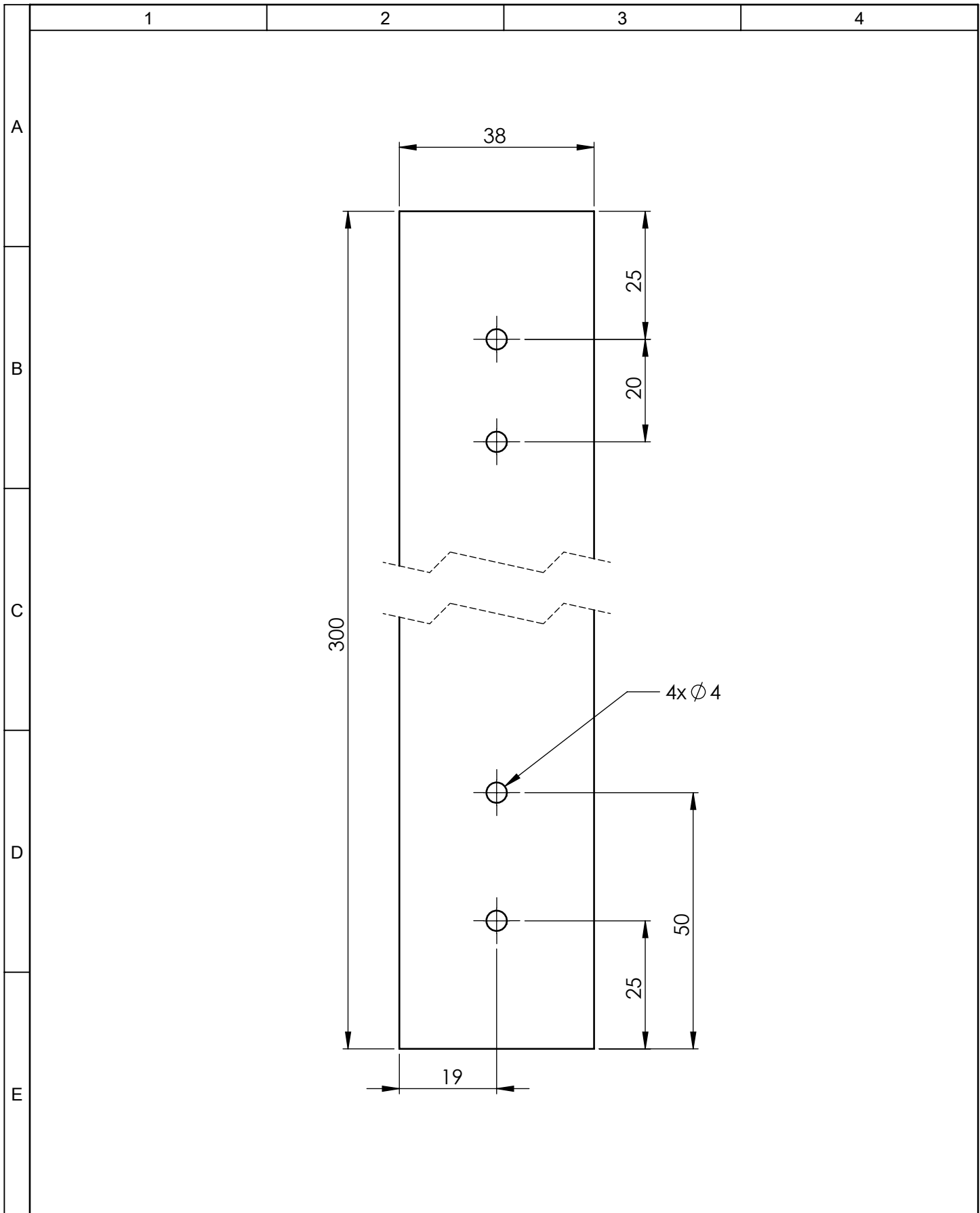


N.º de orden	N.º de pieza	Denominación	N.º de Dibujo/Norma	Observación
1	1	Base roscada	ASTM A36	Adquirido
2	1	Base circular	ASTM A36 - e 6 mm	Soldado

				Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS	
				±0,5	0.643Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: ESTABILIZADOR	Escala: 1:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 37 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A36 - T 20x20x3 mm	
				±0,5	0.123Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: PERFIL INFERIOR	Escala: 1:1
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
			Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 38 de 39	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 304 - e = 6 mm	
				±0,5	0.544Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	22/06/2015	Cacuango Luis		
			Rev.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.		
				Apro.	22/06/2015	Ing. Carrillo M.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 39 de 39	
				Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	