

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo estructurado de manera independiente.

TEMA:

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.

AUTOR: **Egdo. Eliza Sailema**

AMBATO – ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del presente trabajo de investigación, bajo el tema “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” elaborado por la señorita Eliza Verónica Sailema Sailema, egresada da la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, certifico:

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

Ambato, julio del 2013

Ing. Mauricio Carrillo
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado bajo el tema “*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.*” me corresponde exclusivamente a mi persona como autor del presente proyecto, con la tutoría del Ingeniero Maurico Carrillo.

Egdo. Eliza Sailema
AUTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios, a mis Padres, a mi Esposo y en especial a mi querido hijo Pablito Martin, por ser quien me ha dado las fuerzas necesarias para seguir adelante, ya que gracias a su cariño, comprensión, paciencia, amor y su apoyo incondicional me convertí en un ser integral, y de las cuales me siento extremadamente orgullosa.

PAGINAS PRELIMINARES

CARÁTULA	I
CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
RESUMEN EJECUTIVO	XII

ÍNDICE GENERAL

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO	2
1.2.3 PROGNOSIS	2
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES	3
1.2.6 DELIMITACIÓN	3
1.2.6.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS.....	3
1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	4
1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO II	6

MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	7
2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	7
2.3.1 LA LÓGICA DE CONTROL INDUSTRIAL.....	7
2.3.2 LÓGICA CABLEADA.....	7
2.3.2.1 SISTEMAS NEUMÁTICOS.....	8
2.3.2.2 SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	12
2.3.2.3 SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	14
2.3.3 LÓGICA PROGRAMADO.....	17
2.3.3.1 EL CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE.....	17
2.3.3.2 MICROPROCESADOR.....	20
2.3.3.3 PC INDUSTRIAL.....	20
2.3.4 SISTEMAS COMBINACIONALES Y SECUENCIALES.....	21
2.3.5 PROCESO DE SELLADO.....	23
2.3.6 ENROSCADORA MECÁNICA.....	24
2.3.7 SELLADO POR INDUCCIÓN.....	26
2.3.8 SISTEMAS DE CONTROL.....	28
2.3.9 CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS DE CONTROL.....	30
2.3.9.1 CIRCUITOS DE POTENCIA.....	30
2.3.9.2 ESQUEMA DE MANDO.....	30
2.3.9.3 MANDO PILOTO.....	31
2.3.10 INTERRUPTOR ELÉCTRICO.....	31
2.3.11 SIMBOLIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS.....	32
Tabla3.1 Clasificación de los plásticos.....	32
2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	34
2.5 HIPÓTESIS.....	35
2.5.1 VARIABLES.....	35
2.5.2 TÉRMINO DE RELACIÓN.....	35
CAPÍTULO III.....	36
METODOLOGÍA.....	36

3.1 ENFOQUE	36
3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.2.1 MODALIDAD.....	36
3.2.2 TIPOS	37
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	37
3.3.1 POBLACIÓN.....	37
3.3.2 MUESTRA	38
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	39
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	41
3.5.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	41
3.5.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	42
CAPÍTULO IV.....	43
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	43
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	43
4.2 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	43
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	49
4.3.1 RESULTADO TÉCNICO DEL PROCESO DE SELLADO DE BOTELLAS	49
4.3.2 RESULTADO DEL PROCESO MANUAL.....	51
CAPÍTULO V	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1 CONCLUSIONES.....	56
5.2 RECOMENDACIONES	57
CAPÍTULO VI.....	58
PROPUESTA.....	58
6.1 DATOS INFORMATIVOS	58
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	59
6.3 JUSTIFICACIÓN.....	59
6.4 OBJETIVOS.....	60
6.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	60

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	60
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	60
6.6 FUNDAMENTACIÓN	61
6.6.1 SELECCIÓN DE LOS ACEROS.....	61
6.6.2 SELECCIÓN DEL MOTOR	61
6.6.3 CÁLCULO DE LA PRESIÓN REQUERIDA	63
6.6.4 SELECCIÓN DE LA BANDA.....	63
6.6.5 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DEL EJE QUE TRANSMITE LA POTENCIA.....	70
6.6.6 SELECCIÓN DEL RODAMIENTO.....	75
6.6.7 RESISTENCIA DE LA COLUMNA VERTICAL DE LA MÁQUINA	77
6.6.8 LÁMINA DE ACERO.....	80
6.7 METODOLOGÍA	85
6.8 ADMINISTRACIÓN	87
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	88
BIBLIOGRAFÍA	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Símbolo de una válvula direccional 4/3	10
Figura 2.2: Válvula distribuidora 2/2	10
Figura 2.3: Válvula 2/2 conectada a un cilindro por medio de tubos	11
Figura 2.4: Electroválvula neumática	11
Figura 2.5: Diagrama de un sistema neumático simple	12
Figura 2.6: Esquema de un circuito hidráulico	14
Figura 2.7: Esquemización del PLC.....	18
Figura 2.8: PLC (controlador lógico programable).....	19
Figura 2.9: Microprocesador	20
Figura 2.10: Puertos	21

Figura 2.11: Sistema Combinacional	21
Figura 2.12: Compuertas NAND y NOR	22
Figura 2.13: Sistema Secuencial	22
Figura 2.14: Enroscadora mecánica	25
Figura 2.15: Sección transversal por el cabezal taponador de la enroscadora Modulcap CM	26
Figura 2.16: Sistema de sellado por inducción	27
Figura 2.17: Sistema de control en lazo cerrado	29
Figura 2.18: Sistema de control en lazo abierto	30
Figura 2.19: Esquema de mando	31
Figura 2.20: Interruptor Eléctrico	32
Figura 2.21: Botella pet.....	34
Gráfico: 4.1 Proceso automático de tapado.....	51
Gráfico: 4.2 Proceso manual de tapado.....	53
Gráfico: 4.3 Proceso automático y manual de tapado.....	54
Figura: 6.1 Diagrama de cuerpo libre	70
Figura: 6.2 Diagrama de corte y momento	71
Figura: 6.4 Diagrama de corte y momento.....	84
Figura: 6.6 Flujograma de la máquina selladora de botellas.....	86
Cuadro de la sección de la banda	93
Factor de tamaño según sea el caso.....	97
Factor de temperatura.....	97
Viscosidad cinemática.....	101
Factor de fijación de los extremos (K).....	101
Programa del sistema tapado de botellas	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Clasificación de los plásticos	32
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	39
3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE	40
Tabla 4.1 Tabla de valores para la ponderación de los sistemas.....	44
Tabla 4.2 Tabla de ponderación para los distintos controladores	45
Tabla 4.3 Tabla de ponderación para el sistema del enroscado	476
Tabla 4.4 Tabla de ponderación para el sistema de posicionamiento	497
Tabla 4.5 Pruebas de tapado semiautomático.	50
Tabla 4.6 Pruebas de tapado manual de botellas.....	52
Tabla 4.7 Interpretación de los tiempos de tapados.	54
Tabla 6.1 Nomenclatura del flujograma.....	86
Tabla 6.6 Costos directos	87
Tabla 6.7 Costos indirectos	87
Tabla 6.8 Costos total de la inversión	88
Tabla. Aplicación de torque según el diámetro de rosca de la tapa en mm.	92
Tabla. La velocidad angular obtenido mediante pruebas.	92
Tabla 17-15 Factores de servicio sugeridos para transmisión de bandas en v.....	92
Cuadro diámetro de poleas primitiva, según se indica en la siguiente tabla.....	93
Tabla 17-12 Potencias nominales de bandas en de estándar.	94
Tabla 17-16 Algunos parámetros de bandas en v	94
Tabla 7.....	95
Tabla 17-17 parámetros de durabilidad.....	95
Tabla A-20 Resistencias minimas deterministicas a la tensión y a la fluencia ASTM.....	96
Tabla 6-2 Parámetro del factor de modificación superficial de Marin	96

Tabla 6-4 Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.....	97
Tabla 6.5 Factor de confiabilidad.....	98
Tabla 1.9 Guía para los valores de la duración L_{10h} para diferentes clases de máquinas	99

RESUMEN EJECUTIVO

La lógica de control industrial es un elemento trascendental en el contorno técnico por esta razón las industrias en general optan por profesionales prácticos en la materia, entonces los estudiantes se instruyen con una perspectiva emprendedora, mediante la materia sistemas de medición y control industrial.

Los sistemas de medición y control industrial cuentan con varios aspectos en el ámbito de la semi automatización, por lo cual se opta por la lógica programada, para aplicar en la máquina selladora de botellas, la misma que se encarga de tapar botellas plásticas de 500cm³ con tapas de 30mm de diámetro.

Para el funcionamiento adecuado de la máquina selladora de botellas son necesarios los siguientes elementos: un PLC FL-010 (Módulo de programación), un cilindro neumático de carrera 100mm de doble efecto, una electro válvula 5-2 con retorno resorte de ¼ de diámetro a 110V que se encarga de bloquear, distribuir y dirigir el fluido de aire comprimido hacia los diferentes actuadores, dos silenciadores, un motor monofásico de 1HP, dos boquillas de acero inoxidable con todos estos componentes la máquina trabaja adecuadamente, y permite que los estudiantes realicen sus respectivas prácticas.

La máquina construida para el proceso de tapado de botellas con la lógica de control del proceso permite aumentar la productividad del sellado en comparación con un proceso manual sin control ni automatización permitiendo modificar las variables de tiempo de ejecución y altura de las botellas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA

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.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

A nivel mundial, las industrias más recalcadas son las que tienen mayor tecnología en su campo de trabajo, donde van optimizando, mejorando, computarizando y desarrollando nuevas terminologías, y por tal razón la ciencia sigue avanzando de manera apresurada. Muchas personas en algún momento tuvieron la oportunidad de apreciar distintos documentales de grandes empresas que elaboran diferentes productos para el mundo entero, cómo funciona el procedimiento, las máquinas automatizadas y semi automatizadas y la cadena de producción para obtener el producto final.

Actualmente en nuestro país la comercialización de diferentes productos sellados, empacados, envasados etc., tiene un papel fundamental pues la cadena de valor (producción-distribución y comercialización), depende del desarrollo tecnológico dentro de la línea de producción industrial, que es un factor muy importante para el mejoramiento en las diferentes industrias, generalmente en pequeñas y

medianas industrias operan solo con los conocimientos básicos, sobre el manejo de maquinarias y herramientas.

En la ciudad de Ambato existen diversas embotelladoras la mayoría de ellas realizan el proceso de sellado manualmente, muy pocas industrias optan por la lógica de control industrial, por la falta de conocimiento en la materia o el factor económico el cual limita el desarrollo en las industrias, por esta razón los estudiantes requieren conocimientos teóricos y prácticos para obtener buenos resultados en su vida profesional como Ingeniero Mecánico.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Debido a las necesidades que tiene la facultad, la implementación de máquinas y equipos ayudará a la formación y mejoramiento del estudiante logrando el desarrollo de la carrera de ingeniería mecánica.

Factor importante es el económico ya que estos equipos y máquinas requeridas son manufacturados por empresas e industrias que las venden a un costo muy elevado evitando así la implementación del laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.

Los adelantos científicos y las nuevas tecnologías ejercen una influencia sin antecedente en el trabajo, el cual afecta a la vida profesional por tal motivo, deben estar constantemente actualizándose para mantenerse competitivos en el campo laboral, debido a estas presiones los estudiantes deben optar por la formación y el desempeño de la práctica profesional, generando interés en las materias y profundizando el sustento teórico.

1.2.3 PROGNOSIS

Si no se realiza el estudio previo a la implementación de un proceso de sellado de botellas, no existirá correlación por parte de los estudiantes entre lo teórico y lo práctico en cuanto a los parámetros de funcionamiento, no se realizará las

prácticas necesarias para ganar experiencia y tener una base tecnológica acorde con la teoría, para manipular frente al campo de la ingeniería mecánica, desarrollarse y poder competir en las diversas situaciones profesionales que se presenten.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera se podrá controlar la productividad del proceso de sellado de botellas?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

¿Qué lógica de control será la adecuada para mejorar la productividad?

¿Existe algún proceso de sellado de botellas para las prácticas?

¿Qué dispositivos de control básicos serán los más adecuados para el sistema de sellado de botellas?

¿Qué proceso específico será necesario para el sellado de botellas?

¿Qué materiales son apropiados para la fabricación del sellador de botellas?

1.2.6 DELIMITACIÓN

1.2.6.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS:

El proyecto presentado tendrá una demarcación basada en las materias de: Máquinas Eléctricas, Resistencia de Materiales, Diseño Mecánico, Estructuras Metálicas, Electrónica, Sistemas de Medición y Control Industrial I y II.

1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL:

El presente estudio se realiza en el Laboratorio de Sistemas de Control y Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi de la ciudad de Ambato.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL:

El presente proyecto se desarrolló desde Junio del 2011 hasta el 31 de noviembre del 2013.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de proyectos se realiza principalmente por la necesidad de superar y mejorar la preparación académica de los estudiantes en el sentido teórico-práctica, para formar profesionales de calidad y competitivos en el área profesional, por tal motivo se presenta esta investigación.

La necesidad de implementar máquinas y equipos en el laboratorio de prácticas de la asignatura de sistemas de medición y control industrial, es ineludible para que los estudiantes y profesores desarrollen adecuadamente sus prácticas generando interés en la materia y desenvolviéndose de acuerdo con la teoría recibida.

El presente proyecto es muy importante porque se relaciona a fondo con el progreso industrial en la actualidad, por esa razón los alumnos y docentes deben apuntar a nuevas perspectivas que el campo industrial, requiere seleccionar la instrumentación idónea para medir y controlar las variables de cualquier proceso manufacturero con el fin obtener originalidad y ser competitivos en un orbe globalizado.

Es así que mediante el estudio de un sistema de sellado de botellas se busca seleccionar alternativas en las cuales se encuentre la mejor opción para la

propuesta de un proceso y sea una pauta de prácticas en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la lógica de control industrial adecuada en el proceso de sellado de botellas para generar productividad en el laboratorio de control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los tipos de sellado de botellas aplicable en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.
- Seleccionar los componentes que conforman el sellador de botellas.
- Determinar el rango de tiempo utilizado en el tapado de botellas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la actualidad las industrias lo que requieren son máquinas de última tecnología que le brinden calidad, capacidad, rentabilidad, confiabilidad y versatilidad, todo ello a precios sumamente competitivos y para todas las necesidades entre ellas se tienen varias alternativas, para el sellado como por ejemplo: rosca de plástico, a presión, corcho, cápsulas, sellado en foil, metálicas, sellado de tapas por inducción sin agua o enfriado por aire etc.

Para la presente investigación las referencias bibliográficas son obtenidas mediante indagación en internet, libros, artículos, bibliotecas y en la tesis de: Simbaña Guallichico Édison Paúl, Chiza Ocaña Edwin Marcelo, R (2013) *Construcción de un prototipo de máquina de botellas rosca estándar de 500ml controlada mediante un PLC para microempresas*. Ciudad de Quito. Proyecto previo a la obtención del título tecnólogo en mantenimiento industrial. Escuela Politécnica Nacional.

En el desarrollo del actual proyecto interviene la materia de: Máquinas Industriales, Resistencia de Materiales, Diseño Mecánico y Sistemas de Control y Automatización, Ingeniería Mecánica, Plantas Industriales, Estadística, Tecnología Industrial, dichos fundamentos se los encuentra en la biblioteca, en folletos, documentales internet.

2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

- ◆ 4NTE INEN99 Selección de ajustes. Zonas de tolerancia, desviaciones, tolerancias de ajuste.
- ◆ ASTM D2911-94 (2001) Standard specification for dimensions and tolerances for plastic bottles.
- ◆ UNE 53169:1974 Materiales plásticos. Botellas de materiales plásticos, no recuperables, y de capacidad no superior a 1 L, para envasar aceites comestibles. Características y métodos de ensayo.
- ◆ IEC 60947-2 (Edición 1989) Título: Cortocircuitos También entran en este grupo de los interruptores de potencia MCCB (Molded Case Circuit-Breakers).

2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.3.1 LA LÓGICA DE CONTROL INDUSTRIAL

Es el conjunto de operaciones lógicas y estructuras de control que determinan el orden de ejecución de las instrucciones de un programa.

Se puede definir como la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema llamado planta a través de otro sistema llamado sistema de control, para que su comportamiento sea el deseado.

2.3.2 LÓGICA CABLEADA

Lógica cableada o lógica de contactos, es una forma de realizar controles, en la que el tratamiento de datos (botonería, finales de carrera, sensores, presóstato,

etc.), se efectúa en conjunto con contactores o relés auxiliares, frecuentemente asociados a temporizadores y contadores.

Los cableados incluyen funciones de comando y control, de señalización, de protección y de potencia. La potencia además de circuitos eléctricos comprende a los circuitos neumáticos (mando por aire a presión) u óleo hidráulicos (mando por aceite a presión). Crea automatismos rígidos, capaces de realizar una serie de tareas en forma secuencial, sin posibilidad de cambiar variables y parámetros. Si se ha de realizar otra tarea será necesario realizar un nuevo diseño. Se emplea en automatismos pequeños, o en lugares críticos, donde la seguridad de personas y máquinas, no puede depender de la falla de un programa de computación. El sistema cableado ha sido extensamente empleado para la automatización, pero presenta los siguientes inconvenientes:

- Ocupa mucho espacio.
- Es poco flexible ante modificaciones o ampliaciones.
- Es difícil de mantener.
- No es útil en aplicaciones en controles complejos.
- Caros, debido al costo de sus componentes y a la gran cantidad de horas necesarias para el cableado.

2.3.2.1 SISTEMAS NEUMÁTICOS

Los sistemas neumáticos son sistemas de fluido que utilizan el aire como el medio para la transmisión de señales y de potencia. Aunque el fluido más común en estos sistemas es el aire, otros gases pueden usarse del mismo modo.

Los sistemas neumáticos se usan extensamente en la automatización de maquinaria de producción y en el campo de los controladores automáticos. Por ejemplo, circuitos neumáticos que convierten la energía del aire comprimido en

energía mecánica gozan de un considerable uso, y se encuentran diferentes tipos de controladores mecánicos en la industria.

Las fuerzas neumáticas realizan diferentes funciones (empujan, atrapan), como en los polipastos neumáticos, las herramientas neumáticas, los dedos neumáticos y dispositivos similares. En esta sección exponemos los componentes neumáticos tales como compresores que producen aire, comprimido, actuadores neumáticos que convierten la energía neumática en energía mecánica para realizar trabajo mecánico útil, y válvulas neumáticas que controlan la presión y/o el flujo.

VÁLVULAS NEUMÁTICAS

Estos elementos permiten bloquear, distribuir y dirigir el fluido del aire comprimido. Según la distribución del aire se encuentran válvulas de 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 3/3, 4/3 y 5/3. El primer dígito numérico indica el número de vías de entradas, salidas y descargas mientras que el segundo dígito numérico indica el número de posiciones. Existen tres tipos de válvulas según la aplicación:

- Direccionales
- Reguladoras de Caudal
- Reguladoras de Presión

Válvulas direccionales

Estas unidades permiten iniciar, parar y dirigir el fluido del aire a través de la red hacia los diferentes actuadores, se pueden clasificar según la distribución en 2/2, 4/2 y 4/3.

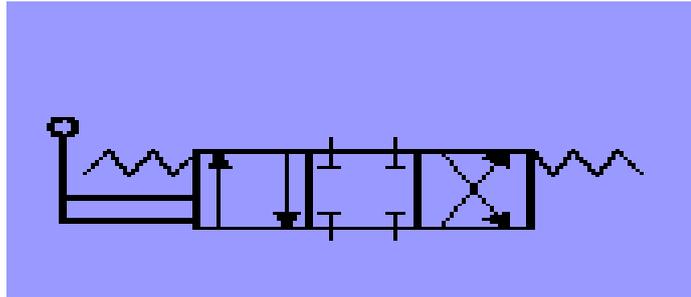


Figura 2.1: Símbolo de una válvula direccional 4/3

Fuente:[http://home.planet.nl/~brink494/schuiif_esp.htm]

Válvula distribuidora 2/2

Esta válvula al igual que la unidireccional es de asiento, es decir que abren y cierran el paso por medio de conos, discos, placas y bolas, evitando cualquier fuga. Estas válvulas son de concepción muy simple, pequeña y económica. Son ideales para gobernar cilindros de simple efecto.

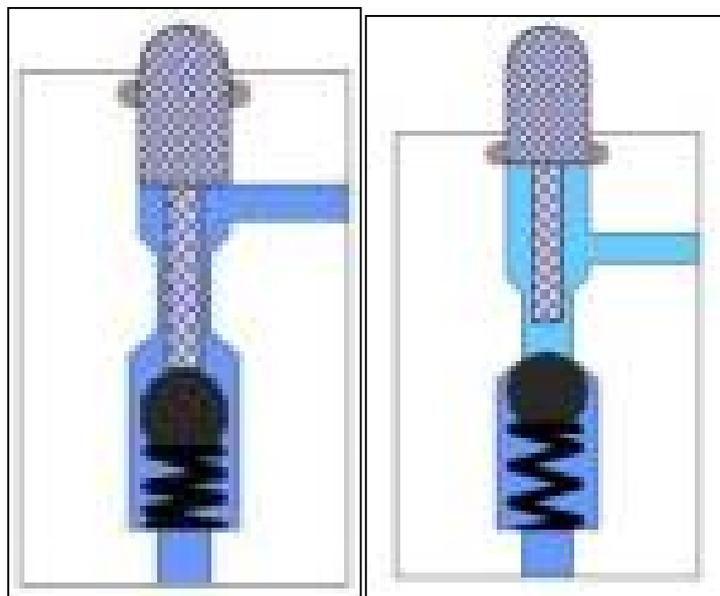


Figura 2.2: Válvula distribuidora 2/2

Fuente:[<http://automatastr.galeon.com/a-valvulas.htm>]

Estas válvulas son distribuidoras 2/2, porque tienen dos posiciones (abierta y cerrada) y dos orificios (la entrada y la salida del aire).



Figura 2.3: Válvula 2/2 conectada a un cilindro por medio de tubos

Fuente:[<http://automatastr.galeon.com/a-valvulas.htm>]

ELECTROVÁLVULAS

Son mecanismos que están constituidos del solenoide y la válvula. El solenoide se encarga de convertir la energía eléctrica en mecánica para actuar sobre la válvula, en algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para vencer la fuerza del muelle y abrir la válvula. Existen electroválvulas biestables que utilizan un solenoide para abrir y otro para cerrar o con un solo solenoide que abre o cierra con un impulso eléctrico.



Figura 2.4: Electroválvula neumática

Fuente:[<http://www.directindustry.es/prod/smc-corporation-of-america/electrovalvulas-neumaticas-15143-33096.html>]

La figura 2.5 muestra un diagrama funcional de un circuito neumático simple cuyas mayores componentes son un compresor, un filtro, un lubricador, válvulas y un actuador.

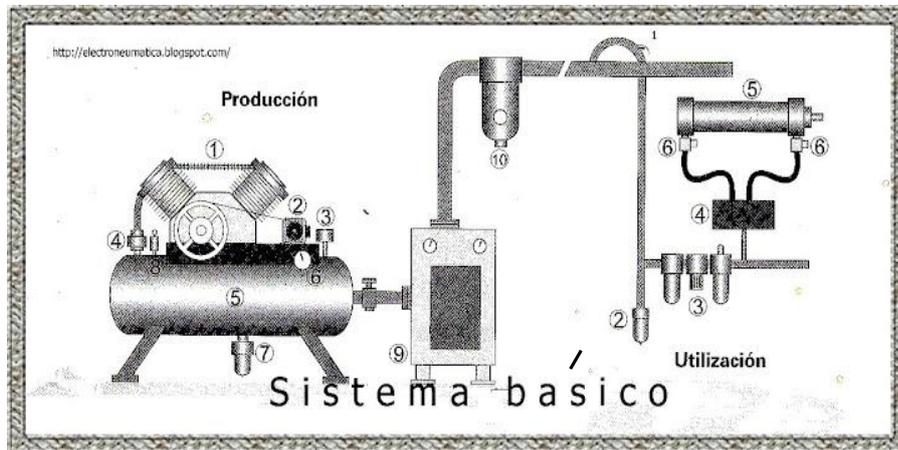


Figura 2.5: Diagrama de un sistema neumático simple.

Fuente: [<http://electroneumatica.blogspot.com/2008/03/sistema-basico.html>]

2.3.2.2 SISTEMAS HIDRÁULICOS

La hidráulica es la ciencia que forma parte la física y comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos. Cuando se escuche la palabra “hidráulica” hay que remarcar el concepto de que es la transformación de la energía, ya sea de mecánica ó eléctrica en hidráulica para obtener un beneficio en términos de energía mecánica al finalizar el proceso. Etimológicamente la palabra hidráulica se refiere al agua: Hidros - agua.

Algunos especialistas que no emplean el agua como medio transmisor de energía, sino que el aceite han establecido los siguientes términos para establecer la distinción: Oleodinámica, Oleohidráulica u Oleólica.

Producción de energía hidráulica

La ventaja que implica la utilización de la energía hidráulica es la posibilidad de transmitir grandes fuerzas, empleando para ello pequeños elementos y la facilidad

de poder realizar maniobras de mandos y reglaje. A pesar de estas ventajas hay también ciertos inconvenientes debido al fluido empleado como medio para la transmisión. Esto debido a las grandes presiones que se manejan en el sistema las cuales posibilitan el peligro de accidentes, por esto es preciso cuidar que los empalmes se encuentren perfectamente apretados y estancos.

Componentes de un sistema hidráulico

El sistema está integrado por:

- Bomba: Es el mecanismo que convierte la energía mecánica en energía hidráulica.
- Actuador: Es el mecanismo que convierte la energía hidráulica en mecánica. Por ejemplo cilindros y motores hidráulicos.
- Válvulas de comando: Es una válvula que permite controlar el paso de caudal de aceite en una u otra dirección.
- Depósito: Recipiente que contiene el fluido del sistema.
- Filtro: Elemento destinado a retener las impurezas del fluido.
- Válvula de alivio: Válvula que permite descargar fluido del sistema con el objeto de evitar la sobrepresión.
- Tubería: Conductos por donde circula el fluido hidráulico.

VENTAJAS

Regulación: las fuerzas pueden regularse de manera continua.

Sobrecargas: se puede llegar en los elementos hidráulicos de trabajo hasta su total parada, sin riesgos de sobrecarga o tendencia al calentamiento.

Flexibilidad: el aceite se adapta a las tuberías y transmite fuerza como si fuera una barra de acero.

Elementos: los elementos son reversibles además de que se pueden frenar en marcha.

Simplicidad: hay pocas piezas en movimiento como por ejemplo: bombas, motores y cilindros.

Multiplicación de fuerzas: Se pueden conseguir ejercer fuerzas inimaginables dependiendo del sistema que se utilice.

DESVENTAJAS

Velocidad: se obtienen velocidades bajas en los actuadores.

Limpieza: en la manipulación de los aceites, aparatos y tuberías, como el lugar de la ubicación de la máquina; en la práctica hay muy pocas máquinas hidráulicas que extremen las medidas de limpieza².

Alta presión: exige un buen mantenimiento.

Costo: las bombas, motores, válvulas proporcionales y servo válvulas son caras.

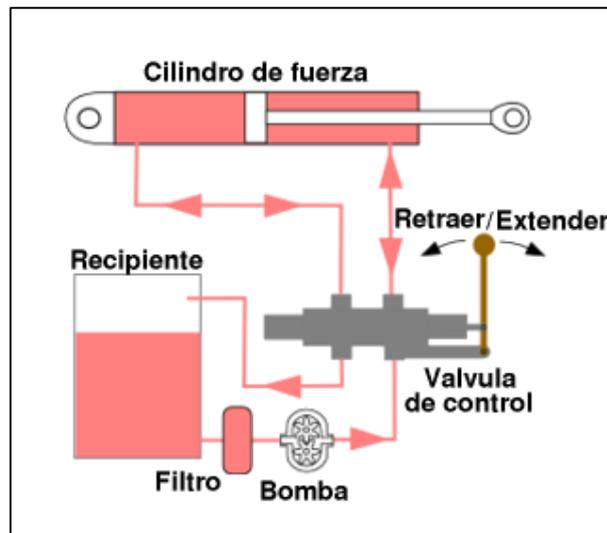


Figura 2.6: Esquema de un circuito hidráulico

Fuente: [http://www.aireyespacio.com/2010/09/el-sistema-hidraulico-basico.html]

2.3.2.3 SISTEMAS ELÉCTRICOS

Un sistema eléctrico es el recorrido de la electricidad a través de un conductor, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo.

²KATSUHIKO OGATA. “Dinámica de Sistemas”. P 164-166.

Todo circuito eléctrico requiere, para su funcionamiento, de una fuente de energía, en este caso, de una corriente eléctrica.

Todos los elementos de la red eléctrica que puedan ser representados como una resistencia, inductancia y capacitancia son los que determinan los modos de oscilación natural del sistema. Estos elementos son las líneas de transmisión, transformadores, la carga y los devanados de las unidades generadoras. Los elementos mencionados conectados entre sí constituyen la topología de la red eléctrica para determinado punto de operación y la dinámica sub-transitoria del sistema eléctrico obedece a la configuración de la topología de la red.

Los generadores contribuyen con la dinámica de la red a través del regulador automático de voltaje (RAV) y el regulador de velocidad. El RAV aporta de manera determinante con la dinámica del sistema, esta contribución dependiendo del sistema de excitación, puede influenciar incluso en el comportamiento transitorio del sistema.

Requerimientos básicos del sistema

Todo sistema eléctrico posee 3 componentes básicos y por lo general 2 componentes accesorios.

- 1: Fuente de alimentación
- 2: Componente de carga
- 3: Conductores
- 4: Interruptor
- 5: Fusible

Elementos eléctricos básicos

- ♦ **La corriente** es el flujo dirigido de electrones por el circuito.

- ♦ **El voltaje** es la presión eléctrica que hace fluir los electrones.
- ♦ **La resistencia** es la restricción al flujo de los electrones.

Componente electrónico

Se denomina componente electrónico a aquel dispositivo que forma parte de un circuito electrónico.

Se suele encapsular, generalmente en un material cerámico, metálico o plástico, y terminar en dos o más terminales o patillas metálicas. Se diseñan para ser conectados entre ellos, normalmente mediante soldadura, a un circuito impreso, para formar el mencionado circuito.

Clasificación

De acuerdo con el criterio que se elija podemos obtener distintas clasificaciones. Seguidamente se detallan las comúnmente más aceptadas.

1.- Según su estructura física

- **Discretos:** son aquellos que están encapsulados uno a uno, como es el caso de los resistores, condensadores, diodos, transistores, etc.
- **Integrados:** forman conjuntos más complejos, como por ejemplo un amplificador operacional o una puerta lógica, que pueden contener desde unos pocos componentes discretos hasta millones de ellos. Son los denominados circuitos integrados.

2.- Según el material base de fabricación.

- **Semiconductores**
- **No semiconductores.**

3.- Según su funcionamiento.

- **Activos:** proporcionan excitación eléctrica, ganancia o control.
- **Pasivos:** son los encargados de la conexión entre los diferentes componentes activos, asegurando la transmisión de las señales eléctricas o modificando su nivel.

4.- Según el tipo energía.

- **Electroacústicas:** transforman la energía acústica en eléctrica y viceversa (micrófonos, altavoces, bocinas, auriculares, etc.)
- **Optoelectrónicas:** transforman la energía luminosa en eléctrica y viceversa (diodos LED, células fotoeléctricas, etc.).
- **Electromagnéticos:** aquellos que aprovechan las propiedades electromagnéticas de los materiales (fundamentalmente transformadores e inductores).

2.3.3 LÓGICA PROGRAMADO

Un sistema programado es un circuito electrónico que contiene un microprocesador integrado en el mismo. Mediante un programa informático almacenado en una memoria interna, se realiza el control y la gestión del sistema. Estos tipos de sistemas son, funcionalmente, idéntico a un sistema cableado, con la diferencia fundamental de que en un sistema programado, se puede modificar su funcionamiento lógico en el programa.

2.3.3.1 EL CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE

Es importante porque todos los procesos de producción experimentan una secuencia repetitiva fija de operaciones que envuelven pasos y decisiones lógicas. Un PLC es usado para controlar tiempos, regular la secuencia y hacer más

flexibles las tareas de control. Ejemplo, el sistema de sellado de botellas se controla usando un PLC mediante sus tres unidades principales:

- 1.- La memoria programable. Las instrucciones para la secuencia de control lógica.
- 2.-La memoria de datos. Las condiciones de los cambios, interbloqueo y otros datos de trabajos.
- 3.-Los dispositivos de salida. Estos son los controladores de hardware/software para los sensores de los procesos industriales como sensores de cambio de estado, detectores de proximidad, ajustes de interbloqueo y más.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos y secuencias que se quiere realizar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

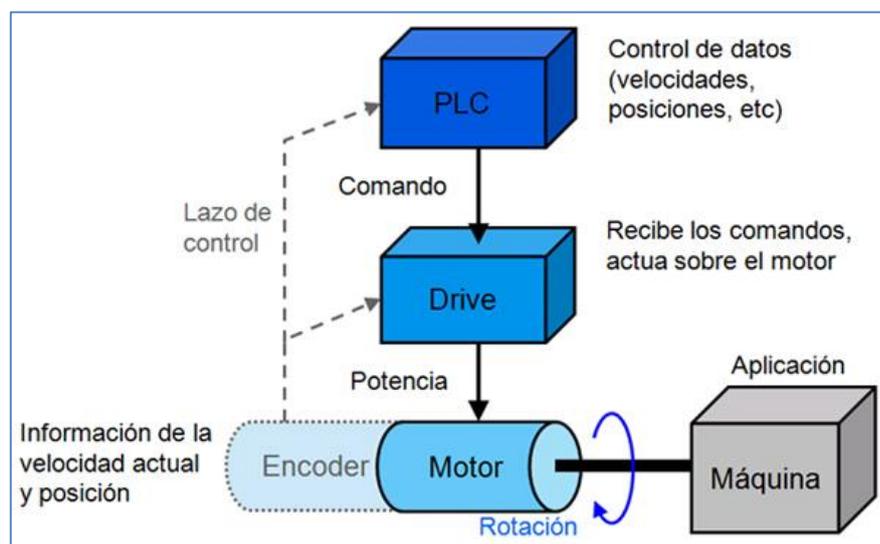


Figura 2.7: Esquematización del PLC

Fuente: [http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/prog.htm]

Es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.



Figura 2.8: PLC (controlador lógico programable)

Fuente: [http://www.jgelectromecanica.com/wordpress/?attachment_id=7]

2.3.3.2 MICROPROCESADOR

Es un circuito digital generalmente bastante complejo que realiza procesamiento de datos, las operaciones que se llevan a cabo durante dicho procesamiento son controladas, por un programa, el mismo que le indica al microprocesador exactamente lo que tiene que hacer, por ejemplo, leer un dato de un teclado y mandarlo a una pantalla o tomar dos valores de la memoria, sumarlos y poner este resultado en la misma.

Es el encargado de ejecutar los programas; desde el sistema operativo hasta las aplicaciones del usuario; sólo ejecuta instrucciones programadas en lenguaje de bajo nivel



Figura 2.9: Microprocesador

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Microprocesador]

2.3.3.3 PC INDUSTRIAL

Es una máquina capaz de efectuar una secuencia de operaciones mediante un programa, de tal manera, que se realice un procesamiento sobre un conjunto de datos de entrada, obteniéndose otro conjunto de datos de salida.

Los puertos son elementos que usualmente se encuentran alojados en la parte trasera del CPU.

El puerto se define como el lugar donde los datos entran o salen y se denominan puertos de entrada/salida y son interfaces para conectar dispositivos mediante cables.

Generalmente tienen un extremo macho con clavijas que sobresalen o tipo hembra la cual tiene una serie de agujeros para alojar los conectores machos.

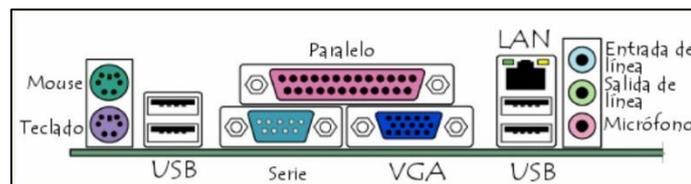


Figura 2.10: Puertos

Fuente: [<http://www.slideshare.net/favalo/puertos-y-conectores-de-un-pc-1088277>]

2.3.4 SISTEMAS COMBINACIONALES Y SECUENCIALES

Los sistemas combinacionales están formados por un conjunto de compuertas interconectadas cuyas, salidas en un momento dado, esta únicamente en función de la entrada, en ese mismo instante. Por esto se dice que los sistemas combinacionales no cuentan con memoria. El sistema combinacional puede tener n entradas y m salidas.

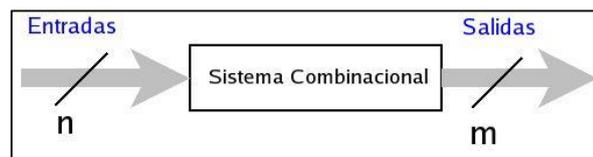


Figura 2.11: Sistema Combinacional

Fuente: [http://www.alumnos.inf.utfsm.cl/~raraya/arq/material/Capitulo_4.pdf]

El sistema combinacional relativamente pequeño puede ser construido con compuertas convencionales, se utilizan las compuertas NAND o NOR

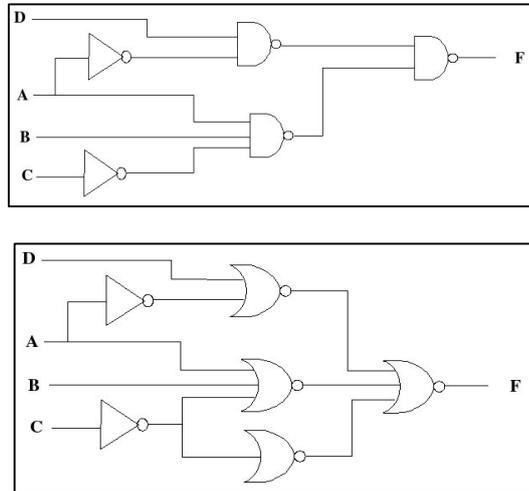


Figura 2.12: Compuertas NAND y NOR

Fuente: [http://www.alumnos.inf.utfsm.cl/~raraya/arq/material/Capitulo_4.pdf]

El sistema secuencial está compuesto por circuitos combinacionales y elementos de memoria, se dice que la salida actual depende de la entrada actual y del estado actual del circuito.

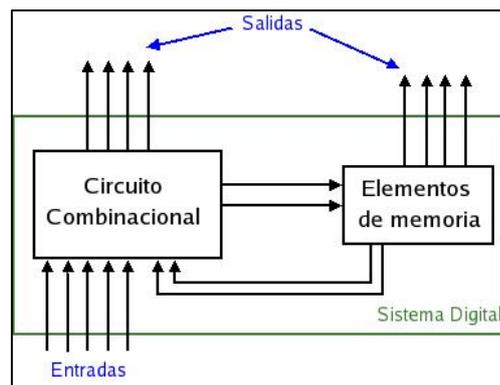


Figura 2.13: Sistema Secuencial

Fuente: [http://www.alumnos.inf.utfsm.cl/~raraya/arq/material/Capitulo_4.pdf]

Las salidas del sistema secuencial pueden corresponder tanto a la salida del circuito combinacional, como de los elementos de memoria.

2.3.5 PROCESO DE SELLADO

El tapado se realiza después del llenado, con el fin de garantizar rápidamente la estanqueidad de las botellas. Operando así, el contenido no pierde ninguna de sus cualidades y propiedades. Los especialistas en máquinas de nivelación son los encargados de que el proceso no se aglomere y funcione correctamente el equipo, que apriete bien las tapas de las botellas dentro de la tolerancia definida con precisión.

En el proceso de tapado interviene tres elementos, el Posicionador, Dosificador de tapones, y el Taponador propiamente dicho.

El posicionador de tapones puede ser mecánico (por trampa o por expulsores), por vibración, etc. La selección de uno u otro dependerá de la forma del tapón y la complicación que tenga para orientarlo.

Los sistemas principales son:

Cierre a presión, mediante una rueda loca, rueda traccionada con la propia máquina o pistón neumático, la elección dependerá de la velocidad y la forma del tapón e incluso de los factores ambientales como ambientes corrosivos.

Para efectuar este método, la máquina lleva acoplado un alimentador de tapones de plástico o corchos con cierre a presión que presentan un funcionamiento mecánico. El equipo se compone de las siguientes secciones: tolva de tapones, disco distribuidor, rampa de bajada y disco de cierre.

Cierre a rosca, de manera mecánica por ruedas, por cabezales actuados de manera mecánica, por cabezales actuados por motores neumáticos o por cabezales actuados por motores eléctricos.

Esta máquina tiene acoplado un grupo de cabezales roscadores que son regulables, aptos para cualquier formato y diseño de botella.

Los factores más importantes en las industrias es que cumplan con el control de calidad verificando que el envase se encuentre en buenas condiciones, cumpliendo con los siguientes requerimientos:

- Calidad de la botella
- El nivel de llenado
- Calidad del cerrado
- Calidad del etiquetado

Sellado de tapas por inducción sin agua o enfriado por aire.

Se utilizan en empresas empacadoras por el nivel de alto desempeño en la industria. Es un proceso de calentamiento sin contacto que suelda una lámina de aluminio (foil), a la cual se la conoce comúnmente como sello interior, a la boca de un envase. El proceso de sellado tiene lugar luego de haberse completado los pasos llenado y tapado de los envases.

Estos últimos, una vez que han sido tapados, simplemente pasan por debajo de un equipo de sellado por inducción que se encontrará montado sobre la cinta transportadora. Este procedimiento, ha sido reconocido como un medio efectivo de evidencia de adulteración de envases, el sistema básico posee dos componentes principales: la fuente de potencia y el cabezal de sellado.

2.3.6 ENROSCADORA MECÁNICA

Los tapones roscados de plástico para botellas de vidrio existen en el mercado en muchas variantes, son tapones que se aplican con precisión en las botellas incluso para altos rendimientos porque se aplica con un par de giro constante, además con

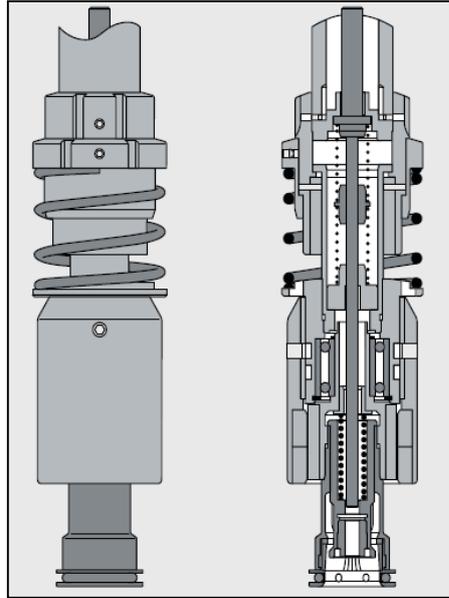
unas altas exigencias de higiene ya que debido a su construcción abierta, los cabezales taponadores se limpian fácilmente.



Figura 2.14: Enroscadora mecánica

Fuente:[http://www.krones.com/downloads/verschliesser_s.pdf]

El mecanismo clasificador alimenta los tapones roscados desde arriba de forma individualizada y orientada a la taponadora. Los tapones se fijan en el cabezal taponador mediante el dispositivo de recepción. Las botellas de vidrio se protegen contra un giro indeseado en la máquina mediante una correa tensora y una estrella central; las botellas son sujetadas por puntas intercambiables que se encuentran en la estrella de sujeción que las toma por el anillo en el cuello. El cabezal coloca el tapón en la botella. El tapón se presiona sobre la botella mediante un resorte y se enrosca simultáneamente en la rosca de la boca. Cuando termina el proceso de rotación y está aplicado el par de apriete necesario del tapón, un embrague de histéresis interrumpe el proceso de taponado. Este embrague permite un frenado sin sacudidas y un par de aprietes constante para todas las velocidades de la llenadora.



**Figura 2.15: Sección transversal por el cabezal taponador de la enroscadora
Modulcap CM**

Fuente: [http://www.krones.com/downloads/verschliesser_s.pdf]

Campo de aplicación

La tapadora trabaja con las piezas de recambio correspondientes a los siguientes tipos de tapones de uno o varios filetes:

- ◆ Tapones de 26 mm
- ◆ Tapones de 28 mm
- ◆ Tapones de 38 mm
- ◆ Sportscaps de 28 mm y 38 mm
- ◆ Tapones de 30/25 mm

2.3.7 SELLADO POR INDUCCIÓN

El sellado por inducción es un proceso de calentamiento sin contacto que logra el sello hermético de un recipiente con una tapa que incluye lámina de aluminio. El proceso exige poca o ninguna modificación a una línea de empaque existente.

El material del sello consiste en capas de cartón, cera, aluminio y un polímero. El polímero debe ser compatible con el material del recipiente y capaz de adherirse a la boca del recipiente. El proveedor de la tapa fabrica el material del sello interior con troquel y lo coloca dentro de la tapa.

El proceso de sellado tiene lugar después de llenar los envases. Las tapas se colocan y se aprietan convencionalmente en los envases ya llenos. Posteriormente los envases pasan debajo del cabezal de sellado. Se induce una corriente electromagnética en la lámina de aluminio, creando un efecto de calentamiento a modo de resistencia. Esto produce dos efectos; por un lado, el calor funde la capa de cera utilizado en el proceso de fabricación para unir la capa de aluminio con la del cartón, por otro, el calor funde el polímero, soldando el aluminio herméticamente con el borde del envase.



Figura 2.16: Sistema de sellado por inducción

Fuente: [<http://www.interempresas.net/Alimentaria/FeriaVirtual/Producto-Sistema-de-sellado-por-induccion-Me-ro-49198.html>]

Componentes principales de un sellador por inducción

La fuente de poder es un generador eléctrico capaz de operar a las frecuencias medias y altas necesarias para el proceso de sellado por inducción. Proporciona la corriente requerida para crear un campo electromagnético en el cabezal de sellado.

La potencia de salida necesaria para una aplicación depende del tamaño de la tapa y la velocidad de la línea de producción.

El cabezal de sellado consiste en una caja de plástico rebordeado por un material conductivo que forma una bobina inductiva. El cabezal produce un campo electromagnético cuando está energizado por la fuente de poder. Las formas de cabezal más comunes que se usan en sellado por inducción son la plana y la túnel. Un cabezal túnel concentra la corriente a lo largo de los costados y arriba de la tapa para crear un campo electromagnético más uniforme y un sello más consistente. Un cabezal plano dispersa el campo electromagnético por un área más amplia para lograr el sellado de un área más grande.

El recirculador de agua es un intercambiador de calor agua a aire. Enfría el cabezal de sellado, bombeando agua a través de cables que los conectan. Aunque el proceso de sellado en sí no requiere el uso de recirculador, es esencial para evitar el sobrecalentamiento del cabezal en sistemas de producción de alta velocidad.

2.3.8 SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control según la Teoría Cibernética se aplican en esencia para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. Hoy en día los procesos de control son síntomas del proceso industrial que estamos viviendo. Estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador pasivo que controla un determinado sistema (ya sea eléctrico, mecánico, etc.) con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos

parámetros y reciben el nombre de Controladores de Automatización Programables (PAC).

SISTEMAS EN LAZO CERRADO:

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control de lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente.

En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas o/e integrales) a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentando para reducir el error del sistema.

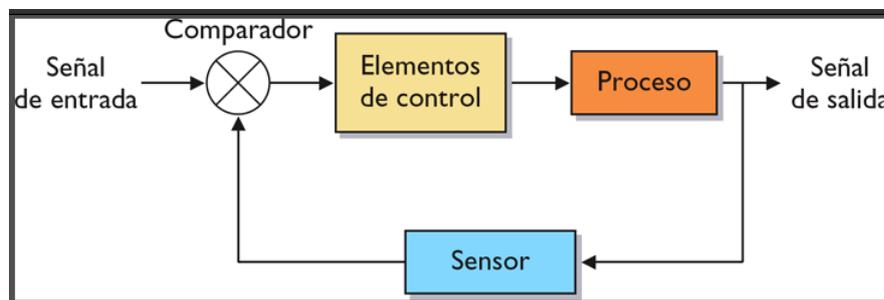


Figura 2.17: Sistema de control en lazo cerrado

Fuente: [http://www.kalipedia.com/informatica/tema/sistemas-control-lazo-cerrado.html?x=20070821klpinginf_85.Kes&ap=2]

SISTEMAS DE LAZO ABIERTO

Son los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control. En un sistema en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se utiliza si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado.

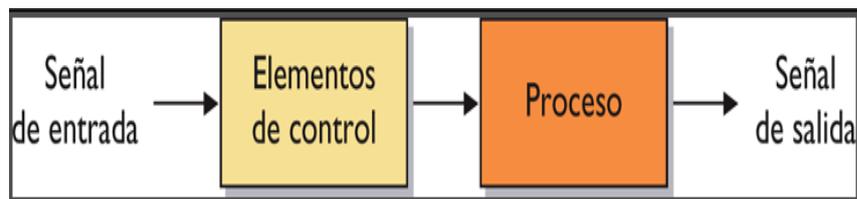


Figura 2.18: Sistema de control en lazo abierto

Fuente: [http://www.kalipedia.com/informatica/tema/sistemas-control-lazo-abierto.html?x=20070821klpinginf_85.Kes&ap=1]

2.3.9 CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS DE CONTROL

2.3.9.1 CIRCUITOS DE POTENCIA. Es el encargado de alimentar el receptor (motor, calefacción, electrofreno, iluminación, etc.). Está compuesto por el contactor (identificado con la letra K), elementos de protección (identificados con la letra F, como pueden ser fusibles, relés, etc.) y un interruptor trifásico general (identificado con la letra Q).

2.3.9.2 ESQUEMA DE MANDO. Es el encargado de controlar el funcionamiento del contactor. Normalmente consta de elementos de mando (pulsadores, interruptores), elementos de protección, bobinas de contactores, temporizadores y contactos auxiliares. Este circuito está separado eléctricamente del circuito de potencia, es decir, que ambos circuitos pueden trabajar a tensiones diferentes, por ejemplo, el de potencia a 220 V de C.A. y el de mando a 24 V de C.C.

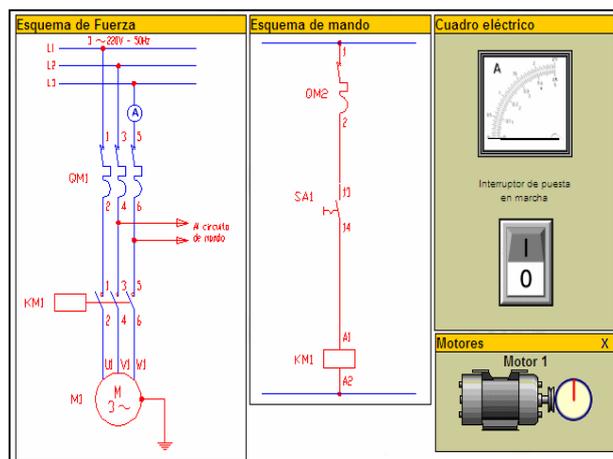


Figura 2.19: Esquema de mando

Fuente: [Máquinas Eléctricas Jesús Fraile sexta edición]

Un circuito de potencia estará dimensionado a la tensión e intensidad que necesite el motor.

2.3.9.3 MANDO PILOTO. El elemento piloto es el que define el estado de operación de un aparato, dispositivo o máquina, estos no son memorizados. Un interruptor de temperatura, presión, nivel de líquido, etc pueden constituir un elemento piloto. En el ejemplo se utiliza como mando piloto a un pulsador y un relé; al energizarse KM1 por impulsos a través de SM2 si se detecta sobreintensidad QM2 desconectará KM1 hasta que sea armado el relé.

2.3.10 INTERRUPTOR ELÉCTRICO.

Un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas de control por computadora, su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule.



Figura 2.20: Interruptor Eléctrico

Fuente: [http://www.slideshare.net/1234die/interruptores-electricos]

2.3.11 SIMBOLIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Tabla3.1 Clasificación de los plásticos.

Nombre	Abreviatura (opcional)	Número de identificación
Polietilentereftalato	PET o PETE	1
Polietileno de alta densidad	PEAD o HDPE	2
Policloruro de vinilo o Vinilo	PVC o V	3
Polietileno de baja densidad	PEBD o LDPE	4
Polipropileno	PP	5
Poliestireno	PS	6
Otros	Otros	7

Elaborado por: Eliza Sailema

PET (Polietilentereftalato):

El Polietilen Tereftalato (PET) es un Poliéster Termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Terftálico y Etilenglicol, aunque también puede obtenerse utilizando Dimetiltereftalato en lugar de Ácido Tereftálico. Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino. El Polietilen Tereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia, resistencia química; esta resina es aceptada por la Food and Drugs Administration (FDA).

Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería.

Aplicaciones

En la actualidad se están abriendo cada vez más nuevos campos de aplicación y se desarrollan botellas PET de alta calidad y reducido peso.

Envase y Empaque

Las firmas de maquinaria han contribuido en gran medida a impulsar la evolución de manera rápida de los envases, por lo que hoy se encuentran disponibles envases para llenado a temperaturas normales y para llenado en caliente; también se desarrollan envases muy pequeños desde 10 mililitros hasta garrafones de 19 litros. Los tarros de boca ancha son utilizados en el envasado de conservas alimenticias, la participación del PET dentro de este mercado es en:

- ♦ Bebidas Carbonatadas
- ♦ Agua Purificada

- ◆ Aceite
- ◆ Conservas
- ◆ Cosméticos.
- ◆ Detergentes y Productos Químicos
- ◆ Productos Farmacéuticos



Figura 2.21: Botella pet

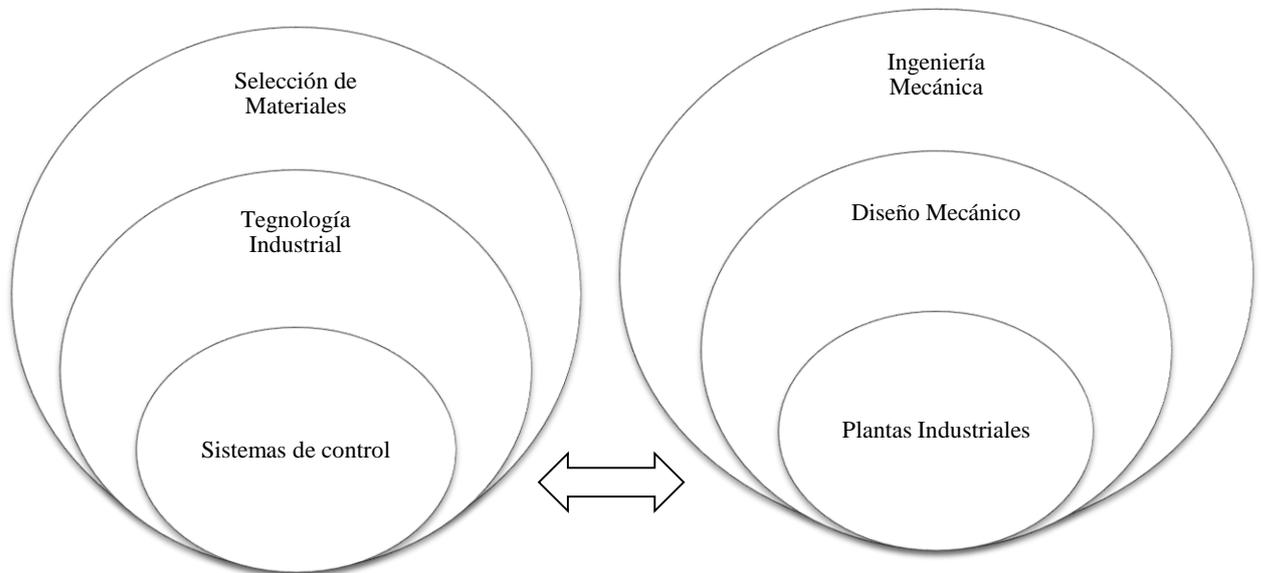
Fuente:[<http://jerhard.org/view.php>]

2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

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.

Variable independiente: La lógica de control industrial.

Variable dependiente: Productividad del proceso de sellado de botellas.



2.5 HIPÓTESIS

Una adecuada lógica de control industrial aumenta la productividad del proceso de sellado de botellas aplicable en laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

2.5.1 VARIABLES

V.I.: La lógica de control industrial.

V.D.: Productividad en el proceso de sellado de botellas aplicable en los laboratorios de la facultad de ingeniería civil y mecánica.

2.5.2 TÉRMINO DE RELACIÓN

T.R.: Aumentara

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

En el presente estudio prevaleció lo cuantitativo enlazado con la variable discreta tomando como indicador el número de botellas y tapas para el sistema de sellado.

3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 MODALIDAD

- ◆ De campo: En la presente investigación se utilizó la modalidad de campo que permitió generalizar los resultados de la investigación y recolectar datos muy variados.
- ◆ Experimental: Se empleó debido a que la investigación, necesariamente requiere la manipulación de las variables tanto las dependientes como las independientes y de esta manera podemos demostrar la hipótesis.
- ◆ Bibliográfica: Es necesario indagar en libros, enciclopedias, folletos, tablas para ampliar y comparar los contenidos necesarios en la investigación.

3.2.2 TIPOS

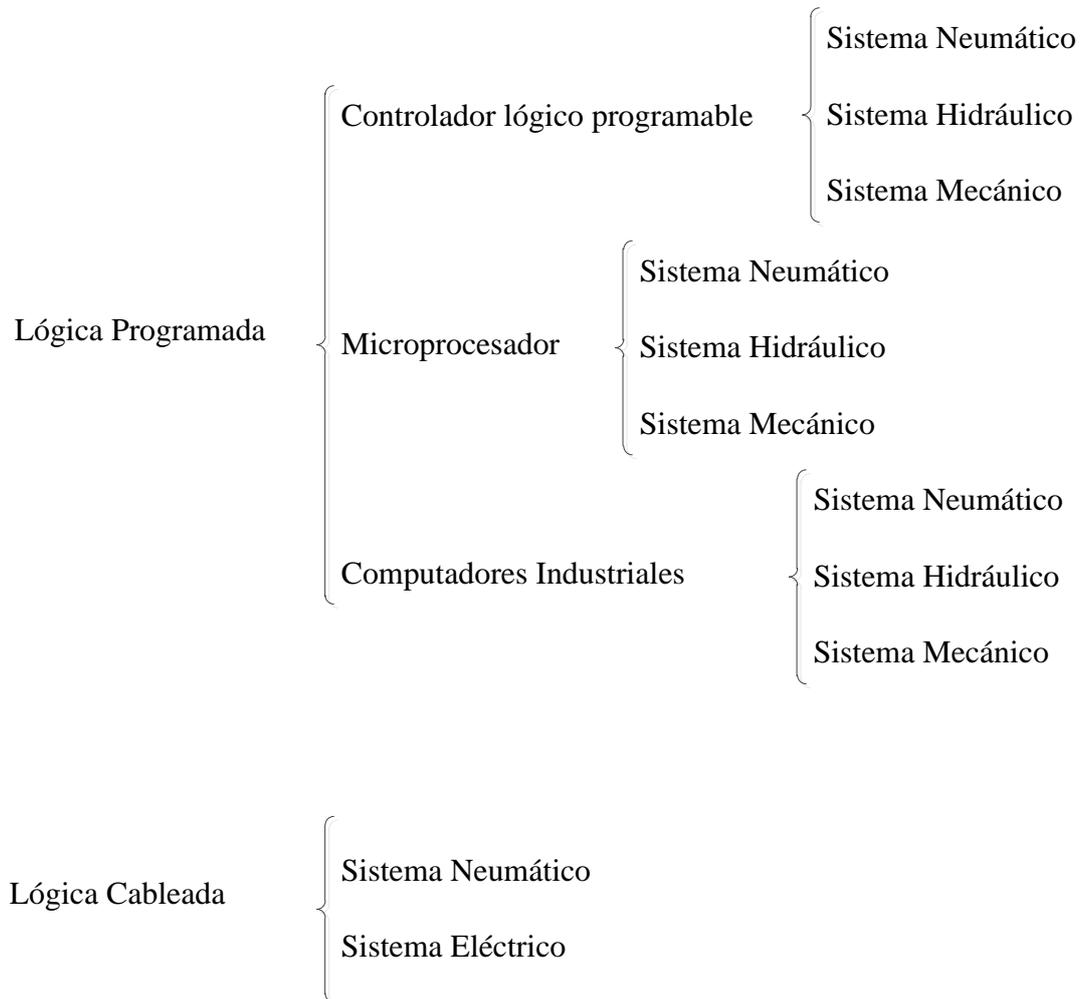
- ◆ Exploratoria: La utilización de este tipo de investigación es necesaria, nos permite obtener un conocimiento global del tema para posteriormente realizar una investigación más profunda del tema.
- ◆ Descriptiva: Para describir los fenómenos que se presentaron durante la investigación.
- ◆ Explicativa: La utilización de este tipo permitió la explicación y afirmación de la hipótesis planteada en la presente investigación de manera clara y precisa.
- ◆ Correlacional: El uso de este tipo permitió relacionarse las variables tanto independientes como dependientes durante la investigación.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACIÓN

Para el presente proyecto la población o universo, a considerar corresponde a las lógicas de control industrial, a los sistemas de control y dispositivos de control, esta investigación se relaciona debido a los diferentes factores que pueden variar dentro del procedimiento, los cuales son:

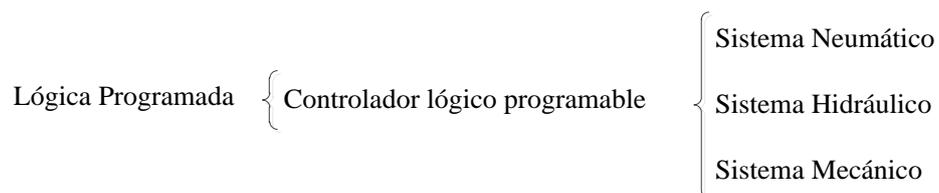
Controladores lógicos



3.3.2 MUESTRA

Las muestras que serán tomadas en cuenta dentro del proyecto de investigación están directamente relacionadas a la población y son las siguientes:

Controladores lógicos



3.3 OPERACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: La lógica de control

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Control industrial es un sistema programado almacenado en una memoria interna, mediante un programa informático.	Sistemas de control	Tipos de control	Lazo abierto Lazo cerrado	Investigación bibliográfica Libros y folletos
	Lógica de control	Tipos de sistemas de control	Sistema Neumático Sistema Hidráulico Sistema Mecánico Sistema Eléctrico	Observación Prácticas en el laboratorio.
		Tipos de Lógicas adecuadas y útiles para el control industrial	Lógica Cableada Lógica Programada Lógica Combinacional Lógica Secuencial	Investigación bibliográfica Libros y folletos

Elaborado por: Eliza Sailema

3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad del proceso de sellado de botellas.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Productividad del proceso de sellado de botellas, es la incrementación de la producción, en el rango de tiempo establecido, respetando las normas de calidad establecidas.	Productividad alta	Tiempos aceptables	2seg<t<3.5seg	Observación directa. Tabla de Observación
	Productividad baja	Tiempos exagerados	6.56seg<t<14.40	Cuadro de pruebas técnicas y manuales Prácticas en el laboratorio Tabla 3.1 Clasificación de los plásticos.
	Envases	Botellas pet	Contenido Neto. 500ml	Folletos

Elaborado por: Eliza Sailema

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En la presente investigación la información será recopilada mediante las siguientes técnicas.

Observación: Directa, indirecta, de laboratorio, de campo y una investigación bibliográfica; mediante la utilización de instrumentos como: cuaderno de notas y registros específicos.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento adecuado de la información se siguió varios lineamientos entre los cuales podemos mencionar los siguientes

- ◆ Revisión crítica de la información requerida.
- ◆ Tabulación de cuadros según las variables de la hipótesis: Cuadro de una variable, cuadro con cruce de variables, etc.
- ◆ Estudio estadístico de datos para la presentación de resultados.
- ◆ Porcentuar: Obtener relación porcentual con respecto al total.
- ◆ Con el porcentaje y los resultados numéricos se estructura el cuadro de resultados que sirve de base para la graficación.
- ◆ Analizar e interpretar los resultados relacionándoles con los objetivos y la hipótesis.

3.5.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los resultados está basado en la información obtenida y registrada en las tablas y gráficos, enmarcándose en las premisas siguientes:

- ◆ Análisis de resultados estadísticos, enfocadas a tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos y la hipótesis.
- ◆ La interpretación de los resultados, se realizó con el apoyo del marco teórico para la mejor comprensión.
- ◆ La comprobación de la hipótesis.
- ◆ Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para fortalecer la investigación, ha sido necesario el análisis de diversos factores como por ejemplo las habilidades de comunicación y el control secuencial en el proceso de sellado de botellas incluye módulos de entrada/salida de tipos digitales y analógicos, memoria para el almacenamiento de instrucciones destinadas a realizar funciones específicas mediante la lógica del control industrial.

Para la construcción del proyecto se investigó diversas alternativas de selección, que brindan la capacidad necesaria a la productividad mediante el proceso de tapado de botellas, en la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica donde los alumnos de la asignatura, Sistemas de Medición y Control Industrial realizan las prácticas correspondientes, siendo útil también para las diversas fábricas que se dedican a manufacturar los mismos productos.

4.2 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Las tablas están desarrolladas en base a la teoría descrita en el marco teórico, tomando en cuenta las cuantificaciones más redundantes de la lógica de control, en el cual la lógica programada es la más dominante para el desarrollo del proyecto, gracias a sus grandes prerrogativas.

La selección de uno u otro dependerá de las ventajas que sobresalgan según su contenido.

Tabla 4.1 Tabla de valores para la ponderación de los sistemas

Tabla de valoraciones para los Controladores Lógicos		
Bajo	Medio	Alto
1	2	3

Tabla 4.2 Tabla de ponderación para los distintos controladores

CONTROLADORES LÓGICOS								
Características		Flexibilidad en modificar el proceso	Conexión y cableado exterior	Tiempo de desarrollo del sistema	Mantenimiento	Costo accesible	Vida Útil	Resultado
Lógica cableada	Sistema neumático	2	3	2	3	2	3	15
	Sistema eléctrico	3	2	3	2	2	3	15
Lógica programada	PLC	3	3	3	3	2	3	17
	Microprocesador	2	3	3	3	2	3	16
	PC	2	1	2	2	1	2	10

Tabla 4.3 Tabla de ponderación para el sistema del enroscado

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. - Mantenimiento 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	

(1) GASTÓN RAMÍREZ MENDES "Sobre máquina tapadora rotativa"

(2) EMILIO GARCÍA MORENO "Automatización de procesos industriales" P 22-25

Tabla 4.4 Tabla de ponderación para el sistema de posicionamiento

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO							
Sistema	Capacidad de Producción	Costo estimado	Mantenimiento	Ventajas	Desventajas	Lógica de control	Ponderado
Neumático	2000 botellas/hora	\$700 ⁴	-Regular la presión y la humedad en el sistema.	- Temperatura de operación es de 0 a 200°C. - Las herramientas y los componentes neumáticos pueden ser cargados hasta el punto de detenimiento y por lo tanto seguros a la sobrecarga.	- No siempre es posible mantener, una velocidad uniforme y constante con el aire comprimido. - Requiere buena preparación, suciedad y condensación no deben estar presentes.	-En el sistema neumático con la lógica programada se puede agregar más funcionalidades de manera simple y sin costo adicional, mientras que la lógica cableada para este sistema sus modificaciones o ampliaciones son muy complicadas ² .	11
Ponderación			3	3	2	3	
Hidráulico	1400 botellas/hora ⁴	\$1200 ⁴	-Si se dispone de un dispositivo de mantenimiento éste se reduce al mínimo.	- Trabaja con elevados niveles de fuerza. -Aceite empleado en el sistema es fácilmente recuperable.	- Las válvulas producen calentamiento. -El fluido es caro y muy sensible a la contaminación.	-La lógica cableada en este caso no es conveniente por su amplia gama de componentes lo que implica un enorme esfuerzo de diseño y conexiones, mientras que la lógica programada solo se utiliza unidades electrónicas para el tratamiento de datos ³ .	8
Ponderación			1	3	1	3	
Mecánico	800 botellas/hora ⁴	\$300 ⁴	- Lubricación adecuada.	- Precio muy conveniente. - Ofrecer grandes potencias por tiempos cortos.	- La incapacidad de funcionar a velocidades bajas	-La lógica cableada y sus dispositivos electromecánicos y electrónicos consumen gran cantidad de energía en el sistema mecánico, mientras que el consumo de energía en la lógica programada es muy inferior, lo que se traduce en un ahorro sustancial ³ .	9
Ponderación			2	3	1	3	

(3) KATSUHIKO OGATA. P 520-521. 562

(3) ROMMEL STEVE GARCÍA CONTRERAS "Electro neumática y Automatización "

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para comprobar cuál es la lógica de control más adecuada se ha realizado una tabla de ponderación Tabla 4.2, mediante esa tabla se determinó a la lógica programada como la más apropiada para controlar y minimizar los tiempos de tapado de las botellas, aumentar la productividad y aligerar las operaciones, mediante el controlador lógico PLC, el cual opera directamente las magnitudes del sistema utilizando el lenguaje de programación diagramas de escalera el más empleado en todas las industrias, brindando la posibilidad de efectuar ajustes en el programa.

Dispone de un amplio control en un pequeño programa, reduciendo la mayor parte de accesorios de conexión, descartando rápidamente la lógica cableada.

En la tabla 4.3 para el enroscado de las tapas el sistema mecánico es el apropiado por la facilidad en el ensamblaje por ser de mínima dimensión, mientras que en la tabla 4.4 el sistema neumático concuerda bien con el sistema programado para el posicionamiento de las botellas.

A continuación se presentan los valores obtenidos mediante las pruebas realizadas.

4.3.1 RESULTADO TÉCNICO DEL PROCESO DE SELLADO DE BOTELLAS

Para realizar las pruebas se utilizó la máquina selladora de botellas, el ciclo semiautomático (lógica programada), con tapas plásticas donde se enrosca con facilidad, evitando al máximo el trasroscado de tapas, el mismo que despliega los siguientes resultados:

Tabla 4.5 Pruebas de tapado semiautomático.

PROCESO SEMIAUTOMÁTICO DE TAPADO (2 BOTELLAS)			
Pruebas N°	Tiempo en Segundos	Pruebas N°	Tiempo en segundos
1	2.29	26	1.84
2	1.73	27	1.86
3	2.02	28	1.81
4	1.89	29	2.11
5	1.77	30	1.79
6	1.86	31	1.94
7	2.37	32	1.34
8	2.19	33	2.20
9	1.65	34	1.67
10	1.76	35	1.73
11	1.56	36	1.93
12	1.38	37	2.01
13	1.91	38	1.83
14	1.73	39	1.91
15	2.16	40	1.48
16	1.75	41	1.97
17	1.38	42	1.94
18	1.81	43	2.06
19	1.99	44	1.72
20	1.76	45	1.81
21	1.82	46	1.43
22	1.88	47	1.85
23	1.99	48	1.45
24	1.72	49	1.47
25	1.69	50	1.38
		Promedio	1.81

Elaborado por: Egdo. Eliza Sailema

Como resultado de la ejecución del proceso semiautomático (lógica programada), se obtuvo un rango de tiempo de: $1.38 < t < 2.29$ segundos, un promedio de 1.81 segundos en 2 botellas.

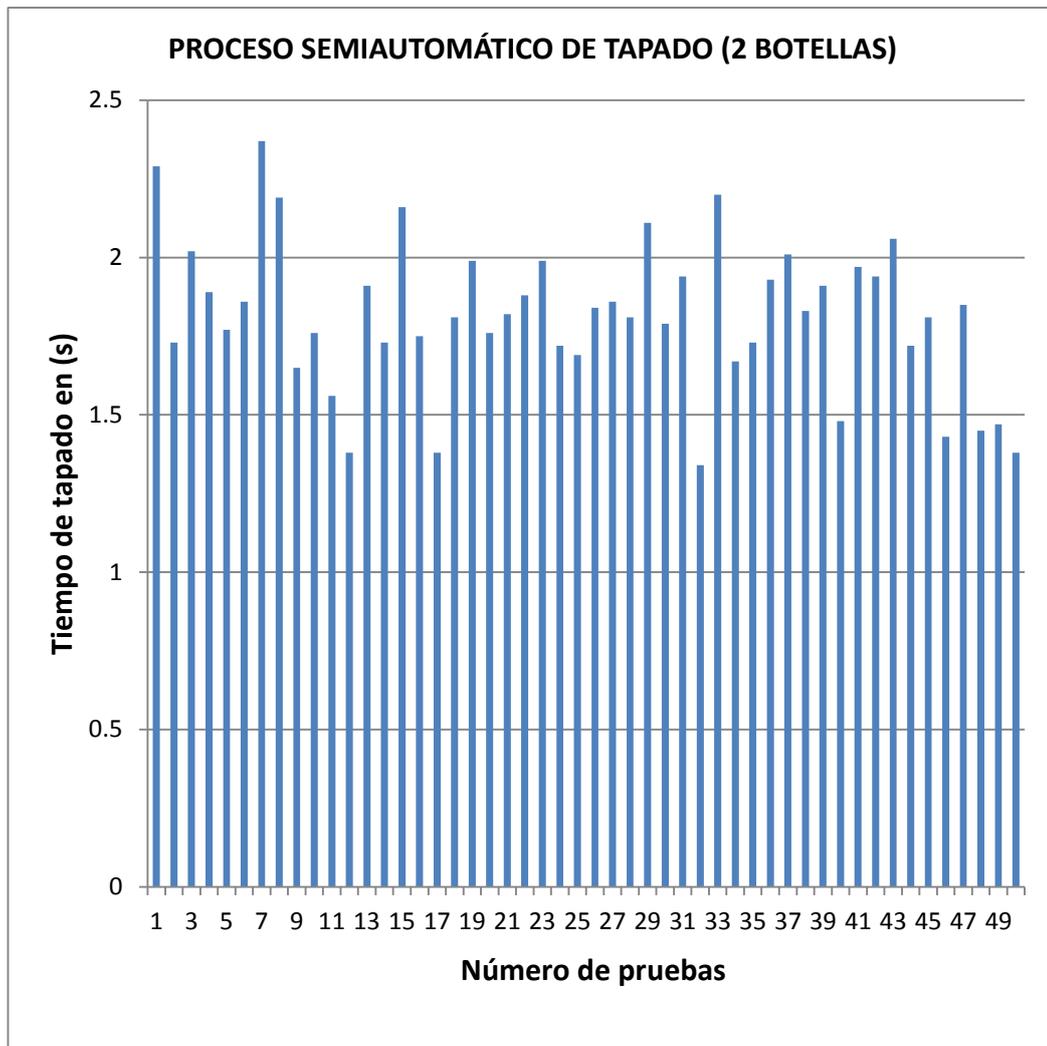


Gráfico: 4.1 Proceso automático de tapado

Elaborado por: **Eliza Sailema**

4.3.2 RESULTADO DEL PROCESO MANUAL.

Las pruebas se realizan, tomando en cuenta el tiempo que se demora en tapar una botella manualmente y evaluar su rango mediante una tabla

Tabla 4.6 Pruebas de tapado manual de botellas.

TAPADO MANUAL (1 BOTELLAS)			
Pruebas N°	Tiempo en Segundos	Pruebas N°	Tiempo en segundos
1	14.40	26	8.34
2	9.17	27	112.70
3	8.28	28	7.80
4	8.50	29	9.12
5	10.39	30	8.45
6	6.88	31	7.14
7	6.38	32	6.90
8	6.58	33	6.40
9	9.99	34	9.60
10	5.56	35	6.90
11	7.78	36	8.53
12	6.70	37	6.91
13	8.38	38	7.45
14	10.50	39	7.45
15	7.80	40	5.78
16	6.90	41	7.49
17	11.60	42	7.39
18	6.70	43	10.11
19	8.94	44	8.90
20	7.89	45	10.01
21	10.50	46	8.50
22	5.99	47	6.48
23	13.89	48	9.88
24	10.50	49	5.89
25	7.14	50	7.71
		Promedio	8.38

Elaborado por: Egdo. Eliza Sailema

Como resultado de la ejecución del proceso manual se obtiene un rango de tiempo de: $6.56 < t < 14.40$ segundos, un promedio de 8.38 segundos en una sola botella.

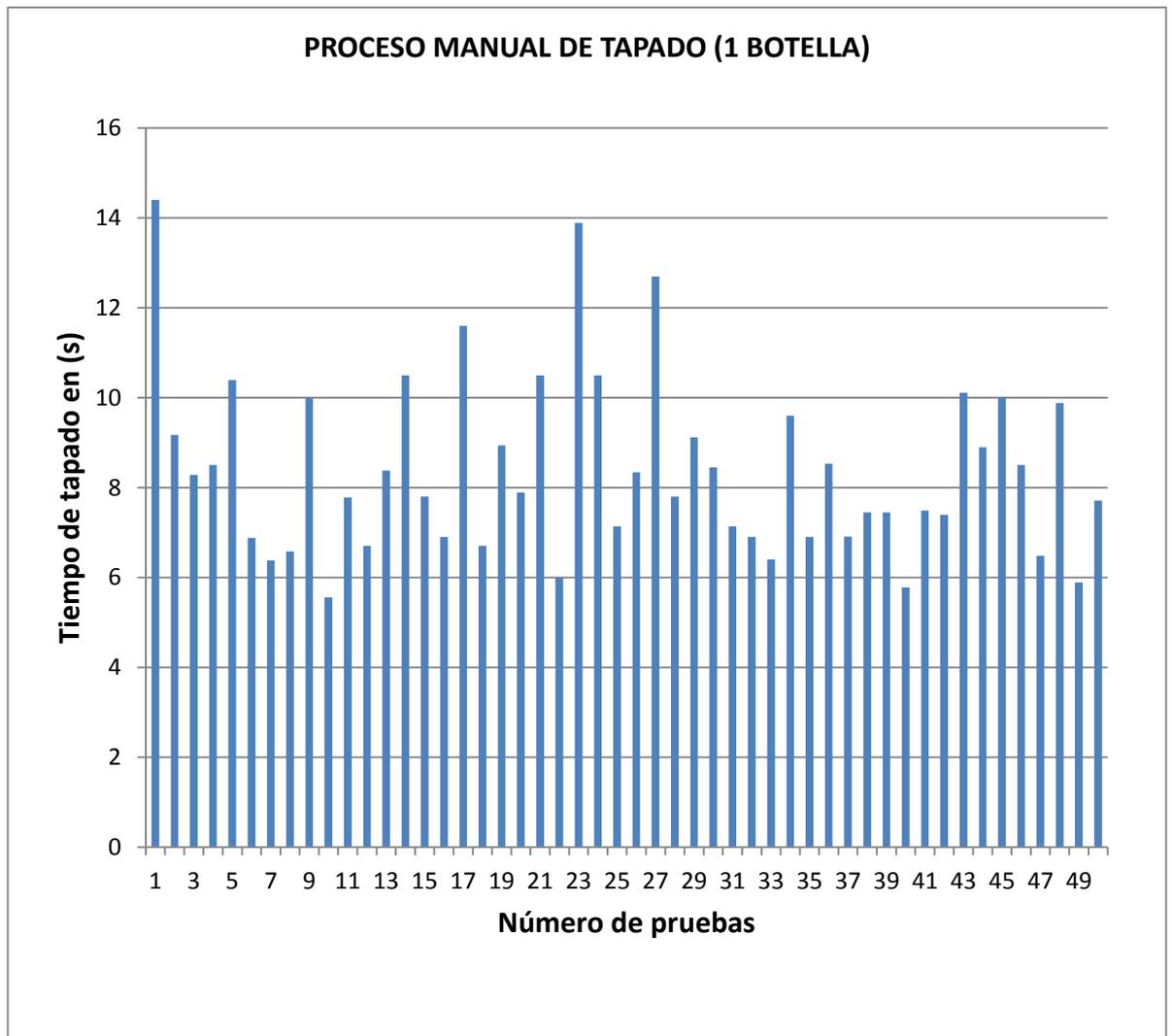


Gráfico: 4.2 Proceso manual de tapado

Elaborado por: **Eliza Sailema**

A continuación se tabuló los datos obtenidos por los dos procesos de sellado para calcular la producción total de las botellas por hora, tomando en cuenta el tiempo de tapado en segundos, el tiempo de manipulación de cada botella, se obtiene el tiempo total del proceso.

Tabla 4.7 Interpretación de los tiempos de tapados.

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

Elaborado por: Egdo. Eliza Sailema

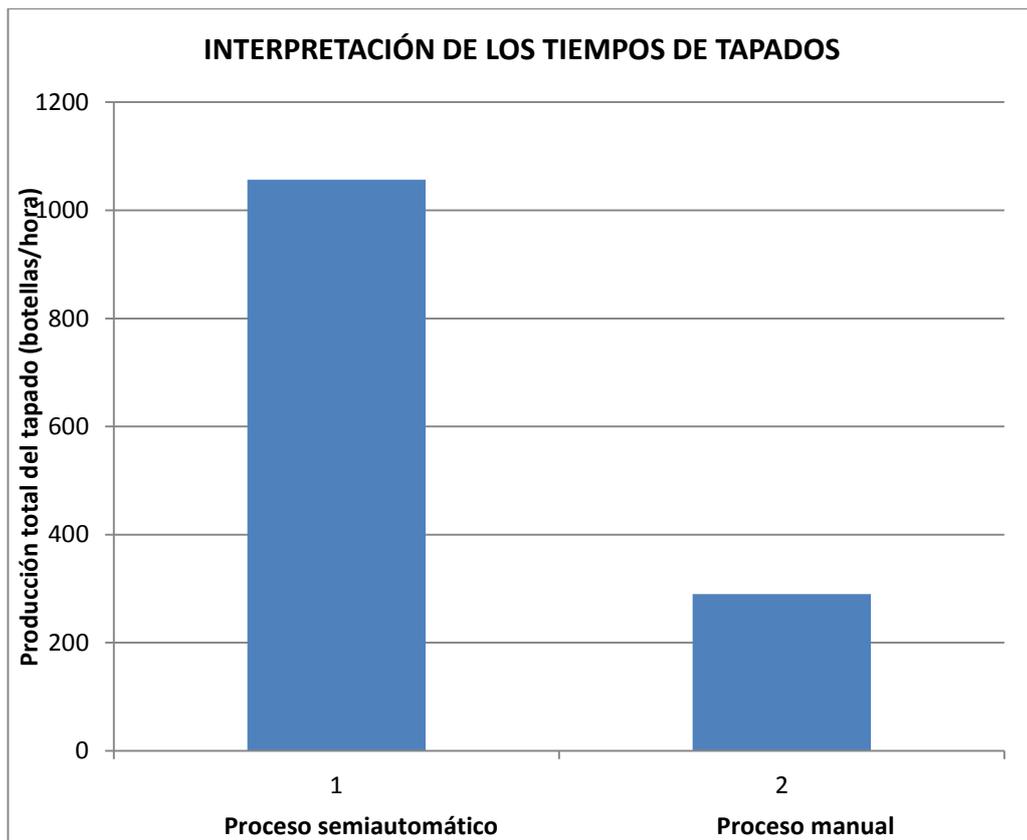


Gráfico: 4.3 Proceso automático y manual de tapado

Elaborado por: Eliza Sailema

Con el proceso semiautomático (lógica programada) se obtiene un incremento de hasta el 364% con respecto al proceso manual optimizando los tiempos y aumentando la producción, como se demuestra en la gráfica.

En la tabla 4.4 con el sistema neumático se obtiene una capacidad de 2000 botellas selladas en una hora, por la línea completa de embotellamiento donde el tiempo de manipulación es bajo, permitiendo un proceso en cadena, ordenado y reduciendo las paradas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que para el sistema de sellado de botellas, según la tabla 4.2 la Lógica Programada, es el adecuado debido a sus prestaciones de confiabilidad, programación flexible, mayor economía, mejor monitoreo del funcionamiento etc. Además es una excelente alternativa ya que puede ser utilizada en aquellos casos en que la instalación de redes no resulte viable por razones económicas o normativas.
- Para el desarrollo del sistema lógica programada y con los resultados obtenidos de las tablas 4.3, 4.4, se ajusta que la programación en un PLC es apropiado por la gran eficiencia en sus operaciones y su facilidad de codificación mediante sus 8 entradas y 8 salidas establecidas, además está compartido con un dosificador el cual permite a las dos máquinas disminuir la cantidad de dispositivos, realizar un control adecuado y correcto en cada proceso que se ejecuta. Para el sistema de posicionamiento es elemental un cilindro neumático por sus importantes ventajas que presenta, como el suministro de aire, que prácticamente es ilimitado, está incluido la unidad de mantenimiento, la electroválvula y silenciadores para un mejor funcionamiento, que además son insensibles a los cambios de temperatura, en contraste con el sistema hidráulico, que la fricción del fluido debido a la viscosidad depende de la temperatura.

- Mediante los resultados obtenidos (Tabla 4.2), en la máquina semiautomática obtenemos un rango de tiempo de: 1.38 segundos $< t <$ 2.29 segundos de un promedio de 1.8 segundos en 2 botellas, superando al proceso manual (Tabla 4.3), que tiene un rango de 6.56 segundos $< t <$ 14.40 segundos un promedio de 8.38 segundos en 1 botella, obteniendo un incremento de hasta el 365% como se interpreta en la gráfico 4.3.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que cuando trabaje con el PLC, se debe tomar muy en cuenta las características y el voltaje con el que dependiendo de ésta se podrá requerir fuentes de alimentación adicional.
- Es recomendable realizar mantenimiento periódico para asegurar que no se produzca ningún desajuste en el sistema, especialmente en los ejes, ya que se empolvan y producen atascamiento.
- Evitar que se mojen los dispositivos de control o las conexiones porque pueden dañar o causar un corto circuito.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

Tema: Implementar la lógica de control industrial adecuado en la máquina selladora de botellas, aplicable en los laboratorios de la facultad de ingeniería civil y mecánica.

6.1 DATOS INFORMATIVOS

La implementación de una máquina selladora de botellas en el laboratorio de mecánica, ocupa un espacio aproximado de: 2m alto y 1m ancho y está compuesta por las siguientes características:

- ◆ La máquina consta de dos boquillas de acero inoxidable, para tapas de 30mm de diámetro, con la facilidad de adaptar boquillas para diferentes diámetros de tapas.
- ◆ La máquina selladora de botellas opera con un motor eléctrico monofásico que se manipular mediante un contactor, el cual establece o interrumpe el paso de corriente.
- ◆ El cilindro neumático doble efecto resistente a la corrosión y, por tanto, muy fácil de limpiar.

- ◆ La unidad de mantenimiento neumático elimina las impurezas del aire, evitando el deterioro prematuro de las instalaciones neumáticas y sus componentes.
- ◆ Un PLC flexilogics que tiene 8 señales de entrada y 8 de salida, alimentando por una fuente de energía para su funcionamiento.
- ◆ La máquina consta de un interruptor para encender el motor, un pulsador para el ciclo repetitivo de tapado y un pulsador de parada.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Para el desarrollo de la máquina selladora de botellas se realizó una investigación, bibliográfica, en busca de la existencia de proyectos similares, obteniendo como resultado la tesis de:

Simbaña Guallichico Édison Paúl, Chiza Ocaña y Edwin Marcelo, R (2013) *Construcción de un prototipo de máquina de botellas rosca estándar de 500ml controlada mediante un PLC para microempresas*. En la ciudad de Quito. Proyecto previo a la obtención del título de tecnólogo en mantenimiento industrial. Escuela Politécnica Nacional

6.3 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se lo desarrolla con el fin de innovar el proceso de sellado de botellas en diferentes industrias aplicando nuevas estrategias para convertirlo en un proceso automático, ágil y preciso a través del control lógica programable que influye de una manera ascendente en los niveles de producción.

La máquina además permite realizar prácticas en la cátedra de sistemas de medición y control I y II, complementando con los dispositivos existentes en el laboratorio, mejorándole al sistema de tapado.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar los tipos del proceso de sellado de botellas aplicable en el Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar pruebas de funcionamiento en la máquina selladora de botellas.
- Definir la presión adecuada para el sellado de botellas.
- Seleccionar los dispositivos apropiados para el funcionamiento de la máquina.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La propuesta es factible realizar ya que se cuenta con información y conocimiento necesario para su desarrollo, lo trascendental es que la construcción de la máquina tenga un costo menor que las opciones extranjeras y que sus aplicaciones estén dirigidas a solucionar el problema de las empresas, esto se puede lograr debido a que todos los elementos son de fácil adquisición en el mercado nacional y local.

Para la lógica de control industrial en la máquina se utiliza un PLC, por la facilidad que tiene para ser programado además está diseñada para trabajar en condiciones severas como; vibraciones, campos magnéticos, humedad, temperaturas extremas, etc.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

Mediante los cálculos seleccionaremos los elementos necesarios para el funcionamiento de la máquina.

6.6.1 SELECCIÓN DE LOS ACEROS

EL ACERO A36 PARA LOS EJES

El acero A36 es la designación de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM, siglas en inglés) para el acero al carbono. El acero ASTM A36 es el tipo de uso más común ya que sus propiedades permiten el uso en muchas aplicaciones, a diferencia de otras aleaciones de mayor rendimiento y lo principal es el más factible en el mercado.

ACERO INOXIDABLE 304 PARA LAS BOQUILLAS

Es el más versátil, acero inoxidable, tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado, excelente resistencia a la corrosión y lo principal se usa para procesos alimenticios como, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos, cervezas, agua etc.

6.6.2 SELECCIÓN DEL MOTOR

Para encontrar la potencia se usa la siguiente ecuación:

Nomenclatura:

Pot = Potencia del motor.

τ = Torque.

ω = Velocidad angular.

$$\text{Pot} = \tau \cdot \omega \quad (6.1)$$

El torque que ejerce una persona tiene una fuerza de 120N al cual se lo incrementa un 30% ⁴ y el radio de la tapa es de 0.015m entonces:

Nomenclatura:

F = Fuerza.

d = Diámetro de la tapa.

$$\tau = F \cdot d \quad (6.2)$$

$$\tau = 156 \text{ N} \times 0.015\text{m}$$

$$\tau = 2.34 \text{ Nm}$$

Para verificar en las tabla lo transformamos en $\tau = 20.71 \text{ in} \cdot \text{lb}$, torque calculado, está en el rango establecido en el Anexo1, tanto que manifiesta que el torque para la rosca es de (13-25) in • lb.

La velocidad angular determinado en el Anexo 2 por la empresa Electro neumática y Automatización obtenido mediante pruebas es de: $\omega = 1740 \text{ rpm} = 182.21 \text{ rad/seg}$, utilizando la ecuación 6.1 calculamos la potencia.

$$\text{Pot} = \tau \cdot \omega$$

$$\text{Pot} = 2.59 \text{ Nm} \times 182.21 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$\text{Pot} = 471.92 \text{ watt}$$

$$\text{Pot} = 0.63 \text{ hp}$$

4González Badillo, JJ E. “Fundamentos del entrenamiento de la fuerza”, Edición (1995). P 22.

Por lo tanto para girar las poleas y las boquillas se necesita un motor de 0.63hp pero optamos por un motor de 1hp.

6.6.3 CÁLCULO DE LA PRESIÓN REQUERIDA

Para el funcionamiento del cilindro neumático se requiere la fuerza de aire, obtenida por el gas comprimido debido al gradiente de la presión.

Nomenclatura:

A = Área del pistón.

D = Diámetro del pistón.

F = Fuerza.

Datos:

F = 156N

D = 25mm

$$P = \frac{F}{A} \quad (6.3)$$

$$P = \frac{156N}{\pi \times (0.0125m)^2}$$

P = 0,32 MPa

La presión de trabajo necesaria para el cilindro neumático de doble efectos es de 0.32 MPa.

6.6.4 SELECCIÓN DE LA BANDA

Para transmitir la potencia a una distancia determinada se selecciona la banda adecuada para la operación.

Las poleas tienen el mismo diámetro por lo tanto las revoluciones son iguales pues no hay variación alguna.

Nomenclatura de los datos:

H_o = Potencia nominal.

n_2 = Revolución de entrada.

n_3 = Revolución de salida.

m_G = Relación de velocidades.

Datos:

$H_o = 0.63$ hp

$n_2 = n_3 = 1740$ rpm

$m_G = 1$

Potencia corregida H_d

La potencia del diseño está dada por:

$$H_d = H_o \cdot K_s \cdot n_d \quad (6.4)$$

Nomenclatura de los datos:

K_s = Factor de servicio sugerido para transmisiones de bandas en V.

n_d = Factor de seguridad.

Datos:

$K_s = 1.2$ Anexo 3 Tabla 17-15

$n_d = 1.1$ Se impone

Utilizar la ecuación (6.4) para calcular la potencia corregida

$$H_d = H_o \cdot K_s \cdot n_d$$

$$H_d = 0.63 \text{ hp} \times 1.2 \times 1.1$$

$$H_d = 0.83 \text{ hp}$$

Selección de la banda

Con la potencia y la velocidad angular se analiza la sección de la banda en el anexo 6 como resultado "A" es la sección de la banda.

Con la sección de la banda "A" se obtiene el diámetro primitivo en el Anexo 5

Nomenclatura de los datos:

d = Diámetro primitivo o de la polea menor.

D = Diámetro de conducida o de la polea mayor.

V = Velocidad de la banda [pie/minuto].

C = Distancia de centros.

Datos:

d = 3.15 in = D Anexo 5

C = 7.48 in se impone

Para calcular la velocidad de la banda se emplea la siguiente formula:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{12} \quad (6.5)$$

$$V = \frac{\pi \times 3.15 \text{ in} \times 1740 \text{rpm}}{12}$$

$$V = 1434.926 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

Ángulo de contacto

Para encontrar el ángulo de contacto de la banda en la polea se usa la ecuación:

$$\theta = \pi - 2\text{Sen}^{-1} \frac{(D - d)}{2C} \quad (6.6)$$

Para encontrar la longitud de la correa se usa la ecuación:

$$L = 2C + \frac{\pi(D + d)}{2} + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad (6.7)$$

Nomenclatura de los datos:

θ = Arco de contacto de la polea

D = Diámetro mayor

d = Diámetro menor

L = Longitud de la correa

Con la fórmula (6.6) se calcula el ángulo de contacto.

$$\theta = \pi - 2\text{Sen}^{-1} \frac{(3.15 - 3.15)\text{in}}{2 \times 7.48 \text{ in}}$$

$$\theta = 3.1415 \text{ rad}$$

Con la fórmula (6.7) se calcula la longitud de la banda.

$$L = 2 \times 7.48 \text{ in} + \frac{\pi(3.15 \text{ in} + 3.15 \text{ in})}{2} + \frac{(3.15 \text{ in} - 3.15 \text{ in})^2}{4 \times 7.48 \text{ in}}$$

$$L = 24.85 \text{ in}$$

Potencia admisible de la banda Ha

Para poleas de diámetros iguales (cobertura de 180°), de longitud moderada y que transmite una carga constante, la tabla 17-12 desglosa la potencia nominal de bandas en V estándar ⁵. Mediante una interpolación lineal se obtiene el siguiente resultado de Ha.

$$Ha = 0.894 \text{ Anexo 6 tabla 17-12}$$

Número de banda

Por lo regular y por lógica el número de bandas, es el entero siguiente mayor⁵.

$$Nb = \frac{Hd}{Ha} \tag{6.8}$$

$$Nb = \frac{0.83}{0.894}$$

$$Nb = 0.928 = 1 \text{ Banda}$$

5Richard. Budynas. Nisbett, Diseño de ingeniería mecánica de Shyglye, (octava edición). P 860

Tensión por banda

La tensión centrífuga está dada por:

$$F_c = K_c \times \left(\frac{V}{1000} \right)^5 \quad (6.9)$$

K_c = Parámetros de bandas en V.

$K_c = 0.561$ Anexo 7 Tabla 17-16

Utilizando la fórmula (6.9) se calcula la tensión centrífuga de la banda.

$$F_c = 0.561 \times \left(\frac{1434.926}{1000} \right)^5$$

$$F_c = 1.155 \text{ lbf}$$

Coefficiente de fricción de la transmisión de la banda.

$$\exp(f\phi) = 2.7182^{(0.5123 \times \theta)} \quad (6.10)$$

$$\exp(f\phi) = 2.7182^{(0.5123 \times 3.142)}$$

$$\exp(f\phi) = 5$$

La potencia que se transmite por banda se basa en $\Delta F = F_1 - F_2$ donde obtenemos la ecuación (6.10)

$$\Delta F = \frac{63025 \times H_d / N_b}{n \times d \times 0.5} \quad (6.11)$$

$$\Delta F = \frac{63025 \times 0.8316 / 0.999}{1740 \times 3.15 \times 0.5}$$

$$\Delta F = 19.14 \text{ lbf}$$

Entonces, la tensión mayor F_1 está dada por

$$F_1 = F_c + \frac{F \times \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1} \quad (6.12)$$

$$F_1 = 1.155\text{lbf} + \frac{19.14\text{lbf} \times 5}{5 - 1}$$

$$F_1 = 25.08\text{lbf}$$

De la definición de ΔF , la tensión menor F_2 se obtiene mediante

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad (6.13)$$

$$F_2 = 25.08\text{lbf} - 19.14\text{lbf}$$

$$F_2 = 5.94\text{lbf}$$

Tensión máxima de la banda

$$F_i = 0.5 \times (F_1 + F_2) - F_c \quad (6.14)$$

$$F_i = 0.5 \times (25.08 + 5.94) - 1.155$$

$$F_i = 14.355\text{lbf}$$

Factor de seguridad nf

$$nf = \frac{H_a \times N_b}{H_o \times K_s} \quad (6.15)$$

$$nf = \frac{0.894 \times 1}{0.63 \times 1.2}$$

$$nf = 1.1$$

Durabilidad

Las correlaciones de durabilidad (vida) se complican por el hecho de que la flexión induce esfuerzos de flexión en la banda; la tensión correspondiente en la banda que induce el mismo esfuerzo de tensión máximo es F_{b1} en la polea impulsadora y F_{b2} en la polea impulsada.

Nomenclatura de datos:

K_b = Parámetros de bandas en V.

K = Parámetros de durabilidad para algunas secciones de bandas en V.

Dato:

$$K_b = 220 \quad \text{Anexo 8 tabla 17-16}$$

$$K = 674 \quad \text{Anexo 9 tabla 17-17}$$

Con la ecuación (6.16) se calcula Fb_1 y Fb_2

$$Fb_1 = Fb_2 = \frac{Kb}{d} \quad (6.16)$$

$$Fb_1 = Fb_2 = \frac{220}{3.15\text{in}}$$

$$Fb_1 = 69.841\text{lb}$$

Con la ecuación (6.17) se calcula T_1 y T_2

$$T_1 = T_2 = F_1 + Fb_1 \quad (6.17)$$

$$T_1 = T_2 = 25.08\text{lb} + 69.841\text{lb}$$

$$T_1 = T_2 = 94.92\text{lb}$$

Número de pasadas N_p y b , vea la el Anexo 9 tabla 17-17

$$N_p = \left[\left(\frac{K}{T_1} \right)^{-b} + \left(\frac{K}{T_2} \right)^{-b} \right] \quad (6.18)$$

$$N_p = \left[\left(\frac{674}{94,92} \right)^{-11.089} + \left(\frac{674}{94,92} \right)^{-11.089} \right]$$

$$N_p = 1377398907$$

Vida en horas t esta dada por

$$t = \frac{N_p \times L_p}{720 \times V} \quad (6.19)$$

$$t = \frac{1377398907 \times 24.30}{720 \times 1434.226}$$

$$t = 32412.75$$

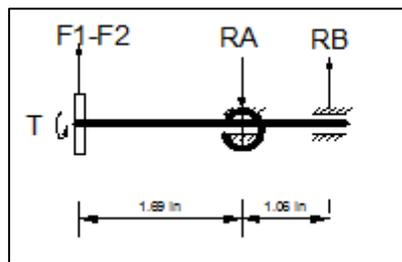
6.6.5 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DEL EJE QUE TRANSMITE LA POTENCIA

El eje de sección transversal circular sólida se encarga de transmitir la potencia entregada por el motor de 1hp a las boquillas para sellar las botellas.

Datos:

$$F_1 - F_2 = 19.124 \text{ lb}$$

Figura: 6.1 Diagrama de cuerpo libre



Elaborado por: Eliza Sailema

Sumatoria de fuerzas en y

$$\Sigma F_y = 0$$

$$(F_1 - F_2) - R_A + R_B = 0$$

$$-R_A = -R_B - (F_1 - F_2)$$

$$R_A = 30.49 \text{ lb} + (25.061 - 5.937) \text{ lb}$$

$$R_A = 49.614 \text{ lb}$$

Sumatoria de momento en A

$$\Sigma M_A = 0$$

$$19.124 \text{ lb} \times 1.69 \text{ in} - R_B \times 1.06 \text{ in} = 0$$

$$R_B = 30.49 \text{ lb}$$

Método de corte.

$$V_{0I} = 0$$

$$V_{0D} = 0 + 19.124 \text{ lb} = 19.124 \text{ lb}$$

$$V_{AI} = 19.124\text{lb} + 0 = 19.124\text{lb}$$

$$V_{AD} = 19.124\text{lb} - 49.614\text{lb} = -30.49\text{lb}$$

$$V_{AI} = 0 - 30.49\text{lb} = -30.49\text{lb}$$

$$V_{AD} = 30.49\text{lb} - 30.49\text{lb} = 0$$

$$A_1 = 19.124\text{lb} \times 1.69\text{lb} = 32.319\text{lb}^2$$

$$A_2 = 30.49\text{lb} \times 1.06\text{lb} = -32.319\text{lb}^2$$

Momento

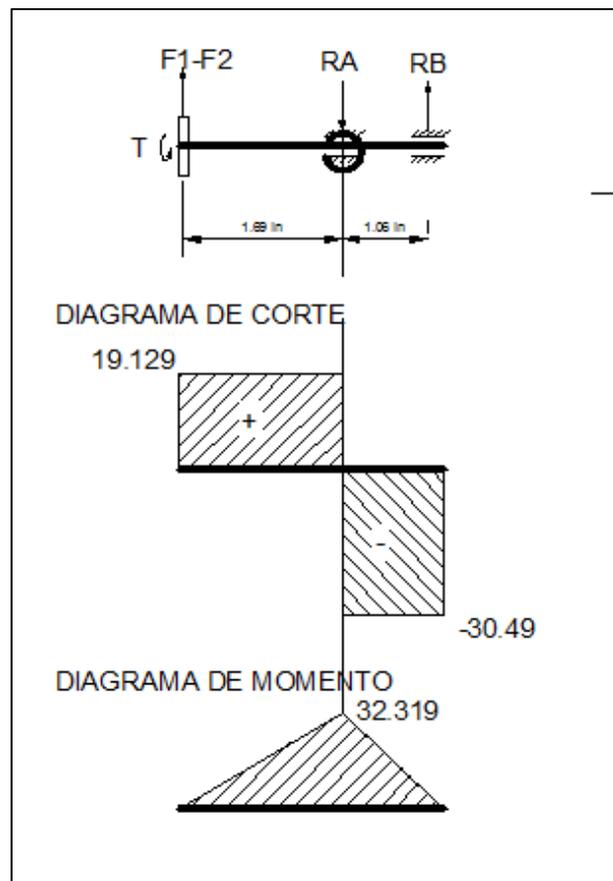
$$M_1 = 0$$

$$M_2 = 0 + 32.319\text{lb} = 32.319\text{lb in}$$

$$M_3 = 32.319 - 32.319 = 0$$

$$M_{\text{max}} = 32.319 \text{ lb.in}$$

Figura: 6.2 Diagrama de corte y momento



Elaborado por: Eliza Sailema

El Esfuerzo flexionante para secciones transversales circulares sólidas es:

$$\sigma = \frac{32 \times Mf}{\pi \times d^3} \quad (6.20)$$

Nomenclatura

Mf = Momento flexionante.

I = Inercia de la sección de estudio.

d = Diámetro del eje

Datos:

d=2/5 in, se impone

Con la ecuación (6.20) se calcula el esfuerzo flexionante que tolera el eje.

$$\sigma = \frac{32 \times Mf}{\pi \times d^3}$$
$$\sigma = \frac{32 \times 32.319 \text{ lb in}}{\pi \times (0.40\text{in})^3}$$
$$\sigma = 5143.72 \text{ psi}$$

Esfuerzo torsional es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje, calcular con la ecuación (6.21).

$$\mathcal{T} = \frac{16 \times T}{\pi \times d^3} \quad (6.21)$$
$$\mathcal{T} = \frac{16 \times 23\text{lb in}}{\pi \times (0.40\text{in})^3}$$
$$\mathcal{T} = 1830.28 \text{ psi}$$

RESISTENCIA A LA FATIGA

Fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo distintas cargas.

Nomenclatura

Ka = factor de modificación superficial.

K_b = Factor de modificación del tamaño.

K_c = Factor de modificación de la carga.

K_d = Factor de modificación de la temperatura.

K_e = Factor de confiabilidad.

K_f = Factor de modificación de efectos varios.

S_e' = Límite de la resistencia en viga rotatoria.

S_e = Límite de la resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

a = Factor, acabado superficial.

b = Exponente, acabado superficial.

d = Factor de tamaño.

Datos:

Acero 1020 Anexo 10

$S_y = 30 \text{ Kpsi}$

$S_{ut} = 55 \text{ Kpsi}$

$a = 2.70$ Anexo 11 Tabla 6-2

$b = 0.265$ Anexo 11 Tabla 6-2

$d = 0.107$ Anexo 12

Utilizando la ecuación de Marin cuantificamos los efectos de la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura y varios otros puntos.

$$S_e = S_e' \cdot K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \quad (6.22)$$

$$S_e' = 0.5 S_{ut}$$

$$S_e' = 0.5 (55 \text{ Kpsi})$$

$$S_e' = 27.5 \text{ Kpsi}$$

$$K_a = a S_{ut}^b$$

$$K_a = 2.70 \times (55)^{-0.265}$$

$$K_a = 0.93$$

$$K_b = 0.897 \times d^{-0.107}$$

$$K_b = 0.897 \times (0.40)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.98$$

Anexo 13 Factor de temperatura

$$K_c = 0.59 \text{ Carga radial}$$

Anexo 14 Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.

$$K_d = 1 \text{ Trabaja a temperatura ambiente}$$

Anexo 15 Factor de confiabilidad

$$K_e = 0.814$$

$$S_e = 0.93 \times 0.98 \times 0.59 \times 1 \times 0.814 \times 27.5$$

$$S_e = 12036 \text{ Psi}$$

Teoría de energía de distorsión von Mises

$$\sigma_{\text{Max}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \mathcal{T}^2} \quad (6.23)$$

$$\sigma_{\text{Max}} = \sqrt{(5143.72)^2 + 3 \times (1830.28)^2}$$

$$\sigma_{\text{Max}} = 6042.15 \text{ Psi}$$

Factor de seguridad

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

$$\eta = \frac{30000 \text{ psi}}{6042.15 \text{ psi}}$$

$$\eta = 4.97$$

El diámetro

$$d = \sqrt[3]{32 \times \frac{\eta}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{\mathcal{T}_{\text{max}}}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M_{\text{max}}}{S_e}\right)^2}}$$

$$d = \sqrt[3]{32 \times \frac{4.97}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{23}{30000}\right)^2 + \left(\frac{32.319}{12036}\right)^2}}$$

$$d = 0.52 \text{ in}$$

El diámetro ideal para transmitir la potencia a las boquillas es de 0.52 pero se elige un diámetro de 1 pulgada para que se adapte de una mejor manera con las boquillas y no quede trezando.

6.6.6 SELECCIÓN DEL RODAMIENTO

La selección técnica del rodamiento lo realizó del catálogo SKF utilizando el Sistema Internacional de Unidades por la facilidad, de la lectura en el catálogo.

Nomenclatura

L_{10n} = Duración nominal en horas de servicio.

a_1 = Factor de ajuste de la duración, por fiabilidad.

a_{2-3} = Factor combinado para el material y la lubricación.

S_o = Factor de seguridad estático.

P_o = Carga estática equivalente.

V_1 = Viscosidad cinemática.

K = Relación de viscosidad.

Datos:

$n = 1740 \text{ rpm}$

$L_{10n} = 12000$ Anexo 16

$a_1 = 0.33$ Anexo 17

$a_{2-3} = 2$ Se impone

$S_o = 2$ Máquina herramienta

$F_1 = 25.08 \text{ lb}$

$F_2 = 5.94 \text{ lb}$

Los rodamientos radiales están sometidos con frecuencia a cargas radiales y axiales simultáneamente. Cuando la magnitud y la dirección de la carga resultante son constantes, la carga dinámica equivalente se obtiene de la siguiente ecuación general.

Fuerza radial

$$P_o = F_r + F_a \quad (6.24)$$

$$F_r = F_1 + F_2$$

$$P_o = F_r = 31.02 \text{ lb} = 137.98\text{N}$$

CAPACIDAD DE LA CARGA DINÁMICA REQUERIDA

$$C = P_o \sqrt{\frac{L_{n_{10}} \cdot n \cdot 60}{1000000 \cdot a_1 \cdot a_{2-3}}}$$

$$C = 137.98 \sqrt{\frac{25000 \times 1740 \times 60}{1000000 \cdot 0.33 \cdot 2}}$$

$$C = 2181.97\text{N}$$

Selección de rodamientos en el catalogo SKF

Rodamiento rígido de bolas

Capacidad de carga dinámica	Rodamiento	D	D
2181.97	6305	62mm	25mm

$$d_m = \frac{d + D}{2} = \frac{25\text{mm} + 62\text{mm}}{2} = 43.5\text{mm}$$

$$d_m = 43.5\text{mm}$$

Anexo 18 d_m y n obtenemos:

$$V_1 = 15\text{mm}^2/\text{seg}$$

$$K = \frac{D}{V_1}$$

$$K = \frac{62}{15}$$

$$K = 4.13 \implies a_{2-3} = 2.3 \text{ Pg 37}$$

Se recalcula el valor de C.

$$C = P_o \sqrt{\frac{L_{n_{10}} \cdot n \cdot 60}{1000000 \cdot a_1 \cdot a_{2-3}}}$$

$$C = 137.98 \sqrt{\frac{25000 \times 1740 \times 60}{1000000 \times 0.33 \times 2.3}}$$

$$C = 2082.64N$$

Selección de rodamientos en el catálogo SKF

Rodamiento rígido de bolas

Capacidad de carga dinámica	Rodamiento	D	D
2181.97	6305	62mm	25mm

DETERMINAR LA CAPACIDAD DE LA CARGA ESTÁTICA REQUERIDA

$$C_o = S_o P_o$$

$$C_o = 2 \times 137.98N$$

$$C_o = 275.96 \implies \text{Requerida}$$

6.6.7 RESISTENCIA DE LA COLUMNA VERTICAL DE LA MÁQUINA

La resistencia de una columna y de la manera como falla dependerá en gran medida de su longitud efectiva para lo cual tenemos dos métodos LRFD y ASD.

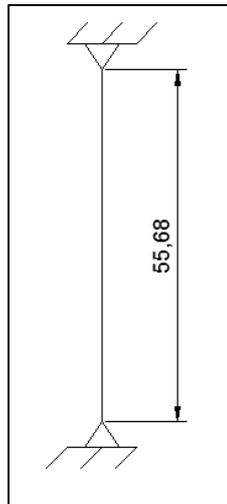
El término LRFD (Diseño por Factores de Carga y Resistencia), que se refiere a valores de la propiedades del material; los valores de resistencia que maneja la norma LRFD son equivalentes a los valores de las tensiones admisibles. En ASD

los niveles de tensiones permisibles son muy bajos, esta combinación produce diseños que se mantienen en niveles de seguridad altos.

La diferencia entre LRFD y ASD es que los valores de la resistencia y los efectos producidos por las cargas en LRFD son numéricamente más grandes que en ASD, ya que estos son muy próximos a magnitudes halladas en muchos ensayos, y no reducen de manera significativa el coeficiente de seguridad interno. Los efectos de las cargas son más grandes a causa de que ellas son multiplicadas por los factores de carga que están en el rango de 1.2 a 1.

Las fórmulas ASD, escoge el esfuerzo permisible (S_y) y el criterio de falla es la deformación, mientras que el LRFD, escoge el esfuerzo último de la tensión (F_y) y el criterio de falla lo consideran a la rotura.

Diagrama de cuerpo libre



Nomenclatura

L = Longitud del eje circular macizo.

K = Factor de longitud efectiva que se determina de acuerdo a las condiciones de apoyo de la columna.

D = Diámetro del eje.

I_x = La inercia del eje macizo.

r_{giro} = Radio de giro del eje macizo.

E = Módulo de elasticidad.

Fy = Resistencia a la tensión.

Datos:

L = 33.86 in

K= 2.1 Anexo 19

D = 1.96 in

Ix = 12.09cm⁴

rgiro = 0.49 in

E = 29500 Kpsi

Fy = 36 Kpsi

Fa = Esfuerzo permisible de tensión.

Relación de esbeltez

La esbeltez es la relación que existe entre la sección de la barra y su longitud se calcula con la siguiente fórmula.

$$\frac{K L}{r} \quad (6.25)$$

$$\frac{K L}{r} = \frac{2.1 \times 33.86}{0.49} = 145.11$$

El valor Cc corresponde a la relación de esbeltez que separa el pandeo elástico del inelástico y se determina con la siguiente ecuación:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{F_y}} \quad (6.26)$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 29500 \text{Kpsi}}{36 \text{Kpsi}}} = 127.18$$

Mediante esta comparación determinamos la ecuación para calcular Fa

$$\frac{K L}{r} > C_c$$

El ASD establece la ecuación parabólica de la siguiente manera:

$$F_a = \frac{12 \times \pi^2 \times E}{23 \times \left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (6.27)$$

$$F_a = \frac{12 \times \pi^2 \times 29500 \text{Kpsi}}{23 \times (145.11)^2}$$

$$F_a = \frac{3493839 \text{Kpsi}}{484308.98}$$

$$F_a = 7214 \text{Psi}$$

Carga permisible

$$P = F_a \cdot A \quad (6.28)$$

$$P = 7214 \text{psi} \times \frac{\pi \times (1.96 \text{in})^2}{4}$$

$$P = 21 \text{klb}$$

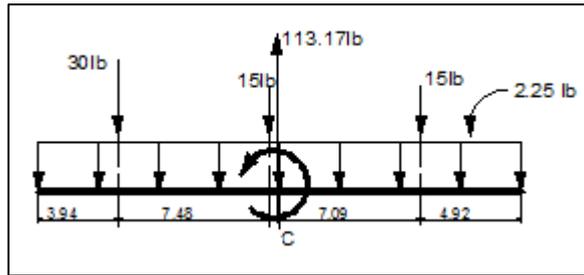
6.6.8 LÁMINA DE ACERO

Los elementos que trabajan a flexión son los elementos horizontales como por ejemplo vigas o losas estas pueden ser de madera o metálicos para saber las solicitaciones se realiza diagramas de corte y diagramas de momentos con la finalidad de calcular el corte máximo y el momento máximo. Estos elementos horizontales que son las vigas, trabajan bajo la acción de cargas puntuales uniformemente distribuidas.

Para realizar los diagramas se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Se equilibra al elemento estructural colocando reacciones para ello utilizo las ecuaciones $\Sigma F_y = 0$, $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma M = 0$.

Figura: 6.3 Diagrama de cuerpo libre



Elaborado por Eliza Sailema

$$\Sigma F_v = 0$$

$$- 30 - 15 - 15 - 2.25 \times (23.63) + R_c = 0$$

$$R_c = 113.17 \text{ lb}$$

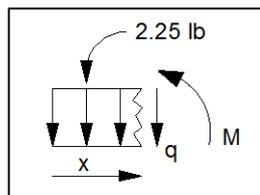
$$\Sigma M_c = 0$$

$$M_c = 30 \times 7.88 + 15 \times 0.4 - 15 \times 7.09$$

$$M_c = 136.05 \text{ lb in}$$

2. Se aplica cortes aplicando intervalos en función de la variable x , exactamente igual o parecido a los diagramas de las fuerzas normales.

1er Corte $0 \leq x \leq 3.94$



$$q = - 2.25 x$$

$$x = 0 \quad \rightarrow q' = 0$$

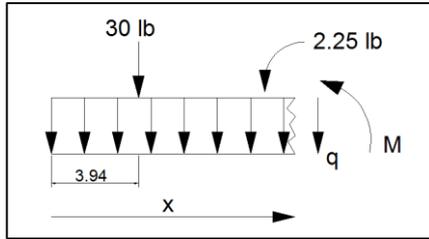
$$x = 3.94 \quad \rightarrow q' = - 8.865$$

$$M_o = - 2.25 x \left(\frac{x}{2} \right) = 1.125 x^2$$

$$x = 0 \quad \rightarrow M = 0$$

$$x = 3.94 \quad \rightarrow M = - 4.433$$

2^{do} Corte $3.94 \leq x \leq 11.42$



$$q = -2.25x - 30$$

$$x = 3.94 \quad \rightarrow \quad q' = -38.87$$

$$x = 11.42 \quad \rightarrow \quad q' = -55.69$$

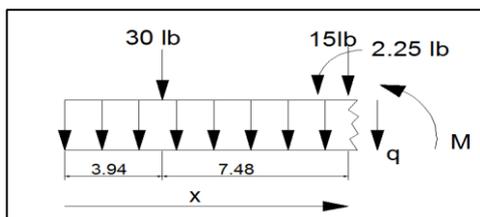
$$M_o = -2.25x \left(\frac{x}{2}\right) - 30(x - 3.94)$$

$$M_o = -1.125x^2 - 30x + 118.2$$

$$x = 3.94 \quad \rightarrow \quad M = -17.46$$

$$x = 11.42 \quad \rightarrow \quad M = -371.12$$

3^{er} Corte $11.42 \leq x \leq 11.82$



$$q = -2.25x - 30 - 15$$

$$x = 11.42 \quad \rightarrow \quad q' = -70.7$$

$$x = 11.82 \quad \rightarrow \quad q' = -71.6$$

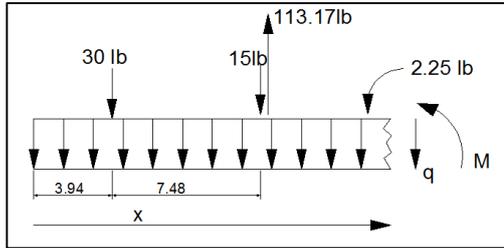
$$M_o = -2.25x \left(\frac{x}{2}\right) - 30(x - 3.94) - 15(x - 11.42)$$

$$M_o = -1.125x^2 - 45x + 289.5$$

$$x = 11.42 \quad \rightarrow \quad M = -371.12$$

$$x = 11.82 \quad \rightarrow \quad M = -399.6$$

4^{to} Corte $11.82 \leq x \leq 18.91$



$$q = -2.25x - 30 - 15 + 113.17$$

$$x = 11.82 \quad \rightarrow \quad q' = 41.6$$

$$x = 18.91 \quad \rightarrow \quad q' = 65.62$$

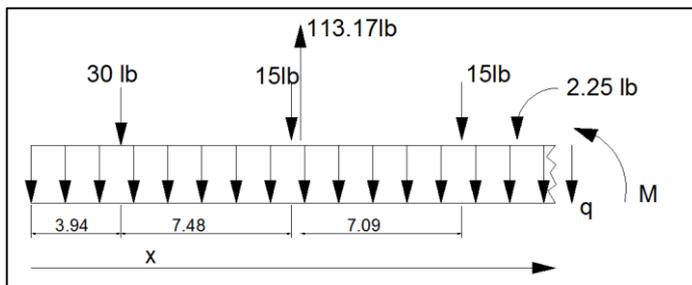
$$M_o = -2.25x \left(\frac{x}{2} \right) - 30(x - 3.94) - 15(x - 11.42) + 113.17(x - 11.82) + 136.05$$

$$M_o = -1.125x^2 + 68.17x - 912.11$$

$$x = 11.82 \quad \rightarrow \quad M = -263.51$$

$$x = 18.91 \quad \rightarrow \quad M = -25.30$$

5^{to} Corte $18.91 \leq x \leq 23.63$



$$q = -2.25x - 30 - 15 + 113.17 - 15$$

$$x = 18.91 \quad \rightarrow \quad q' = 10.62$$

$$x = 23.63 \quad \rightarrow \quad q' = 0$$

$$M_o = -2.25x \left(\frac{x}{2} \right) - 30(x - 3.94) - 15(x - 11.42) + 113.17(x - 11.82) - 15(x - 18.91) + 628.23$$

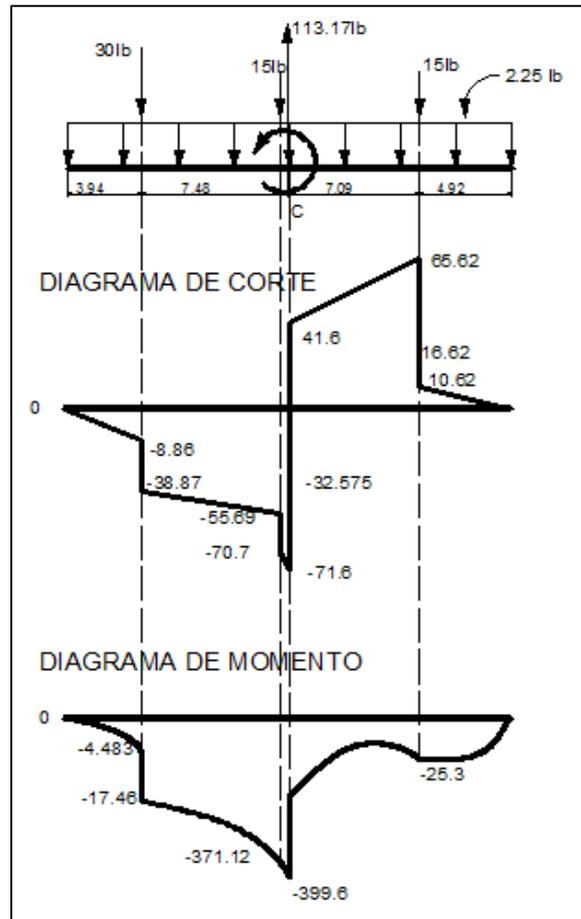
$$M_o = -1.125x^2 + 53.17x - 628.23$$

$$x = 18.91 \quad \rightarrow M = -25.07$$

$$x = 23.63 \quad \rightarrow M = 0$$

$$M_{\text{máximo}} = 399.6$$

Figura: 6.4 Diagrama de corte y momento



Elaborado por: Eliza Sailema

Factor de seguridad

$$s = \frac{b h^2}{6} = \frac{15 \text{ in} \times (0.4 \text{ in})^2}{6} = 0.4 \text{ in}^2$$

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{400 \text{ lb in}}{0.4 \text{ in}^2} = 1000 \text{ PSI}$$

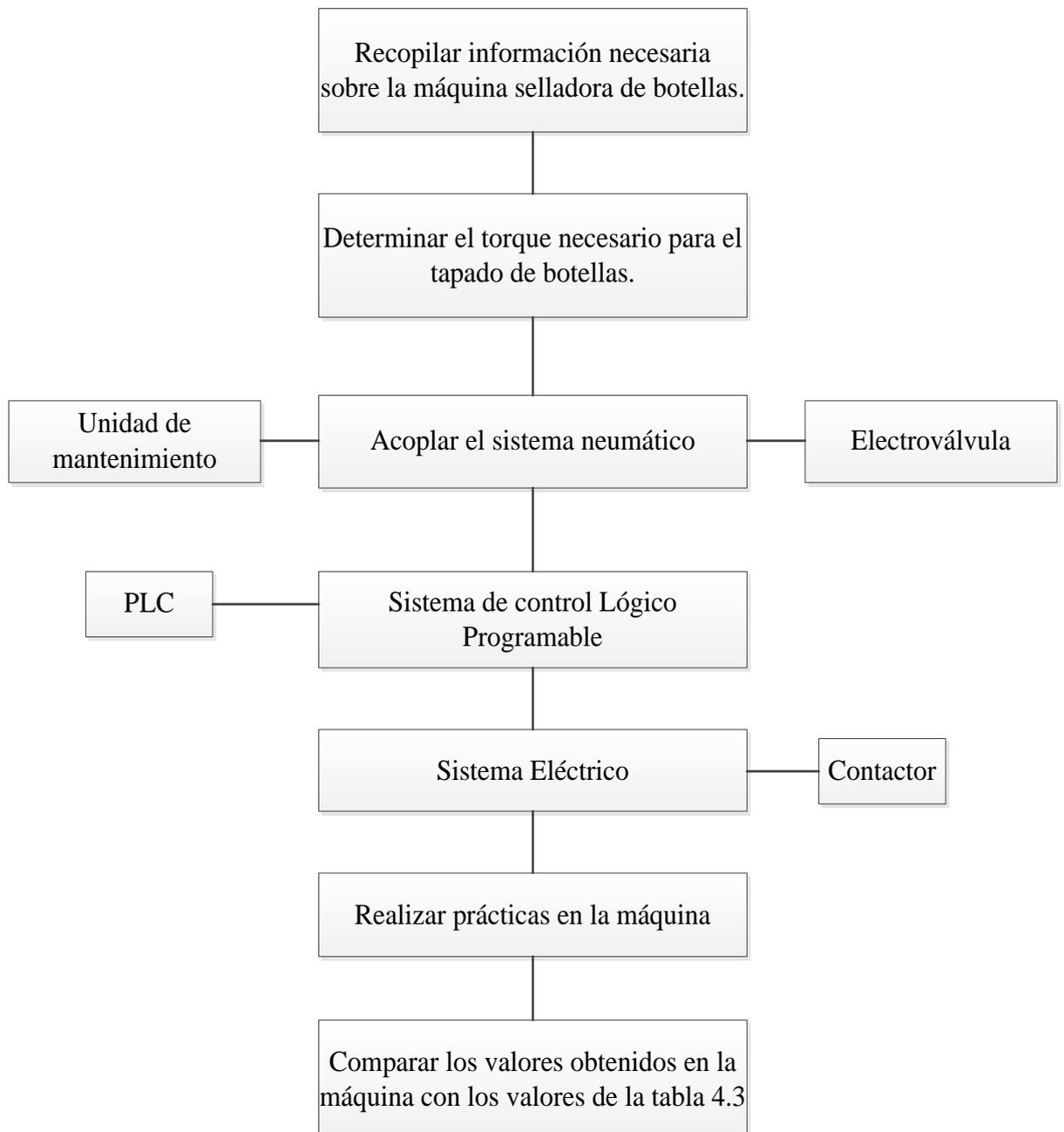
$$\eta = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{29000}{1000} = 29$$

6.7 METODOLOGÍA

Una vez que los elementos mecánicos han sido seleccionados para la presente propuesta mediante investigación bibliográfica y de observación, se procede a las operaciones de ensablado y automatizado de la máquina que consta de las siguientes etapas:

Figura: 6.5 Metodología de la máquina selladora de botellas



Elaborado por: Eliza Sailema

FLUJOGRAMA DE LA MÁQUINA SELLADORA DE BOTELLAS

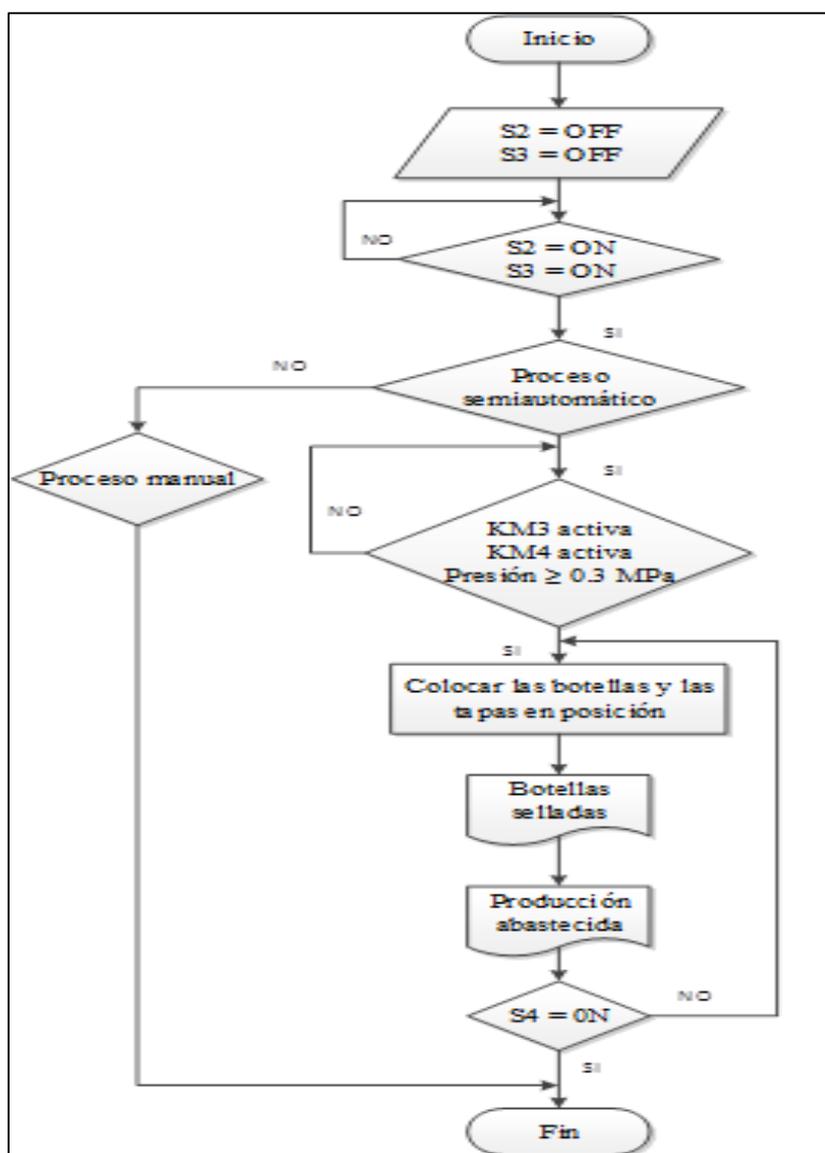
Indica las operaciones a seguir, para el funcionamiento correcto de la máquina.

Tabla 6.1 Nomenclatura del flujograma

Nomenclatura del flujo grama		S4	Pulsador de final
S2	Pulsador energizante	KM3	Contactador de potencia
S3	Pulsador de inicio	KM4	Electroválvula

Elaborado por: Eliza Sailema

Figura: 6.6 Flujograma de la máquina selladora de botellas



Elaborado por: Eliza Sailema

6.8 ADMINISTRACIÓN

Análisis de costos de los diferentes materiales que se invirtieron para la construcción y automatización de la máquina selladora de botellas.

Tabla 6.6 Costos directos

Cantidad	Rubros	Costo unitario	Total
1	Electro válvula con retorno resorte 5-2 de 1/4 200 v italiana	130.00	120.00
1	Cilindro neumático x100 de carrera doble efecto	240.00	220.00
1	Unidad de mantenimiento	50.00	50.00
5	Conector codo de ¼ x 12	2.00	10.00
2	Conector codo de ¼ x 12mm	3.00	6.00
1	Motor de 1hp	150.00	150.00
1	PLC flexilogics	150.00	150.00
	Rodamientos, poleas, bandas, plancha de acero, ejes acero y ángulos	500.00	500.00
		Total	1206

Elaborado por: Eliza Sailema

Tabla 6.7 Costos indirectos

Cargo	Costo
Taller mecánico	1000.00

Elaborado por: Eliza Sailema

Tabla 6.8 Costos total de la inversión

Costo	Cantidad
Directo	1206.00
Indirecto	1000.00
Total	2206.00

Elaborado por: Eliza Sailema

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

En la revolución industrial el objetivo es producir mucho en poco tiempo. Esto significa que todo el apoyo está en las máquinas. Es por eso que se busca mejorar y renovar las estrategias en las líneas de producción para aumentar el rendimiento.

La ingeniería se interesa en incrementar la eficiencia de los procesos, a través de cambios positivos, para el mejoramiento y buen rendimiento de los equipos que conforman la cadena de producción. A continuación se presentan algunas de estas mejoras:

- ◆ Colocar un mecanismo de soporte o cruz de malta para las botellas, donde las tapas tengan una posición fija y correcta alineación en el tapado.
- ◆ En cuanto a seguridad industrial se previenen posibles accidentes eliminando una actividad de riesgo como es introducir las manos para ajustar mientras la máquina está en funcionamiento.
- ◆ Ubicar un alimentador de tapas para obtener un enroscado rápido y eficiente.
- ◆ Instalar una banda transportadora en todo el sistema, como componente importante en la distribución.

- ◆ Construir boquillas para diferentes tamaños y modelos de tapas, para adaptarle a la máquina, por lo tanto no se sigue un estándar y se realiza las prácticas obteniendo nuevos resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **Joseph E. Shigley D. Mitchell**, *“Diseño en Ingeniería Mecánica”*, Cuarta edición Impreso en México, 2001.
- 2.- **José Roldán Vilorio** *“Neumática Industrial”*, Primera Edición Impreso en España 2003.
- 3.- **ROLDÁN José**. *“Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada”*, 2003.
- 4.- **Arthur G. Eroman**, *“Diseño de mecanismo”*, tercera edición, 2000.
- 5.- **Jesús Fraile Mora**, *“Máquinas Eléctricas”*, sexta edición Impreso en España, 2003.
- 6.- **Russel C. Hibbeler**, *“Dinámica”*, decima segunda edición Impreso en México, 2003.
- 7.- **Medina F. Armaldo**, *“Tutoría de la investigación científica”*, 2002.
- 8.- **Emilio García Moreno** *“Automatización de procesos industriales”* Edición Centro de Formación de Postgrado- CFP-CERES-UVP, 2000.
- 9.- **Franklin, G.F. et al.** *“Feedback Control of Dynamic Systems”*, 4ª edición, Prentice-Hall, 2002.
- 10.- <http://www.plantas-purificadoras-de-aguas.com.mx/negocios/tapado-de-botellas/>
- 12.- <http://pdf.directindustry.es/pdf/pillar-technologies/sellado-de-tapas-por-induccion/27600-30707.html>
- 13.- <http://www.empac.com.mx/folleteria/CompacEspanol.pdf>
- 14.- <http://www.envapack.com/sellado-de-tapas-por-induccion-enfriando-por-air/>
- 15.- <http://enerconind.com/español/sealing/documents/sealingjrsepañol.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla. Aplicación de torque según el diámetro de rosca de la tapa en mm.

Diámetro mayor de rosca de la tapa mm	Aplicación de torque	
	pulgadas	libras
8	3	7
10	4	8
13	5	9
15	5	9
18	7	10
20	8	12
22	9	14
24	10	18
28	12	21
30	13	23
33	15	25
38	17	26

Fuente: [<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/790-00.pdf>]

ANEXO 2

Tabla. La velocidad angular obtenido mediante pruebas.

Rpm	Tipo de tapas
1000 rpm	Tapas pequeñas
1740rpm	Tapas normales
2000rpm	Tapas grandes

Rommel García

ANEXO 3

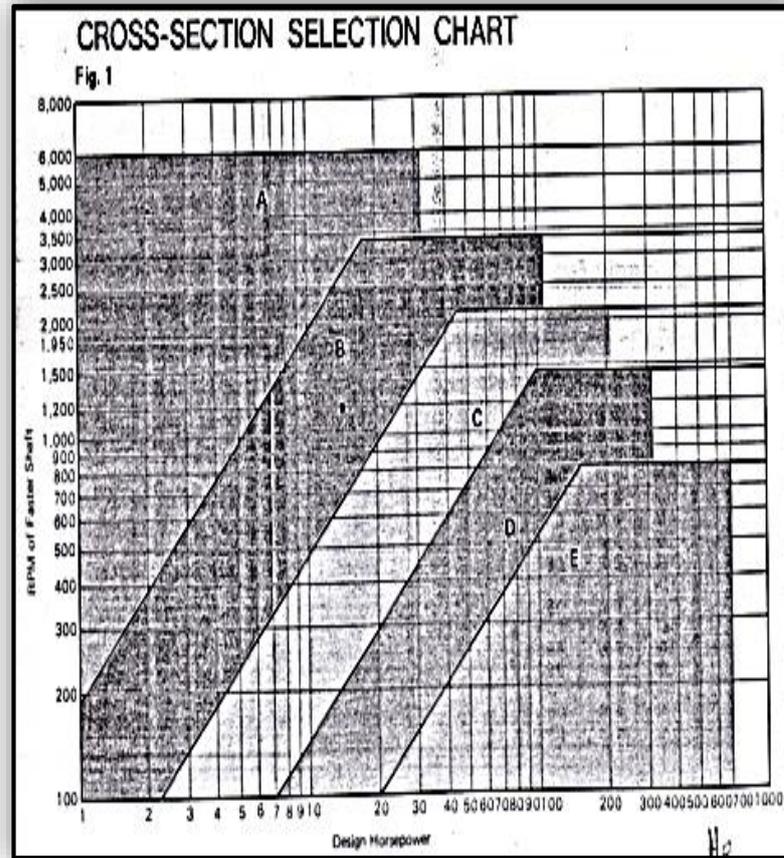
Tabla 17-15 Factores de servicio sugeridos para transmisión de bandas en v

Table 17-15 Suggested Service Factors K_S for V-Belt Drives	Source of Power	
	Driven Machinery	Normal Torque Characteristic
Uniform	1.0 to 1.2	1.1 to 1.3
Light shock	1.1 to 1.3	1.2 to 1.4
Medium shock	1.2 to 1.4	1.4 to 1.6
Heavy shock	1.3 to 1.5	1.5 to 1.8

Fuente : [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”
Octava edición. (Pág. 882)]

ANEXO 4

Cuadro de la sección de la banda



Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley" Octava edición. (Pág. 883)]

ANEXO5

Cuadro diámetro de poleas primitiva, según se indica en la siguiente tabla:

Sección	Diámetro primitivos (mm)	Desarrollos primitivos (MM)	Carga (Q, N)
Z	57,6	180	110
A	95,5	300	200
B	127,3	400	300
C	228,8	700	750
D	318,3	1000	1400
E	573,0	1800	1800

Fuente: [<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>]

ANEXO 6

Tabla17-12 Potencias nominales de bandas en de estándar.

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
	7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
		17.0 y mayor	8.01	13.9	18.1	20.6
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
		28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” Octava edición. (Pág. 881)]

ANEXO 7

Tabla17-16 Algunos parámetros de bandas en v

Belt Section	K_1	K_2
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1098	1.217
8V	4830	3.288

*Data courtesy of Gates Rubber Co., Denver, Colo.

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” Octava edición. (Pág. 883)]

ANEXO 8

Tabla 7

RPM of Faster Shaft	Rated HP per Belt for Small Sheave Pitch Diameter																	Additional HP per Belt for Speed Ratio										RPM of Faster Shaft	
	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	140	150	160	175	1.00 to 1.01	1.02 to 1.04	1.05 to 1.06	1.09 to 1.12	1.13 to 1.18	1.19 to 1.24	1.25 to 1.34	1.35 to 1.51	1.52 to 2.00 Over		
1160	.74	.90	1.06	1.22	1.37	1.53	1.68	1.83	1.98	2.13	2.28	2.43	2.58	2.73	3.01	3.30	3.58	3.99	.00	.02	.04	.06	.08	.10	.13	.15	.17	.19	1160
1750	.98	1.21	1.44	1.66	1.88	2.10	2.32	2.53	2.74	2.95	3.16	3.37	3.57	3.77	4.16	4.55	4.92	5.46	.00	.03	.06	.09	.13	.16	.19	.22	.25	.28	1750
3450	1.41	1.80	2.19	2.56	2.92	3.27	3.61	3.94	4.25	4.56	4.85	5.13	5.40	5.65	6.12	6.52	6.86	7.25	.00	.06	.12	.19	.25	.31	.37	.43	.50	.56	3450
200	.20	.23	.26	.29	.33	.36	.39	.42	.45	.48	.51	.55	.58	.61	.67	.73	.79	.88	.00	.00	.01	.01	.01	.02	.02	.03	.03	.03	200
400	.34	.40	.46	.52	.58	.64	.70	.76	.82	.88	.93	.99	1.05	1.11	1.22	1.33	1.45	1.61	.00	.01	.01	.02	.03	.04	.04	.05	.06	.06	400
600	.46	.55	.64	.72	.81	.90	.98	1.07	1.15	1.23	1.32	1.40	1.48	1.57	1.73	1.89	2.06	2.30	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.08	.09	.10	600
800	.57	.68	.80	.91	1.02	1.13	1.24	1.35	1.46	1.57	1.68	1.79	1.89	2.00	2.21	2.42	2.63	2.94	.00	.01	.03	.04	.06	.07	.09	.10	.12	.13	800
1000	.67	.81	.95	1.08	1.22	1.36	1.49	1.63	1.76	1.89	2.02	2.15	2.28	2.41	2.67	2.92	3.17	3.54	.00	.02	.04	.06	.07	.09	.11	.13	.14	.16	1000
1200	.76	.93	1.09	1.25	1.41	1.57	1.73	1.88	2.04	2.19	2.35	2.50	2.65	2.80	3.10	3.39	3.68	4.11	.00	.02	.04	.06	.09	.11	.13	.15	.17	.19	1200
1400	.85	1.04	1.22	1.41	1.59	1.77	1.95	2.13	2.31	2.48	2.66	2.83	3.00	3.17	3.51	3.84	4.16	4.63	.00	.03	.05	.08	.10	.13	.15	.18	.20	.23	1400
1600	.93	1.14	1.36	1.55	1.76	1.96	2.16	2.36	2.56	2.76	2.95	3.14	3.33	3.52	3.89	4.25	4.61	5.12	.00	.03	.06	.09	.12	.14	.17	.20	.23	.26	1600
1800	1.00	1.23	1.47	1.69	1.92	2.15	2.37	2.59	2.80	3.02	3.23	3.44	3.65	3.85	4.25	4.64	5.02	5.57	.00	.03	.06	.10	.13	.16	.19	.23	.26	.29	1800
2000	1.07	1.33	1.58	1.83	2.07	2.32	2.56	2.80	3.03	3.26	3.49	3.72	3.94	4.16	4.59	5.00	5.40	5.97	.00	.04	.07	.11	.14	.18	.22	.25	.29	.33	2000

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley" Octava edición. (Pág. 884)]

ANEXO 9

Tabla 17-17 parámetros de durabilidad

Durability Parameters for Some V-Belt Sections	Belt Section	10 ⁶ to 10 ⁹ Force Peaks		10 ⁹ to 10 ¹⁰ Force Peaks		Minimum Sheave Diameter, in
		K	b	K	b	
Source: M. E. Spotts, <i>Design of Machine Elements</i> , 6th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1985.	A	674	11.089			3.0
	B	1193	10.926			5.0
	C	2038	11.173			8.5
	D	4208	11.105			13.0
	E	6061	11.100			21.6
	3V	728	12.464	1062	10.153	2.65
	5V	1654	12.593	2394	10.283	7.1
	8V	3638	12.629	5253	10.319	12.5

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley" Octava edición. (Pág. 884)]

ANEXO 10

Tabla A-20 Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS num.	SAE y/o AISI num.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg. %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” Octava edición. (Pág. 1020)]

ANEXO 11

Tabla 6-2 Parámetro del factor de modificación superficial de Marin.

$k_a = aS_{ut}^b$			
Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” Octava edición. (Pág. 337)]

ANEXO 12

Factor de tamaño según sea el caso.

p. 280

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para carga axial

$$k_b = 1$$

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” Octava edición. (Pág. 337)]

ANEXO 13

Factor de temperatura

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases}$$

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” Octava edición. (Pág. 337)]

ANEXO 14

Tabla 6-4 Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” Octava edición. (Pág. 283)]

ANEXO 15

Tabla 6.5 Factor de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_0	Factor de confiabilidad k_0
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: [RICHARDG. BUDYNAS . KEITH “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley” Octava edición. (Pág. 337)]

ANEXO 16

Tabla 1.9 Guía para los valores de la duración L_{10h} para diferentes clases de máquinas

Clases de máquinas	L_{10h} horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas, agrícolas instrumentos, aparatos técnicos para uso medico.	300 a 3000
Máquinas de uso intermitentes o por cortos periodos: Máquinas-herramientas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta habilidad de funcionamiento durante cortos períodos o intermitentes. Ascensores, grúas para mercancías embaladas o cabecillos de tambores, embaladoras, etc.	8 000 a 1 200
Máquinas para 8 horas de trabajo, no totalmente utilizadas: Transmisiones de engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de imprimir centrifugas y separadoras.	20 000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadoras, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil.	40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria propulsora para transatlánticos.	60 000 a 100 000
Maquinaria para la fabricación de papel y pasta de papel, maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes transatlánticos.	□ 100 000

Fuente: [catálogo SKF. P. 33]

ANEXO 17

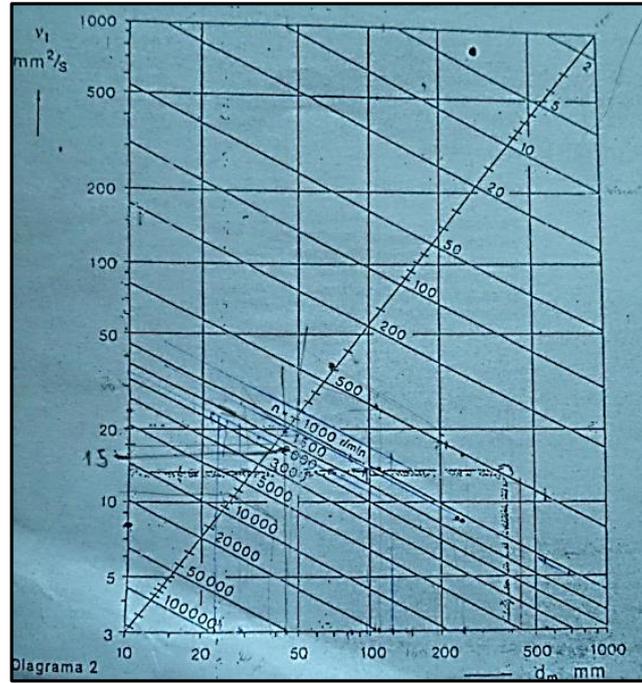
Tabla. Valor de factor a_1 de duración

Factibilidad %	a_1
90	1
95	0.62
96	0.53
97	0.44
98	0.33
99	0.21

Fuente: [catálogo SKF. P. 35]

ANEXO 18

Viscosidad cinemática



Fuente: [catálogo SKF. P. 96]

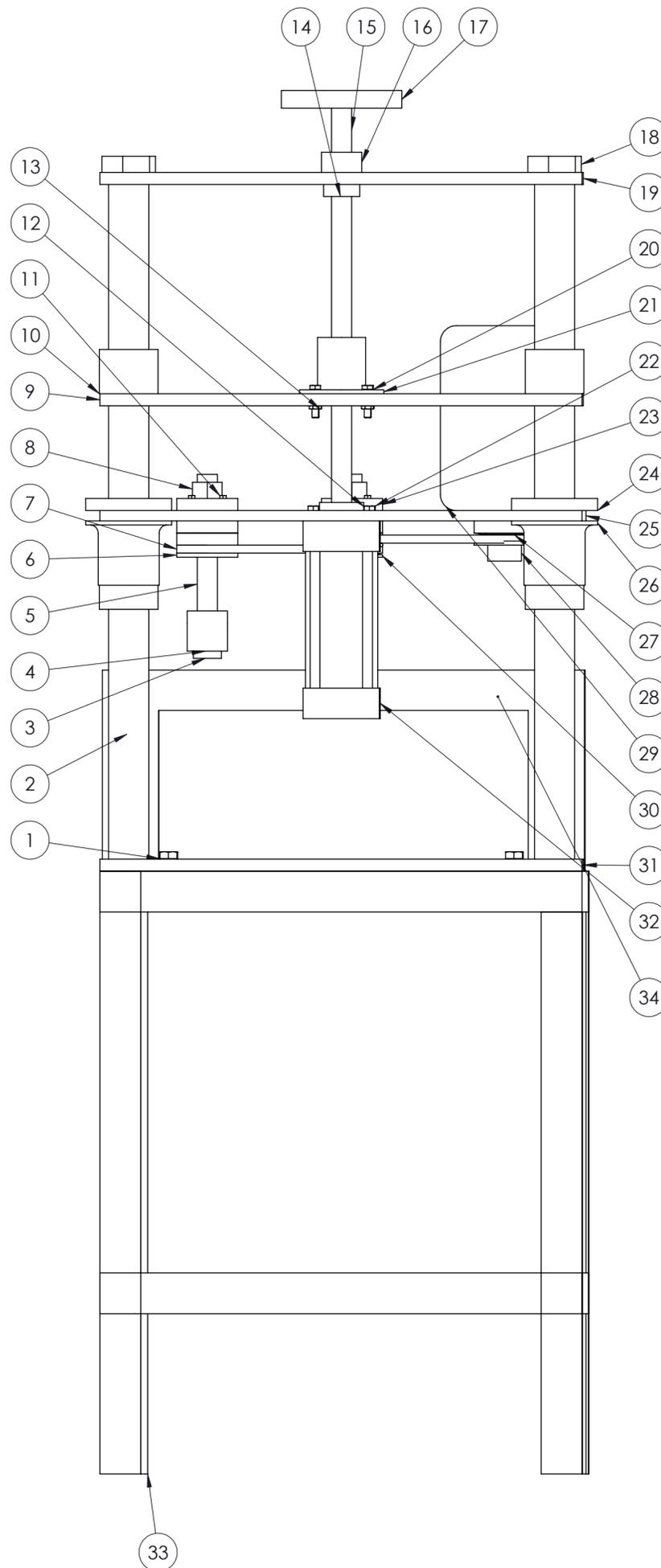
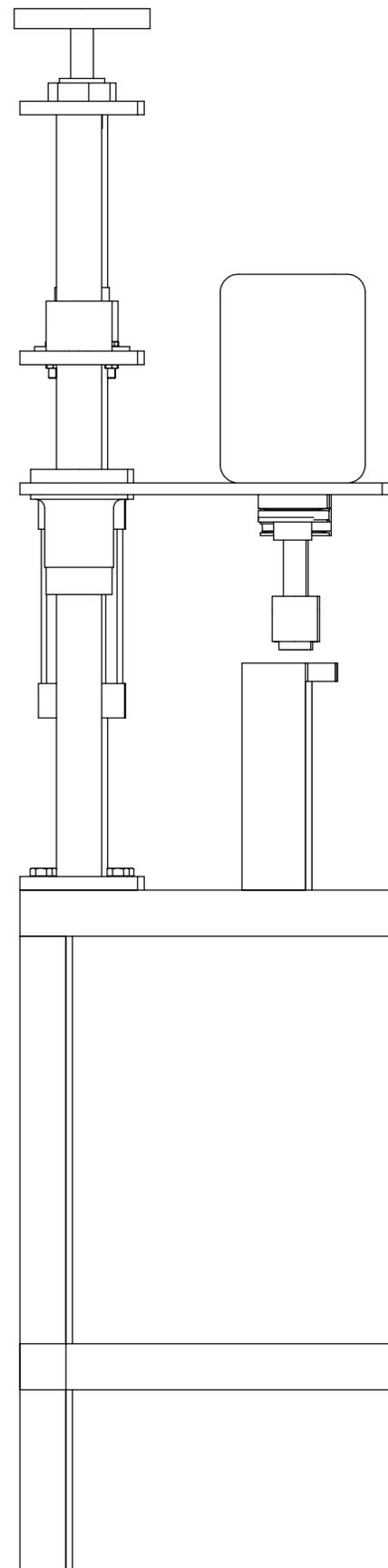
ANEXO 19

Factor de fijación de los extremos (K).

K teóricos	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
K diseño	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0

Fuente: [http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/estruct/mec1_ic/cap9.pdf]

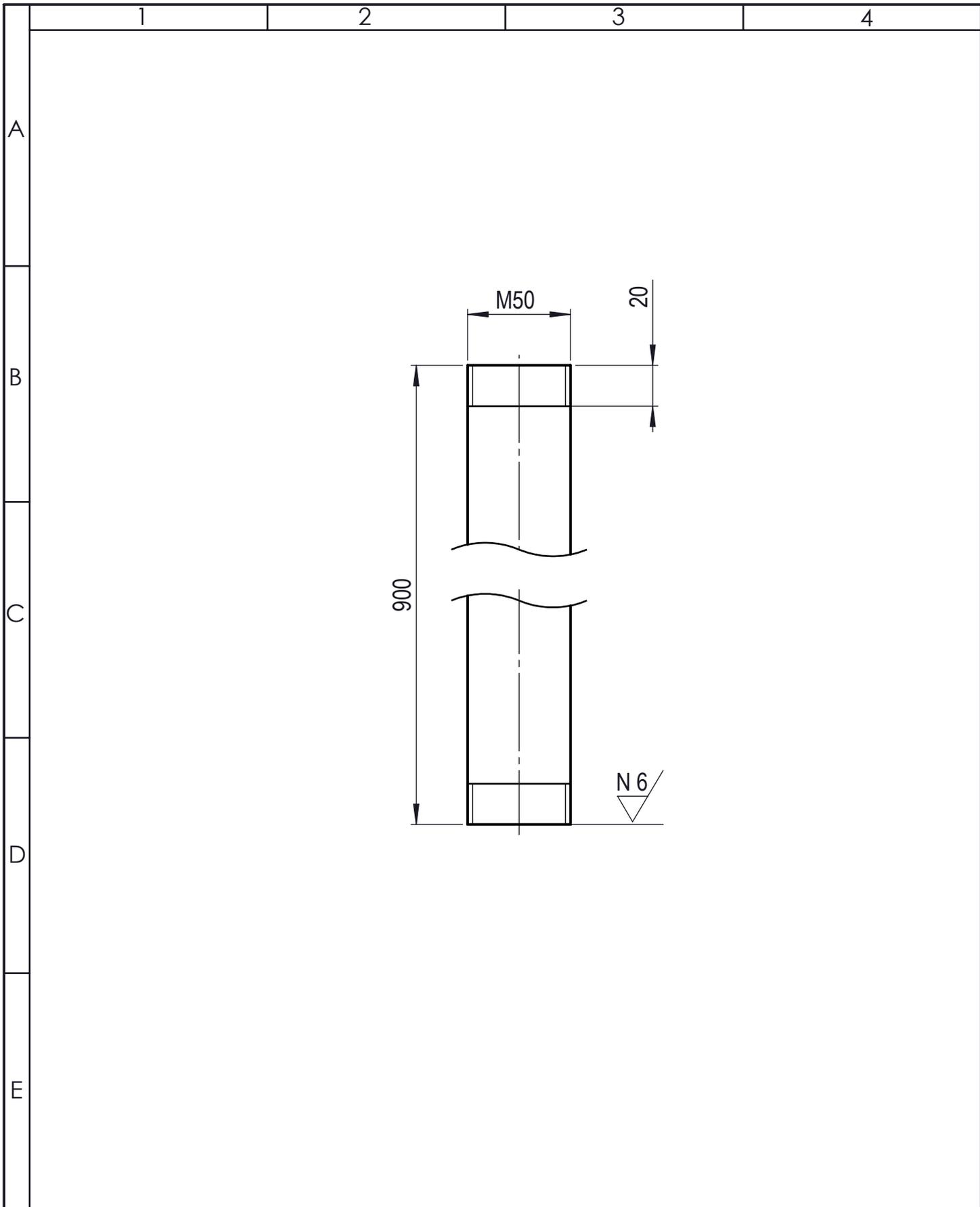
PLANOS



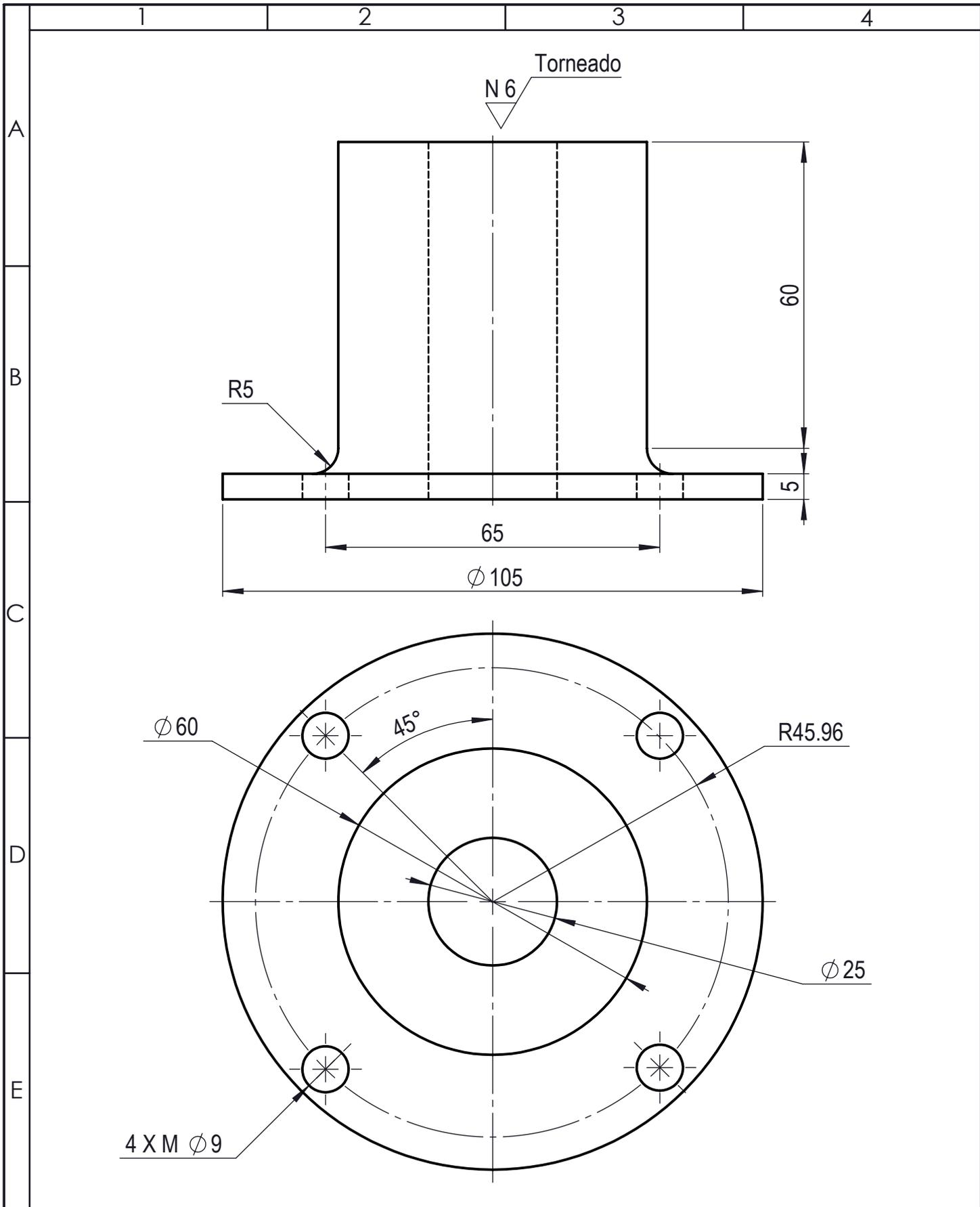
34	Soporte de las botellas	ASTM A36 Acero	21	1		600x 250, e=5
33	Base	ASTM A36 Acero	20	1		600x750,e=5
32	Cilindro Neumático			1		Adquirido
31	Base de los ejes	ASTM A36 Acero	6	1		130x600,e=15
30	Polea Doble	ASTM A36 Acero	18	1		D=76,d=25xL=30
29	Motor			1		Adquirido
28	Polea del Motor	ASTM A36 Acero	19	1		D=76,d=25xL=30
27	Banda			1		Adquirido
26	Bocín grande	ASTM A36 Acero	3	2		D=76xL=65,d=73xL=30
25	Plancha	ASTM A36 Acero	11	1		600x400,e=13
24	Bocín delgado	ASTM A36 Acero	13	2		D=107,d=50xL=15
23	Rodamiento			4		Adquirido
22	Tuerca hexagonal M8 x 1.25 x 40			4		
21	Bocín del pistón	ASTM A36 Acero	2	1		D=60,d=25xL=25
20	Tornillo hexagonal M8 x 1.25 x 35 --35W			4		
19	Base del sujetador	ASTM A36 Acero	10	1		130x600,e=15
18	Perno de eje			4		Adquirido
17	Sujetador	Aleación 1060	15	1		D=150,M=25xL=22
16	Bocín mediano	ASTM A36 Acero	5	1		D=50,d=25xL=25
15	Eje enroscado	ASTM A36 Acero	8	1		Adquirido
14	Bocín pequeño	ASTM A36 Acero	4	1		D=45,d=25xL=15
13	Tuerca de seguridad M8 x 1.25			4		
12	Sujetador del cilindro	ASTM A36 Acero		1		Adquirido
11	Tuerca hexagonal M5 x 0.8 x 25			8		
10	Bocín de plástico	Nailon 6/10	12	2		D=73,d=50xL=55
9	Base del cilindro	ASTM A36 Acero	9	1		130x600,e=15
8	Perno del eje de las boquillas			2		Adquirido
7	Banda de los ejes			1		Adquirido
6	Polea simple	ASTM A36 Acero	17	1		D=76,d=25xL=30
5	Eje de las boquillas	ASTM A36 Acero	14	2		D=25xL=170,M25x30,M15xL=25
4	Boquilla	AISI 304	7	2		D=50xL=50,M15x25
3	Boquilla de ajuste	Nailon 6/10	16	2		D=35xL=17,d=30xL=15
2	Eje	ASTM A36 Acero	1	2		D=50xL=900,M50x20
1	Tornillo M14 x 2.0 x 40			4		Adquirido
N.º de pieza	Denominación	Materiales	N.º del dibujo	N.º piezas	Peso Kg/pieza	Observaciones

Tabla de LDM

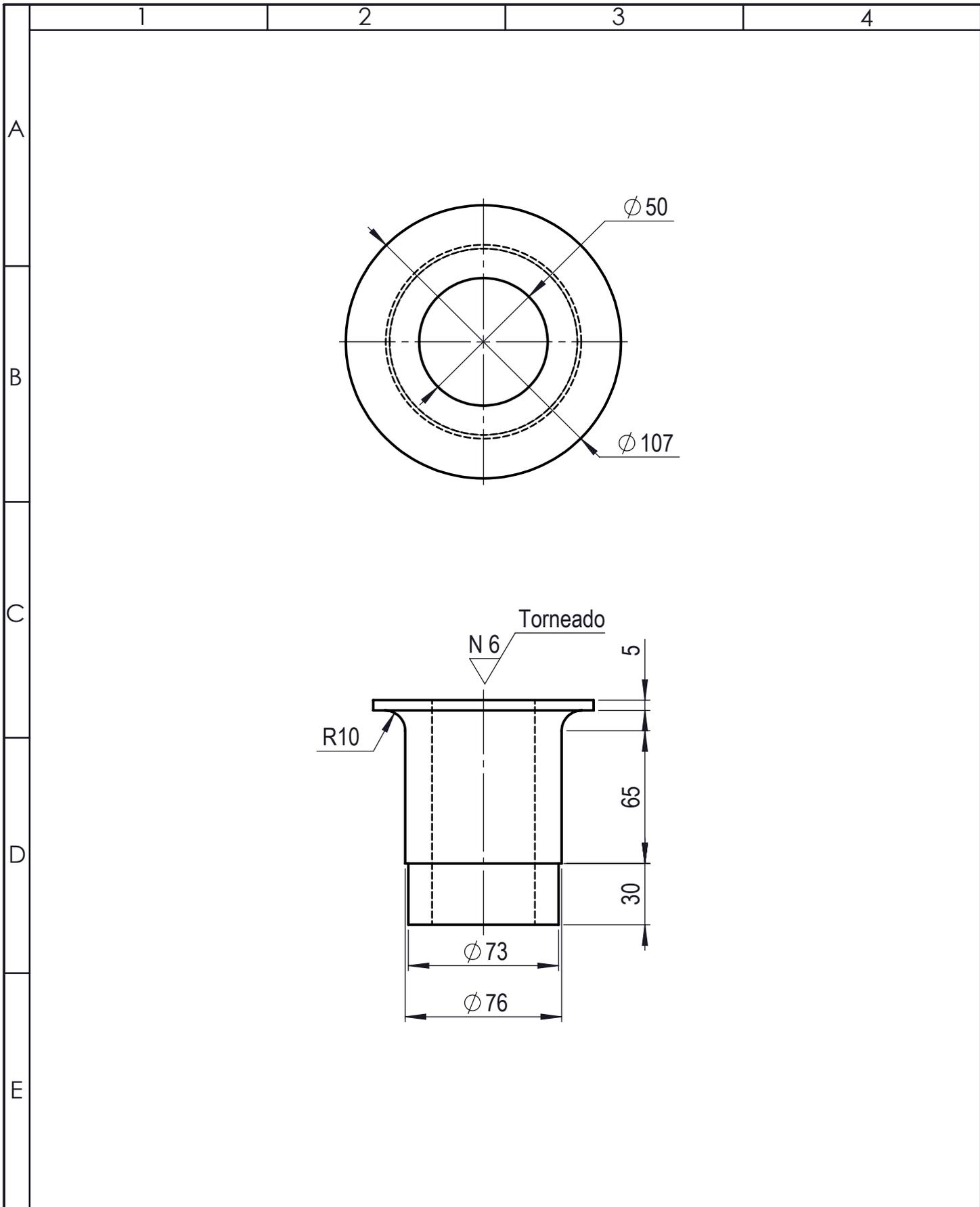
				Tolerancia: ±1	Peso: 96154.78 gr	Material: VARIOS
				Fecha: 19/11/2013	Nombre: Eliza Sailema	Título: Máquina Selladora de Botellas
				Revisó: 19/11/2013	Ing Carrillo M	Escala: 1:5
				Aprobó: 19/11/2013	Ing Carrillo M	Registro:
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N.º de lámina: 1 de 1 (Sustitución)
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			



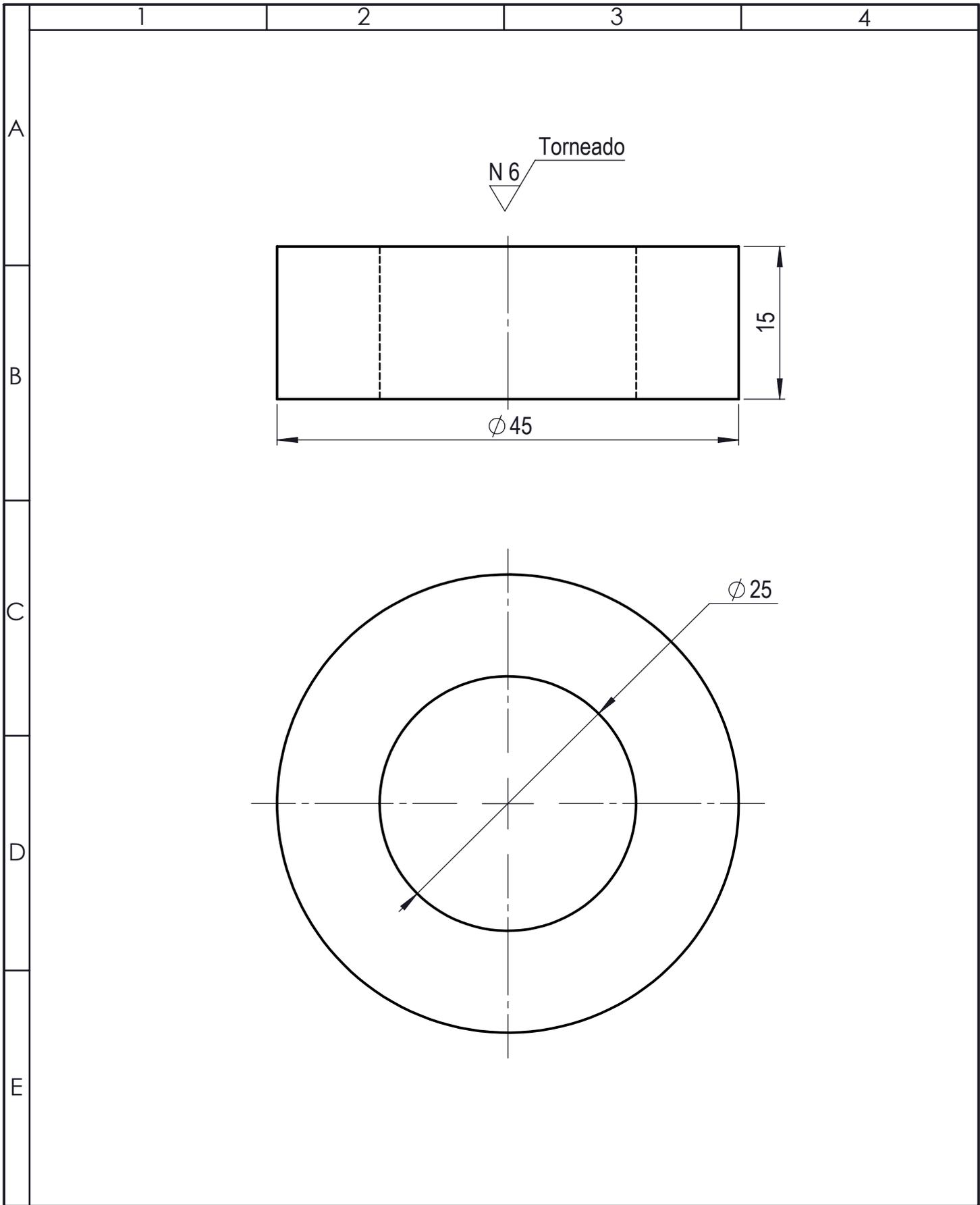
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 14137.17gr	Material: AISI 304		
						Título: Eje	Escala: 1:2.5	
				Fecha:	Nombre:			
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema			
							Registro: 	
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M			
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 1 de 21		
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)		



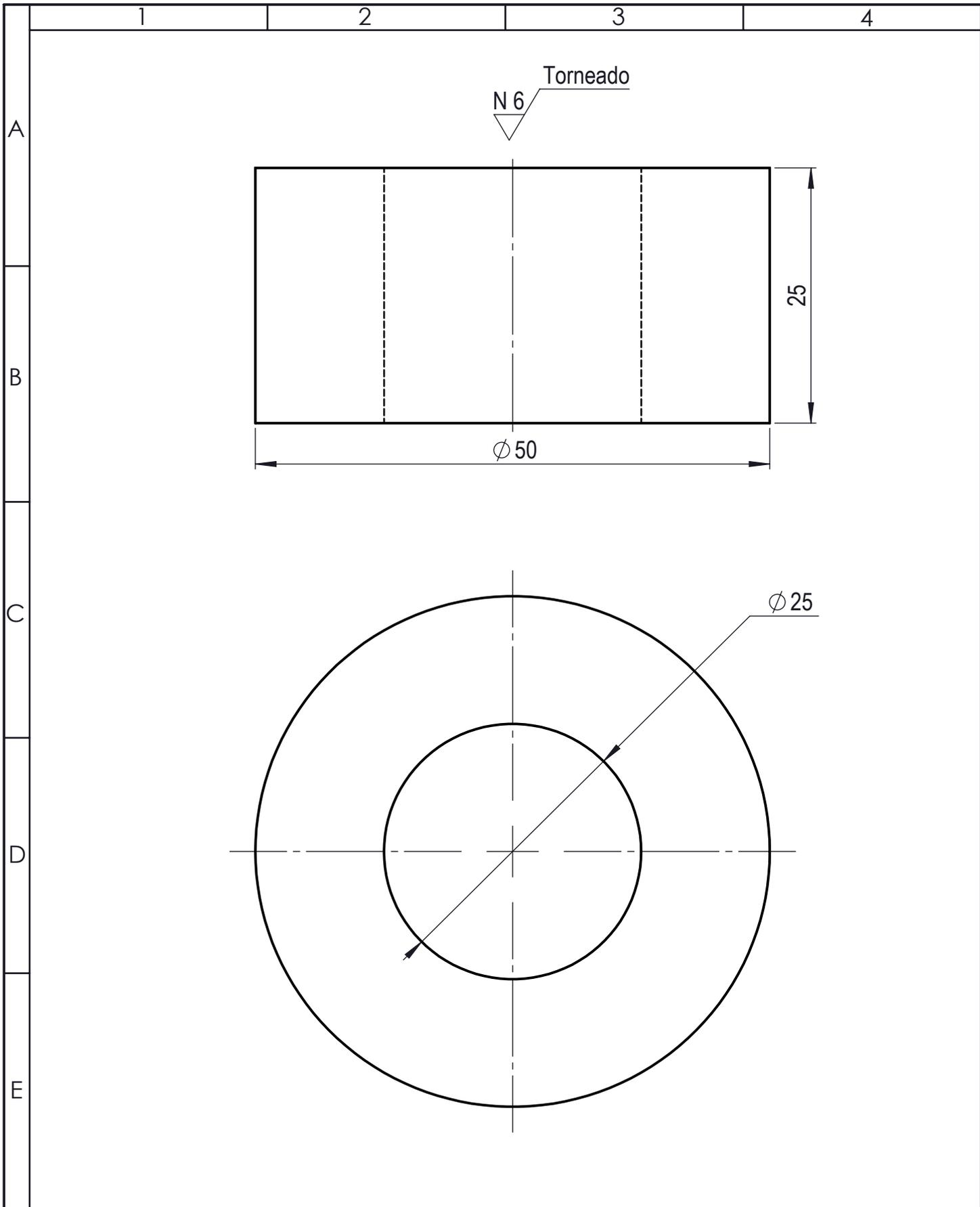
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 1511.08gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Bocín del pistón	Escala: 1:1
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 2 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



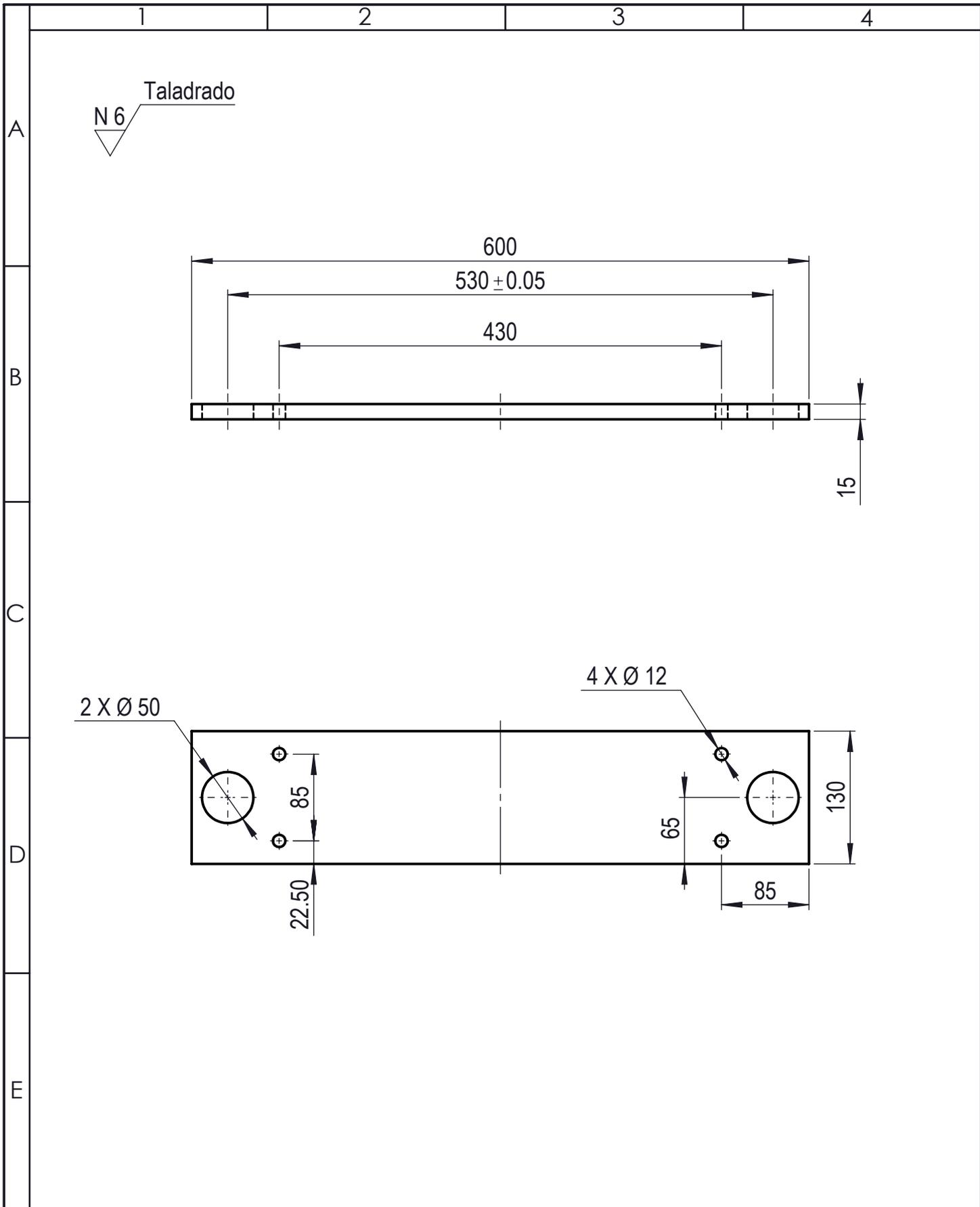
				Tolerancia: ± 0.1	Peso: 2356.54gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Bocín grande	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 3 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



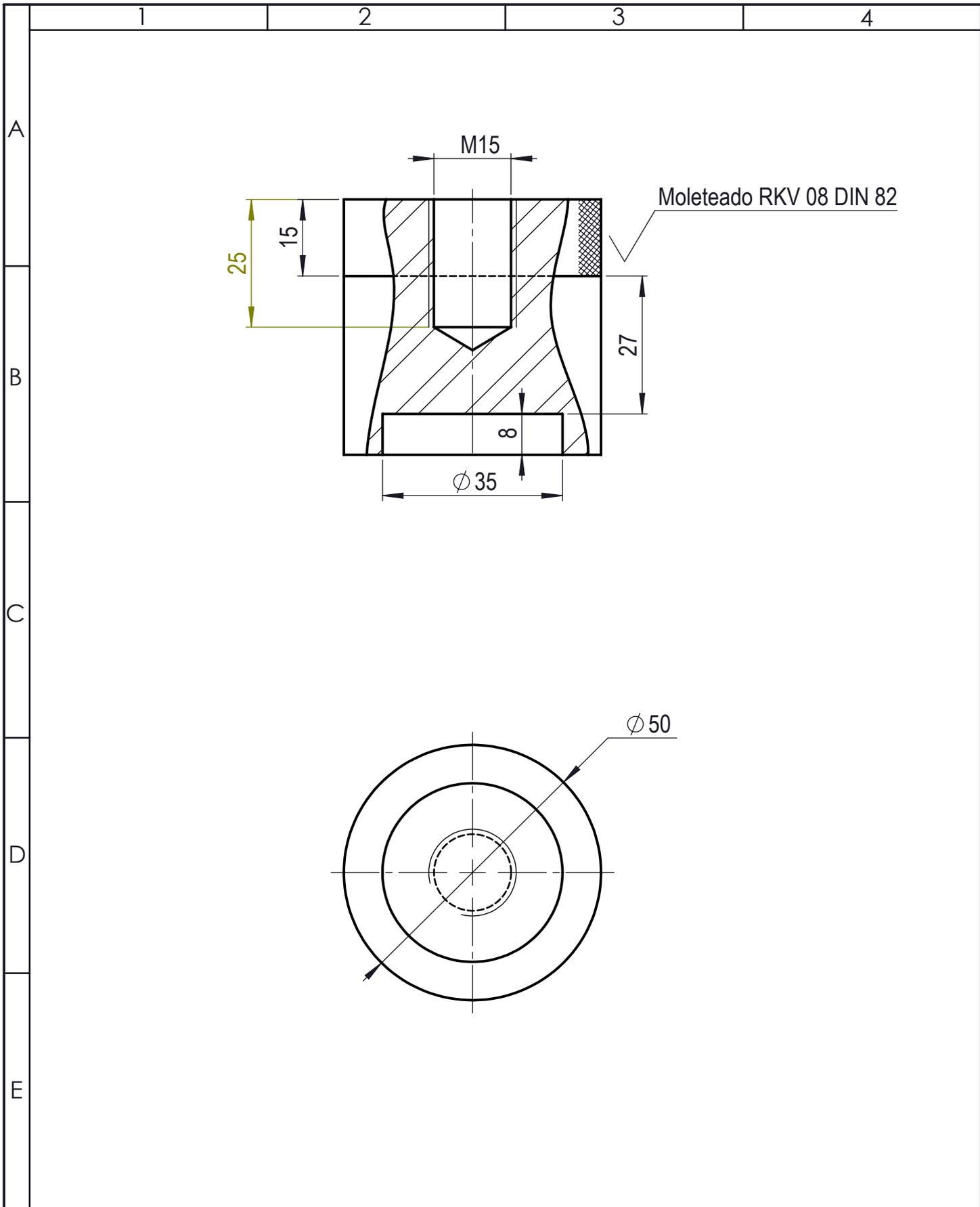
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 129.47gr	Material: ASTM A36 Acero	
					Fecha:	Nombre:	Título: Bocín pequeño
				Dibujó:	15/11/2013	Eliza Sailema	
				Revisó:	15/11/2013	Ing Carrillo M	
				Aprobó:	15/11/2013	Ing Carrillo M	Escala: 1:1
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 4 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



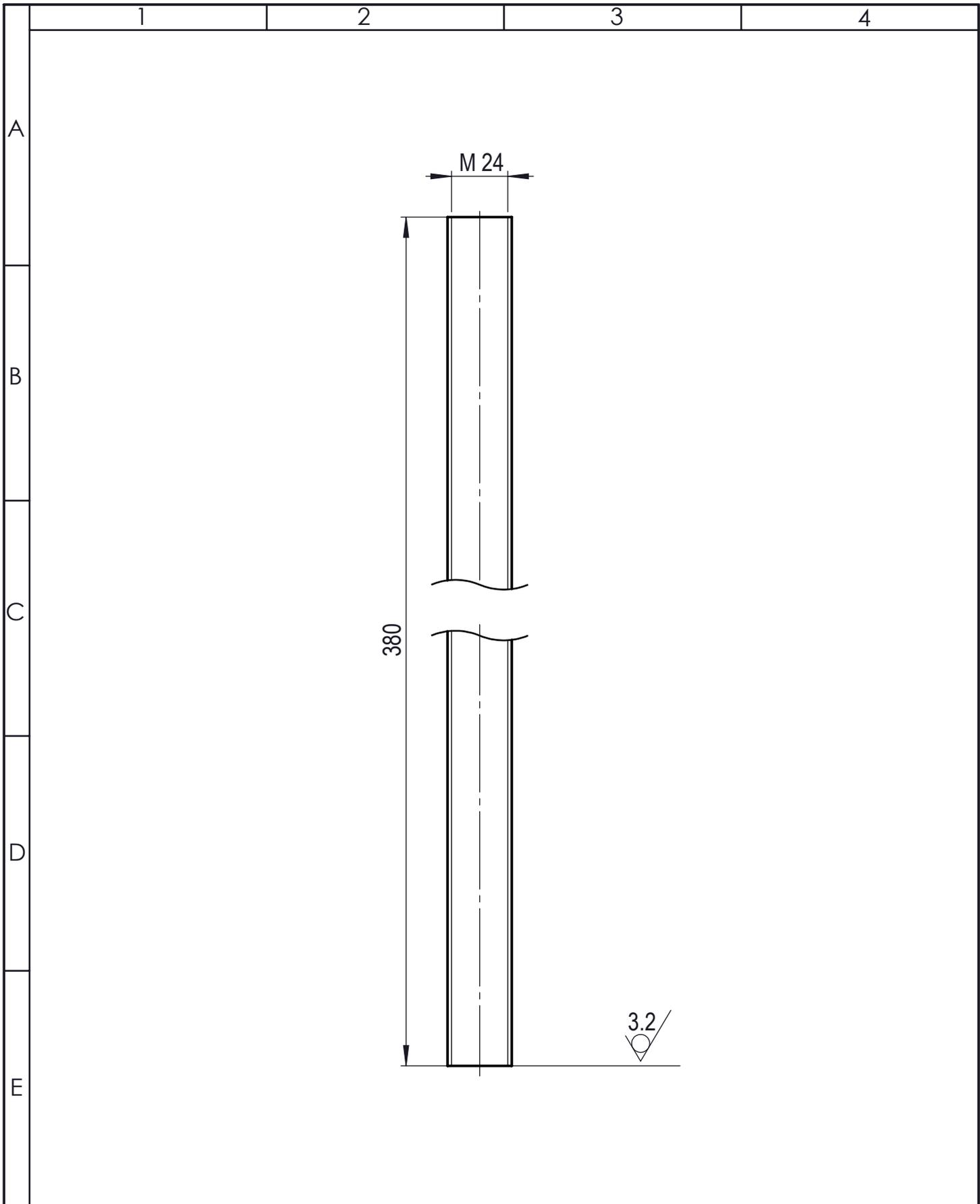
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 289.00gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Bocín mediano	Escala: 1:1
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 5 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia: ±0.5	Peso: 8668.83gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Base de los ejes	Escala: 1:5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 6 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

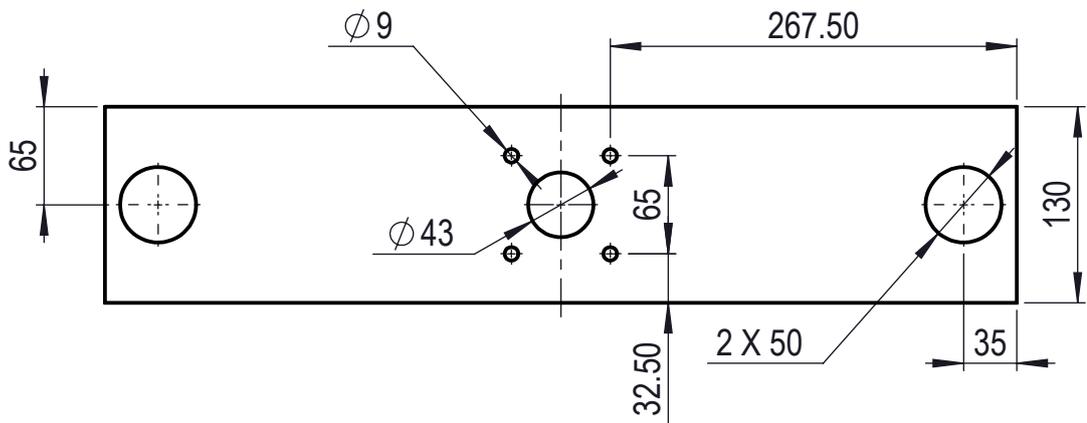
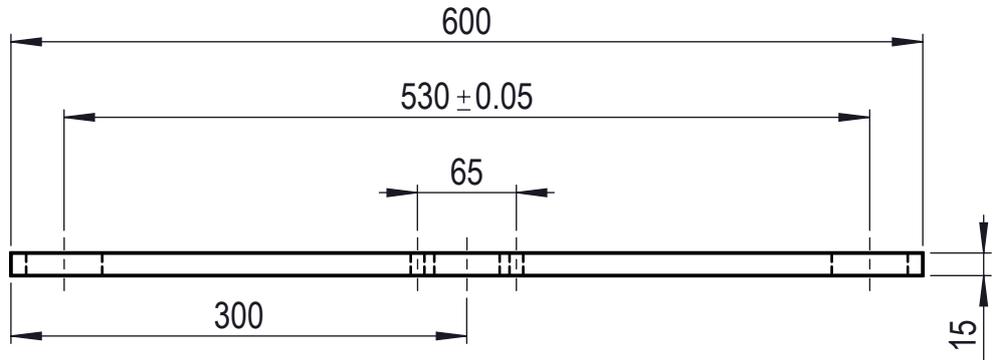


				Tolerancia: ±0.1	Peso: 686.36gr	Material: AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Título: Boquilla	Escala: 1:1
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 7 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

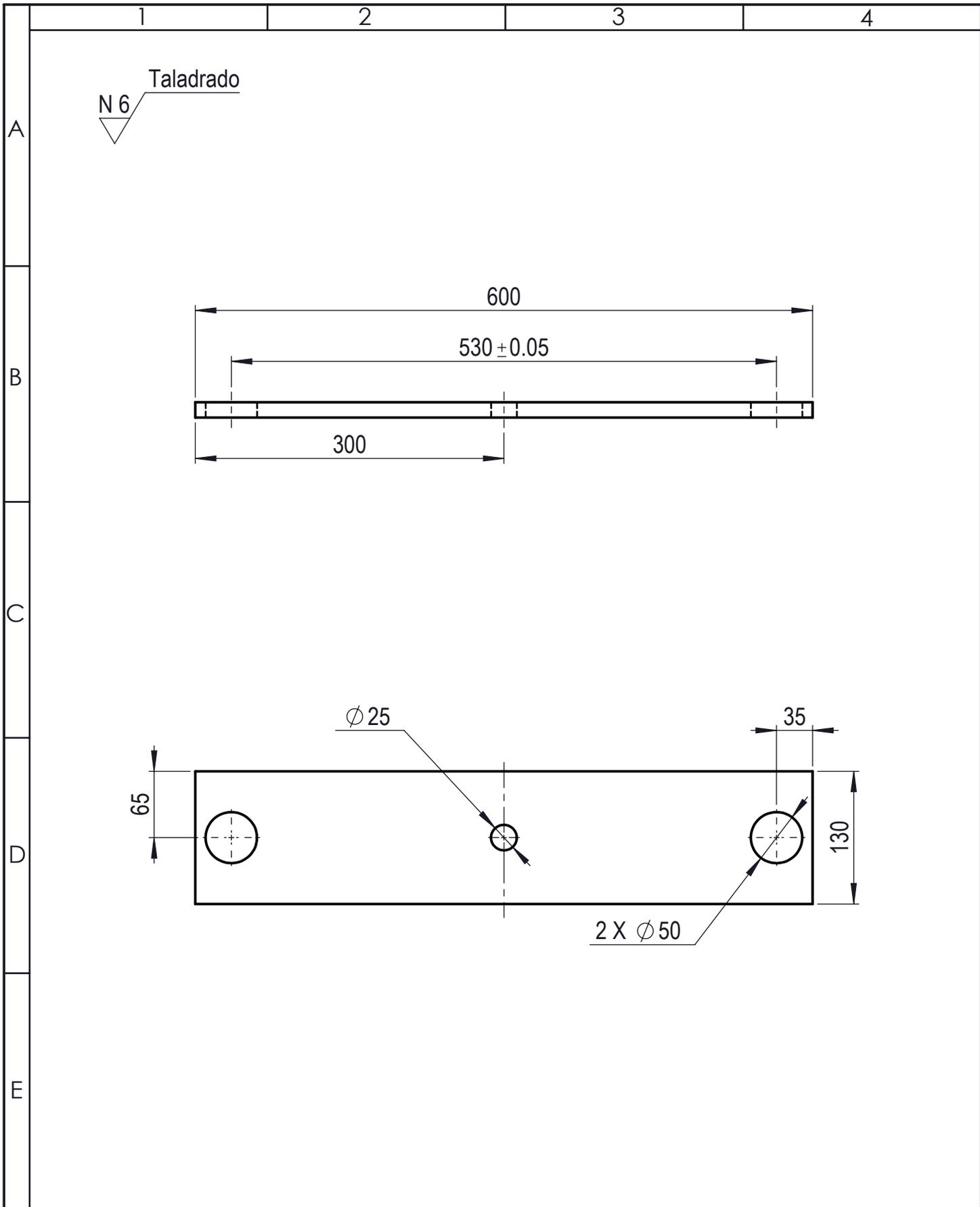


				Tolerancia: ±0.1	Peso: 1464.28gr	Material: ASTM A36 Acero	
					Fecha:	Nombre:	Título: Eje roscado
				Dibujó:	15/11/2013	Eliza Sailema	
				Revisó:	15/11/2013	Ing Carrillo M	
				Aprobó:	15/11/2013	Ing Carrillo M	Escala: 1:10
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 8 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

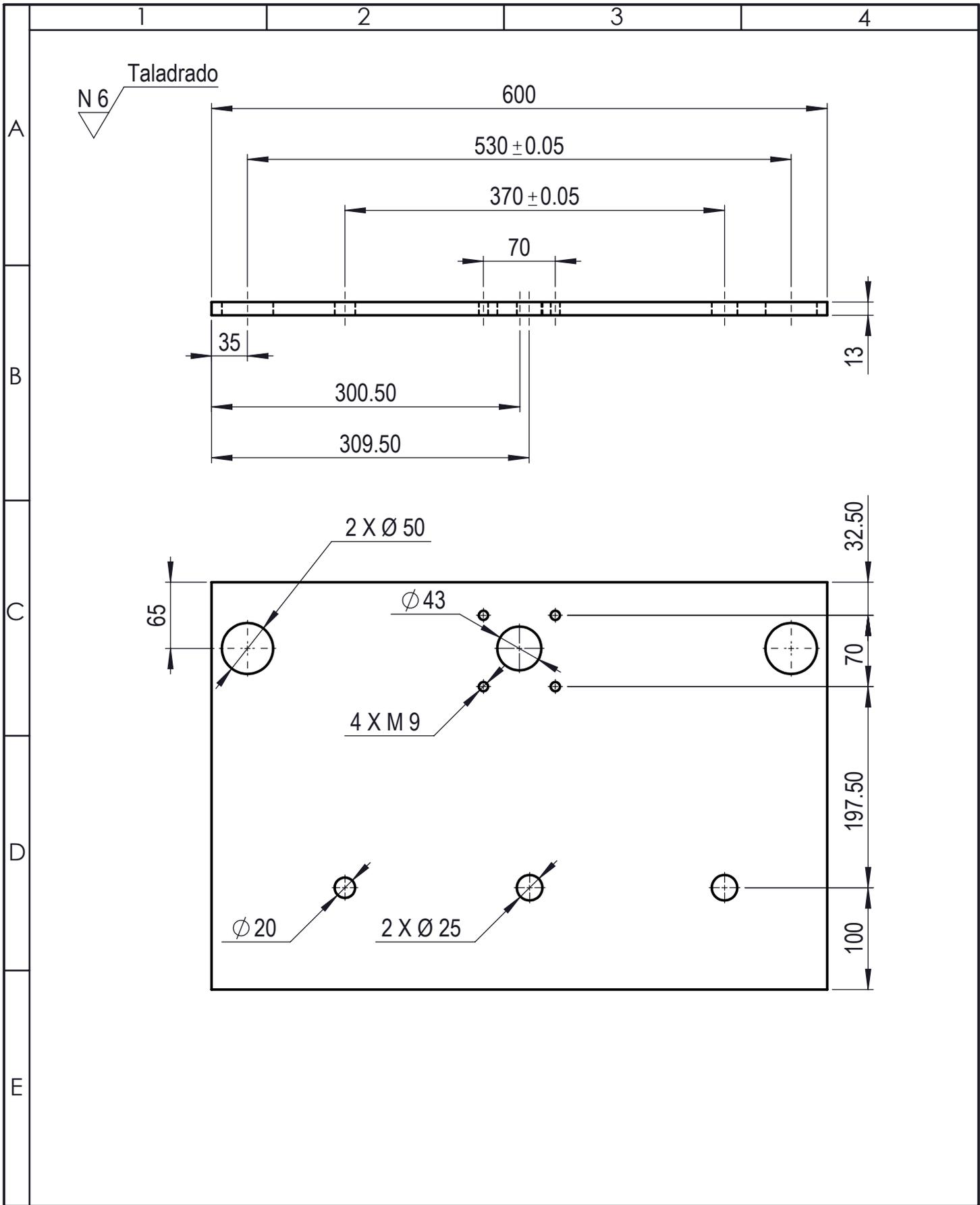
Taladrado
N 6



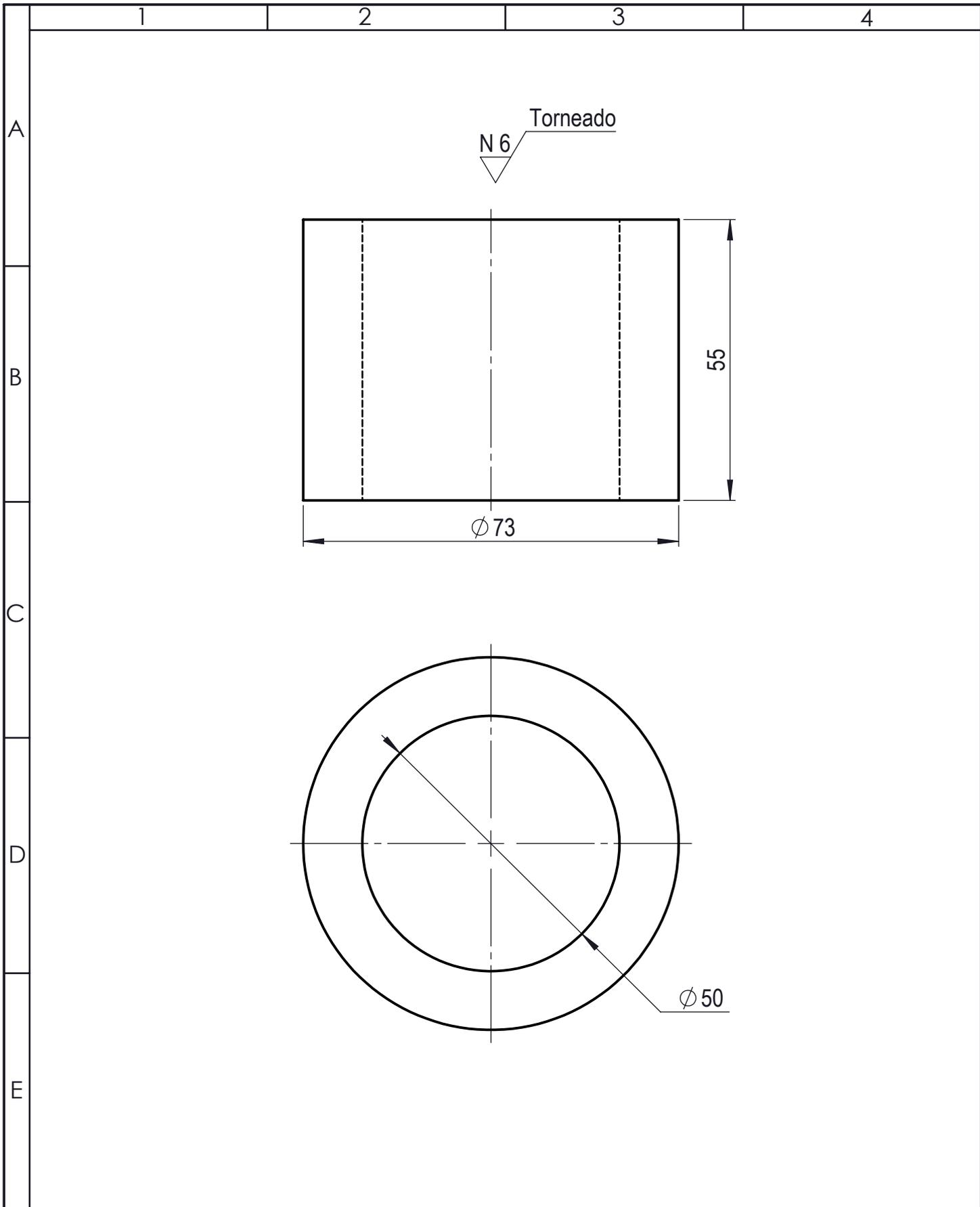
				Tolerancia: ±0.5	Peso: 8521.14gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Base del cilindro	Escala: 1:10
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 9 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



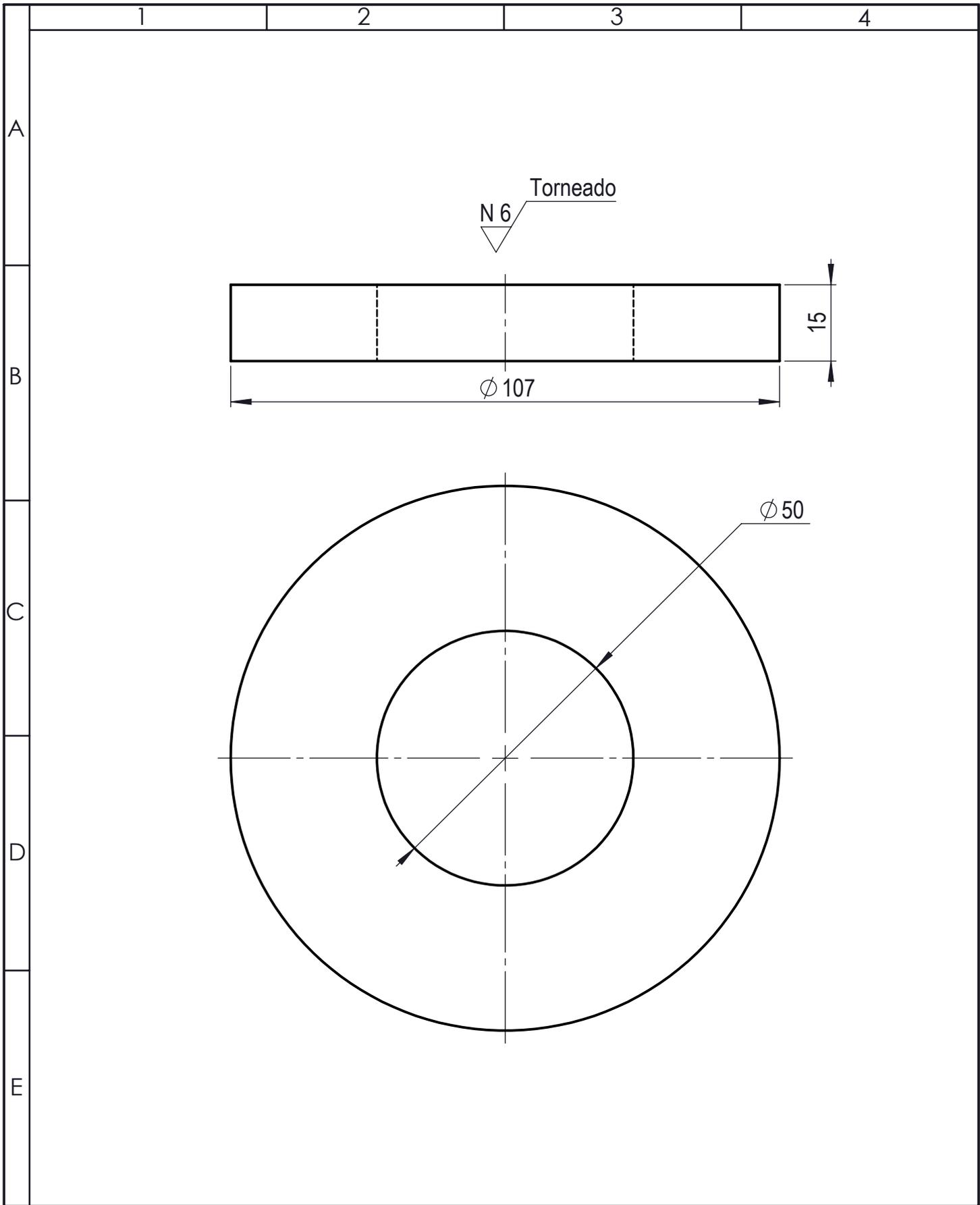
				Tolerancia: ± 0.5	Peso: 8664.30gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Base del sujetador	Escala: 1:10
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 10 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



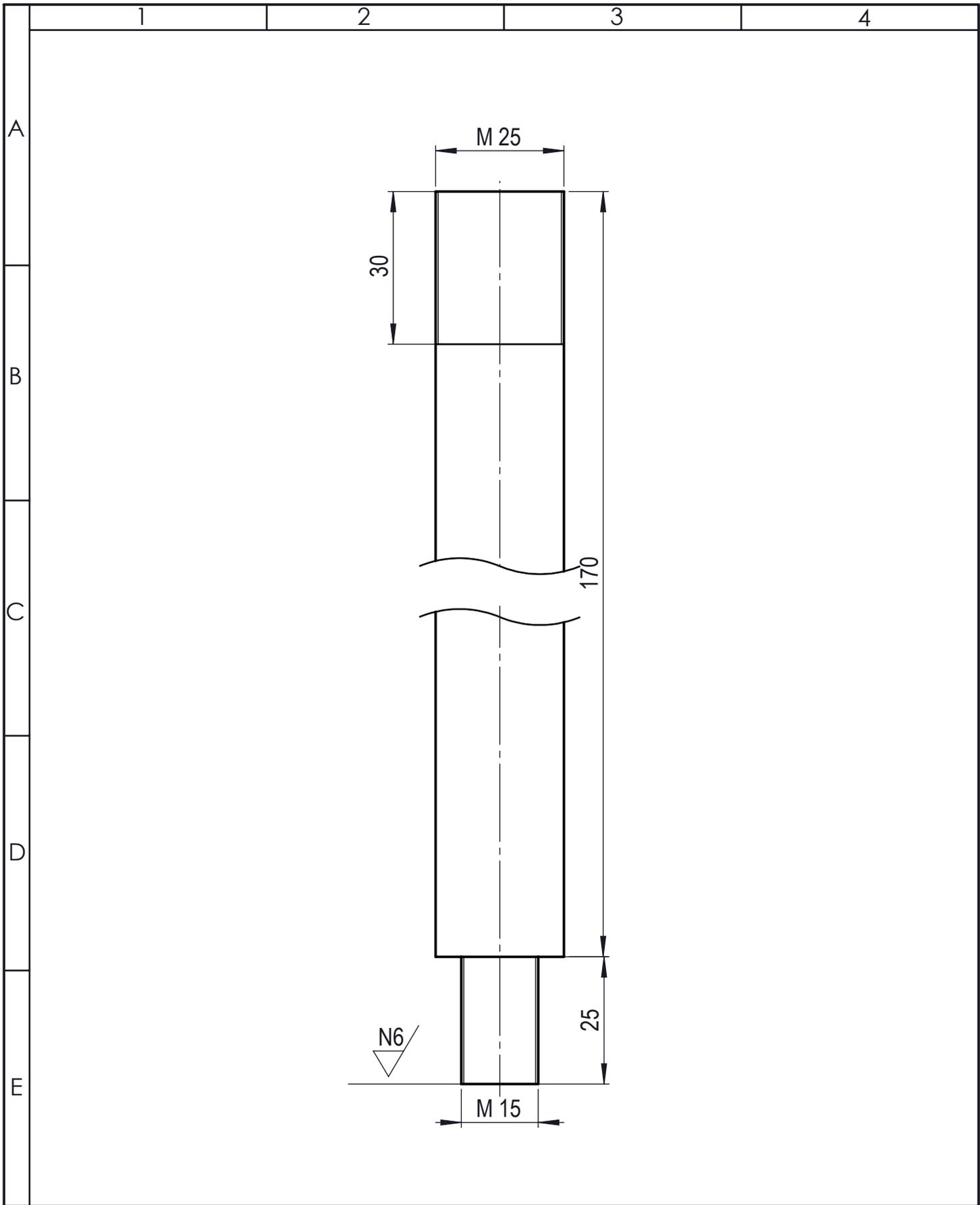
				Tolerancia: ±0.5	Peso: 23784.84gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema	Plancha	1:10
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 11 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



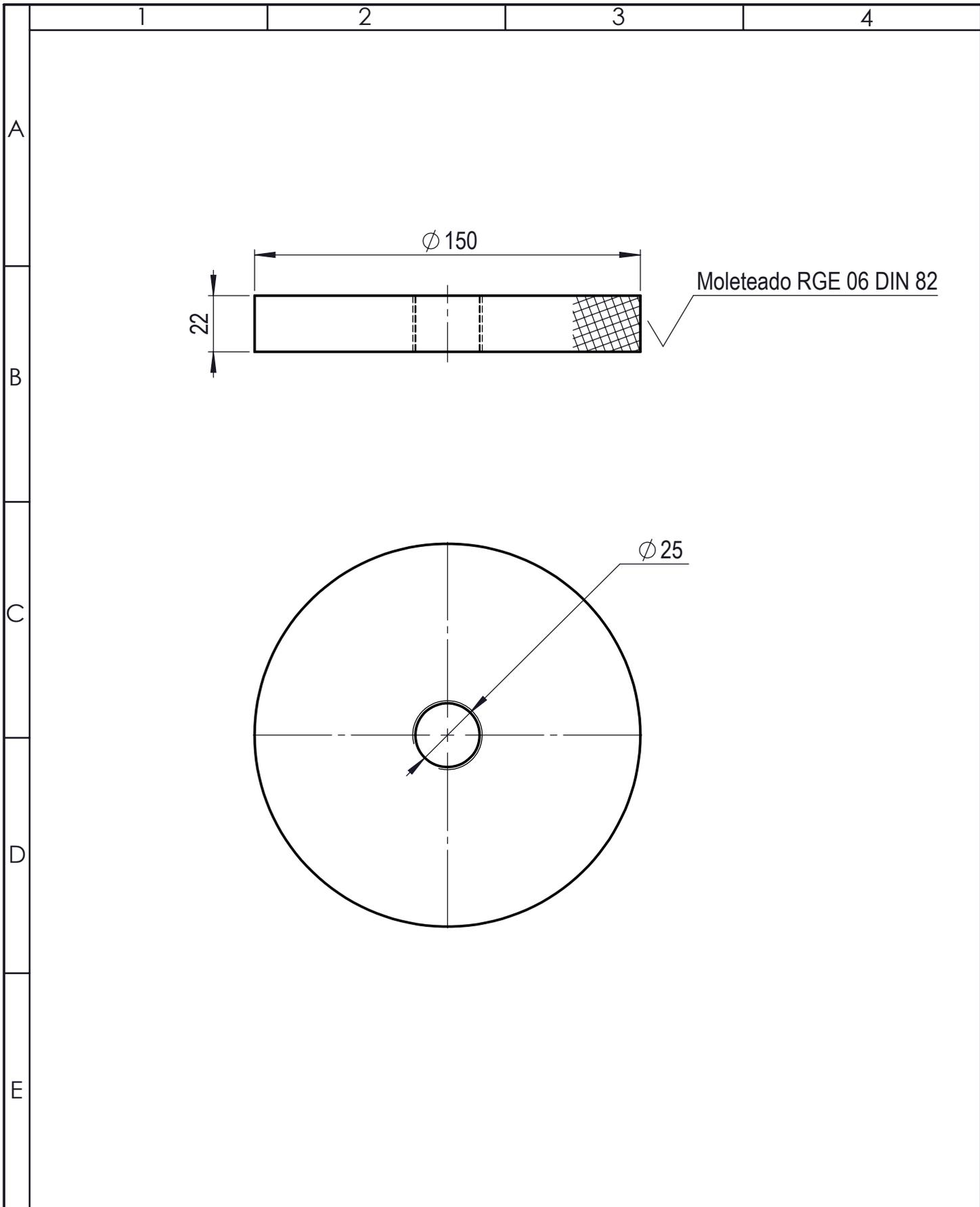
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 171.09gr	Material: Nailon 6/10	
				Fecha:	Nombre:	Título: Bocín de plastico	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 12 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



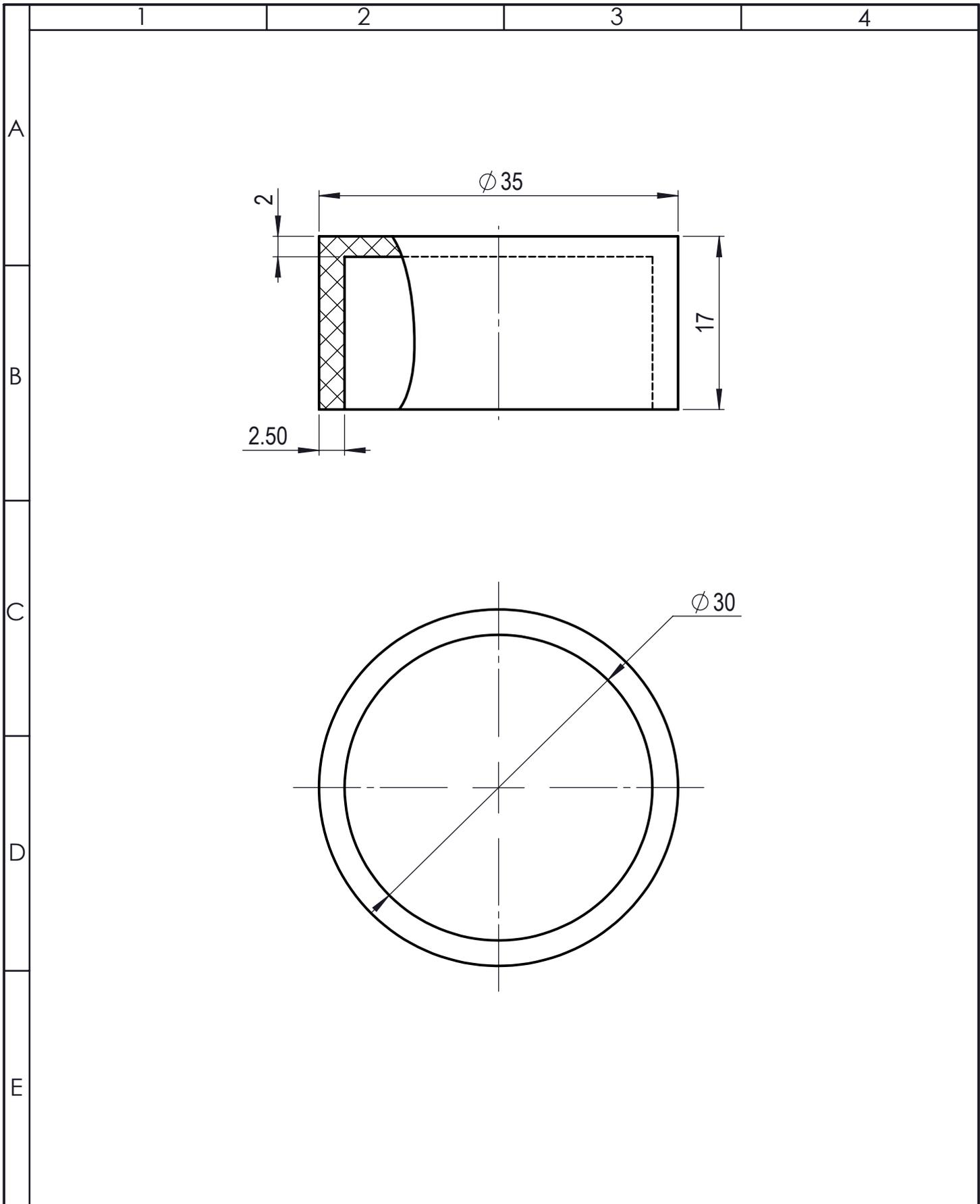
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 827.61gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Bocín delgado	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 13 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



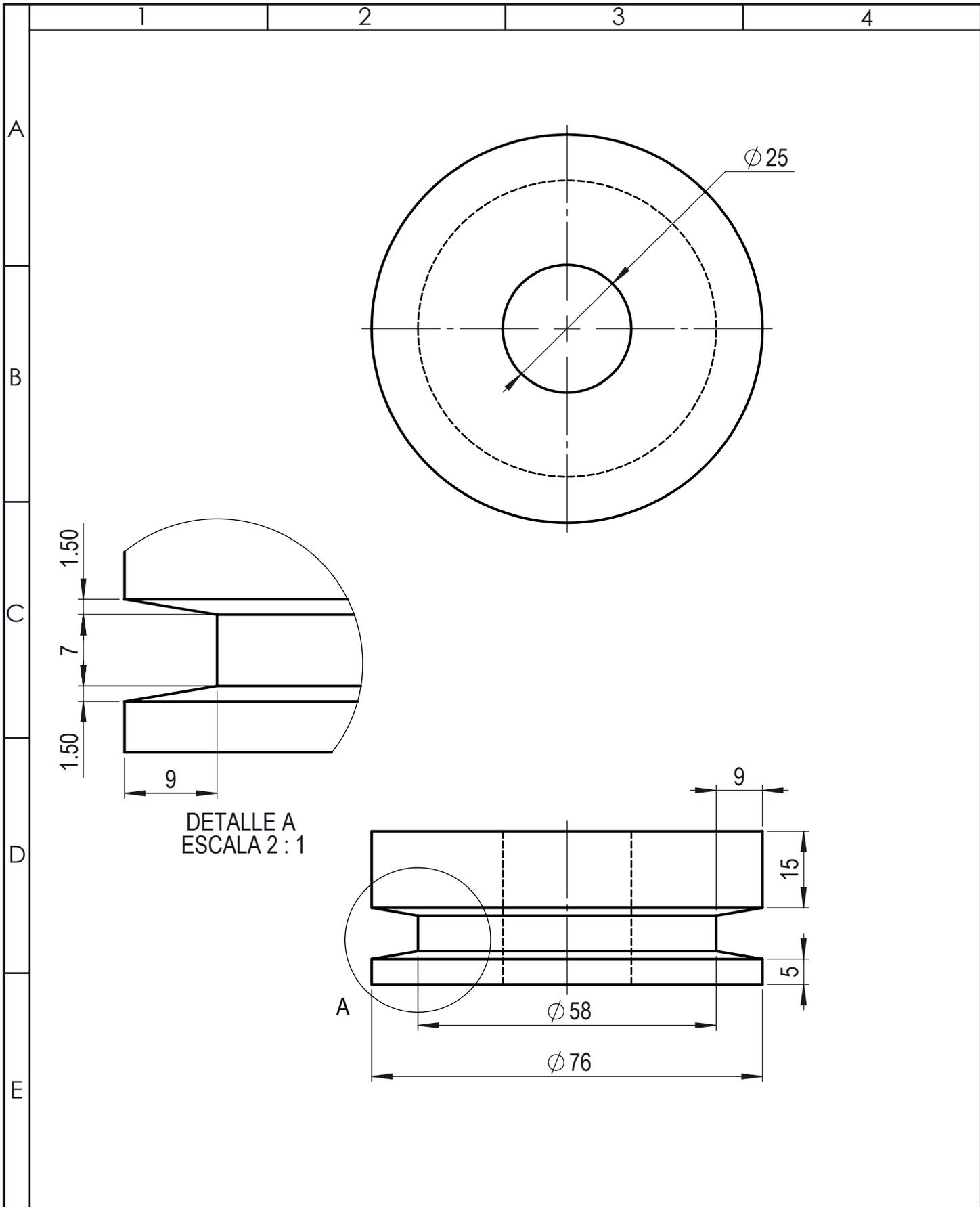
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 702.93gr	Material: AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Título: Eje de las boquillas	Escala: 1:5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 14 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



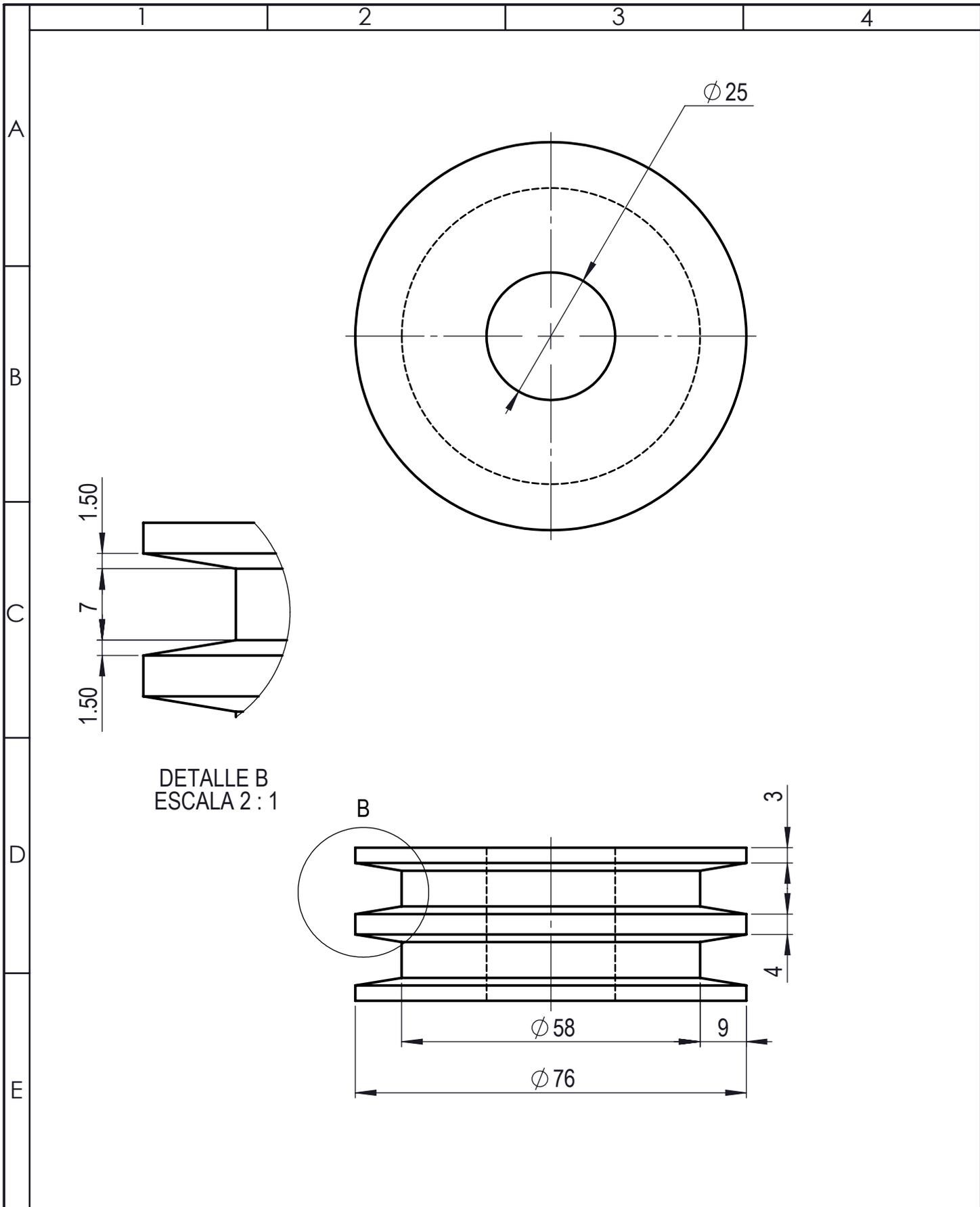
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 1020.53gr	Material: Aleación 1060	
				Fecha:	Nombre:	Título: Sujetador	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 15 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia: ± 0.1	Peso: 8.05gr	Material: Nailon 6/10	
				Fecha:	Nombre:	Título: Boquilla de ajuste	Escala: 1:1
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 16 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

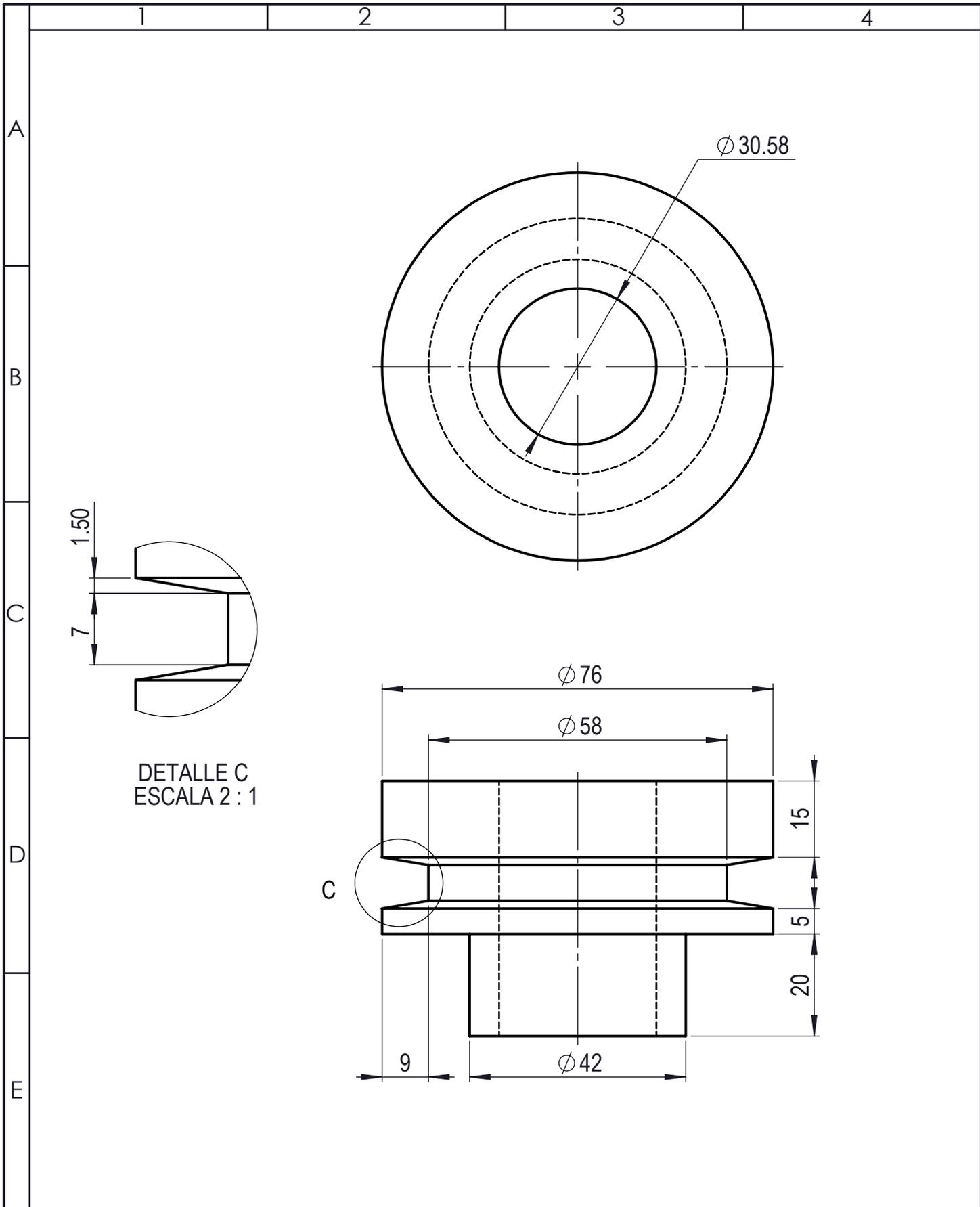


				Tolerancia: ± 0.1	Peso: 825.33gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Polea simple	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 17 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

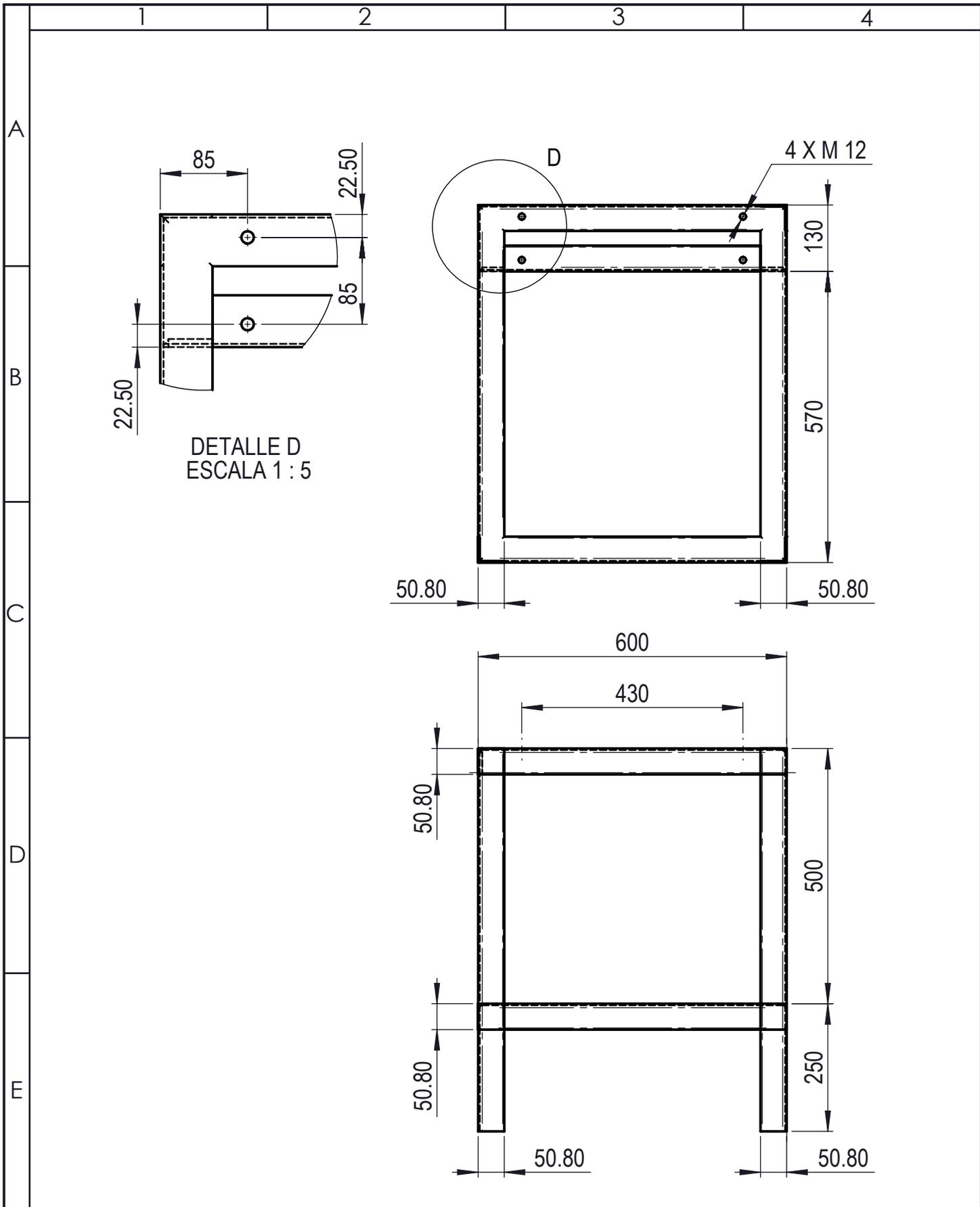


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

				Tolerancia: ±0.1	Peso: 697.93gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Polea Doble	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Saillema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 18 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



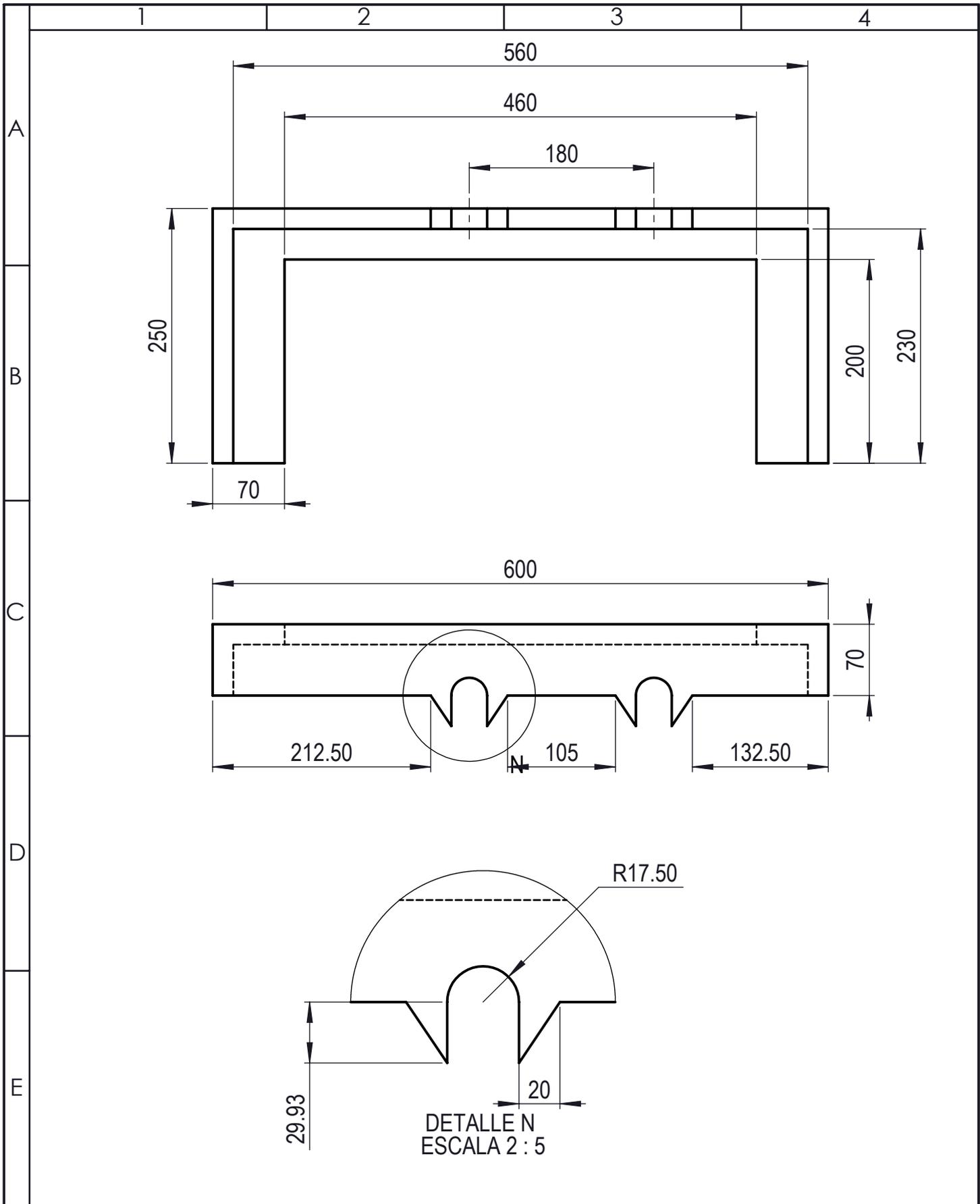
				Tolerancia: ± 0.1	Peso: 870.18gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título: Polea del Motor	Escala: 1:2.5
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Sailema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 19 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



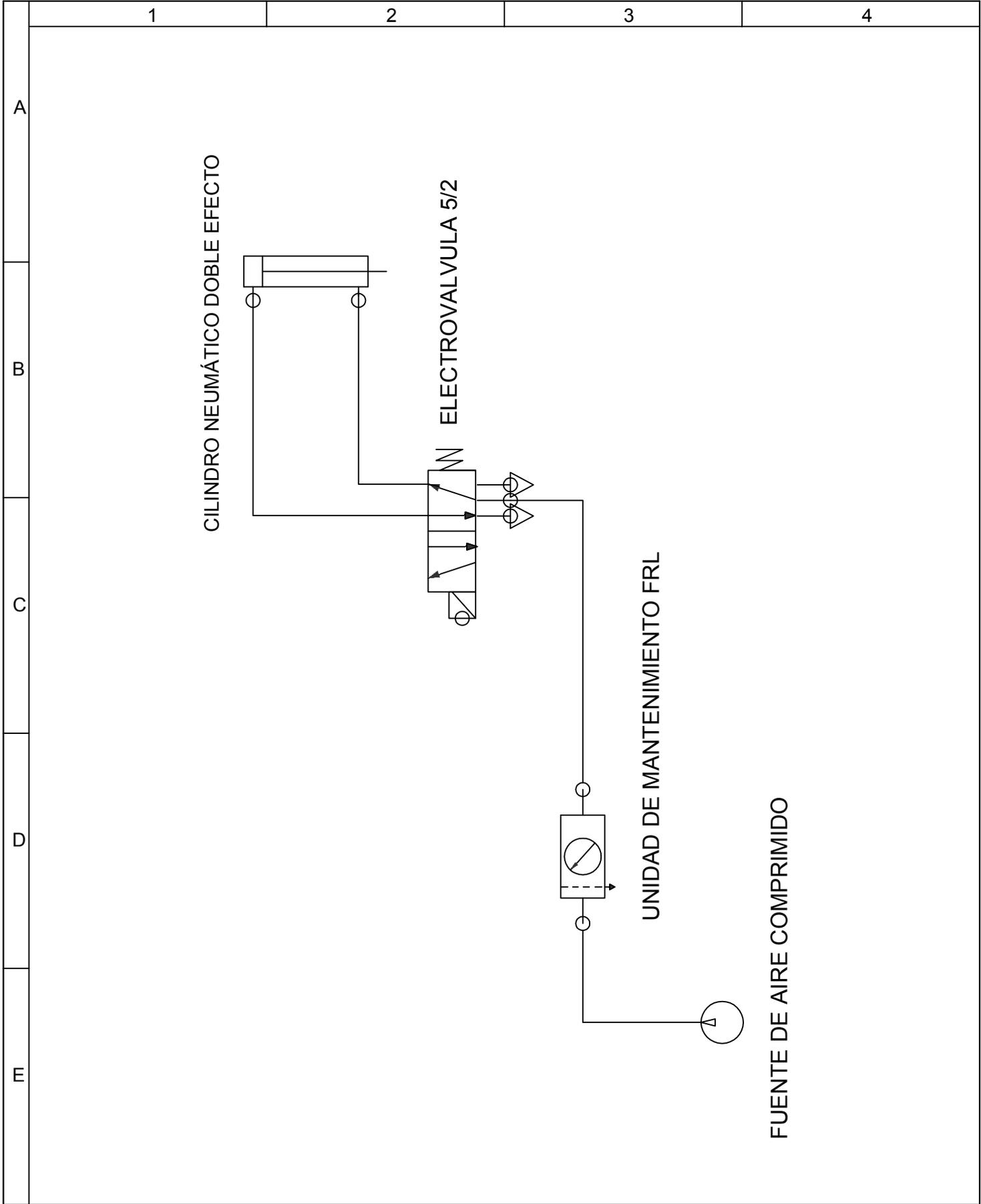
DETALLE D
ESCALA 1 : 5

4 X M 12

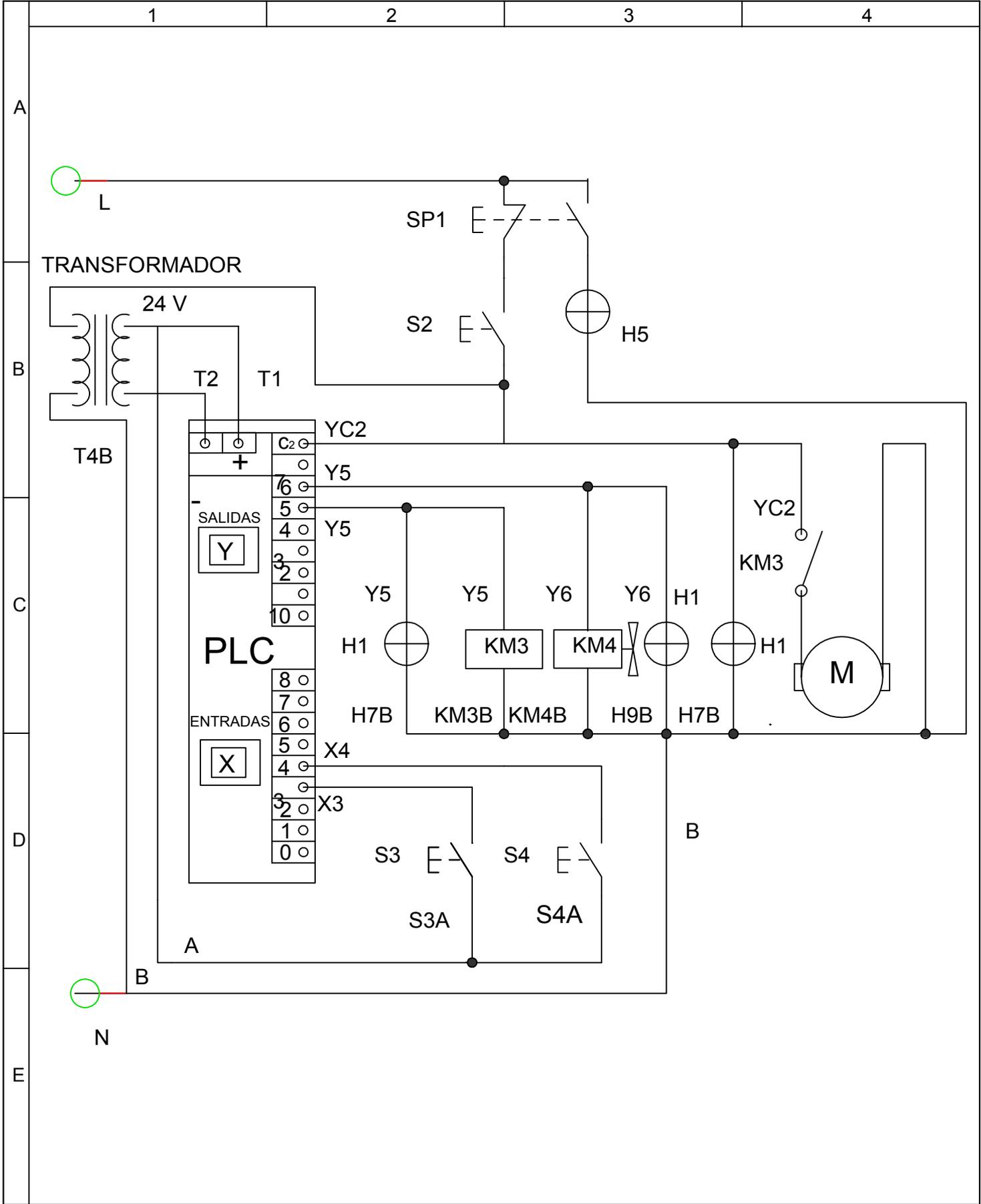
				Tolerancia: ±0.1	Peso: 20818.12gr	Material: ASTM A36 Acero	
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Saillema	Base	1:20
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N° de lámina: 20 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ±0.1	Peso: gr	Material:	
				Fecha:	Nombre:	Título: Soporte de las botellas	Escala: 1:10
				Dibujó: 15/11/2013	Eliza Saillema		
				Revisó: 15/11/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 15/11/2013	Ing Carrillo M	N° de lámina: 21 de 21	Registro:
Edición	Denominación	Fecha	Nombre	UTA INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia:	Peso: gr	Material:	VARIOS	
					Fecha:	Nombre:	CIRCUITO NEUMÁTICO	Escala:
				Dibujó:	30/10/2013	Eliza Sallema		
				Revisó:	30/10/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó:	30/10/2013	Ing Carrillo M		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N de lámina:	22 de 23	Registro:
Edición	Deformación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



				Tolerancia:	Peso: gr	Material: VARIOS	
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
				Dibujó: 22/10/2013	Eliza Sallema	ESQUEMA DE CONTROL Y MONTAJE	1:20
				Revisó: 22/10/2013	Ing Carrillo M		
				Aprobó: 22/10/2013	Ing Carrillo M		
				UTA		N de lámina: 23 de 23	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	
Edición	Deformación	Fecha	Nombre				