

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

### Trabajo Estructurado de Manera Independiente, Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico

#### **TEMA:**

---

“SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE SUMINISTRO DE BOTELLAS EN LA OPERACIÓN DE LLENADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LA ENVASADORA DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”

---

**AUTOR:** Egdo. Eduardo Pazmiño

**TUTOR:** Ing. Mauricio Carrillo

AMBATO – ECUADOR

2015

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “**Sistema semiautomático de suministro de botellas en la operación de llenado para incrementar la producción de la envasadora del Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica**”; elaborado por la Sr. Eduardo Marcelo Pazmiño Garcés, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

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

Ambato, Marzo 2015

.....

Ing. Mauricio Carrillo

Director de Tesis

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

En el contenido del presente trabajo sus criterios, así como sus ideas, opiniones, resultados y análisis, son responsabilidad exclusiva de su autor.

Ambato, Marzo 2015

.....

Eduardo Marcelo Pazmiño Garcés

C.I 180399175-9

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto está dedicado en primer lugar a Dios por darme fuerza, voluntad y conocimiento cada uno de los días de mi vida; ayudándome a cumplir cada uno de los objetivos que me propongo, marcando el camino por el cual sigo con cada amanecer.

A mis padres Marcelo Pazmiño y Rosario Garcés quienes son mi apoyo incondicional, el pilar sobre el cual voy forjando mi futuro, gracias a sus sabias palabras he dado pasos centrados que me acercan a mis metas.

A mí amada novia Karina Peñafiel, quien con su constante apoyo y su profundo amor, me ha incentivado a seguir esforzándome, dar lo mejor y no rendirme con cada situación que se presenta.

Todas y cada una de mis cortas palabras no bastan para demostrar cuanto significan en mi vida y cuanto han contribuido al desarrollo de este proyecto.

Eduardo

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por tolo lo que día a día me llevan a dar un paso hacia adelante y no retroceder en ninguna situación.

A mi familia quienes me dan su apoyo incondicional y me hacen ser mejor con el paso del tiempo.

A mi tutor el Ing. Mauricio Carrillo, quien tan amablemente ha compartido sus conocimientos y guías para hacer posible este proyecto, siendo a la vez maestro y amigo, corrigiendo mis errores y faltas, enseñándome lo gratificante que es el esfuerzo.

A mis profesores que me han dado las herramientas para empezar a forjar mi futuro. Invirtiendo su valioso tiempo.

A la Carrera de Ingeniería Mecánica que me ha acogido en todos estos años brindándome las más diversos escenarios.

A mis compañeros y amigos que hicieron del estudio la mejor experiencia.

Eduardo

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORÍA DE LA TESIS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

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 Espacial.....	3
1.2.6.2. Temporal.....	3
1.2.6.3. De Contenido .....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. Objetivo General .....	5
1.4.2. Objetivos Específicos .....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos.....	6
2.2. Fundamentación Filosófica .....	7
2.3. Fundamentación Legal.....	7
2.4. Red de Categorías Fundamentales .....	7

2.4.1. Supraordinaria .....	8
2.4.2. Sistemas Automáticos para el suministro de botellas.....	8
2.4.2.1. Pociónador lineal con detenimiento neumático .....	9
2.4.2.2 Pociónador rotatorio con mecanismo de cruz de malta .....	14
2.4.2.3 Pociónador circular con control por motor a pasos.....	19
2.4.3 Sistemas de Medición y Control Industrial .....	28
2.3.2 Tipo de Control .....	28
2.4.3 Elementos de un Sistema de Control.....	29
2.4.4 Automatización Industrial .....	29
2.4.5 Ingeniería Mecánica .....	30
2.4.6 Plantas Industriales.....	30
2.4.7 Proceso de Envasado .....	31
2.4.7.1 Técnicas de Envasado.....	32
2.5 Hipótesis.....	32

### **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

3.1 Enfoque .....	34
3.2 Modalidad Básica de la Investigación.....	34
3.3 Nivel Tipo De Investigación .....	35
3.4 Población y Muestra.....	35
3.5 Operacionalización de Variables.....	36
3.5.1. Variable Independiente.....	36
3.5.2. Variable Dependiente .....	37
3.6 Recolección de Información .....	38
3.7 Procesamiento Y Análisis De La Información.....	38
3.7.1 Procesamiento de la Información .....	38
3.7.2 Análisis de la Información.....	38

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Análisis de resultados.....	39
4.1.1. Consideraciones Generales para Acoplamiento del sistema .....	39
4.2. Interpretación de los datos .....	43
4.2.1. Selección del modelo adecuado .....	43
4.3. Verificación de la Hipótesis .....	54

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	55
5.2. Recomendaciones.....	56

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1. Datos Informativos.....	57
6.1.1. Título .....	57
6.1.2. Institución Ejecutora.....	57
6.1.3. Beneficiarios.....	57
6.1.4. Ubicación.....	57
6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución .....	57
6.1.6. Equipo técnico responsable .....	58
6.1.7. Costo.....	58
6.2. Antecedentes de la propuesta .....	58
6.3. Justificación.....	58
6.4. Objetivos .....	59
6.4.1. Objetivo General .....	59
6.4.2. Objetivos Específicos .....	59
6.5. Análisis de factibilidad.....	59
6.6. Fundamentación .....	60
6.6.1. Características de la botella .....	60
6.6.2. Centro de gravedad de la botella .....	60



6.6.3. Diseño de la cruz circular para el posicionador.....	61
6.6.4. Selección del Motor a Pasos.....	61
6.6.5. Diseño del sistema de movilización de botellas.....	63
6.6.5.1. Banda transportadora.....	63
6.6.5.2. Elementos Móviles.....	65
6.6.5.3Potencia de Accionamiento.....	66
6.6.5.4. Cálculo de la potencia requerida del motor.....	68
6.6.6. Relaciones de velocidad para el motor.....	69
6.6.7. Cálculo de la tensión en la banda transportadora.....	69
6.6.7.1. Fuerza en el eje conductor.....	70
6.6.7.2. Cálculo de la tensión principal.....	70
6.6.7.2. Cálculo de la tensión secundaria.....	70
6.6.8. Cálculo de la tensión en el sistema de transmisión de poleas.....	71
6.6.8.1. Cálculo de la longitud de paso.....	71
6.6.8.2. Cálculo de la distancia entre centros.....	72
6.6.8.3. Cálculo del ángulo de contacto en las poleas.....	72
6.6.8.4. Cálculo de la velocidad periférica.....	73
6.6.8.5. Cálculo del factor de corrección del ángulo de contacto.....	73
6.6.8.6. Potencia permitida por la banda.....	74
6.6.8.7. Potencia de diseño.....	74
6.6.8.8. Número de bandas necesarias.....	74
6.6.8.9. Tensión centrífuga.....	75
6.6.8.10. Tensión mayor en la banda.....	75
6.6.8.11. Tensión menor en la banda.....	76
6.6.8.12. Tensión inicial.....	76
6.6.9. Comprobación de cálculo mediante el factor de seguridad.....	77
6.6.10. Posicionamiento del sistema de poleas.....	77
6.6.11. Diseño del eje conductor en la banda transportadora.....	78
6.6.11.1. Cálculo del momento torsionante.....	78
6.6.11.2. Fuerzas de tensión aplicadas sobre el eje.....	79

6.6.11.3. Esfuerzos cortantes y momento flector en el plano (Y-X) .....	80
6.6.11.4. Cálculo de fuerzas Cortantes .....	81
6.6.11.5. Fuerza cortante mínima .....	82
6.6.11.6. Cálculo de momento flector.....	82
6.6.11.7. Cálculo del momento flector máximo .....	83
6.6.11.8. Esfuerzos cortantes y momento flector en el plano (Z-X).....	83
6.6.11.9. Cálculo de fuerzas Cortantes .....	85
6.6.11.10. Fuerza cortante mínima .....	85
6.6.11.11. Cálculo de momento flector.....	86
6.6.11.12. Cálculo del momento flector máximo .....	87
6.6.12. Cálculo de reacciones y momentos resultantes .....	87
6.6.13. Diseño estático del eje .....	87
6.6.14. Diseño dinámico.....	89
6.6.15. Diseño del eje conducido.....	93
6.6.15.1. Cálculo de fuerzas Cortantes .....	94
6.6.15.2. Fuerza cortante mínima .....	94
6.6.15.3. Cálculo de momento flector.....	95
6.6.15.4. Cálculo del momento flector máximo .....	96
6.6.16. Diseño estático del eje .....	96
6.6.17. Diseño dinámico.....	97
6.6.18. Selección de rodamientos .....	99
6.6.18.1. Capacidad de carga estática .....	99
6.6.18.2. Capacidad de carga dinámica .....	99
6.6.19. Diseño de la Estructura de soporte .....	102
6.6.19.1. Análisis de la viga de soporte .....	103
6.6.20. Análisis de las columnas estructurales .....	106
6.6.21. Control de los elementos sistema de transporte y deslizamiento de botellas.....	108
6.6.21.1. Motor a pasos a usar en el sistema (KL23H2100-50-4B) .....	108
6.6.21.2. Cantidad de energía usada para el movimiento del motor.....	109

6.6.21.3. Driver de manejo motor a pasos (ST-M5045).....	109
6.6.21.4. Control de señal de pulsos (ARDUINO Mega 2560).....	110
6.6.21.5. Diagrama de función de ARDUINO .....	111
6.6.21.6. Consideraciones de programación ARDUINO.....	111
6.6.22. Funcionamiento del sistema de posicionamiento .....	112
6.6.23. Diagrama de control .....	114
6.6.24. Diagrama de potencia .....	115
6.6.25. Programación en el PLC .....	116
6.6.25. Tabla de producción del proceso de envasado.....	117
6.7. Metodología .....	118
6.8. Administración.....	119
6.8.1. Costo de materiales .....	119
6.8.2. Costo total de la inversión .....	121
6.8.3. Financiamiento .....	121
6.9. Conclusiones del capítulo .....	121
6.10. Previsión de la evaluación.....	122
7. BIBLIOGRAFÍA .....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Categorías Fundamentales.....	8
<b>Figura 2.2:</b> Pocisionador lineal con detenimiento neumático.....	9
<b>Figura 2.3:</b> Clasificación Genérica de los Actuadores.....	10
<b>Figura 2.4:</b> Sensor Fotoeléctrico .....	11
<b>Figura 2.5:</b> Banda trasportadora.....	12
<b>Figura 2.6:</b> Pocisionador rotatorio con mecanismo de cruz de malta.....	14
<b>Figura 2.7:</b> Mecanismo pocisionador rotatorio con mecanismo de cruz de malta.....	15
<b>Figura 2.8:</b> Motor reductor.....	17
<b>Figura 2.9:</b> Mecanismo de cruz de Malta con Engrane Externo.....	17

<b>Figura 2.10:</b> Pociónador circular con control por motor a pasos .....	19
<b>Figura 2.11:</b> Motor a Pasos .....	21
<b>Figura 2.12:</b> Control Bipolar.....	22
<b>Figura 2.13:</b> Control Unipolar .....	23
<b>Figura 2.14:</b> Control por intensidad de Corriente .....	24
<b>Figura 2.15:</b> PLC'S .....	25
<b>Figura 2.16:</b> Automatización de Procesos .....	29
<b>Figura 4.1:</b> Surtidores de liquido .....	40
<b>Figura 4.2:</b> Referencias para características del dosificador de botellas .....	40
<b>Figura 4.1:</b> Tiempos del proceso de llenado de botellas.....	41
<b>Figura 6.1:</b> Referencias para características del dosificador de botellas .....	60
<b>Figura 6.2:</b> Cruz circular con medidas de referencia.....	61
<b>Figura 6.3:</b> Distancia a la fuerza aplicada en el punto .....	62
<b>Figura 6.4:</b> Rodillo Conductor .....	65
<b>Figura 6.5:</b> Rodillo Conducido .....	65
<b>Figura 6.6:</b> Referencias para posición de poleas en el sistema de potencia.....	69
<b>Figura 6.7:</b> Sentido de giro y tensiones en la banda transportadora .....	69
<b>Figura 6.8:</b> Sentido de giro y tensiones en las poleas .....	71
<b>Figura 6.9:</b> Posición de poleas del sistema .....	77
<b>Figura 6.10:</b> Sentido de momentos torsionantes.....	78
<b>Figura 6.11:</b> Descomposición de la fuerza T .....	79
<b>Figura 6.12:</b> Diagrama de fuerzas Eje conductor plano (Y-X).....	80
<b>Figura 6.13:</b> Diagrama de fuerzas aplicadas .....	80
<b>Figura 6.14:</b> Diagrama de fuerzas cortantes .....	81
<b>Figura 6.15:</b> Diagrama de momento flector.....	82
<b>Figura 6.16:</b> Diagrama de fuerzas sobre el Eje conductor plano (Z-X).....	83
<b>Figura 6.17:</b> Diagrama de fuerzas aplicadas .....	84
<b>Figura 6.18:</b> Diagrama de fuerzas cortantes .....	85
<b>Figura 6.19:</b> Diagrama de momento flector.....	86
<b>Figura 6.20:</b> Diagrama de fuerzas eje conducido .....	93

<b>Figura 6.21:</b> Diagrama de fuerzas aplicadas .....	93
<b>Figura 6.22:</b> Diagrama de fuerzas cortantes .....	94
<b>Figura 6.23:</b> Diagrama de momento flector .....	95
<b>Figura 6.24:</b> Estructura de soporte .....	102
<b>Figura 6.25:</b> Vista lateral y frontal de estructura de soporte.....	102
<b>Figura 6.26:</b> Diagrama de fuerzas sobre la viga .....	103
<b>Figura 6.27:</b> Diagrama de fuerzas cortantes .....	104
<b>Figura 6.28:</b> Diagrama de momento flector .....	104
<b>Figura 6.29:</b> Motor a pasos .....	108
<b>Figura 6.30:</b> Diagrama Consumo eléctrico vs velocidad de rotación.....	109
<b>Figura 6.31:</b> Driver motor a pasos .....	109
<b>Figura 6.32:</b> ARDUINO MEGA.....	110
<b>Figura 6.33:</b> Diagrama de función de ARDUINO .....	111
<b>Figura 6.34a:</b> Diagrama de flujo sistema de posicionamiento.....	112
<b>Figura 6.34b:</b> Diagrama de flujo sistema de posicionamiento .....	113
<b>Figura 6.35:</b> Diagrama de Control .....	114
<b>Figura 6.36:</b> Diagrama de potencia.....	115

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1:</b> Componentes posicionador lineal con detenimiento neumático.....	10
<b>Tabla 2.2:</b> Componentes posicionador circular con mecanismo de cruz de malta .....	16
<b>Tabla 2.3:</b> Componentes posicionador circular con control por servo motor.....	20
<b>Tabla 2.4:</b> Relación Insumo / Producto para distintos Procesos de Transformación. ....	31
<b>Tabla 4.1:</b> Evaluación del peso específico de cada criterio. ....	45
<b>Tabla 4.2:</b> Evaluación del peso específico del criterio control. ....	46
<b>Tabla 4.3:</b> Evaluación del peso específico del criterio precisión.....	48
<b>Tabla 4.4:</b> Costo aproximado de la solución 1 .....	48

<b>Tabla 4.5:</b> Costo aproximado solución 2 .....	49
<b>Tabla 4.6:</b> Costo aproximado Solución 3.....	49
<b>Tabla 4.7:</b> Evaluación del peso específico del criterio costo .....	49
<b>Tabla 4.8:</b> Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento.....	51
<b>Tabla 4.9:</b> Evaluación del peso específico del criterio acoplabilidad .....	52
<b>Tabla 4.10:</b> Evaluación del peso específico del criterio Manejo .....	53
<b>Tabla 4.11:</b> Tabla de conclusiones .....	53
<b>Tabla 6.1:</b> Determinación de producción del proceso de envasado.....	118
<b>Tabla 6.2:</b> Costo de materiales .....	119
<b>Tabla 6.3:</b> Costo de suministros.....	121
<b>Tabla 6.4:</b> Costo total de la inversión .....	121

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El proyecto final de investigación “Sistema semiautomático de suministro de botellas en la operación de llenado para incrementar la producción de la envasadora del Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica”, se originó a partir de que el sistema de envasado presentaba una particularidad; el posicionamiento de botellas bajo los surtidores se hacía de manera manual, mostrando en ocasiones fallas y sobre todo generando un proceso no estable, peligroso para el usuario; creando oscilación en su marcha continua.

Se consideró en el estudio los sistemas más usados en líneas de posicionamiento, como: sistemas mecánicos, sistemas neumáticos y sistemas electrónicos, además de considerar los requerimientos pre-existentes en el proceso actual; a través de un método de ponderación, el cual tomo como base las características del laboratorio y de los objetivos del estudio. Se seleccionó el sistema que de mejor manera cumplía con las exigencias planteadas.

Después de la selección, se procedió al diseño de los componentes necesarios y la construcción del sistema, teniendo en cuenta su uso práctico en los laboratorios.

La instalación y pruebas prácticas, proporcionaron los datos para la verificación de la hipótesis.

La máquina de posicionamiento de botellas cumple con los requisitos de diseño y de construcción, proporcionando herramientas para el aprendizaje de los estudiantes en los laboratorios, mejorando el proceso de producción en un 9.5% y reduciendo al mínimo la intervención humana en el proceso general.

## **SUMMARY**

The final investigation project "Semi-automatic supply of bottles in the filling operation to increase production of packaging in the Laboratory of Measurement Systems and Control, Faculty of Civil Engineering and Mechanic", is originated from the packaging system had a characteristic; the positioning of bottles under the jets are made manually, showing failures and sometimes generate a unstable process, dangerous for the user; creating oscillation in its continuous operation.

Was taken into account in the study most used systems in the positioning line,like: mechanic system, neumatic system and electronic system, in addition in the current process requirements pre-existing are considered; through a weighting method, that takes the lab characteristic's and study objective's. The system better fulfilled the demands was selected.

After selection, we proceeded to design of necessary componentes and build up the system considering its practical use in laboratories.

The process of install and test, bring the data to verify the hypothesis.

The bottles placement machine meets the requirements of design and construction, providing tools for student learning in laboratories, improving the production in 9.5% and minimizing human intervention in the overall process.



# CAPÍTULO I

## **1. Problema de Investigación**

### **1.1. Tema:**

“Sistema semiautomático de suministro de botellas en la operación de llenado para incrementar la producción de la envasadora del Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica”

## **1.2. Planteamiento del Problema**

### **1.2.1. Contextualización**

El desarrollo tecnológico a nivel mundial ha sido uno de los factores más importantes para el mejoramiento en las industrias de manufactura de todo tipo de productos para poder competir en un mercado cada vez más estricto en cuanto a calidad y economía, una de las necesidades primordiales es la de proveer sistemas propicios para la realización de actividades de repetición que si son realizadas por parte de la mano humana pueden provocar accidentes y una baja en la producción si se necesitara de una velocidad considerablemente alta. Por esta razón el nivel tecnológico avanza de una manera acelerada y continua, modificando, mejorando los subprocesos o procesos de fabricación a tal punto que el operador necesita solo conocimientos básicos sobre manejo de máquinas y herramientas. El objetivo de mejorar dichos procesos es la utilización óptima de recursos y principalmente ahorrar tiempo en ejecutar las diversas operaciones.

En el Ecuador con el paso de los años las necesidades de incrementar la calidad de la producción nacional ha predispuesto un amplio campo de avance tecnológico,

que beneficia en gran manera a todos los involucrados, dando una visión con respecto al uso de maquinaria de avanzada y procesos automatizados, disminuyendo pérdidas a lo largo de la cadena productiva.

En la Envasadora existente en Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica, no se cuenta con un sistema apropiado de dosificado de botellas que alimente a dicha máquina, por lo cual, se ve la importancia de este estudio, el cual sería de mucha utilidad para complementar un adecuado proceso sistemático industrial en el envasado de botellas para poder realizar prácticas de laboratorio ayudando en gran manera a los estudiante, con conocimientos prácticos de las materias impartidas en la Carrera de Ingeniería Mecánica.

### **1.2.2. Análisis Crítico**

Debido a las características constitutivas de la máquina de envasado del laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial el estudio del sistema de dosificado de botellas ayudó a complementar un proceso continuo y sistemático de llenado, obviando las fallas por parte de un abastecimiento manual de un operario, así mismo, disminuyendo las posibles lesiones que se podrían haber causado en un proceso repetitivo y constante.

El uso del sistema de dosificado en la carrera, permite que los estudiantes tomen conciencia de un proceso industrial a escala, que está a su disposición para poner en práctica sus conocimientos, sin las limitación obvias del campo laboral.

### **1.2.3. Prognosis**

Un sistema automático de suministro de botellas asegura un proceso continuo de alimentación al envasado dando así la oportunidad de mejoramiento del proceso general y optimizar tiempos y recursos. Si este estudio no se realizará, el proceso en general carecería de herramientas para cumplir un ciclo eficiente y continuo, dando así una gran cantidad de problemas al obtener datos en prácticas de tiempos de producción y control de los sistemas de funcionamiento.

#### **1.2.4. Formulación del Problema**

¿Un sistema de posicionamiento eliminará la operación de suministro manual de botellas en la envasadora del Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica?

#### **1.2.5. Preguntas directrices**

- ¿Cuáles serán los parámetros a tomarse en cuenta en la operación de suministro de botellas?
- ¿Cuáles serán los elementos necesarios para la operación de suministro de botellas?
- ¿Se puede aplicar un sistema semiautomático a la operación de suministro de botellas?

#### **1.2.6. Delimitación**

##### **1.2.6.1 Espacial**

El estudio y desarrollo de este proyecto se realizó en la ciudad de Ambato sector Huachi Chico, en el Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

##### **1.2.6.2. Temporal**

El desarrollo del trabajo de investigación se realizó en el periodo de Junio 2014 – Marzo 2015.

### **1.2.6.3. De Contenido**

**Campo:** Ingeniería Mecánica

**Área:** Básicos Profesionalizantes

**Aspecto:**        Sistemas de Medición y Control I y II  
                      Electrónica Industrial  
                      Plantas Industriales  
                      Mecanismos  
                      Diseño de elementos de máquinas I y II

### **1.3. Justificación**

La importancia de realizar este proyecto fue proponer un sistema automático de suministro de botellas adecuado que se acople a la existente envasadora, debido a que existen operaciones individuales que necesitan ser repotenciados o mejorados. El mejoramiento de operaciones aisladas ayudará a que el proceso en general incremente su producción y se vea reflejado en disminución del tiempo que usa para la realización de la operación de suministro manual , permitiendo también un proceso más controlable. Los principales beneficiarios serán los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica quienes aprovecharán los equipos y maquinaria que son susceptibles a automatizar, junto con que se facilitará el proceso de aprendizaje en aplicaciones prácticas dando una mejor visión de procesos industriales a gran escala.

El avance la tecnología en la industria genera la necesidad y la importancia de incrementar sistemas mecánicos que se hagan cargo de actividades monótonas realizadas por personas, ayudando así al mejoramiento de procesos productivos complejos, el estudio factibilidad de un proceso de suministro de botellas contribuirá con el fortalecimiento académico práctico y el desarrollo de habilidades adquiridas los estudiantes en la carrera de Ingeniería Mecánica.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Proveer de un sistema adecuado para el suministro automático de botellas en la operación de llenado de la envasadora del Laboratorio Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros básicos el sistema semiautomático de suministro de botellas.
- Seleccionar el sistema semiautomático más adecuado para el suministro de botellas.
- Proponer un sistema semiautomático de suministro de botellas que se acople a la envasadora del laboratorio del Laboratorio Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

## **CAPÍTULO II**

### **2. Marco Teórico**

#### **2.1. Antecedentes Investigativos**

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato en el año 2015 el Sr. Néstor Fabián Medina realizó el estudio de control de una estación de mezcla para la dosificación y preparación de bebidas, aplicable al sistema de envasado y embotellado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, donde se llegó a concluir que:

La estación de mezcla implementada en el sistema de envasado y embotellado de la facultad, utiliza parámetros seleccionados mediante ponderación, por constar con un sistema de control de la mezcla, puesta en marcha de controladores continuos y discontinuos, el manejo y observación del proceso y su operación automática como manual, sin necesidad de equipos adicionales.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato en el año 2013 el Sr. Pablo Ernesto Sarzosa Viera realizó el estudio de un sistema de dosificación de líquidos aplicable en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial para controlar el proceso de llenado de botellas, donde se llegó a concluir que:

- Un sistema de dosificación está compuesto básicamente de: la fuente de alimentación de líquido, el sistema de control, el sistema de presión y adicionalmente un sistema de posicionamiento de la boquilla de dosificación.
- Los parámetros para el llenado son: el tiempo de llenado y el volumen de llenado; así como también hay que tomar en cuenta sus parámetros derivados: producción total por hora y tiempo de manipulación de botellas.

En la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Salesiana en el año 2010 el Sr. Pablo Parra realizó el diseño e implementación de una máquina flexible para envasado de líquidos, donde se llegó a concluir que:

- Un factor muy importante para el desarrollo de la maquinaria fue el de trabajar acorde a las normas higiénicas que conllevan para la construcción de este tipo de máquinas para que no se vea afectado la inocuidad del producto que se vaya a procesar.
- El diseño de sistemas de cualquier índole, basados en PLC, resultan muy versátiles, prácticos y económicos, debido a la gran flexibilidad que proporciona al momento de programarlos, la cantidad de modelos que existen en el mercado, diversidad de funciones, variedad de medios de comunicación, memoria, interrupciones internas, externas y finalmente su costo.

## **2.2. Fundamentación Filosófica**

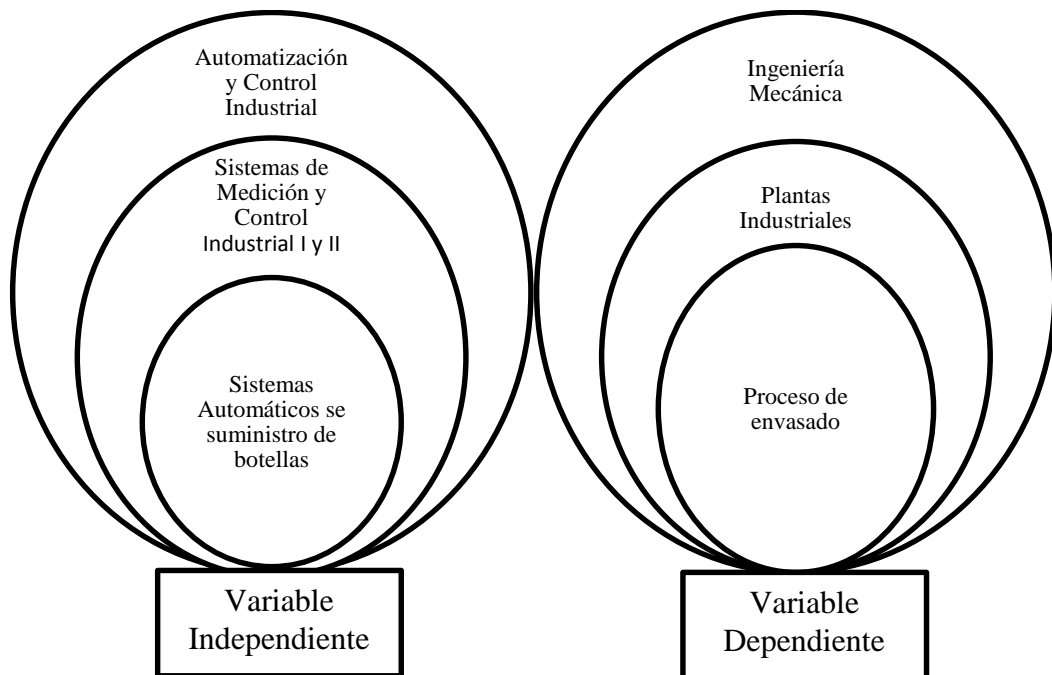
La investigación se encuentra ubicada en el paradigma crítico-propositivo; crítico debido a que se analizará el proceso de envasado generando un sistema automático propicio para un correcto desarrollo del proceso y su mejor selección dentro de la ponderación de características cualitativas del proceso completo y propositiva porque busca plantear una solución práctica al problema investigado.

## **2.3. Fundamentación Legal**

- CPE INEN 03 Código de Dibujo Técnico-Mecánico (Elaboración de planos).
- NTE INEN 0077: Símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Contactos, interruptores, mandos mecánicos, arrancadores y elementos de relés electromecánicos.
- REGLAMENTO PARA BUENAS PRÁCTICAS PARA ALIMENTOS PROCESADOS.

## **2.4. Red de Categorías Fundamentales**

### 2.4.1. Supraordinaria



**Figura. 2.1:** Categorías Fundamentales

**Fuente:** El Autor

### 2.4.2. Sistemas Automáticos para el suministro de botellas.

Según Myszka, D. H. (2012). Son sistemas (combinación de cuerpos geométricos que constituyen la máquina), que permiten la ubicación correcta de trabajo de diferentes recipientes, en este caso de botellas plásticas de 500cc y su aplicación viene definida por el flujo de producción requerido. Están constituidos por varios mecanismos entre los cuales se determinan los siguientes:

Posicionador lineal con detenimiento neumático

Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos.



### 2.4.2.1. Posicionador lineal con detenimiento neumático



**Figura 2.2:** Posicionador lineal con detenimiento neumático.

**Fuente:** VINI AUTOMATOCALO LTDA, 2014, Embotelladoras Joinville – SC  
(<http://envasadorasvini.blogspot.com>)

#### **A. Proceso**

La línea de envasado corre a través de una banda transportadora sin detenimiento, las botellas llegan hasta un punto de control mediante un sensor que acciona un pistón neumático que detiene el movimiento de las mismas. Las botellas se acumulan por tiempo hasta que la cola cumple con el número de botellas para la dispensación del líquido. Una vez que se ha cumplido este proceso, el llenado se realiza, los dosificadores bajan hasta las botellas y cumplen su ciclo, se levantan una vez llenado las botellas y se contrae el pistón que detenía a las botellas al inicio del ciclo.

#### **B. Ventajas**

- Cantidad reducida de componentes para controlar
- Versatilidad de acoplabilidad
- Necesidad de un suministro de aire fácilmente almacenable

#### **C. Desventajas**

Alto costo de componentes electrónicos de control  
Fallos por movimientos inesperados de las botellas frente al sensor  
Detenimiento del proceso y acumulación de botellas antes del llenado

## D. Componentes necesarios

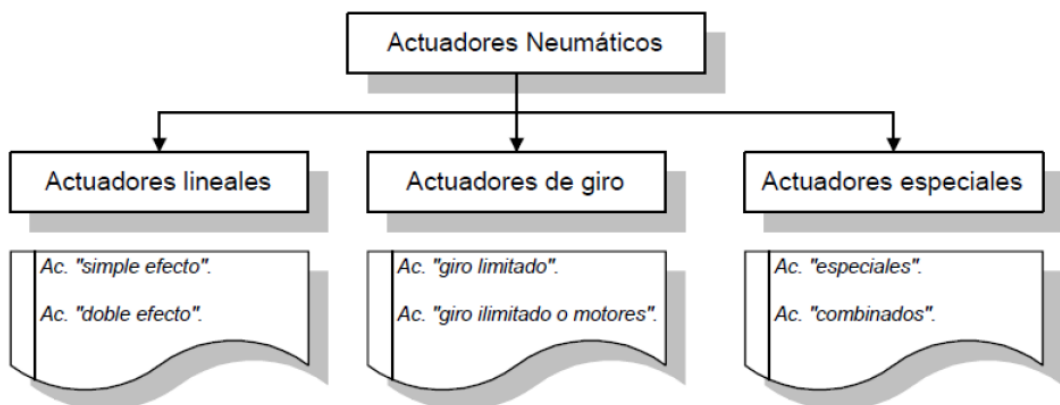
**Tabla 2.1:** Componentes posicionador lineal con detenimiento neumático

Descripción	Cantidad
Suministro de aire comprimido	1
Electroválvula	2
Actuador neumático	2
Sensor Fotoeléctrico	1
Banda transportadora	1
PLC	1
Tubería	5
Unidad FRL	1

**Fuente:** El Autor

## E. Actuador Neumático

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.



**Figura 2.3:** Clasificación Genérica de los Actuadores

**Fuente:** (Escalera, Manuel; Rodríguez, Antonio, 2013)

## F. Sensores Fotoeléctricos

Según (Villardel, 2014), manifiesta que los sensores fotoeléctricos, también llamados fotocélulas, tienen un uso muy extendido en la industria. Son económicos, fiables y fáciles de instalar y mantener.

Un sensor fotoeléctrico tiene la capacidad de captar luz y activar o desactivar una señal en función de los valores de esa luz. Los sensores más simples son los llamados interruptores crepusculares, que encienden una lámpara cuando la luz ambiental es inferior a un valor determinado. Este tipo de sensores responde ante cualquier fuente de luz visible, tanto artificial como natural. Por tanto, su fiabilidad es escasa, puesto que pueden alterar su funcionamiento si son afectados por una fuente de luz distinta a la prevista.



**Figura 2.4:** Sensor Fotoeléctrico

**Fuente:** PHOTOELECTRIC SENSORS, 2012, Industrial ONROM ES  
([http:// http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/sensing/photoelectric\\_sensors/](http://http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/sensing/photoelectric_sensors/))

## G. Banda Transportadora

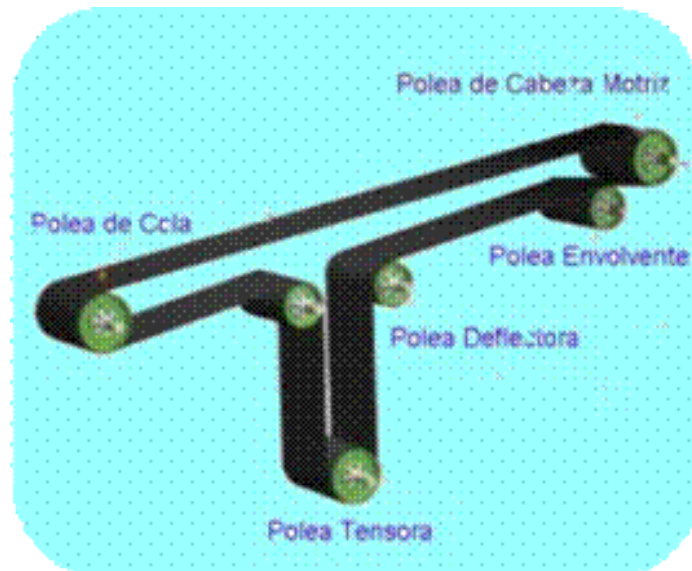
Según (BRUNSSSEN, 2005), Una cinta transportadora o banda transportadora es un aparato para el transporte de objetos formado por dos poleas que mueven una cinta transportadora continua. Las poleas son movidas por motores, haciendo girar la cinta transportadora y así lograr transportar el material depositado en la misma.

Las cintas o bandas transportadoras se usan extensivamente para transportar materiales agrícolas e industriales, tales como grano, carbón, menas, etcétera, a menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones. Para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas

transportadoras elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés.

Las cintas o bandas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos informatizados de manejo de palés, permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en los procesos, lo que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario todo esto gracias a las bandas transportadoras.

Esta misma tecnología de bandas transportadoras se usa en dispositivos de transporte de personas tales como cintas transportadoras y en muchas cadenas de montaje industriales. Las tiendas suelen contar con cintas transportadoras en las cajas para desplazar los artículos.



**Figura 2.5:** Banda trasportadora

**Fuente:** (BRUNSEN, 2005)

(<http://www.comercioindustrial.net/productos.php?id=btrans&mt=bandas>)

## **H. Mantenimiento de Actuadores neumáticos**

Según (Quiroga, 2011), Para el mantenimiento de actuadores neumático se recomienda:

- Lubricar con aire neumático limpio las juntas, conectores y racores antes de usarlos.
- Comprobar la presión de funcionamiento del Circuito Neumático para evitar sobrepresiones.
- Comprobar el apriete de los conectores neumáticos del Cilindro para evitar fugas.
- Comprobar los soportes de los cilindros, tanto en holgura como en alineación.
- Limpiar la suciedad del vástago, usando fuelles en instalaciones en zonas de polvo o suciedad alta.
- Mantener el Aire Neumático en perfectas condiciones ayuda en gran medida a la conservación de todos los elementos de una Instalación neumática.

El mantenimiento a los motores neumáticos es básicamente el mismo que el que se le da a las bombas neumáticas.

## **I. Mantenimiento preventivo**

Lo más común es darle mantenimiento a los elementos que evitan tanto fugas internas como externas. Algunos autores los llaman sellos, otras guarniciones.

## **J. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo a los cilindros neumáticos consiste básicamente en el reemplazo de partes internas sometidas a desgaste excesivo o con fallas de operación.

Las partes que más se dañan son los vástagos por lo que es común que sean rectificadas.

Dichos vástagos no deben presentar daño alguno, pues de hacerlo dañaran otros componentes internos además de que afectarán sensiblemente al desempeño del cilindro así como a la presión y fuerza ejercida por el mismo. Una vez dañados

hay que desarmar el cilindro rectificar el vástago y cromarlo para evitar corrosión.

Durante la operación el cilindro neumático puede experimentar daños si no tiene un adecuado cuidado, los problemas que se presentan son los siguientes:

- La presión de operación excede el rango de presión del cilindro neumático.
- Se doblan las articulaciones del cilindro cuando se extiende o retrae.
- El vástago del cilindro se dobla o daña.
- Fugas en los conectores de los puertos del cilindro.

Para evitar éstos problemas refiérase a la siguiente información e identifique las causas más comunes que puedan dañar al cilindro. Realice la acción correctiva según sea el caso para prevenir daños en el cilindro.

#### **2.4.2.2 Posicionador rotatorio con mecanismo de cruz de malta**



**Figura 2.6:** Posicionador rotatorio con mecanismo de cruz de malta

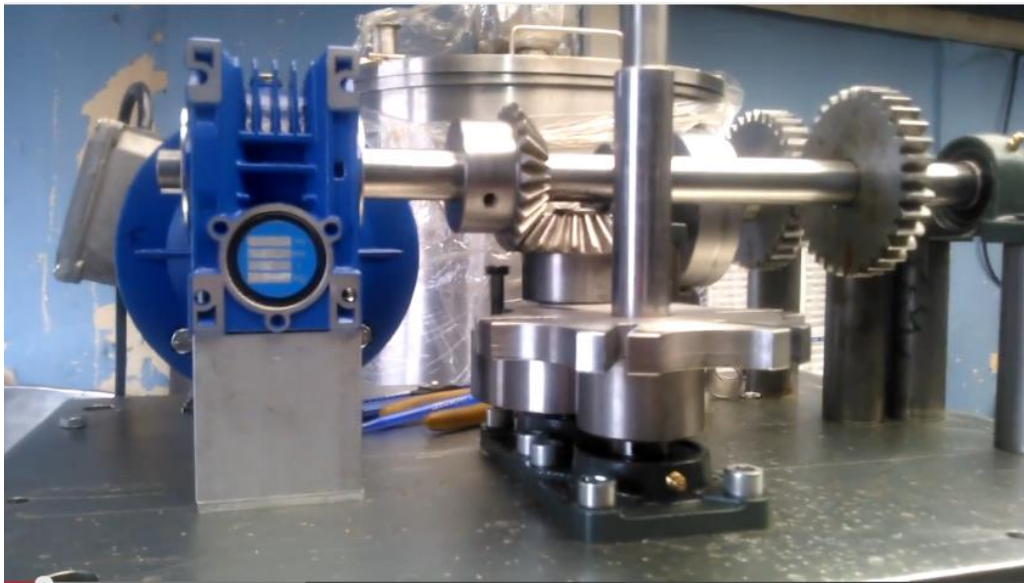
**Fuente:** EMBOTELLADORA AUTOMATICA, 2013, Maquinarias CKISAS CO  
(<http://ckisas.com.co>) (ckisas@yahoo.com.co)

#### **A. Proceso**

El sistema es completamente mecánico, desde el movimiento principal a través de un motor reductor que acciona el mecanismo de cruz de malta que mueve el dispensador giratorio. Una banda transportadora lleva las botellas hasta el

dispensador que recibe una botella, esta a su vez se mueve en forma circular horaria hasta que se coloca bajo el dosificador del líquido, el tiempo de llenado y el movimiento del dispensador giratorio está dado por el movimiento del moto reductor y la cruz de malta.

Una vez completado el llenado, en el ciclo activo del mecanismo la botella vuelve a la línea de movimiento de la banda que lleva la botella llena hasta el siguiente proceso.



**Figura 2.7:** Mecanismo posicionador rotatorio con mecanismo de cruz de malta

**Fuente:** EMBOTELLADORA AUTOMATICA, 2013, Maquinarias CKISAS CO  
(<http://ckisas.com.co>) (ckisas@yahoo.com.co)

## **B. Ventajas**

- Baja probabilidad de desfase por elementos mecánicos
- Fácil manejo
- Acoplabilidad a procesos lineales

## **C. Desventajas**

Sistema no modificable una vez construido

Alto ruido por movimiento de mecanismos

Alto costo por piezas mecanizadas en materiales específicos

Espacio grande ocupado por el mecanismo

Disponibilidad para un solo llenador

## D. Componentes necesarios

**Tabla 2.2:** Componentes posicionador circular con mecanismo de cruz de malta

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Moto reductor	1
Mecanismo cruz de malta	1
Eje comunicador	1
Dispensador rotatorio	1
Banda transportadora	1

**Fuente:** El Autor (Eduardo Pazmiño)

## E. Moto Reductor

Según (Piñero, 2012), Los motores de corriente continua más comunes son actuadores muy potentes que giran a demasiada velocidad como para poder utilizarlos en muchas aplicaciones robóticas. Por esa razón se emplean los reductores habitualmente basados en engranes (también llamados engranajes).

Los reductores o motor reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente; no obstante su eficiencia depende de los factores que están alrededor del mismo, tal como, factores ambientales, factores de posición, factores humanos y factores de vida del mismo elemento. Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos), fricción entre los componentes, tipo de lubricante y la vida útil del mismo, tiempos de mantenimiento y condiciones físicas del lugar en el cual se va a disponer del mecanismo. Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad aunque en algunos países hispanos parlantes también se le denomina caja reductora.



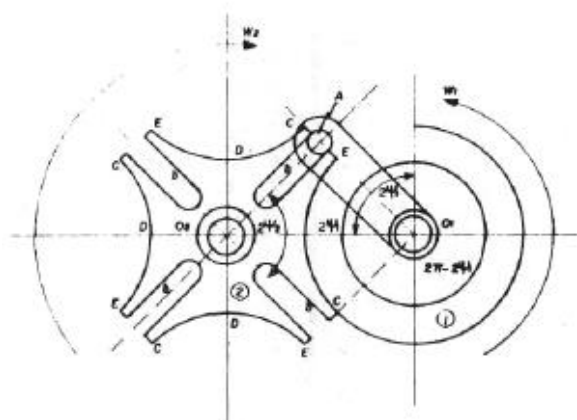


**Figura 2.8:** Motor reductor

**Fuente:** MOTORREDUCOR, 2013, Motor reductor ROSSI  
(<http://rodamientosbulnes.com>)

### F. Cruz de Malta

Según (Palacios & Cándido, 1998), Los mecanismos de malta o los llamados mecanismos de cruz de malta, o rueda de ginebra son del tipo de mecanismos dentados con intervalos de reposo, algunos autores dicen que son análogos a los mecanismos de leva; esto es son mecanismos cuyo eslabón conducido posee períodos de movimiento y períodos de reposo. Los mecanismos de cruz de malta se usan en la industria relojera, como seguros para evitar el rompimiento de la cuerda de un reloj, se emplea en las máquinas-herramienta automáticas en tornos-revolver para definir la posición de una broca. También se usa como sistema opcional en los proyectores cinematográficos para proporcionar el avance intermitente de la película.



**Figura 2.9:** Mecanismo de cruz de Malta con Engrane Externo

**Fuente:** (Palacios & Cándido, 1998)

## **G. Mantenimiento de conjuntos de engranajes**

El mantenimiento de engranajes comparte el mismo principio que cualquier otro sistema de transmisión de movimiento que mantiene contacto con varios elementos.

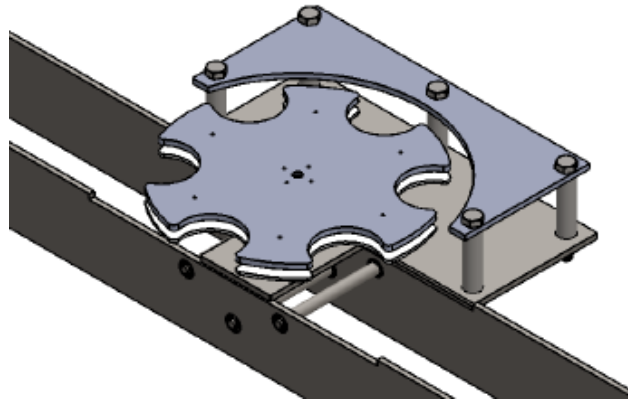
Según (SKF, 2013), Las unidades de engranajes y los motores deben presentar un funcionamiento suave y fiable. Con el sistema de monitorización de activos adecuado, podrá identificar los posibles problemas antes de que aparezcan. De este modo mantendrá el mantenimiento no planificado al mínimo y podrá llevar a cabo las actividades de mantenimiento adecuadas durante las paradas planificadas.

El Mantenimiento Predictivo de SKF es un proceso que utiliza sofisticados sistemas tecnológicos para recopilar información sobre el estado de la transmisión y los procesos de producción. SKF puede diseñar un sistema de Método de diagrama de Procedencias (PdM) específico para las necesidades de su transmisión y sus procesos. Un sistema de PdM puede incluir la monitorización de la vibración, termografía, análisis del lubricante y análisis de la forma de deflexión de funcionamiento.

El uso del lubricante adecuado, en la cantidad apropiada y en el lugar correcto permite prolongar la vida útil de los rodamientos y engranajes, con menos desgaste y unas temperaturas de funcionamiento más bajas. El uso optimizado de los sistemas de lubricación, los lubricantes y el análisis periódico evita las averías en la caja de engranajes.

La gama de productos SKF incluye "Unidades de Acondicionamiento de Aceite" especiales, diseñadas para cajas de engranajes lubricadas por baño de aceite y capaces de limpiar periódicamente el aceite, y sistemas completos de circulación de aceite para cajas de engranajes medianas y grandes personalizadas.

### 2.4.2.3 Posicionador circular con control por motor a pasos



**Figura 2.10:** Posicionador circular con control por motor a pasos

**Fuente:** El Autor

#### **A. Proceso**

Este sistema se basa en el control de posición que proporciona un motor a pasos, se puede controlar la posición exacta del movimiento de dosificador circular para colocarse exactamente bajo los surtidores de líquido para el llenado.

Las botellas llegan a través de la banda transportadora y se acoplan a las aperturas del dosificador, dependiendo de la cantidad de surtidores se puede acoplar los movimientos del servo para situar las botellas, el tiempo de llenado es controlado por separado y solo cuando se cumple el proceso las botellas se vuelven a mover para ser colocadas una vez más en el camino de la banda transportadora.

#### **B. Ventajas**

Control de posición a partir de PLC o tarjeta electrónica.

Velocidad de posicionamiento independiente de la banda de transporte.

Posicionamiento sin mecanismos.

Acople directo al posicionador circular

Acoplabilidad a un sistema SCADA

#### **C. Desventajas**

No existe un arreglo de componente electrónico del sistema.

Necesidad de calibración del equipo antes de usar.

Costo elevado de elementos constitutivos

## D. Componentes necesarios

**Tabla 2.3:** Componentes posicionador circular con control por servo motor

Descripción	Cantidad
Servo Motor	1
Tarjeta Driver	1
PLC	1
Dispensador rotatorio	1
Banda transportadora	1

**Fuente:** El Autor (Eduardo Pazmiño)

## E. Motor a Pasos

(Electric, 2012), Los motores paso a paso operan de manera diferente a otros motores DC, que sólo giran cuando se aplica el voltaje. Un motor paso a paso giratorio es un dispositivo electromecánico que puede dividir una rotación completa (360°) en un gran número de pasos rotacionales. Los motores paso a paso se controlan electrónicamente y no necesitan costosos dispositivos de retroalimentación. El motor paso a paso lineal es similar al motor giratorio en el que el eje se mueve de forma lineal o longitudinal. Ambos poseen dos modalidades de ventilación de sus bobinas electromagnéticas: monopolar y bipolar. Monopolar significa que cada extremo de la bobina tiene una polaridad. Se utiliza un diodo Zener recomendado para asegurar la rápida caída de la corriente en la bobina apagada. Esto proporcionará un aumento de la fuerza de torsión del motor, especialmente a frecuencias mayores.

Bipolar significa que cada extremo de la bobina tiene las dos polaridades. La bobina será positiva o negativa durante cada ciclo de accionamiento. Desde que cada bobina es completamente utilizada, el motor tiene una mayor fuerza de torsión comparada con una bobina monopolar. Un propulsor bipolar puede incorporar una capacidad de manejo de corriente constante, denominada unidad de propulsión. Esto proporcionará un aumento en la fuerza de torsión de salida durante frecuencias mayores al tiempo que reduce los efectos de la temperatura y las variaciones en el suministro de voltaje.

El motor paso a paso MP es una solución de bajo costo para sus aplicaciones de posicionamiento con ángulos de pasos típicos de 7.5° - 15°. Los ángulos de paso más pequeños se pueden obtener a través de micropasos. El eje del motor se mueve

en aumentos de pasos definidos cuando se aplican pulsos de control eléctrico. La corriente de la polaridad y la frecuencia de los pulsos aplicados determinan la dirección y la velocidad del movimiento del eje.

Una de las ventajas más importantes del motor paso a paso es la capacidad de controlarlo con exactitud en un sistema de lazo abierto. El control de lazo abierto significa que no se necesita información de retorno sobre la posición del eje. Este tipo de control elimina la necesidad de costosos dispositivos de información retroactiva simplemente manteniendo la ruta de los pulsos de pasos de entrada. Un motor paso a paso es una buena opción cuando se requiere un movimiento controlado. Se lo recomienda en aplicaciones donde se necesita controlar el ángulo de rotación, velocidad, posición y sincronismo. Un motor paso a paso se caracteriza por su capacidad de torque de posicionamiento referencial, rotación con control de bloqueo, torque de entrada y de salida, velocidad (RPM) y pasos por giro (ángulo de paso).

El torque de posicionamiento referencial define la fuerza de torsión máxima que puede aplicarse a un motor de energía sin hacer que éste gire.

El torque de mantenimiento define la máxima fuerza de torsión con la que se puede cargar un motor de energía sin causar el movimiento rotatorio.

El desempeño de entrada define la capacidad del motor para arrancar o detenerse. Esta es la frecuencia máxima en la que el motor puede arrancar o detenerse de manera instantánea, con una carga aplicada, sin pérdida de sincronización.

El desempeño de salida define la máxima fuerza de torsión cuando se aplica una rampa de aceleración/desaceleración sin perder pasos. Este define la máxima frecuencia en la que el motor puede operar sin perder el sincronismo.



**Figura 2.11:** Motor a Pasos

**Fuente:** (Electric, 2012)

## F. Driver Motor a Pasos

Según (Botteri, Gandlfi, & Iglesias, 2010), Los drivers para motores paso a paso deben cumplir dos objetivos primarios:

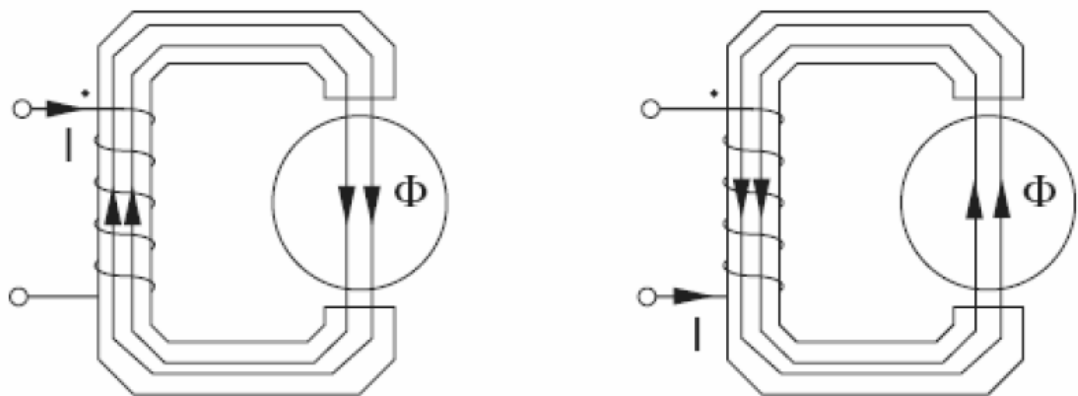
- Cambiar la dirección de la corriente y flujo magnético en las fases del motor.
- Controlar la corriente sobre el bobinado, minimizar el tiempo de subida y bajada de la corriente tanto como sea posible, para una alta performance a altas velocidades.

## G. Control de dirección del flujo magnético:

El control de los pasos de un motor paso a paso requiere que se produzca un cambio de dirección del flujo, independientemente en cada fase. La dirección cambia cuando ocurre un cambio en la dirección de la corriente, para ello existe dos diferentes formas, unipolar o bipolar.

## H. Bipolar

El método bipolar se basa en el principio con el cual se cambia la dirección de la corriente sobre un bobinado al cambiar la polaridad de la tensión aplicada al mismo. Para cambiar la polaridad se necesitan un total de cuatro interruptores por fase, formando lo que se denomina un puente H.



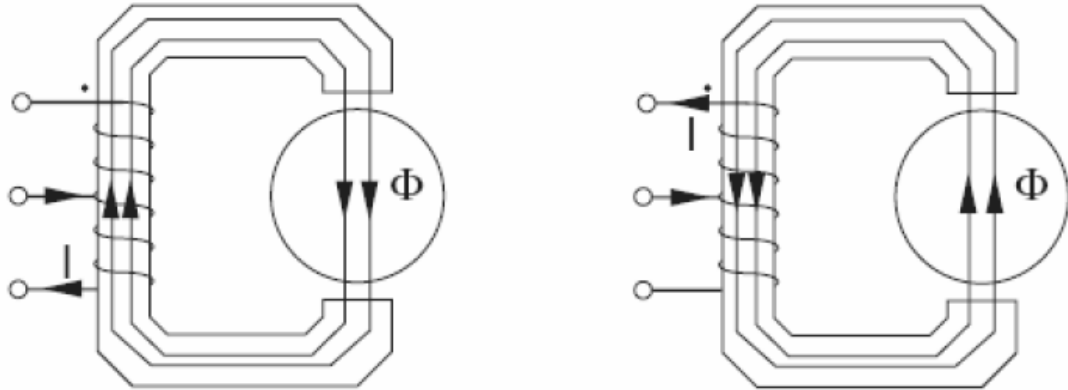
**Figura 2.12:** Control Bipolar

**Fuente:** (Botteri, Gandlfi, & Iglesias, 2010)

## I. Unipolar

El driver unipolar requiere que el bobinado tenga un punto medio accesible o dos bobinas separadas por cada fase. La dirección del flujo se invierte al pasar la corriente de media bobina hacia la otra media.

Este método solo requiere dos interruptores por fase. Por otro lado, los drivers unipolares utilizan solo la mitad del bobinado, con lo cual tienen la mitad de potencia con respecto a un bipolar con la misma tensión aplicada.



**Figura 2.13:** Control Unipolar

**Fuente:** (Botteri, Gandlfi, & Iglesias, 2010)

## J. Control de Corriente

Para controlar el torque así como también limitar la disipación de potencia en la resistencia del bobinado, la corriente debe ser controlada o limitada. Es más, cuando se utiliza medios pasos, es necesario un valor de corriente nula, mientras en el caso de microstepping se requiere una corriente variable casi todo el tiempo.

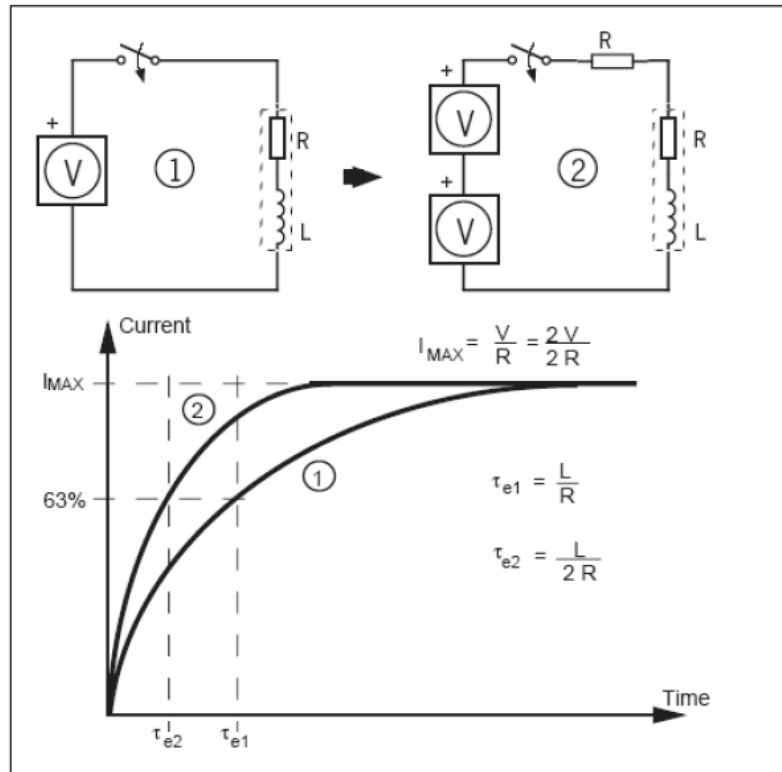
Hay dos principios para limitar la corriente, resistencia limitadora de corriente y control Chopper. Cualquier método puede utilizarse de forma unipolar o bipolar.

Resistencia limitadora de corriente:

En este método básico, la corriente es limitada por la fuente de corriente y la resistencia del bobinado, y si es necesario por una resistencia adicional, externa al motor.

Si la tensión aplicada es la misma que la tensión nominal, entonces no es necesaria la utilización de una resistencia extra. Para ciertos motores, un incremento en su comportamiento a altas velocidades se logra incrementando la tensión aplicada a él. Al incrementar la tensión aplicada, debe limitarse la corriente al valor nominal mediante una resistencia limitadora que debe adicionarse en serie con el bobinado. El problema al usar este método es la potencia perdida en el resistor adicional.

Usualmente es mucha la potencia disipada en los resistores. Por ello hay que tener consideraciones especiales debido al gran tamaño de los resistores y su correcta ventilación.



**Figura 2.14:** Control por intensidad de Corriente

**Fuente:** (Botteri, Gandlfi, & Iglesias, 2010)

## K. PLC

Según (Prieto, 2007), El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo.

Como puedes deducir de la definición, el PLC es un sistema, porque contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria.

Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios pre programado.



Almacenar datos en la memoria.

Generar ciclos de tiempo.

Realizar cálculos matemáticos.

Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.

Comunicarse con otros sistemas externos.

Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros controladores (como por ejemplo un programador o control de la llama de una caldera) que, solamente, pueden controlar un tipo específico de aparato.

Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina.

Puedes modificar las instrucciones almacenadas en memoria, además de monitorizarlas.



**Figura 2.15:** PLC'S

**Fuente:** (Prieto, 2007)

## **L. Mantenimiento Eléctrico – Electrónico**

Según (ECURED, 2011), Conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de equipos eléctricos.

## **M. Tipos de mantenimientos eléctricos**

**Mantenimiento rutinario:** Este sistema nace en Japón y fue desarrollado por primera vez en 1969 en la empresa japonesa DENSO del grupo Toyota la cual se extendió por Japón durante los años 70, luego inicia su implementación fuera de Japón a partir de los años 80 es una actividad diaria y consiste en una serie de tareas, tales como: toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación y reapriete de tornillos en equipos, máquinas e instalaciones en servicio; como así también el cuidado y limpieza de los espacios comunes y no comunes del área de mantenimiento. El personal que lo practica no requiere de mucha especialización técnica pero informa novedades de todo tipo.

**Mantenimiento correctivo:** Es un mantenimiento simple, que consiste en reparar la avería producida y es aplicable a equipos que permiten la interrupción operativa en cualquier momento, sin importar el tiempo de interrupción y sin afectar la seguridad del personal o bienes.

**Mantenimiento programado:** Este método se basa en tener un programa de acción por falla de fiabilidad ocasional para un equipo determinado y en la oportunidad de detención.

**Mantenimiento preventivo:** Se realiza retirando la máquina o equipo del servicio operativo para realizar inspecciones y sustituir (o no) componentes de acuerdo a una programación planificada y organizada con antelación. este tipo de mantenimiento es muy ventajoso.

**Mantenimiento predictivo:** Este tipo de mantenimiento, permite un adecuado control por la mayor frecuencia de inspecciones estando la máquina o equipo en funcionamiento, que es la forma adecuada de obtener datos concretos para el fin determinado de solucionar fallas.

## Objetivos

- Reducir las paradas imprevistas de los diferentes equipos.
- Lograr que los equipos funcionen ininterrumpidamente y con eficiencia.
- Llevar a cabo una inspección sistemática de todas las instalaciones, con intervalos de control para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura.
- Mantener permanentemente los equipos e instalaciones, en su mejor estado para evitar los tiempos de parada que aumentan los costos.
- Efectuar las reparaciones de emergencia lo más pronto posible.
- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones al máximo.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Gestionar el mantenimiento para que incluya todos los aspectos relativos dirigidos al departamento de Mantenimiento Eléctrico.
- Definir políticas de mantenimiento de calidad y seguridad.
- Clasificar los equipos en función de su importancia y qué modelo de mantenimiento debe ser aplicable a cada equipo.

## **Funciones del Mantenimiento Eléctrico**

### Funciones primarias

- Mantener, reparar y revisar los equipos.
- Modificar, instalar, remover equipos defectuosos.
- Desarrollar programas de mantenimiento preventivo y programado.
- Selección y entrenamiento del personal.

### Funciones secundarias

- Asesorar la compra de los nuevos equipos.
- Hacer pedidos de repuestos y herramientas.
- Mantener los equipos de seguridad y demás sistemas de protección.

### **2.4.3 Sistemas de Medición y Control Industrial**

Según el criterio de Moreno, E. G. (2000).

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.

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

### **2.3.2 Tipo de Control**

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.

### 2.4.3 Elementos de un Sistema de Control

**Variable de entrada:** Es una variable del sistema tal que una modificación de su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.

**Variable de salida:** Es una variable del sistema cuya magnitud o condición se mide.

**Perturbación:** Es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

### 2.4.4 Automatización Industrial

Según Daneri, P. A. (2008). Automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso. En el enfoque de la industria, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por máquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que antes eran realizada por animales. Mientras en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador. De esta forma presenta grandes ventajas en cuanto a producción más eficiente y disminución de riesgos al operador.



**Figura 2.16:** Automatización de Procesos

**Fuente:** ACFLUID, Web (<http://acfluid.com/wp-content/uploads>)

### **2.4.5 Ingeniería Mecánica**

La ingeniería mecánica es una rama de la ingeniería que aplica las ciencias exactas, específicamente los principios físicos de la termodinámica, la mecánica, la ciencia de materiales, la mecánica de fluidos y el análisis estructural, para el diseño y análisis de diversos elementos usados en la actualidad, tales como maquinarias con diversos fines (térmicos, hidráulicos, de transporte, de manufactura), así como también de sistemas de ventilación, vehículos motorizados terrestres, aéreos y marítimos, entre otras aplicaciones. La ingeniería mecánica es un campo muy amplio que implica el uso de los principios de la física para el análisis, diseño, fabricación de sistemas mecánicos. Tradicionalmente, ha sido la rama de la ingeniería que, mediante la aplicación de los principios físicos, ha permitido la creación de dispositivos útiles, como utensilios y máquinas. Los ingenieros mecánicos usan principios como el calor, las fuerzas y la conservación de la masa y la energía para analizar sistemas físicos estáticos y dinámicos, contribuyendo a diseñar objetos. La ingeniería mecánica es la rama que estudia y desarrolla las máquinas, equipos e instalaciones, considerando siempre los aspectos ecológicos y económicos para el beneficio de la sociedad. Para cumplir con su labor, la ingeniería mecánica analiza las necesidades, formula y soluciona problemas técnicos mediante un trabajo multidisciplinario y se apoya en los desarrollos científicos, traduciéndolos en elementos, máquinas, equipos e instalaciones que presten un servicio adecuado, mediante el uso racional y eficiente de los recursos disponibles.

### **2.4.6 Plantas Industriales**

Según Moreno, E. G. (2000). Detallando en sus elementos, se define una Planta Industrial como el conjunto formado por máquinas , herramientas y equipos, dispuestos convenientemente en un espacio físico donde ocurre la transformación de la materia prima o energía, para la obtención de un producto o la prestación de un servicio, de acuerdo a un proceso básico pre establecido.

En general se refiere al arreglo de los recursos físicos (facilities) requeridos para lograr la transformación de uno o varios materiales en uno o varios productos, de una o varias energías primarias a una o varias energías secundarias o la conversión

de estas en la prestación de un servicio. También se habla de la transformación de productos intermedios a productos de consumo final.

En la Tabla 2.4 se muestra algunos ejemplos de esta última afirmación

**Tabla 2.4:** Relación Insumo / Producto para distintos Procesos de Transformación.

MATERIA PRIMA	TRANSFORMACIÓN	PRODUCTO
Caliza, Arenisca, Energía Térmica, Yeso	PLANTA	Cemento
Cemento, Arena, Agua	PLANTA	Prefabricados, Bloques, Tubos, etc
Aceite Combustible, Gas Natural, Energía Eléctrica	PLANTA	Negro Humo
Negro Humo, Caucho Sintético, Goma Natural	PLANTA	Neumáticos para vehículos, aviones, etc.
Energía Hidráulica	Central Hidroeléctrica	Energía Eléctrica
Energía Eléctrica	Planta de Distribución	Energía Motriz, Térmica, Luz eléctrica.

**Fuente:** Moreno, E. G. (2000). Automatización de procesos industriales

#### 2.4.7 Proceso de Envasado

La evolución de los hábitos se ve reflejada también en los envases, los cuales ya no son meros continentes de alimentos, sino elementos activos en la conservación o el marketing. Para ello, se desarrollan continuos estudios y diseños con el fin de mantener los alimentos frescos durante más tiempo y a su vez resultar atractivos. Así, por ejemplo, encontramos ensaladas listas para consumir gracias a un tipo de envasado, envases individuales, también platos precocinados que solo requieran un calentamiento en el microondas, para lo cual el envase ya viene perfectamente preparado, si percatarnos del procesado previo que permite tener a nuestra disposición estos productos preparados para su consumo.

Las empresas alimentarias quieren ofrecer al consumidor nuevos productos que se acoplen al actual ritmo de vida, pero también debido a la gran diversidad, necesitan atraer su atención. Por este motivo, el diseño en los envases adquiere un papel tan importante, además de vender el producto que protegen, se vende el propio envase, buscando otras utilidades al mismo después del consumo: cajas de cereales que pasan a ser un divertido juego de tarros que se convierten en floreros, forman parte de un estudiado proceso de marketing.

#### **2.4.7.1 Técnicas de Envasado**

La búsqueda de envases que permitan ofertar productos higiénicamente frescos ha llevado a la diversificación de los métodos de envasado, los materiales y los tipos de tratamientos de conservación. A esto se le une el interés de los consumidores por la seguridad alimentaria, lo que ha hecho que en el momento actual, este tema sea centro de atención de todos los agentes que intervienen en la industria alimentaria. En los países desarrollados se demandan productos más naturales, lo más semejantes posibles desde el punto de vista organoléptico y nutritivo a los productos frescos, sin que hayan sufrido un proceso severo y que a la vez, sean seguros desde el punto de vista higiénico y que posean una vida útil más larga, cualidad que por otra parte resulta ser la preocupación de la mayor parte de los productores, pues de ella depende una eficaz distribución de sus productos.

De los muchos procedimientos de conservación de los alimentos que se emplean, solo unos pocos (pasteurización y esterilización por calor) actúan esencialmente, ocasionando la muerte de los microorganismos.

### **2.5 Hipótesis**

El sistema automático de suministro de botellas en la operación de llenado incrementará la producción de la envasadora del Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.



## 2.6 Señalamiento de Variables

**Variable Independiente:** Sistema semiautomático de suministro de botellas en la operación de llenado.

**Variable Dependiente:** Producción de la envasadora del Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

**Término de Relación:** Incrementará.

## **CAPÍTULO III**

### **3. Metodología**

#### **3.1 Enfoque**

El proyecto se fundamentó en la búsqueda de la comprensión de los hechos productivos, que representa la pérdida de tiempo en el proceso de posicionamiento u orientación de botellas, constituyéndose en un enfoque cuantitativo, ya que al mismo tiempo resulta necesario buscar las causas y la explicación de los hechos relacionados con el proceso, así como también investigar sobre mediciones de tiempos y espacios, para tabularlos e interpretar los resultados.

#### **3.2 Modalidad Básica de la Investigación**

Las modalidades de la investigación empleadas en el desarrollo del proyecto son: Por el objetivo, corresponde a una investigación aplicada, ya que a través de la misma, se buscan los factores que inciden en la variabilidad de posiciones que adoptan las botellas al ser descargadas, tal como los tiempo invertidos a los largo del proceso completo y su intervención directa en su posición bajo los surtidores, para luego aplicar sus resultados en la solución al problema planteado, que podría basarse en la implementación de un mecanismo semi-automático para el mejoramiento del proceso, cambiando los parámetros humanos por métodos sistematizados. De acuerdo al lugar de investigación, es de laboratorio, porque se hace imprescindible la utilización de materiales y equipos que sólo un ambiente así los posee, tanto para la observación previa como para las pruebas de producción, y también porque se necesitan los fundamentos teóricos que la biblioteca brinda, para analizar correctamente los datos obtenidos.

### **3.3 Nivel Tipo De Investigación**

La investigación será exploratoria debido a que se seleccionara mecanismos automatizados de características y funcionamiento para así poder obtener los datos para realizar un análisis objetivo de las necesidades del proceso.

Sera descriptiva porque se detallará paso a paso el proceso de la obtención de la solución propicia al problema descrito, tomando datos a medida de que el estudio avanza.

Sera explicativa porque se expondrá todo los aspectos que intervienen en el proceso de comunicación y así ser comprendidos de una mejor manera por los interesados en el tema.

### **3.4 Población y Muestra**

Este proyecto se trata de una investigación netamente técnica por lo que no se puede establecer una población y muestra, luego del estudio se podrán establecer las mismas.

### 3.5 Operacionalización de Variables

#### 3.5.1. Variable Independiente

Sistema automático de suministro de botellas en la operación de llenado.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TECNICAS E INSTRUMENTO
<p><b>Un sistema semiautomático de suministro de botellas.-</b> Provee una forma eficiente de controlar el proceso general así como la disminución de tiempo en el proceso general.</p>	Control	Tipo de Control  Tipo de Mecanismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proporcional Integral</li> <li>-Derivativo</li> <li>-Proporcional Integral</li> <li>-Por eje excéntrico</li> <li>-Por cruz de Malta</li> <li>-Por servomotor</li> <li>-Por motor a pasos</li> </ul>	Bibliográfica
<p><b>Operación de Llenado.-</b> Un proceso que permite dosificar en un tiempo determinado una cantidad predeterminada de un líquido.</p>	Tiempo de proceso	Tiempo total del proceso	-≤27 segundos	Bibliográfica Registros
	Tiempo de Llenado	Tiempo de manipulación  Tiempo de llenado adecuado	-≤6 segundos	Bibliográfica

### 3.5.2. Variable Dependiente

Producción de la envasadora del Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TECNICAS E INSTRUMENTO
<b>Producción.</b> - Es incrementar el rango de productos en él un tiempo establecido, respetando las normas de calidad.	Producción de la máquina envasadora. Producción referencial industrial.	Rango de producción Rango de producción	-519 a 731 botellas por hora. -1000 botellas por hora.	Bibliográfica
<b>Envasado.</b> - Es el proceso que lleva un fluido hacia su destino final en su envase.	Envases	Tipos de botellas a usar Cantidad de botellas por ciclo.	-Botellas PET 500 ml -2 botellas en cada llenado.	Bibliográfica

### **3.6 Recolección de Información**

**Observación directa.-** El objeto de estudio estará presente en todo el desarrollo del estudio.

**Observación Indirecta.-** El estudio tiene una base de recopilación bibliografía antes de realizar la propuesta adecuada para la solución del problema.

### **3.7 Procesamiento y análisis de la información**

#### **3.7.1 Procesamiento de la información**

Para el procesamiento y análisis de la información se recopilamos todas las fuentes descritas generando así un bando de información para así, poder escoger la mejor solución.

Tomando en cuenta los criterios obtenidos en las tablas de ponderación.

#### **3.7.2 Análisis de la información**

- El análisis de los resultado obtenidos de la investigación se realizará de acuerdo con los objetivos e hipótesis planteados en la investigación
- La interpretación de los resultados obtenidos se lo realizará con apoyo del marco teórico obtenido a través de la investigación documental bibliográfica

## **CAPÍTULO IV**

### **4. Análisis e Interpretación de Resultados**

#### **4.1. Análisis de resultados**

Para poder seleccionar un sistema adecuado de posicionamiento de botellas, se ha tomado tres alternativas descritas en la investigación bibliográfica, las cuales son:

Posicionador lineal con detenimiento neumático

Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos.

Y se ha tomado las siguientes características para poder ponderar de una manera lógica sistema:

- Control
- Precisión
- Costo
- Mantenimiento
- Acoplabilidad
- Manejo

##### **4.1.1. Consideraciones Generales para Acoplamiento del sistema**

El pocisionador debe regirse a ciertas consideraciones para el buen desempeño en el proceso de embotellado, como son:

Cantidad de surtidores de líquido

Espacio físico

Tipo de Botellas

Tiempo de intercambio de botellas

Especificaciones para la construcción

#### 4.1.1.1. Cantidad de surtidores de líquido.



**Figura 4.1:** Surtidores de liquido

**Fuente:** El Autor

En la embotelladora tal y como se puede apreciar se dispone de dos surtidores de acero inoxidable.

La distancia de separación entre surtidores es de 12,5 cm.

#### 4.1.1.2. Espacio físico utilizable con respecto a los surtidores de los surtidores



**Figura 4.2:** Referencias para características del dosificador de botellas

**Fuente:** El Autor



La distancia tomada desde el piso hasta la banda transportadora de otros elementos del sistema de envasado es de 94 cm. Esta dimensión provee la necesidad de que los surtidores cambien de posición. Hasta 12 cm más elevados para cumplir el requisito de un sistema acoplable.

#### 4.1.1.3. Tiempo muerto de intercambio de botellas entre entrada y salida de botellas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA MÉCANICA								
FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MEZCLA								
Lugar: Laboratorio de Automatización								
Investigador: Fabián Medina								
Tiempo de Dosificado, mezclado, Agitación y Embazado								
N	Volumen	Tiempo de ingreso de líquidos (min)	Tiempo de llenado (seg)	Tiempo de espera (seg)	Tiempo total del proceso (min)	Presión del tanque (Psi)	Producción total	
		Agua		Jarabe				
CICLOS DE MEZCLADO								
1	500 X 2	4.65	8.90	6	5.10	25	36	
2	500 X 2	4.68	8.89	6	5.09	25	36	
3	500 X 2	4.65	8.90	6	5.08	25	36	
4	500 X 2	4.65	8.90	6	5.09	25	36	
5	500 X 2	4.65	8.90	6	5.08	25	36	
6	500 X 2	4.65	8.89	6	5.09	25	36	
7	500 X 2	4.65	8.90	6	5.08	25	36	
8	500 X 2	4.65	8.90	6	5.09	25	36	
9	500 X 2	4.65	8.89	6	5.09	25	36	
10	500 X 2	4.65	8.90	6	5.10	25	36	
11	500 X 2	4.65	8.90	6	5.08	25	36	
12	500 X 2	4.65	8.90	6	5.10	25	36	

**Figura 4.1:** Tiempos del proceso de llenado de botellas

**Fuente:** Fabián Medina (Tesis de estación de mezclado)

Para poder satisfacer un incremento en la producción, el tiempo muerto entre cambio de botellas llenas por botellas vacías debe de reducirse, tal que el paso entre 2 botellas consecutivas sea menor que 6 segundos, viéndose reflejado directamente con la producción total.

#### **4.1.1.4. Tipo específico de botellas a usar.**

Las botellas a usarse son; botellas PET de 500 cm de capacidad, con un diámetro de 6,5 cm y un alto de 17 cm.

Con un peso en vacío de 28 gr. y un peso en lleno de 528 gr. usando agua como elemento llenante.

#### **4.1.1.5. Especificaciones a usar para el sistema alimenticio.**

Según, (Ministerio de Salud Pública, 2002) en un sistema que se encuentra involucrado la producción alimenticia, se debe de tomar en cuenta lo indicado en el Capítulo II en la parte referente a equipos y utensilios específicamente en los artículo 8 y 9, descritos a continuación:

Art. 8.- La selección, fabricación e instalación de los equipos deben ser acorde a las operaciones a realizar y al tipo de alimento a producir. El equipo comprende las máquinas utilizadas para la fabricación, llenado o envasado, acondicionamiento, almacenamiento, control, emisión y transporte de materias primas y alimentos terminados.

Las especificaciones técnicas dependerán de las necesidades de producción y cumplirán los siguientes requisitos:

1. Construidos con materiales tales que sus superficies de contacto no transmitan sustancias tóxicas, olores ni sabores, ni reaccionen con los ingredientes o materiales que intervengan en el proceso de fabricación.
2. Debe evitarse el uso de madera y otros materiales que no puedan limpiarse y desinfectarse adecuadamente, a menos que se tenga la certeza de que su empleo no será una fuente de contaminación indeseable y no represente un riesgo físico.
3. Sus características técnicas deben ofrecer facilidades para la limpieza, desinfección e inspección y deben contar con dispositivos para impedir la contaminación del producto por lubricantes, refrigerantes, sellantes u otras sustancias que se requieran para su funcionamiento.
4. Cuando se requiera la lubricación de algún equipo o instrumento que por razones tecnológicas esté ubicado sobre las líneas de producción, se debe utilizar sustancias permitidas (lubricantes de grado alimenticio).

5. Todas las superficies en contacto directo con el alimento no deben ser recubiertas con pinturas u otro tipo de material desprendible que represente un riesgo para la inocuidad del alimento.
6. Las superficies exteriores de los equipos deben ser construidas de manera que faciliten su limpieza.
7. Las tuberías empleadas para la conducción de materias primas y alimentos deben ser de materiales resistentes, inertes, no porosos, impermeables y fácilmente desmontables para su limpieza. Las tuberías fijas se limpiarán y desinfectarán por recirculación de sustancias previstas para este fin.
8. Los equipos se instalarán en forma tal que permitan el flujo continuo y racional del material y del personal, minimizando la posibilidad de confusión y contaminación.
9. Todo el equipo y utensilios que puedan entrar en contacto con los alimentos deben ser de materiales que resistan la corrosión y las repetidas operaciones de limpieza y desinfección.

Art. 9.- MONITOREO DE LOS EQUIPOS: Condiciones de instalación y funcionamiento.

1. La instalación de los equipos debe realizarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
2. Toda maquinaria o equipo debe estar provista de la instrumentación adecuada y demás implementos necesarios para su operación, control y mantenimiento. Se contará con un sistema de calibración que permita asegurar que, tanto los equipos y maquinarias como los instrumentos de control proporcionen lecturas confiables. El funcionamiento de los equipos considera además lo siguiente: que todos los elementos que conforman el equipo y que estén en contacto con las materias primas y alimentos en proceso deben limpiarse a fin de evitar contaminaciones.

## **4.2. Interpretación de los datos**

### **4.2.1. Selección del modelo adecuado**

Según (Riba, 2006), En las diferentes etapas del proceso de diseño, después de cada despliegue de alternativas, corresponde hacer una evaluación de las mismas que sirva de base para la posterior toma de decisiones. Estas evaluaciones en general no

se centran sobre un determinado elemento, sino que se deben ponderar distintos aspectos del sistema en base a criterios que a menudo implican juicios de valor.

Método ordinal corregido de criterios ponderados

La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por ello que se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Para el problema de estudio se asignara números a las soluciones:

**Solución 1:** Posicionador lineal con detenimiento neumático

**Solución 2:** Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

**Solución 3:** Posicionador de disco rotatorio con control de servomotor.

#### **4.2.1.1. Descripción de los criterios de valoración**

##### **A. Control**

Debido a que este sistema será usado por estudiantes relacionadas con la materia de Control Industrial se hace indispensable que tienda en su mayoría a usar dispositivos electrónicos de control para poder así, brindar un mayor campo experimental y práctico al usarlo.

##### **B. Precisión**

Bajo la consideración de espacio físico y posiciones de los surtidores, y los tiempos entre botella y botella, la precisión es uno de los factores a tomar muy en cuenta.

Las botellas en un punto determinado deben estar correctamente colocadas bajo el chorro de agua que las llenará. Juntamente que debe proporcionar un procesos repetitivo hasta que se cumpla un ciclo completo.

##### **C. Costo**

Al ser un proyecto independiente y autofinanciado, se pensó en una máquina con el menor costo constructivo.

#### D. Mantenimiento

El uso de la máquina está pensado en ciertas temporadas al año y no un uso continuo prolongado, lo que advierte que las piezas deben mantenerse en buen estado aún si la máquina ha estado un largo tiempo parada.

Esto no quiere decir que nunca necesite darse mantenimiento, ya que si será necesario una revisión de las partes móviles.

Una revisión de los circuitos eléctricos y conexiones determinará si la máquina esta presta para una nueva puesta en marcha.

#### E. Acoplabilidad

El sistema de posicionamiento es un órgano secundario en el proceso de llenado y debido a que esta máquina se acoplará de manera justa al embotellado las características físicas de acoplabilidad se hacen necesarias.

#### F. Manejo

El sistema debe tender a un manejo semiautónomo, que hace pensar en un modelo simple al ser programado y de fácil ejecución constructiva.

Con la menor cantidad de partes móviles.

#### 4.2.1.2. Evaluación del peso específico de cada criterio

**Tabla 4.1:** Evaluación del peso específico de cada criterio.

Control > Precisión > Costo > Mantenimiento > Acoplabilidad = Manejo								
Criterio	Control	Precisión	Costo	Mantenimiento	Acoplabilidad	Manejo	E +1	Ponderación
Control		1	1	1	1	1	6	0,286
Precisión	0		1	1	1	1	5	0,238
Costo	0	0		1	1	1	4	0,190
Mantenimiento	0	0	0		1	1	3	0,143
Acoplabilidad	0	0	0	0		0,5	1,5	0,071
Manejo	0	0	0	0	0,5		1,5	0,071
						Suma	21	1

Fuente: El Autor

#### Criterio Control

El control de los sistemas estará relacionado con la facilidad que permite la parte mecánica de ser acoplada a instrumentos de control.

**A. Solución 1:** Posicionador lineal con detenimiento neumático

La banda transportadora es susceptible de controlar su velocidad, los actuadores neumáticos a través de electroválvulas también permiten su control.

La posición exacta, de las boquillas sobre las botellas en este sistema es totalmente bajo dimensiones no hay elementos de control en esta parte.

Todo el sistema en si se controla mediante un PLC.

**B. Solución 2:** Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

En este sistema, el único elemento de control es la velocidad de rotación del motor. El mismo que da el avance a la banda transportadora y el movimiento de la cruz de malta.

**C. Solución 3:** Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos.

La banda trasportadora es controlada por separado mediante control de velocidad, el detenimiento al paso continuo de las botellas está dado por el giro calculado del pocisionador.

El giro de posicionador está dado por un motor electrónicamente controlado y su tarjeta driver, un circuito electrónico extra provee de una secuencia lógica para su correcto funcionamiento.

Todo el sistema en si se controla mediante un PLC.

**Tabla 4.2:** Evaluación del peso específico del criterio control.

Solución 1 = Solución 3 > Solución 2

Control	Solución 1	Solución 2	Solución 3	E+1	Ponderación
Solución 1		1	0,5	2,5	0,4167
Solución 2	0		0	1	0,1667
Solución 3	0,5	1		2,5	0,4167
			Suma	6	1

**Fuente:** El Autor (Eduardo Pazmiño)

### **Criterio Precisión**

La precisión del sistema viene dado por la facilidad que provee la máquina de colocar las botellas lo más cercanamente posible bajo los dispensadores del líquido, previniendo que este se derrame, por, rociar el líquido fuera del recipiente o que al bajar el dosificador golpear la botella y hacer caer las botellas.

#### **A. Solución 1:** Posicionador lineal con detenimiento neumático

La precisión de la posición de las botellas esta dado solo por dimensiones, la acumulación de las botellas, las deja bajo los rociadores.

No es muy preciso debido a que no hay un sistema que tome a la botella por completo evitando su movimiento hacia cualquier lado.

#### **B. Solución 2:** Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

El pocisionador rotatorio permite que la botella se coloque debajo de los rociadores, sin cabida a que la botella se mueva de su posición.

La precisión de la posición viene dado de las dimensiones de posición de los rociadores, que sirven para diseñar el pocisionador rotatorio.

El giro viene dado por el movimiento trasmitido de la cruz de malta.

Es un sistema muy preciso pero no permite el acoplamiento de nuevos dispensadora y de un cambio significativo en las variaciones de tiempo de llenado.

#### **C. Solución 3:** Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos.

El pocisionador rotatorio permite que la botella se coloque debajo de los rociadores, sin cabida a que la botella se mueva de su posición.

La precisión de la posición viene dado de las dimensiones de posición de los rociadores, que sirven para diseñar el pocisionador rotatorio.

Al ser el control dado individualmente permite que la precisión del tiempo de movimiento de botellas sea muy exacto y de fácil cambio y acoplabilidad a las variaciones del proceso.

**Tabla 4.3:** Evaluación del peso específico del criterio precisión

Solución 3 = Solución 2 > Solución 1

Precisión	Solución 1	Solución 2	Solución 3	E+1	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,167
Solución 2	1		0,5	2,5	0,4167
Solución 3	1	0,5		2,5	0,4167
			Suma	6	1

**Fuente:** El Autor

### **Criterio Costo**

El costo viene dado por el precio que tiene cada componente del sistema de posicionamiento.

El sistema con el menor costo, es la mejor opción.

#### **A. Solución 1:** Posicionador lineal con detenimiento neumático

**Tabla 4.4:** Costo aproximado de la solución 1

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
Suministro de aire comprimido	1	400
Electroválvula	2	160
Actuador neumático	2	130
Sensor Fotoeléctrico	1	85
Banda transportadora	1	250
PLC	1	370
Tubería	5	30
Unidad FRL	1	45
	Subtotal	1470

**Fuente:** El Autor



**B. Solución 2:** Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

**Tabla 4.5:** Costo aproximado solución 2

Descripción	Cantidad	Costo (\$)
Moto reductor	1	800
Mecanismo cruz de malta	1	400
Eje comunicador	1	40
Dispensador rotatorio	1	90
Banda transportadora	1	250
	Subtotal	1580

**Fuente:** El Autor

**C. Solución 3:** Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos.

**Tabla 4.6:** Costo aproximado Solución 3

Descripción	Cantidad	Costo (\$)
Motor a pasos	1	80
Tarjeta Driver	1	50
PLC	1	370
Dispensador rotatorio	1	90
Banda transportadora	1	250
	Suma	840

**Fuente:** El Autor

**Tabla 4.7:** Evaluación del peso específico del criterio costo

Solución 3 > Solución 1 > Solución 2

Costo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	E+1	Ponderación
Solución 1		1	0	2	0,33
Solución 2	0		0	1	0,167
Solución 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

**Fuente:** El Autor (Eduardo Pazmiño)

### **Criterio Mantenimiento**

Este criterio se centra en que el sistema más óptimo será el que conste de menos partes sometidas a desgaste que es directamente proporcional a su reparación y costo de mantenimiento.

Debido a que los tres sistemas tienen una banda transportadora, se obviará esta parte en el análisis.

#### **A. Solución 1:** Posicionador lineal con detenimiento neumático

Las partes que en este sistema necesitarían de mantenimiento son:

Suministro de aire comprimido

Actuadores neumáticos

Unidad de mantenimiento

Todos estos son dispositivos que no necesitan de gran mantenimiento debido a que sustancias abrasivas no pueden entrar fácilmente en contacto con las partes móviles de permanente contacto.

#### **B. Solución 2:** Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

En este sistema la mayor por no decir la totalidad de sus piezas, están en contacto con el ambiente abrasivo, además de que sus piezas móviles necesitan de lubricación y en un momento determinado el mismo movimiento ocasionará que el mecanismo necesite de reparación, ya sea por incrustaciones extrañas o por el contacto existente.

#### **C. Solución 3:** Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos.

El mantenimiento en este sistema se reduce al cuidado del eje motriz acoplado al dosificador rotatorio, la limpieza del driver de conexión y la placa electrónica de control.

El mantenimiento debe regirse a la vida útil de los componentes ya que estos de fábrica vienen con uno. Posterior a este la gran mayoría de veces se necesita de una reposición antes que un arreglo debido a que la sofisticación de los elementos encarece este específico.

**Tabla 4.8:** Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Solución 1 = Solución 3 > Solución 2
--------------------------------------

Mantenimiento	Solución 1	Solución 2	Solución 3	E+1	Ponderación
Solución 1		1	0,5	2,5	0,4167
Solución 2	0		0	1	0,1667
Solución 3	0,5	1		2,5	0,4167
			Suma	6	1

**Fuente:** El Autor

### **Criterio Acoplabilidad**

Este criterio tiene como base mostrar el sistema que mejor probabilidad tenga para acoplarse al proceso de llenado existente, tomando en cuenta las características constructivas de la máquina

#### **A. Solución 1:** Posicionador lineal con detenimiento neumático

Este sistema se puede acoplar fácilmente ya que sus actuadores van sobre la banda transportadora lineal lo que no supone casi ninguna dificultad física para unirse al sistema completo.

La única dificultad se presentaría en la colocación con respecto a la máquina base.

#### **B. Solución 2:** Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

La posición del mecanismo motriz que yace en la parte superior hace muy compleja su instalación debido a que en el mismo sitio se encuentran los dosificadores y su base, lo que implicaría un diseño más alto para suplir esta complicación.

Además, la aglomeración de sistemas uno sobre otro retardaría posteriores modificaciones en cuanto a centrado y pruebas.

#### **C. Solución 3:** Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos.

El sistema al igual que el primero, dispone de gran facilidad de acoplamiento debido que está diseñado en base a los dosificadores, la diferencia radica en que con el tamaño extra de correspondiente al disco rotatorio, se debe tomar en cuenta un espacio extra para el mismo.

**Tabla 4.9:** Evaluación del peso específico del criterio acoplabilidad

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Acoplabilidad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	E+1	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		0	1	0,167
Solución 3	0	1		2	0,333
			Suma	6	1

**Fuente:** El Autor

### **Criterio Manejo**

Este criterio se basa en la facilidad con que el sistema se pone en marcha y su dependencia de un operador a lo largo de un ciclo de trabajo.

#### **A. Solución 1:** Posicionador lineal con detenimiento neumático

Para el manejo en forma manual se debe tener en cuenta que necesitamos empezar el ciclo con el movimiento de la banda, seguido por el accionamiento del actuador neumático y la cuenta del sensor para que pueda empezar el ciclo de llenado.

En caso de una parada, los actuadores no pueden detenerse a medio camino, se debe esperar a que finalicen su tarea y esto genera una necesidad de mayor control.

#### **B. Solución 2:** Posicionador de disco rotatorio con mecanismo de cruz de malta.

Este sistema solo trabaja de forma continua, no posee un ciclo controlado, una vez que se acciona el motor, el mecanismo empieza a funcionar infinitamente.

El problema radica en que en caso de un fallo el paro de emergencia detiene todo el sistema y no solo una parte causando interferencias en la vuelta puesta en marcha de todo el sistema.

#### **C. Solución 3:** Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos.

El sistema de igual forma debe darse marcha con la banda transportadora, el accionamiento de la tarjeta electrónica provee del giro exacto del dispensador que posiciona las botellas y esperan a ser llenadas, un nuevo pulso y las botellas se desplazaran de nuevo hacia la banda permitiendo seguir con el proceso.

En caso de una falla en el ciclo manual, no hace falta de un paro de emergencia debido a que el operario controla cada movimiento.

En ciclo continuo el paro de emergencia detiene todo al instante y de igual forma permite reanudar el trabajo en donde se quedó una vez restituido el error.

**Tabla 4.10:** Evaluación del peso específico del criterio Manejo

Solución 3 > Solución2 > Solución 1

Manejo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	E+1	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,1667
Solución 2	1		0	2	0,3333
Solución 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

**Fuente:** El Autor

### Tabla de Conclusiones

**Tabla 4.11:** Tabla de conclusiones

Conclusiones	Control	Precisión	Costo	Mantenimiento	Acoplabilidad	Manejo	E	Prioridad
Solución 1	0,12	0,04	0,06	0,06	0,04	0,01	0,33	2
Solución 2	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,18	3
Solución 3	0,12	0,10	0,10	0,06	0,02	0,04	0,43	1

**Fuente:** El Autor

**La Solución 3;** Posicionador de disco rotatorio con control de motor a pasos, es el sistema que mejor se acopla a los criterios del estudio dando así una solución factible y con las mejores características para poder plantear la satisfacción de las necesidades.

El control electrónico de un motor eléctrico provee de un control de posición que apenas se asemeja al control mecánico añadiendo un control extra en su versatilidad de control de tiempos y secuencias.

El mecanismo de disco giratorio, permite estar siempre seguro de que las dimensiones establecidas previamente en la embotelladora no sea un limitante al momento de acoplarlo. Los elementos constitutivos de este sistema hacen que sea

eficiente, debido a que sus componentes están basados en el criterio alimenticio y sus restricciones constructivas, además proveyendo de un sistema que casi no produce ruido y que es de fácil operación, en un sistema industrializado como al que aquí en la facultad se tiene, este sería una opción segura de implantación.

### **Cálculo de la producción esperada en el sistema de envasado**

Bajo el criterio inicial de los tiempos tomados de la tesis del Señor Fabián Medina, se calcula la producción:

Tiempo de llenado de líquidos: 4.63 min.

Tiempo de llenado de botellas: 0.1483

Tiempo de intercambio de botellas: 0.1 min

Producción por carga: 36

Tiempo Total= 9.1 min.

$$P \frac{36 \text{ botellas}}{9.1 \text{ min}} = 3.95 \frac{b}{\text{min.}} \left[ 237 \frac{b}{\text{hora}} \right]$$

Para una reducción del tiempo de intercambio a 3 segundos.

Tiempo Total= 8.2 min.

$$P \frac{36 \text{ botellas}}{8.2 \text{ min}} = 4.39 \frac{b}{\text{min.}} \left[ 262 \frac{b}{\text{hora}} \right]$$

$$\text{tasa de incremento} = \left( 1 - \frac{237}{262} \right) * 100\% = 9.5\%$$

La tasa de incremento esperado aproximado es del 10%.

### **4.3. Verificación de la Hipótesis**

Bajo las consideraciones de eficiencia de equipos a utilizar, el sistema de posicionamiento de botellas por motor a pasos puede disminuir el tiempo de intercambio de botellas a la mitad del tiempo anterior; **incrementando hasta aproximadamente un 10% la producción del sistema de envasado**

El sistema cumple con los requerimientos legales impuestos, tanto como los físicos dentro los laboratorios dentro de la facultad, garantizando ser un sistema de posición eficaz y educativa a la vez.

## CAPÍTULO V

### 5. Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- Mediante el estudio bibliográfico del capítulo 2 se pudo hallar los parámetros básicos de funcionamiento de los sistemas de posicionamiento más accesibles, con esto en el capítulo 4 se colocó en criterios realizando una ponderación objetiva, para poder seleccionar un sistema adecuado y que supla las necesidades de implementación.
- Bajo los criterios de ponderación descritos en el capítulo 4, se seleccionó el sistema de posicionador rotatorio con control por servomotor, que cumple con las condiciones para su acoplamiento y que se puede desenvolver de manera adecuada al cumplir su función.
- El parámetro a controlar para el incremento de la producción, son los 6 segundos de espera entre llenado de botellas.
- El sistema de posicionamiento debe alcanzar un aproximado de incremento del 10%.
- Todos los materiales constitutivos del posicionador que entren en contacto directo con las botellas llenas de líquido deben respetar el manual de buenas prácticas de manufactura; siendo en su mayoría materiales de fácil limpieza y que la corrosión de los mismo no afecte al proceso.

- Con el acoplamiento del sistema de suministro de botellas el proceso de llenado de botellas queda completo, permitiendo un ciclo continuo y sin interrupciones o fallas por parte de interacción humana.

## **5.2. Recomendaciones**

- Las partes constitutivas del sistema de suministro de botellas deben ser diseñadas bajo las consideraciones del capítulo 4, subíndice 4.1.1, que detalla las necesidades de uso en un proceso alimenticio como las necesidades de espacio físico a cumplir en la maquina envasadora.
- Reposicionar los surtidores de líquidos a una altura adecuada con respecto a los datos obtenidos para que la altura a la cual se mueven las botellas a lo largo del proceso sea la misma.
- Los elementos de control deben ser dispuestos de tal forma que permitan su fácil montaje y desmontaje para posteriores prácticas y cambios en su configuración.
- La conexión eléctrica debe permitir un manejo tanto de la caja de control como de forma automática desde el PLC en el sistema de mezclado.
- El sistema debe ser diseñado de forma que pueda ser desensamblado en caso de futuros cambios o rediseño.



## **CAPÍTULO VI**

### **6. Propuesta**

#### **6.1. Datos Informativos**

##### **6.1.1. Título**

Diseño y construcción de un sistema semiautomático de posicionamiento de botellas de disco rotatorio y control por servomotor en la operación de llenado para incrementar la producción de la envasadora del laboratorio de sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

##### **6.1.2. Institución Ejecutora**

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

##### **6.1.3. Beneficiarios**

Laboratorio de Control Industrial

Proceso de embotellado

Alumnos de la Carrera de Ingeniería Mecánica

##### **6.1.4. Ubicación**

Universidad Técnica de Ambato campus Huachi, Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

##### **6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución**

Inicio: Noviembre 2014

Fin: Marzo 2015

### **6.1.6. Equipo técnico responsable**

Pazmiño Garcés Eduardo Marcelo, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

### **6.1.7. Costo**

El costo de la construcción del sistema de posicionamiento de botellas es de 1471 dólares.

## **6.2. Antecedentes de la propuesta**

El suministro de botellas en la operación de llenado es una parte que complementa el proceso en general, estudios previos han provisto de un sistema de mezclado de jarabes y llenado de botellas en el cual su suministro de botellas se lo hacía de manera manual.

En esta investigación, y sin haber precedentes en este proceso en específico, se selección de manera objetiva un sistema de posición de botellas de disco rotatorio y control por motor a pasos a través de criterios de ponderación, que fue sustentada en la investigación y teóricamente se acopla a las necesidades halladas en la operación de llenado.

## **6.3. Justificación**

El proceso de mezclado de jarabes juntamente con el llenado de botellas se veía entorpecido por un suministro manual de botellas, que bajo consideraciones del proceso, que es repetitivo y de ciclos con tiempos muy largo, se necesita de un sistema automatizado que reduzca en su mayor porcentaje la intervención humana. La investigación proporciono los parámetros necesarios para su implementación, bajo criterios sustentados, que después de una ponderación se obtuvo un sistema que puede satisfacer la problemática.

El implementar el sistema descrito, el proceso disminuye los tiempos muertos dentro de la operación de llenado permitiendo incrementar la producción.

## **6.4. Objetivos**

### **6.4.1. Objetivo General**

Diseñar y construir un sistema semiautomático de posición de botellas con disco rotatorio y control por motor a pasos para la operación de envasado, de la embotelladora de los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

### **6.4.2. Objetivos Específicos**

Dimensionar y seleccionar materiales constitutivos de las partes que componen el sistema de posicionamiento.

Seleccionar elementos de control, para crear el sistema semiautomático.

Determinar el incremento de producción de la embotelladora con el sistema de posicionamiento de botellas.

## **6.5. Análisis de factibilidad**

El sistema de posicionamiento de botellas de disco rotatorio y control por motor a pasos, presenta gran facilidad de acoplabilidad como de construcción, su construcción es realizada en talleres que dispongan de la maquinaria adecuada para el efecto.

El proceso a automatización se realizó en el laboratorio de Control Industrial, ya que es la entidad beneficiada, en el cual se proveyó de algunos elementos que forman parte del sistema.

Los materiales constitutivos, se pueden conseguir en el mercado ecuatoriano con una gran facilidad, lo que permite un avance mayor en el proceso de construcción.

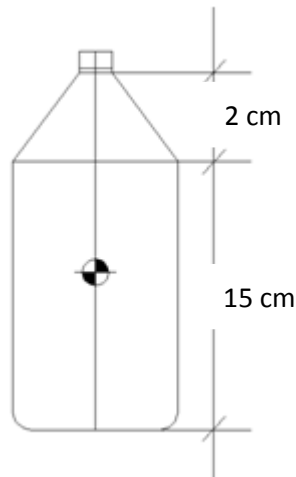
## 6.6. Fundamentación

### 6.6.1. Características de la botella

Características de botellas a ser usadas en el proceso de posicionamiento de botellas.

Para el sistema completo de embotellado se usa botellas PET de 500 CC.

Con las siguientes dimensiones generales.



**Figura 6.1:** Referencias para características del dosificador de botellas

**Fuente:** El Autor

### 6.6.2. Centro de gravedad de la botella

Para poder estimar por medio de cálculos matemáticos se debe aproximar la botella en dos partes; la primera parte por un cilindro y una segunda parte por un cono.

El centro de gravedad del cilindro es:  $H/2$

El centro de gravedad de un cono es:  $h/4$

$Y_{cg}$  = centro de gravedad

(Ec. 6.1)

$$Y_{cg} = \frac{\frac{H}{2} * \pi * r^2 * H + \left(H + \frac{h}{4}\right) * \pi * r^2 * \frac{h}{3}}{\pi * r^2 * \left(h + \frac{h}{3}\right)}$$

$$Y_{cg} = \frac{\frac{H^2}{2} + \left(H * \frac{h}{4}\right) * \frac{h}{3}}{\left(h + \frac{h}{3}\right)}$$

$$Y_{cg} = \frac{\frac{15^2}{2} + \left(15 * \frac{2}{4}\right) * \frac{2}{3}}{\left(15 + \frac{2}{3}\right)}$$

$$Y_{cg} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ cm}$$

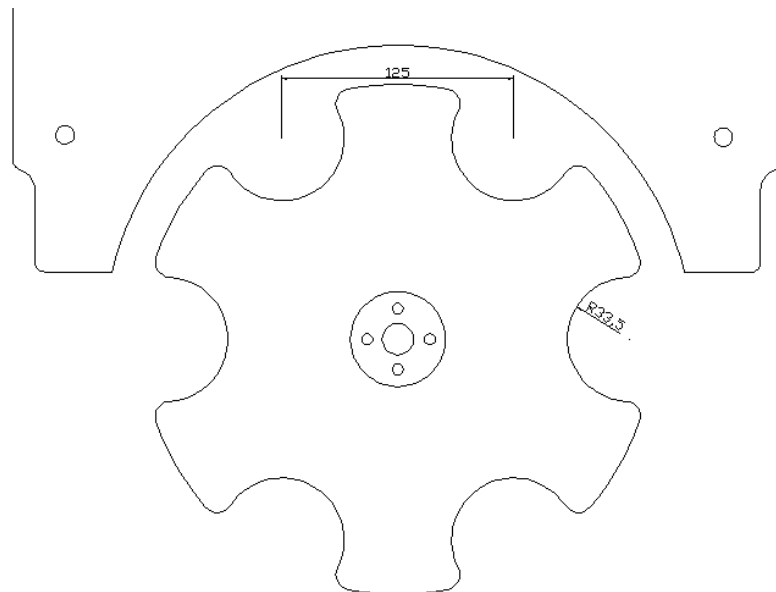
### 6.6.3. Diseño de la cruz circular para el posicionador

Los parámetros a tomar en cuenta para este diseño son:

Existen dos surtidores de líquido posicionados a 12,5 cm el uno del otro.

Para un proceso continuo y una cruz estable, se tomara la cantidad de seis estaciones en la cruz.

El diámetro de la botella es de 6,5 cm, cada estación abrazara el 50 % de la botella a la altura de su centro de gravedad.



**Figura 6.2:** Cruz circular con medidas de referencia

**Fuente:** El Autor

### 6.6.4. Selección del Motor a Pasos

Para la selección del motor a pasos se parte del requerimiento de movimiento a máxima carga, que sería; 2 botellas vacías de entrada y 2 botellas llenas de salida.

W1 botella vacía: 28gr

W2 botella llena: 528 gr.

Distancia de aplicación de la fuerza: 125 mm

Según el Anexo A-1; el coeficiente de fricción entre la botella de plástico y el acero es de 0.04

### **Cálculo de fuerzas de rozamiento**

*Fuerza de Rozamiento botella vacía =  $FR_1 = 28 * 0.004 = 1.12 \text{ gr}$*

*Fuerza de Rozamiento botella llena =  $FR_2 = 528 * 0.004 = 21.12 \text{ gr}$*

### **Cálculo de fuerzas aplicadas**

La fuerza total necesaria será; el doble de la sumatoria de pesos fuerza de botella vacía y de botella llena.

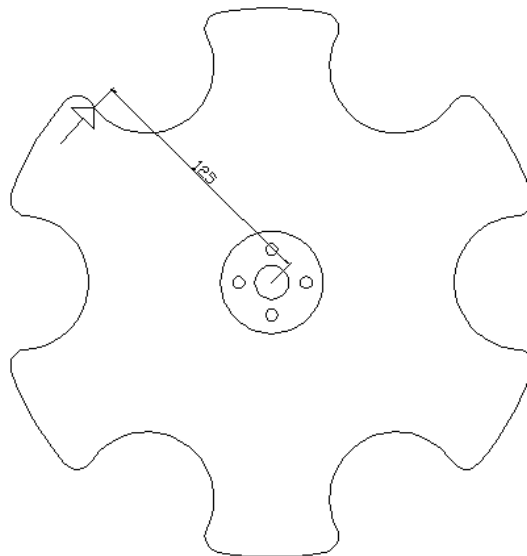
$$F_T = 2(FR_1 + W_1) + 2(FR_2 + W_2)$$

$$F_T = 2(28 + 1.12) + 2(21.12 + 528)$$

$$F_T = 1156.48 \text{ gr [40.805 oz]}$$

### **Cálculo del torque necesario**

Para el torque necesario, se toma en cuenta el punto de aplicación de la fuerza que para todas las botellas será 125mm. [4.921 in]



**Figura 6.3:** Distancia a la fuerza aplicada en el punto

**Fuente:** El Autor

$$T_N = 40.805 * 4.921 \text{ in}$$

$$T_N = 200.85 \text{ oz. in}$$

### **Torque requerido desde el motor a pasos.**

En motores a paso la eficiencia va directamente ligada a la velocidad con la que se necesita hacerle rotar.

Su rango de eficiencia es de 0.6 a 0.8; debido a que el movimiento del motor va a ser muy bajo preferiblemente menor a 15 rpm. Se usó la eficiencia de 0.6

(Ec. 6.2)

$$T_R = \frac{T_N}{n} = \frac{200.85}{0.6}$$

$$T_R = 334.75 \text{ oz. in}$$

Según (SANYO, 2014) revisado en el Anexo A-2 se seleccionó un motor a pasos de 275 N.cm. que son 395 oz.in que es más cercano a la necesidad.

## **6.6.5. Diseño del sistema de movilización de botellas**

### **6.6.5.1. Banda transportadora**

Bajo el criterio de (Ministerio de Salud Publica, 2002), se escogió usar una banda transportadora del tipo polimérico de uso alimenticio con las siguientes características.

Peso: 1Kg/m

Ancho 12 cm; esta longitud abastece suficientemente el ancho de la botella con lo que su uso es aceptado.

La longitud de banda transportadora debe abastecer para que; antes del mecanismo de posicionamiento se situé cinco botellas y luego del mecanismo de igual forma 5 botellas.

La velocidad de avance de la banda no superará los 10m/min [0.16667 m/s] para asegurar la estabilidad de la botella sobre la banda.

### A. Velocidad angular sobre los rodillos conductor y conducido

Para poder partir en el diseño del sistema de deslizamiento se necesita hallar la velocidad angular con la cual giraran los rodillos que transmitirán el movimiento hasta la banda transportadora.

Los rodillos que fueron usados tienen una medida de 2,5 pulgadas; hechos en tubo circular galvanizado.

Radio = 0,03175 m

Velocidad lineal impuesta= 0.16667 m/s

(Ec. 6.3)

$$w = \frac{v}{r}$$

$$w = \frac{0.16667}{0.03175}$$

$$w = 5.2493 \text{ rad/s}$$

$$w = 5.2493 * \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} * \frac{\text{rev}}{2 \pi \text{ rad}}$$

$$w = 50.12 \text{ RPM}$$

### B. Cantidad a transportar

Para objeto del cálculo de la capacidad de transporte en una base de 450 botellas por hora, y siendo el peso de una botella llena de 528 gr.

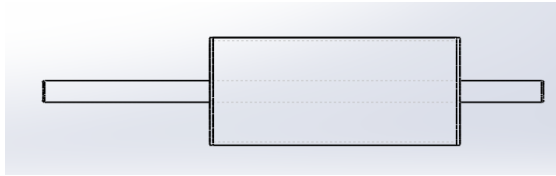
Se tiene:

$$Q_T = \frac{450 \text{ botellas}}{\text{hora}} * \frac{528 \text{ gr.}}{\text{Botella}}$$

$$Q_T = \frac{237.6 \text{ Kg}}{H} = 0.23 \text{ T/h}$$



### 6.6.5.2. Elementos Móviles



**Figura 6.4:** Rodillo Conductor

**Fuente:** El Autor

Eje – Rodillo Conductor (Acero AISI 1020) (Tubo galvanizado)

Peso= 1.2 Kg

Diámetro del eje = 12mm

Largo del eje = 250 mm

Diámetro del rodillo = 2,5 pulgadas =63.5 mm

Espesor de pared = 2mm

Largo del rodillo = 150mm



**Figura 6.5:** Rodillo Conducido

**Fuente:** El Autor

Eje – Rodillo Conducido (Acero AISI 1020) (Tubo galvanizado)

Peso= 1 Kg

Diámetro del eje = 12mm

Largo del eje = 225 mm

Diámetro del rodillo = 2,5 pulgadas =63.5 mm

Espesor de pared = 2mm

Largo del rodillo = 150mm

### **Peso de elementos: Rodillos Banda**

Donde:

PEM= peso de los elementos en movimiento

$\gamma$  = ángulo de talud. (0° por ser horizontal)

Preco= Peso del conjunto eje rodillo conducido.

Precd= Peso eje rodillo conductor.

(Ec. 6.4)

$$PEM = 2 * P_B * \cos(\gamma) + P_{RECO} + P_{RECD}$$

$$PEM = 2 * 1 * \cos(0) + 1.2 + 1$$

$$PEM = 4.2 \frac{Kg}{m}$$

### **6.6.5.3Potencia de Accionamiento**

(Ec. 6.5)

$$N_a = \left( \frac{C * f * L}{270} \right) (3.6 * P_{EM} * v * Q_T) + N_s$$

Siendo:

Na= potencia de accionamiento

C= coeficiente de resistencia a la flexión; Extrapolado, leído en Anexo A-3

F= coeficiente de rozamiento de los rodillos

L= longitud a transportar; 1.05 m

V= velocidad de la banda; 10m/s

Qt= Capacidad de la banda transportadora

Ns= Potencia adicional

La potencia adicional o suplementaria se calcula en función del ancho de la banda transportadora y leída desde el anexo A-4.

Siendo:

(Ec. 6.6)

$$N_s = (1 * v)$$

$$N_s = (1 * 0.16667)$$

$$N_s = 0.16667 \text{ HP}$$

$$N_a = \left( \frac{1.8 * 0.08 * 1.05}{270} \right) * (3.6 * 4.2 * 0.1667 * 0.23) + 0.16667$$

$$N_a = \frac{260472600143}{1562500000000}$$

$$N_a = 0.1670 \text{ HP}$$

#### **A. Potencia necesaria en el camino de la banda transportadora**

Se calcula a partir de la distancia a recorrer por la banda; mediante la siguiente ecuación.

(Ec. 6.7)

$$N_g = 0.01 * L$$

$$N_g = 0.01 * 1.05$$

$$N_g = 0.0105 \text{ HP}$$

#### **B. Potencia Total necesaria para mover la banda transportadora**

Teniendo en cuenta los elementos calculados en la parte anterior a esta; es posible obtener la potencia mínima que necesita un motor para transmitir su fuerza y mover a la banda transportadora con la carga de las botellas.

(Ec. 6.8)

$$N = N_a + N_g$$

$$N = 0.1670 + 0.0105$$

$$N = \frac{71}{400}$$

$$N = 0.1775 \text{ HP}$$

#### 6.6.5.4. Cálculo de la potencia requerida del motor

(Ec. 6.9)

$$P_r = N * fs$$

Siendo

$P_r$  = potencia requerida

$N$  = Potencia total necesaria

$fs$  = factor de servicio

El factor de servicio comprende cada una de las consideraciones que se toman en cuenta desde el tipo de instalación hasta parámetros técnicos de suministro eléctrico; dando un margen de fiabilidad que compense la pérdida de potencia por las ya mencionada fortuitas fallas, este factor va desde 1.1 a 1.25 siendo 1.25 las condiciones menos óptimas para su funcionamiento.

Para este caso, el factor de servicio se remitirá a 1.15. Otro factor que influye es el que viene dado por el motor y es la eficiencia del mismo que va desde los 0.75 a 0.9 en casos de motores de precisión.

En este caso se selecciona una eficiencia del 80%.

$$P_R = 0.1775 * 1.15$$

$$P_R = \frac{1633}{8000}$$

$$P_R = 0.204 \text{ HP}$$

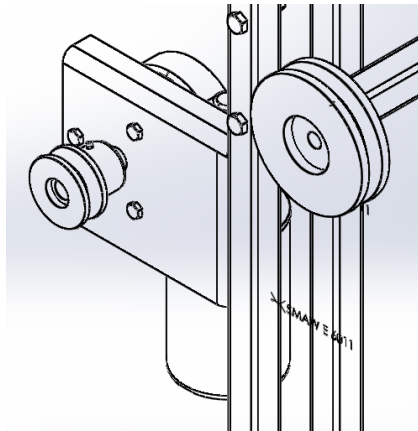
$$P_{motor} = \frac{P_R}{n}$$

$$P_m = \frac{0.204}{0.8}$$

$$P_m = 0.255 \text{ HP}$$

Según los datos calculados se selecciona un motor reductor de ¼ de HP a 100 rpm; debido a su disponibilidad. Para su posterior acople al sistema será necesario un sistema de poleas y un regulador de potencia para controlar con un 10% la velocidad del miso en el sistema final.

### 6.6.6. Relaciones de velocidad para el motor



**Figura 6.6:** Referencias para posición de poleas en el sistema de potencia

**Fuente:** El Autor

Con el fin de reducir la velocidad para poder controlar de mejor manera la velocidad de avance de la banda transportadora se ha tomado en cuenta lo siguiente.

Velocidad angular del motor= 100 rpm

Diámetro de polea sobre el eje del motor = 2 in

Velocidad angular necesaria para el sistema = 50 rpm

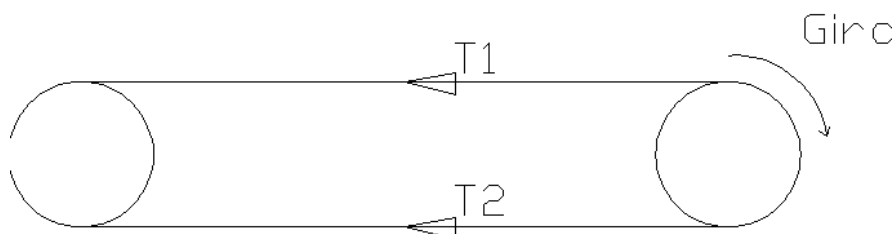
(Ec. 6.10)

$$\frac{\text{Diámetro de polea sobre el eje de transmisión}}{\text{Diámetro de polea sobre el eje motor}} = \frac{\text{Velocidad del motor}}{\text{Velocidad del sistema}}$$

$$D_p = \frac{2 * 100}{50}$$

$$D_p = 4 \text{ pulg.}$$

### 6.6.7. Cálculo de la tensión en la banda transportadora



**Figura 6.7:** Sentido de giro y tensiones en la banda transportadora

**Fuente:** El Autor

### 6.6.7.1. Fuerza en el eje conductor

(Ec. 6.11)

$$F = \frac{75 * N}{v}$$

Siendo:

N= potencia total

V= velocidad de la banda

$$F = \frac{75 * 0.1775 \text{ Hp}}{0.16667 \text{ m/s}}$$

$$F = 79.87 \text{ Kg}$$

### 6.6.7.2. Cálculo de la tensión principal

Esta tensión es la que provee el arrastre en el sistema.

(Ec.6.12)

$$T_1 = F \left( 1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

Siendo:

F= fuerza en el eje conductor

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento entre la banda y el eje motriz

$\alpha$  = Ángulo de contacto entre el rodillo y la banda en  $\pi$  radianes.

$$T_1 = 79,87 \left( 1 + \frac{1}{e^{0.1 * \pi} - 1} \right)$$

$$T_1 = 297.75 \text{ Kg}$$

### 6.6.7.2. Cálculo de la tensión secundaria

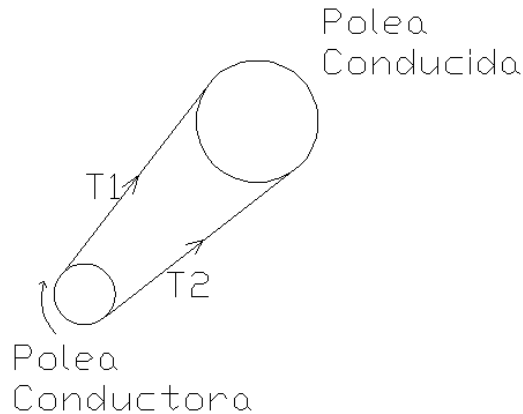
(Ec. 6.13)

$$T_2 = F \left( \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

$$T_1 = 79,87 \left( \frac{1}{e^{0.1 \cdot \pi} - 1} \right)$$

$$T_1 = 216.3 \text{ kg}$$

### 6.6.8. Cálculo de la tensión en el sistema de transmisión de poleas



**Figura 6.8:** Sentido de giro y tensiones en las poleas

**Fuente:** El Autor

Para el sistema, se selección una banda de A-26; leído en el Anexo A-5.

#### 6.6.8.1. Cálculo de la longitud de paso

La longitud de paso se calcula mediante:

(Ec. 6.14)

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

$$L = 26 \text{ pulg.}$$

Para obtener un valor exacto de la longitud de paso se debe sumar a la cantidad de a circunferencia interior.

En este caso; bajo la lectura en el Anexo A-6; bajo la selección de una banda tipo A la cantidad a sumar es 1.3.

(E. 6.15)

$$L_p = L + 1.3$$

$$L_p = 27.3 \text{ in}$$

### 6.6.8.2. Cálculo de la distancia entre centros

La distancia entre centros C se calcula mediante la siguiente expresión:

(Ec. 6.16)

$$C = 0.25 \left\{ \left[ L_p - \frac{\pi(D + d)}{2} \right] + \sqrt{\left[ L_p - \frac{\pi(D + d)}{2} \right]^2 - 2(D - d)^2} \right.$$

$$C = 8.88 \text{ in}$$

$$C = 22.558 \text{ cm}$$

### 6.6.8.3. Cálculo del ángulo de contacto en las poleas

El cálculo del ángulo de contacto se realiza mediante el uso de las expresiones:

(Ec. 6.17)

$$\theta_d = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \left( \frac{D - d}{2C} \right)$$

$$\theta_D = \pi + 2 * \text{sen}^{-1} \left( \frac{D - d}{2C} \right)$$

Siendo:

d= Diámetro de la polea de menor tamaño

D= Diámetro de la polea de mayor tamaño

$\theta$ = Ángulo de contacto

C= Distancia entre centros

$$\theta_d = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \left( \frac{4 - 2}{2 * 8.88} \right)$$

$$\theta_d = 2.91 \text{ radianes}$$

$$\theta_d = 166.73^\circ$$

$$\exp(f\theta) = 4.052$$

$$\theta_D = \pi + 2 * \text{sen}^{-1} \left( \frac{4 - 2}{2 * 8.88} \right)$$



$$\theta_D = 3.367 \text{ radianes}$$

$$\theta_D = 192.91^\circ$$

#### 6.6.8.4. Cálculo de la velocidad periférica

La velocidad periférica es aquella que posee la polea motriz y se calcula mediante la expresión:

(Ec. 6.18)

$$V = \frac{\pi dn}{12}$$

Siendo:

V= Velocidad periférica

d= diámetro de la polea motriz

n= velocidad de rotación

$$V = \frac{\pi * 2 * 100}{12}$$

$$V = 52.35 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

#### 6.6.8.5. Cálculo del factor de corrección del ángulo de contacto

Para poder obtener este valor se debe calcular una relación diámetros de poleas y distancia entre centros para a continuación leer en el Anexo A-7

$$\frac{D - d}{C} = \frac{4 - 2}{8.88} = 0.227$$

Interpolando el valor obtenido, el valor e corrección va a ser:

$$K1=0.7827$$

#### Factor de corrección de la longitud de la banda

Según el tipo de la banda y sus dimensiones en el Anexo A-8 se puede leer el factor de longitud y para obtener el factor de corrección se debe multiplicar por la potencia nominal de la banda.

$$K2=0.843$$

#### 6.6.8.6. Potencia permitida por la banda

Para el cálculo de la potencia permitida se debe de leer un valor H de tablas que está en el Anexo A-9; La potencia permitida está dada por:

(Ec. 6.19)

$$H_a = K_1 * K_2 * H_{tab}$$

$$H_{tab} = 0.3279$$

$$H_a = 0.7827 * 0.843 * 0.3279$$

$$H_a = 0.2163 \text{ Hp}$$

#### 6.6.8.7. Potencia de diseño

La potencia viene dado por la siguiente expresión:

(Ec. 6.20)

$$H_d = H_{nom} * K_s * n_d$$

Siendo:

H<sub>nom</sub>= potencia nominal calculada para el motor

K<sub>s</sub>= factor de servicio según el tipo de uso

n<sub>d</sub>= Factor de diseño

El factor de servicio es leído desde el Anexo A-10

$$K_s = 1.2$$

$$H_d = 0.1775 * 1.2 * 1.1$$

$$H_d = 0.2343 \text{ Hp}$$

#### 6.6.8.8. Número de bandas necesarias

El número de bandas necesarias se consigue mediante la siguiente ecuación.

(Ec. 6.21)

$$N_b = \frac{H_d}{H_a}$$

Siendo:

N<sub>b</sub>= número de bandas a usar

Ha= potencia permitida

Hd= potencia de diseño

$$N_b = \frac{0.2343}{0.2163}$$

$$N_b = 1.08$$

Bajo este dato, se coloca una sola banda A26.

#### 6.6.8.9. Tensión centrífuga

La tensión centrífuga se calcula de la siguiente forma:

(Ec. 6.22)

$$F_c = K_c \left( \frac{V}{1000} \right)^2$$

Siendo:

Fc= tensión centrífuga

Kc= parámetro según el tipo de banda

V= velocidad periférica

El parámetro Kc se lee desde el Anexo A-11 según el tipo de banda escogido para el cálculo.

$$K_c = 0.561$$

$$F_c = 0.561 \left( \frac{53.38}{1000} \right)^2$$

$$F_c = 0.016 \text{ lb}$$

#### 6.6.8.10. Tensión mayor en la banda

Para el cálculo se necesita obtener la potencia que transmite la banda, de la siguiente forma.

(Ec. 6.23)

$$\Delta F = \frac{63025 \left( \frac{H_d}{N_b} \right)}{n \frac{d}{2}}$$

Siendo:

Delta F= tensión debido al par de torsión transmitido

Hd= potencia de diseño

Nb= Número de bandas

n= velocidad del eje conductor

d= diámetro del eje conductor

$$\Delta F = \frac{63025 \left( \frac{0.2343}{1.08} \right)}{100^{\frac{4}{2}}}$$

$$\Delta F = 34.18$$

La tensión mayor se calcula a partir de:

(Ec. 6.24)

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F * \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

$$F_1 = 0.016 + \frac{34.18 * 4.052}{4.052 - 1}$$

$$F_1 = 45.37 \text{ lb}$$

#### 6.6.8.11. Tensión menor en la banda

La tensión menor en la banda se calcula de la siguiente manera:

(Ec. 6.25)

$$F_2 = F_1 - \Delta F$$

$$F_2 = 45.37 - 34.18$$

$$F_2 = 11.12 \text{ lb}$$

#### 6.6.8.12. Tensión inicial

La tensión inicial se calcula con la siguiente expresión:

(Ec. 6.26)

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c$$

$$F_i = \frac{45.37 + 11.12}{2} - 0.016$$

$$F_i = 28.229 \text{ lb}$$

### 6.6.9. Comprobación de cálculo mediante el factor de seguridad

El factor de seguridad es un índice que marca la fiabilidad de un sistema bajo los requerimientos a lo largo del proceso de cálculo; habiendo incorporado todas las variables pertinentes; si el factor de seguridad es 1 o mayor que 1 se da por satisfecho el diseño garantizando que se desenvolverá eficientemente en la práctica.

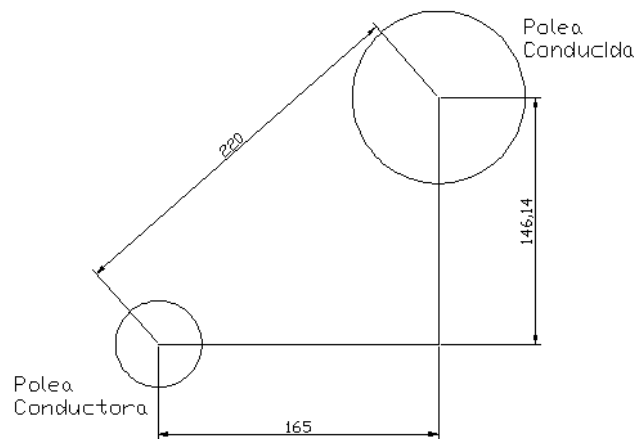
(Ec. 6.27)

$$n_{fs} = \frac{H_a * N_b}{H_{nom} * K_s}$$
$$n_{fs} = \frac{0.2163 * 1}{0.1775 * 1.2}$$
$$n_{fs} = 1.015$$

### 6.6.10. Posicionamiento del sistema de poleas

Para usar los datos adquiridos, es necesario saber el ángulo que existen entre los ejes de las poleas y las tensiones de las mismas.

En la Figura 6.9 se muestra el posicionamiento gráfico representativo de las poleas y sus distancias tomadas desde un plano preliminar.



**Figura 6.9:** Posición de poleas del sistema

**Fuente:** El Autor

Ángulo de posición de las tensiones

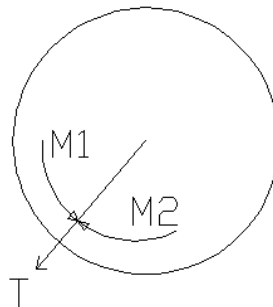
$$\sin \varphi = \frac{165}{220}$$

$$\varphi = 48.59^\circ$$

### 6.6.11. Diseño del eje conductor en la banda transportadora

El eje conductor se encuentra soportado en dos chumaceras, una en cada lado separadas simétricamente; a uno de sus extremos se halla una polea de 4 pulgadas que transmite la potencia desde el motor.

#### 6.6.11.1. Cálculo del momento torsionante



**Figura 6.10:** Sentido de momentos torsionantes

**Fuente:** El Autor

Los momentos torsionantes se obtienen a partir de las tensiones originadas por la banda de transmisión; de la siguiente manera.

$$T_1 = 45.37 \text{ lb} = 20.25 \text{ Kg}$$

$$T_2 = 11.12 \text{ lb} = 4.96 \text{ Kg}$$

$$M_1 = T_1 * r$$

$$M_1 = 20.25 * 0.0508 = 1.0287 \text{ Kg.m}$$

$$M_2 = T_2 * r$$

$$M_2 = 4.96 * 0.0508 = 0.2519 \text{ Kg.m}$$

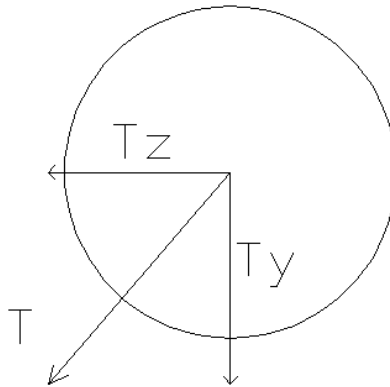
$$M_T = M_1 - M_2$$

$$M_T = 1.0287 - 0.2519$$

$$M_T = 0.7768 \text{ Kg.m}$$

$$M_T = 7.62 \text{ N.m}$$

### 6.6.11.2. Fuerzas de tensión aplicadas sobre el eje



**Figura 6.11:** Descomposición de la fuerza T

**Fuente:** El Autor

$$T = F1 + F2$$

$$T = 20.25 + 4.92$$

$$T = 25.17 \text{ Kg}$$

$$\sin 48.59 = \frac{Tz}{T}$$

$$Tz = T * \sin 48.59$$

$$Tz = 25.17 * 0.75$$

$$Tz = 18.87 \text{ Kg}$$

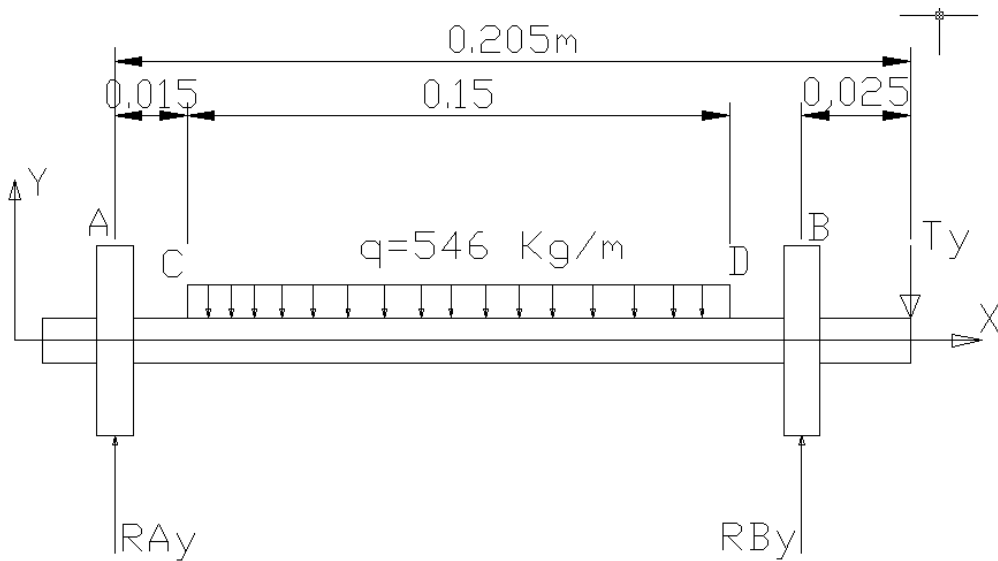
$$\cos 48.59 = \frac{Ty}{T}$$

$$Ty = T * \cos 48.59$$

$$Ty = 25.17 * 0.66$$

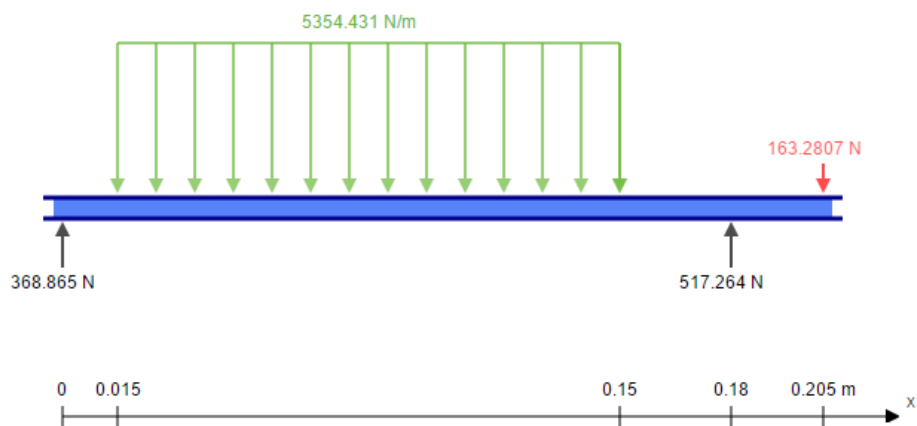
$$Ty = 16.65 \text{ Kg}$$

### 6.6.11.3. Esfuerzos cortantes y momento flector en el plano (Y-X)



**Figura 6.12:** Diagrama de fuerzas Eje conductor plano (Y-X)

Fuente: El Autor



**Figura 6.13:** Diagrama de fuerzas aplicadas

Fuente: El Autor

$$\cup + \Sigma M_A = 0$$

$$T_y * (0.205) + (546) * (0.15) * (0.09) - R_{B_y} * (0.18) = 0$$

$$16.65 * (0.205) + (546) * (0.15) * (0.09) = R_{B_y} * (0.18)$$



$$RB_y = \frac{10.78}{0.18} = 59.9125 \text{ Kg}$$

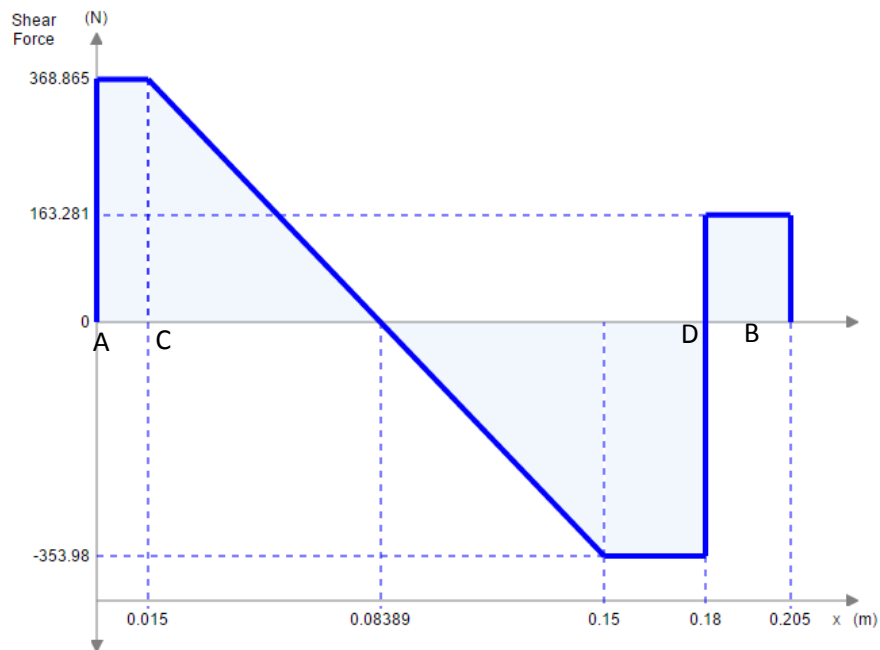
$$\uparrow + \Sigma T_y = 0$$

$$RA_y + RB_y - T_y - (546) * (0.15) = 0$$

$$RA_y + 59.9125 - 16.65 - 81.9 = 0$$

$$RA_y = 38.6375 \text{ Kg}$$

#### 6.6.11.4. Cálculo de fuerzas Cortantes



**Figura 6.14:** Diagrama de fuerzas cortantes

**Fuente:** El Autor

$$V_A = 38.6375 \text{ Kg}$$

$$V_C = 38.6375 \text{ Kg}$$

$$V_D = V_C - (546 \text{ Kg/m})(0.15\text{m})$$

$$V_D = -43.2625 \text{ Kg}$$

$$V_{BI} = -43.3635 \text{ Kg}$$

$$V_{BD} = V_{BI} + 59.9125 \text{ Kg}$$

$$V_{BD} = 16.65 \text{ Kg}$$

$$V_{EI} = 16.65 \text{ Kg}$$

$$V_{ED} = V_{BD} - T_y$$

$$V_{ED} = 0$$

### 6.6.11.5. Fuerza cortante mínima

La fuerza cortante mínima se sitúa a 0.08576 metros desde el punto de referencia A; que se necesita para poder obtener el punto con mayor momento flector.

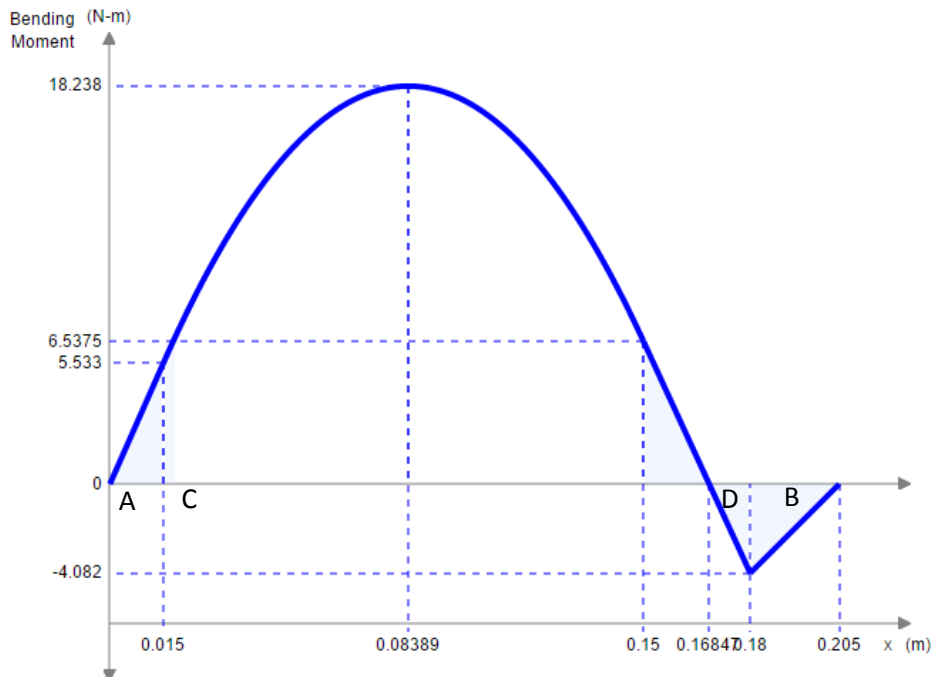
$$V_{Min} = V_A - \left(546 \frac{Kg}{m}\right)(0.08576m - 0.015m)$$

$$V_{Min} = 38.735 \frac{Kg}{m} - \left(546 \frac{Kg}{m}\right)(0.07076m)$$

$$V_{Min} = 0$$

El punto de cambio de eje en  $Min = 0$ ; se produce el punto de mayor momento.

### 6.6.11.6. Cálculo de momento flector



**Figura 6.15:** Diagrama de momento flector

**Fuente:** El Autor

$$M_A = 0$$

$$M_C = M_A + (38.6375 \text{ Kg})(0.015m)$$

$$M_C = 0.5795 \text{ Kg} \cdot m$$

$$M_D = M_C + \left(\frac{0.07076m * 38.6375 \text{ Kg}}{2}\right) - \left(\frac{0.07924m * 43.2625 \text{ Kg}}{2}\right)$$

$$M_D = 0.2324 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = M_D - (43.2625 \text{ Kg} * 0.015\text{m})$$

$$M_B = -0.4165 \text{ Kg.m}$$

$$M_E = M_B + (16.65 * 0.025)$$

$$M_E = 0$$

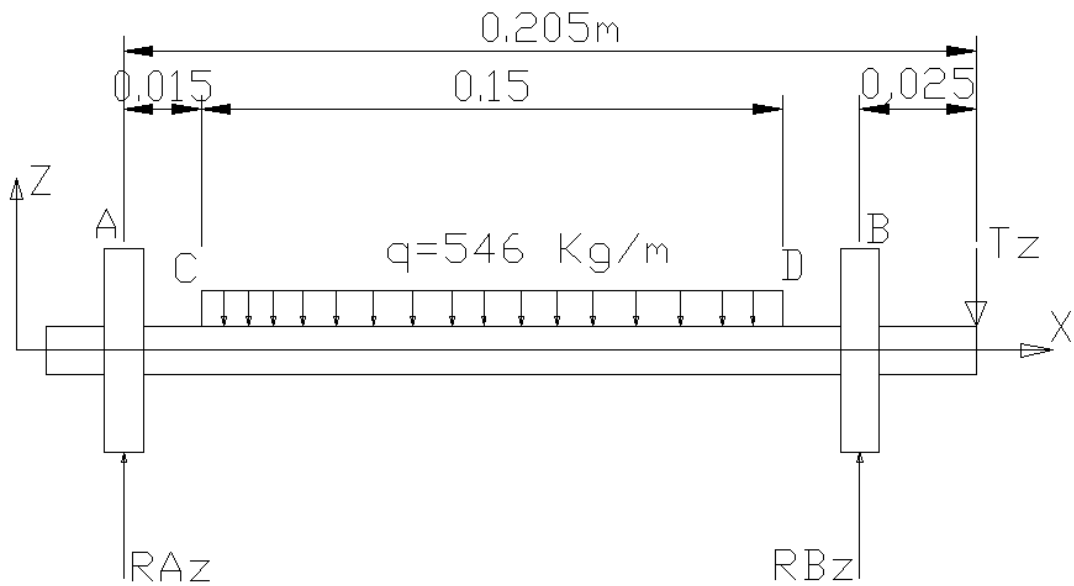
#### 6.6.11.7. Cálculo del momento flector máximo

El momento flector máximo influye directamente en el diseño del eje que soportara las cargas aplicadas en el sistema.

$$M_{Max} = M_C + \left( \frac{0.07076\text{m} * 38.6375 \text{ Kg}}{2} \right)$$

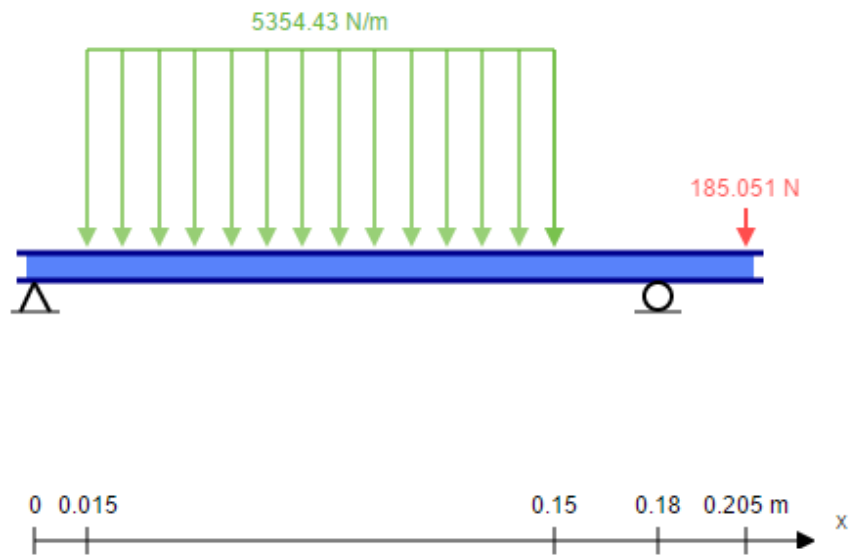
$$M_{Max} = 1.94 \text{ Kg.m}$$

#### 6.6.11.8. Esfuerzos cortantes y momento flector en el plano (Z-X)



**Figura 6.16:** Diagrama de fuerzas sobre el Eje conductor plano (Z-X)

**Fuente:** El Autor



**Figura 6.17:** Diagrama de fuerzas aplicadas

**Fuente:** El Autor

$$\curvearrowright + \Sigma M_A = 0$$

$$T_z * (0.205) + (546) * (0.15) * (0.09) - RB_z * (0.18) = 0$$

$$18.87 * (0.205) + (546) * (0.15) * (0.09) = RB_z * (0.18)$$

$$RB_z = \frac{11.23}{0.18} = 62.44 \text{ Kg}$$

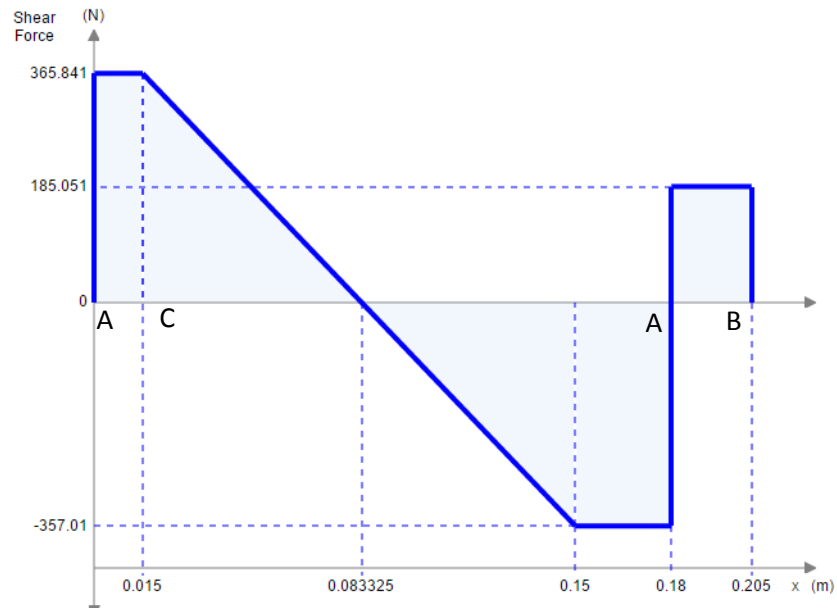
$$\uparrow + \Sigma T_y = 0$$

$$RA_z + RB_z - T_z - (546) * (0.15) = 0$$

$$RA_z + 62.44 - 18.87 - 81.9 = 0$$

$$RA_z = 38.33 \text{ Kg}$$

### 6.6.11.9. Cálculo de fuerzas Cortantes



**Figura 6.18:** Diagrama de fuerzas cortantes

**Fuente:** El Autor

$$V_A = 38.33 \text{ Kg}$$

$$V_C = 38.33 \text{ Kg}$$

$$V_D = V_C - (546 \text{ Kg/m})(0.15\text{m})$$

$$V_D = -43.57 \text{ Kg}$$

$$V_{BI} = -43.57 \text{ Kg}$$

$$V_{BD} = V_{BI} + 62.44 \text{ Kg}$$

$$V_{BD} = 18.87 \text{ Kg}$$

$$V_{EI} = 18.87 \text{ Kg}$$

$$V_{ED} = V_{BD} - T_y$$

$$V_{ED} = 0$$

### 6.6.11.10. Fuerza cortante mínima

La fuerza cortante mínima se sitúa a 0.0852 metros desde el punto de referencia A; que se necesita para poder obtener el punto con mayor momento flector.

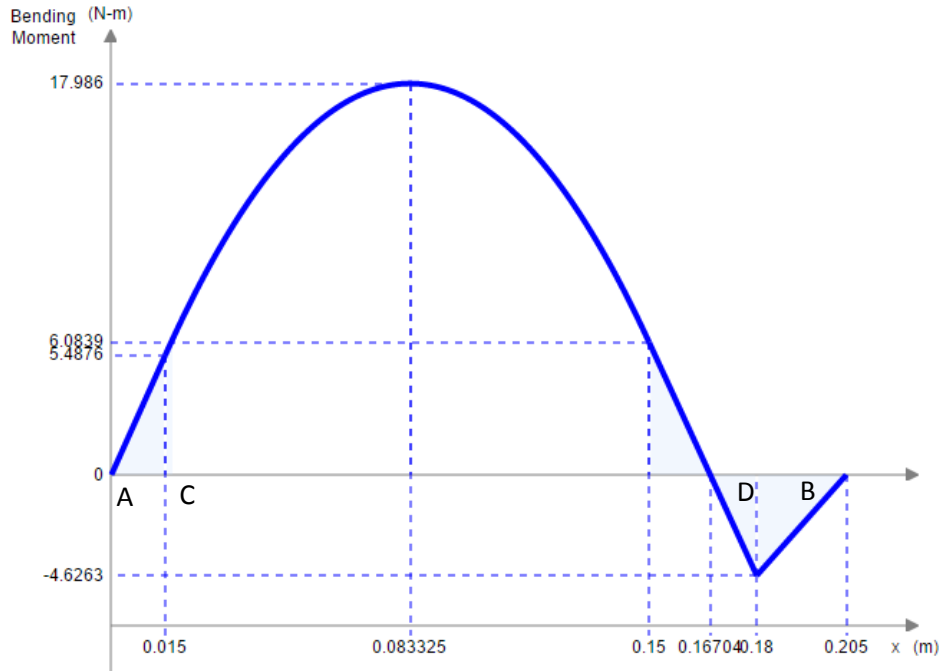
$$V_{Min} = V_A - \left(546 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right)(0.0852\text{m} - 0.015\text{m})$$

$$V_{Min} = 38.735 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} - \left(546 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right)(0.070201\text{m})$$

$$V_{Min} = 0$$

El punto de cambio de eje en  $Min = 0$ ; se produce el punto de mayor momento.

### 6.6.11.11. Cálculo de momento flector



**Figura 6.19:** Diagrama de momento flector

**Fuente:** El Autor

$$M_A = 0$$

$$M_C = M_A + (38.33 \text{ Kg})(0.015\text{m})$$

$$M_C = 0.5749 \text{ Kg.m}$$

$$M_D = M_C + \left( \frac{0.070201\text{m} * 38.33 \text{ Kg}}{2} \right) - \left( \frac{0.079799\text{m} * 43.57\text{Kg}}{2} \right)$$

$$M_D = 0.1818 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = M_D - (43.57 \text{ Kg} * 0.015\text{m})$$

$$M_B = -0.47166 \text{ Kg.m}$$

$$M_E = M_B + (18.87 * 0.025)$$

$$M_E = 0$$

### 6.6.11.12. Cálculo del momento flector máximo

El momento flector máximo influye directamente en el diseño del eje que soportará las cargas aplicadas en el sistema.

$$M_{Max} = M_C + \left( \frac{0.070201m * 38.33 Kg}{2} \right)$$

$$M_{Max} = 1.9203 Kg.m$$

### 6.6.12. Cálculo de reacciones y momentos resultantes

Reacción resultante en el punto de apoyo A

$$R_A = \sqrt{(R_{Ay})^2 + (R_{Az})^2}$$

$$R_A = \sqrt{(38.6375)^2 + (38.33)^2}$$

$$R_A = 54.42 Kg$$

Reacción resultante en el punto de apoyo B

$$R_B = \sqrt{(R_{By})^2 + (R_{Bz})^2}$$

$$R_B = \sqrt{(59.9125)^2 + (62.44)^2}$$

$$R_B = 86.53 Kg$$

Momento flector máximo resultante

$$M_{Max} = \sqrt{(M_{max_y})^2 + (M_{max_z})^2}$$

$$M_{Max} = \sqrt{(1.94)^2 + (1.9203)^2}$$

$$M_{Max} = 2.73 Kg.m$$

$$M_{Max} = 26.754 N.m$$

### 6.6.13. Diseño estático del eje

Para el diseño se debe considerar lo siguiente:

- Material a usar; acero AISI 1020; que es de fácil adquisición en el mercado
- El valor de resistencia a la fluencia ( $S_y$ ) es leído desde el Anexo A-12
- Factor de seguridad 1.2 que siempre debe ser mayor que la unidad.

### A. Esfuerzo máximo por flexión

(Ec. 6.28)

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$
$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$
$$\sigma_x = \frac{32 * 26.754}{\pi * d^3}$$
$$\sigma_x = \frac{272.51 \text{ N.m}}{d^3}$$

### B. Esfuerzo máximo por torsión

(Ec. 6.29)

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi * d^3}$$
$$\tau_{xy} = \frac{16 * 7.62}{\pi * d^3}$$
$$\tau_{xy} = \frac{38.81 \text{ N.m}}{d^3}$$

### C. Usando Teoría de Von Mises

(Ec. 6.30)

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$
$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{272.51}{d^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{38.81}{d^3}\right)^2}$$
$$\sigma' = \frac{280.67 \text{ N.m}}{d^3}$$

$$S_y = 210 \text{ Mpa}$$

(Ec. 6.31)

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

$$1.2 = \frac{210}{\frac{280.67 \text{ N.m}}{d^3}}$$

$$d^3 = \frac{280.67 * (1.2)}{210 * 10^6}$$



$$d = \sqrt[3]{\frac{280.67 * (1.2)}{210 * 10^6}}$$

$$d = 11.69 \text{ mm}$$

#### 6.6.14. Diseño dinámico

En este diseño se toma en cuenta la falla del material por fatiga; introduciendo en el cálculo ciertos parámetros como:

- Acero AISI 1020
- Velocidad de rotación del eje 50 rpm
- Trabajo continuo de 24 horas
- 72000 ciclos de rotación
- Factor de seguridad 1.2
- Iniciamos con factores de corrección iguales a 0.3 por tratarse de la búsqueda del diámetro necesario.

#### Resistencia por fatiga (límite)

Resistencia a la tensión;  $S_{ut} = 380 \text{ MPa}$

$$S'_e = 0.5 (380)$$

$$S'_e = 190 \text{ MPa}$$

#### Resistencia a la fatiga por ubicación crítica (límite)

$$S_e = 0.3 (210 \text{ MPa})$$

$$S_e = 63 \text{ MPa}$$

#### Resistencia a la fatiga

$f = 0.9$  ; Para aceros con  $S_{ut} < 70 \text{ Kpsi}$ ; AISI 1020 55 Kpsi

(Ec. 6.32)

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e}$$

$$a = \frac{(0.9 * 380)^2}{63}$$

$$a = 1856.57 \text{ MPa}$$

(Ec. 6.33)

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * Sut}{Se}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0.9 * 380}{63}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log(5.428)$$

$$b = -0.2448$$

(Ec. 6.34)

$$Sf = aN^b$$

$$Sf = 1856.57(72000)^{-0.2448}$$

$$Sf = 120.1258 \text{ MPa}$$

(Ec. 6.35)

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

$$n = \frac{Sf * \pi * d^3}{32M}$$

$$d^3 = \frac{32 * M * n}{Sf * \pi}$$

$$d^3 = \frac{32 * 26.754 * 1.2}{120.1258 * \pi}$$

$$d = \sqrt[3]{2.72228_{10^{-6}}}$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

El eje comercial más cercano es el de ½ pulgada de 12.7mm; para poder usarlo con seguridad, se verificara.

### **Comprobación con diámetro 12.7 mm**

#### **Factor de condición superficial**

$$Ka = a * Sut^b$$

Los factores a y b son obtenidos tras leer el Anexo A-13

$$a = 57.7 \text{ MPa}$$

$$b = -0.718$$

$$Ka = 57.7 * 380^{-0.718}$$

$$Ka = 0.81075$$

**Factor de tamaño**

$$K_b = 1.24 d^{-0.107}$$

$$K_b = 0.9447$$

**Factor de carga**

$$K_c = 0.85$$

Leído desde el Anexo A-14 para carga axial

**Factor de temperatura**

$$K_d = 1$$

Leído desde el Anexo A-15 para una temperatura de 20°

**Factor de confiabilidad**

$$K_e = 0.897$$

Leído desde el Anexo A-16 para una confiabilidad del 90%

**Factor de efectos varios**

Para un eje de sección uniforme y sin ningún tipo de muesca o similares el factor:

$$K_f = 1$$

**Límite de resistencia a la fatiga**

(Ec. 6.36)

$$S_e = K_a * K_b * k_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

$$S_e = 0.81075 * 0.9447 * 0.85 * 1 * 0.897 * 1 * 190 \text{Mpa}$$

$$S_e = 110.96 \text{Mpa}$$

**Cálculo de resistencia a la fatiga**

$f = 0.9$  ; Para aceros con  $S_{ut} < 70$  Kpsi; AISI 1020 55 Kpsi

$$a = \frac{(f * Sut)^2}{Se}$$

$$a = \frac{(0.9 * 380)^2}{110.96}$$

$$a = 1054.109 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * Sut}{Se}\right)$$

$$b = -0.16295$$

$$Sf = aN^b$$

$$Sf = 1054.109(72000)^{-0.16295}$$

$$Sf = 170.3599 \text{ MPa}$$

### Factor de seguridad

$$\sigma_x = 133.03 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{xy} = 18.94 \text{ Mpa}$$

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

$$n = \frac{170.3599}{133.03}$$

$$n = 1.28$$

Criterio de Goodman modificado

Esfuerzos medios

(Ec. 6.37)

$$\sigma_m = \sqrt{3 * \tau_{xy}}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3 * 18.94}$$

$$\sigma_m = 7.537 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Alternante

$$\sigma_a = \sigma_x = 133.03 \text{ MPa}$$

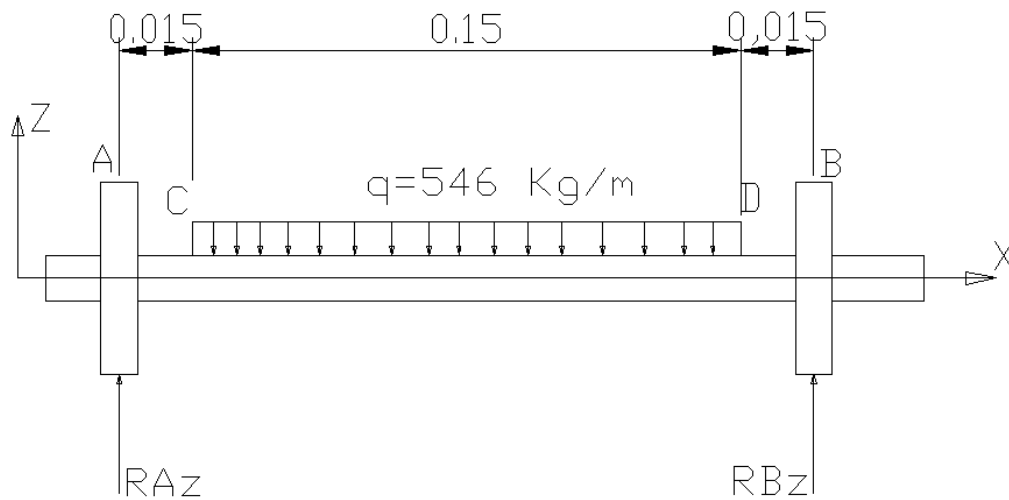
$$nf = \frac{Sy}{\sigma_a + \sigma_m}$$

$$nf = \frac{210 \text{ MPa}}{133.03 + 7.537}$$

$$nf = 1.4939$$

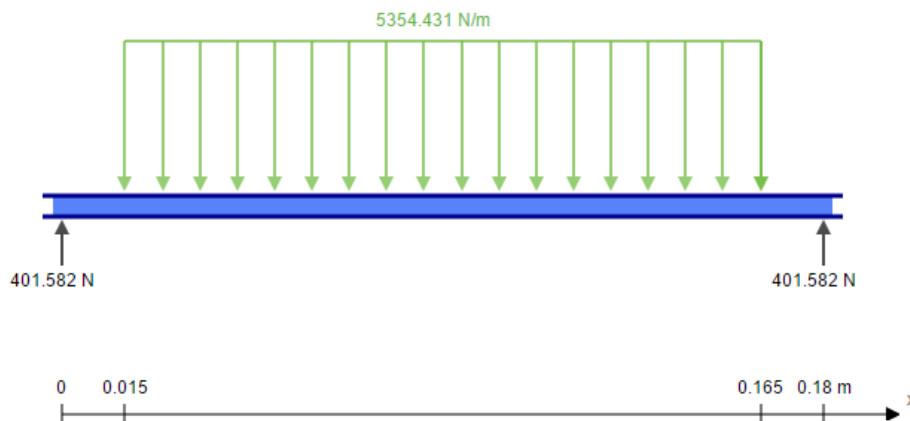
Bajo el criterio de Goodman modificado; que se considera uno de alta fiabilidad se puede seleccionar un eje de 12,7mm o ½ pulgada de diámetro que satisface el diseño y que además se puede conseguir con mucha facilidad en el mercado.

### 6.6.15. Diseño del eje conducido



**Figura 6.20:** Diagrama de fuerzas eje conducido

**Fuente:** El Autor



**Figura 6.21:** Diagrama de fuerzas aplicadas

**Fuente:** Eduardo Pazmiño (El Autor)

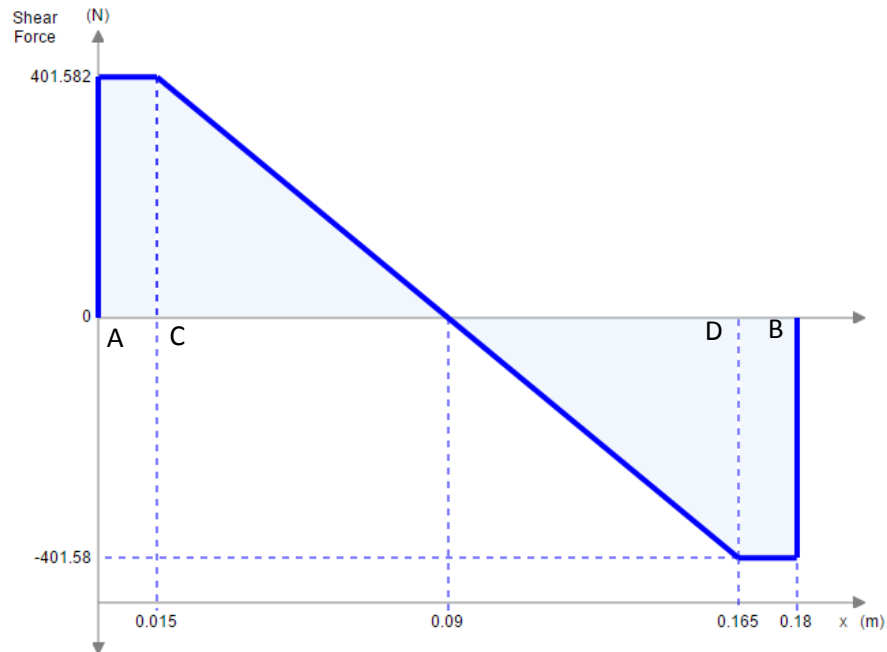
$$\uparrow + \Sigma T_y = 0$$

$$RA_z + RB_z - (546) * (0.15) = 0$$

$$RA_z + RB_z - 81.9 = 0$$

$$RA_z = RB_z = 40.95Kg$$

### 6.6.15.1. Cálculo de fuerzas Cortantes



**Figura 6.22:** Diagrama de fuerzas cortantes

**Fuente:** El Autor

$$V_A = 40.95 Kg$$

$$V_C = 40.95 Kg$$

$$V_D = V_C - (546 Kg/m)(0.15m)$$

$$V_D = -40.95 Kg$$

$$V_{BI} = -40.95 Kg$$

$$V_{BD} = V_{BI} + 40.95 Kg$$

$$V_{BD} = 0$$

### 6.6.15.2. Fuerza cortante mínima

La fuerza cortante mínima se sitúa a 0.09 metros desde el punto de referencia A; que se necesita para poder obtener el punto con mayor momento flector.

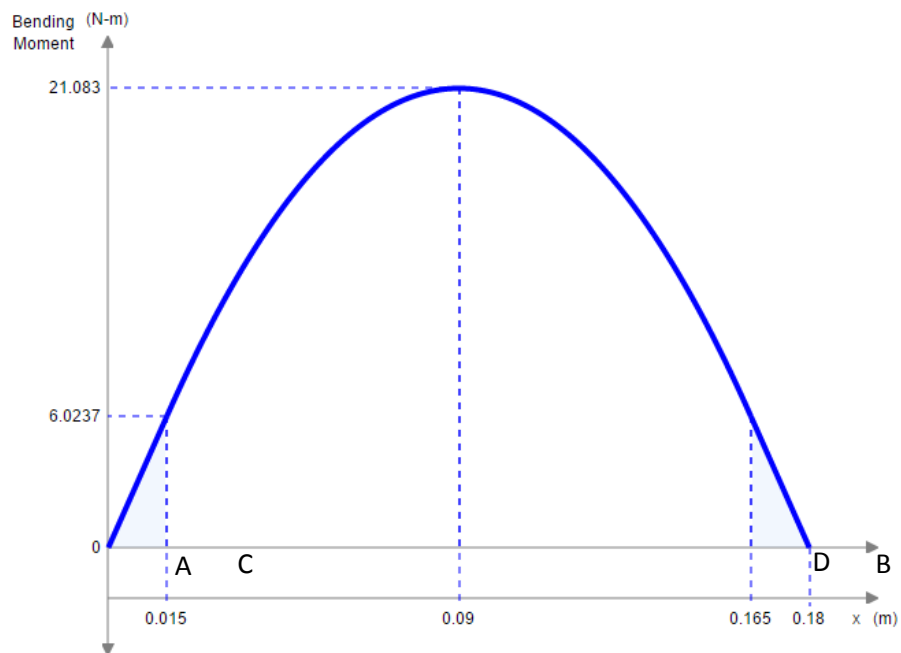
$$V_{Min} = V_A - \left(546 \frac{Kg}{m}\right)(0.09m - 0.015m)$$

$$V_{Min} = 40.95 \frac{Kg}{m} - \left(546 \frac{Kg}{m}\right)(0.075m)$$

$$V_{Min} = 0$$

El punto de cambio de eje en  $Min = 0$ ; se produce el punto de mayor momento.

### 6.6.15.3. Cálculo de momento flector



**Figura 6.23:** Diagrama de momento flector

**Fuente:** El Autor

$$M_A = 0$$

$$M_C = M_A + (40.95 \text{ Kg})(0.015m)$$

$$M_C = 0.61425 \text{ Kg.m}$$

$$M_D = M_C + \left(\frac{0.075m * 40.95 \text{ Kg}}{2}\right) - \left(\frac{0.075m * 40.95 \text{ Kg}}{2}\right)$$

$$M_D = 0.61425 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = M_D - (40.95 \text{ Kg} * 0.015m)$$

$$M_B = 0$$

#### 6.6.15.4. Cálculo del momento flector máximo

El momento flector máximo influye directamente en el diseño del eje que soportara las cargas aplicadas en el sistema.

$$M_{Max} = M_C + \left( \frac{0.075m * 40.95 Kg}{2} \right)$$

$$M_{Max} = 2.1498 Kg.m$$

$$M_{Max} = 21.09 N.m$$

#### 6.6.16. Diseño estático del eje

Para el diseño se debe considerar lo siguiente:

-Material a usar; acero AISI 1020; que es de fácil adquisición en el mercado

Las características de material son leídas desde el Anexo

-Factor de seguridad 1.2 que siempre debe ser mayor que la unidad.

Esfuerzo máximo por flexión

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 21.09}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{214.82 N.m}{d^3}$$

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

$$1.2 = \frac{210}{\frac{214.82 N.m}{d^3}}$$

$$d^3 = \frac{214.82 * (1.2)}{210 * 10^6}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{214.82 * (1.2)}{210 * 10^6}}$$

$$d = 10.7 mm$$



### **6.6.17. Diseño dinámico**

El eje más cercano a 10.7 es el de 12.7 o media pulgada y para el cual se realizara la comprobación.

#### **Resistencia por fatiga (límite)**

Resistencia a la tensión;  $S_{ut} = 380 \text{ MPa}$

$$S'_e = 0.5 (380)$$

$$S'_e = 190 \text{ MPa}$$

#### **Resistencia a la fatiga por ubicación crítica (límite)**

$$S_e = 0.3 (210 \text{ MPa})$$

$$S_e = 63 \text{ MPa}$$

#### **Factor de condición superficial**

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

Los factores a y b son obtenidos tras leer el Anexo A-13

$$a = 57.7 \text{ MPa}$$

$$b = -0.718$$

$$K_a = 57.7 * 380^{-0.718}$$

$$K_a = 0.81075$$

#### **Factor de tamaño**

$$K_b = 1.24 d^{-0.107}$$

$$K_b = 0.9447$$

#### **Factor de carga**

$$K_c = 0.85$$

Leído desde el Anexo A-14 para carga axial

#### **Factor de temperatura**

$$K_d = 1$$

Leído desde el Anexo A-15 para una temperatura de 20°

### **Factor de confiabilidad**

$$K_e = 0.897$$

Leído desde el Anexo A-16 para una confiabilidad del 90%

### **Factor de efectos varios**

Para un eje de sección uniforme y sin ningún tipo de muesca o similares el factor:

$$K_f = 1$$

### **Límite de resistencia a la fatiga**

$$S_e = K_a * K_b * k_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

$$S_e = 0.81075 * 0.9447 * 0.85 * 1 * 0.897 * 1 * 190 \text{ Mpa}$$

$$S_e = 110.96 \text{ Mpa}$$

### **Cálculo de resistencia a la fatiga**

$f = 0.9$  ; Para aceros con  $S_{ut} < 70$  Kpsi; AISI 1020 55 Kpsi

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e}$$

$$a = \frac{(0.9 * 380)^2}{110.96}$$

$$a = 1054.109 \text{ Mpa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * S_{ut}}{S_e}\right)$$

$$b = -0.16295$$

$$S_f = aN^b$$

$$S_f = 1054.109(72000)^{-0.16295}$$

$$S_f = 170.3599 \text{ Mpa}$$

### **Factor de seguridad**

$$\sigma_x = 104.87 \text{ Mpa}$$

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

$$n = \frac{170.3599}{104.87}$$

$$n = 1.62$$

El eje conductor al igual que el eje conducido se han diseñado para ser de 12,7mm o ½ pulgada de diámetro que satisface el diseño y que además se puede conseguir con mucha facilidad en el mercado.

#### **6.6.18. Selección de rodamientos**

Para la selección de rodamientos primero se obtendrá en mayor valor de entre las reacciones entre los apoyos; el eje es del mismo diámetro para todos los rodamientos; de tal forma que

$$d \text{ interno} = 12.7mm$$

$$Carga \text{ máxima radial} = 83.56 Kg = 819.72 N$$

$$Velocidad \text{ angular del eje} = 50 rpm$$

##### **6.6.18.1. Capacidad de carga estática**

Por ser carga radial pura en la selección se toma:

$$P_0 = F_r$$

$$F_r = 819.72 N$$

$$S_0 = 0.5$$

$$C_0 = S_0 * P_0$$

$$C_0 = 0.5 * 819.72$$

$$C_0 = 409.86 N$$

##### **6.6.18.2. Capacidad de carga dinámica**

Valor inicial sin cálculo

$$a_{23} = 1.7$$

Valor leído para máquinas de transmisión de movimiento por motores.

$$L_{10h} = 40000 \text{ horas}$$

Valor de probabilidad de falla para un 4% leído en el Anexo A-17

$$a_1 = 0.53$$

Exponente de la vida p; para rodamientos de bolas

$$p = 3$$

$$C = p \sqrt[3]{\frac{L_{10h} * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}}$$

$$C = 819.72 \sqrt[3]{\frac{40000 * 50 * 60}{1000000 * 0.53 * 1.7}}$$

$$C = 4186.177 \text{ N}$$

Con los valores de C y  $C_0$  acudimos al catálogo de rodamientos SKF mostrado en el Anexo A-18 y seleccionamos un rodamiento:

Rodamiento de bolas: 16203.008

$$d = 12.7 \text{ mm}$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

$$B = 19.1 \text{ mm}$$

$$C = 9.5 \text{ KN}$$

$$C_0 = 4.75 \text{ KN}$$

Verificación de cálculo

$$d_m = \frac{D + d}{2}$$

$$d_m = \frac{40 + 12.7}{2}$$

$$d_m = 26.35 \text{ mm}$$

Viscosidad relativa leída desde el Anexo A-19

$$V_1 = 380 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$$

Viscosidad de servicio V; leído en el Anexo A-20

$$V = 34 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$$

$$k = \frac{V}{V_1}$$

$$k = \frac{34}{380} = 0.08944$$

Los valores de K1 y K2 son leídos en el Anexo A-21

$$K1 = 0$$

$$K2 = 0$$

Factor básico  $a_{23II}$  leído en el Anexo A-22

$$a_{23II} = 1$$

Factor de limpieza  $s$  leído en el Anexo A-23

$$s = 0.7$$

Factor  $a_{23}$  para vida ampliada

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

$$a_{23} = 0.7$$

(Ec. 6.38)

$$C = P \sqrt[3]{\frac{L_{10h} * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}}$$

$$C = 819.72 \sqrt[3]{\frac{40000 * 50 * 60}{1000000 * 0.53 * 0.7}}$$

$$C = 5.63 \text{ KN}$$

Con los datos corregidos se confirma que el rodamiento de bolas: 16203 y sus variantes pueden ser usados para los 4 puntos de movilidad en la banda transportadora.

### 6.6.19. Diseño de la Estructura de soporte

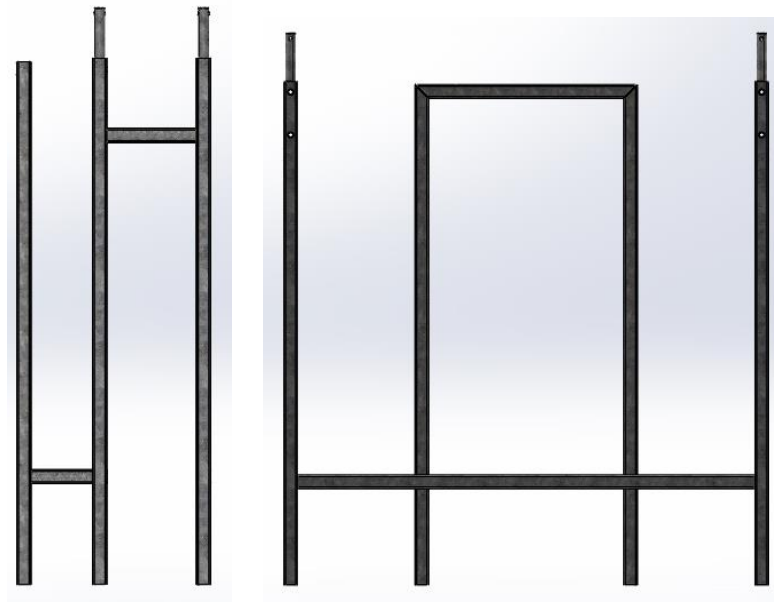


**Figura 6.24:** Estructura de soporte

**Fuente:** El Autor

Para el diseño de la estructura de soporte se debe tomar en cuenta que es simétrica y que está compuesta por dos elementos principales de soporte que dan fijación a la máquina.

- 1.- viga base de la del sistema de transporte y deslizamiento de botellas
- 2.- columnas de soporte y elevación de la banda transportadora.



**Figura 6.25:** Vista lateral y frontal de estructura de soporte

**Fuente:** El Autor

### 6.6.19.1. Análisis de la viga de soporte

La longitud de la viga es de 16 cm que abarca el ancho del sistema.

Las cargas a soportar son:

Rodillos: 2.72 Kg

Placa de deslizamiento: 4 Kg

Soportes laterales: 8,5 Kg

Banda de poliuretano: 2 Kg

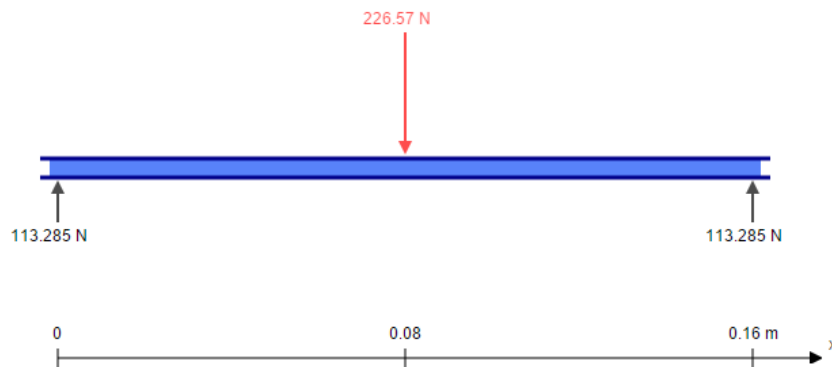
Placas base: 0.3 Kg

Chumaceras: 3 Kg

Motor a pasos: 1.2 Kg

Cruz de posicionamiento: 1.348 Kg

Peso total a soportar: 23.104 Kg

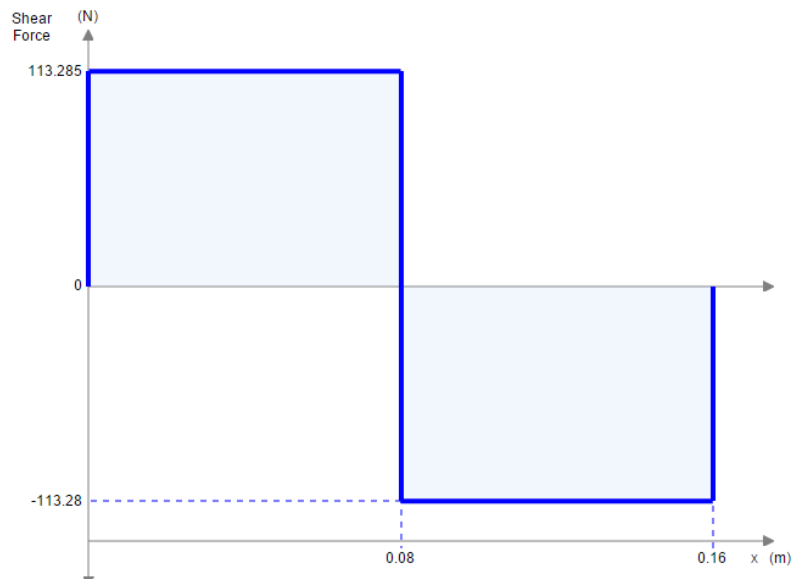


**Figura 6.26:** Diagrama de fuerzas sobre la viga

**Fuente:** El Autor

$$RA = RB = Q/2$$

$$RA = RB = 11.552 \text{ Kg} = 113.2 \text{ N}$$



**Figura 6.27:** Diagrama de fuerzas cortantes

**Fuente:** El Autor

$$VAi = 0$$

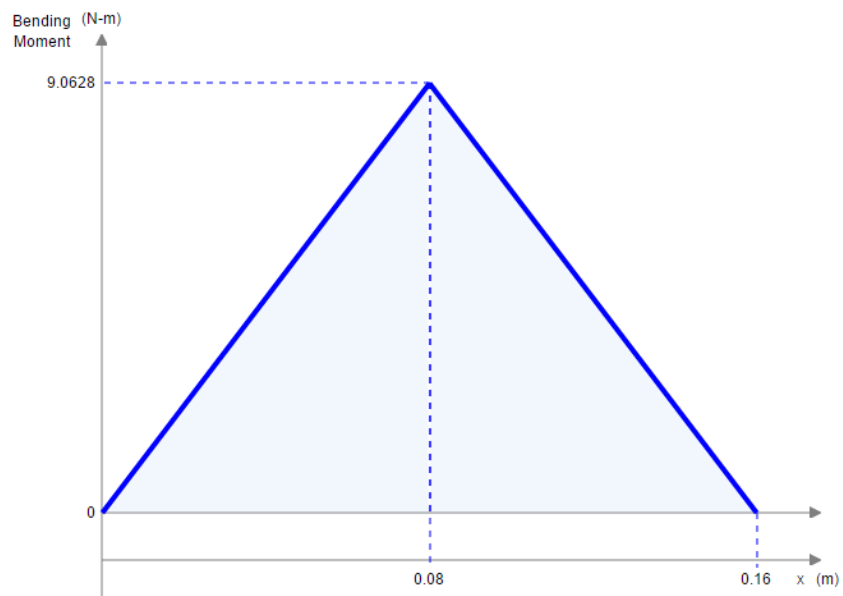
$$VAd = 11.552Kg$$

$$VCi = 11.51 Kg - 23.104 Kg$$

$$VCd = -11.51Kg$$

$$VB = -11.552Kg + 11.552Kg$$

$$VB = 0$$



**Figura 6.28:** Diagrama de momento flector

**Fuente:** El Autor



$$MA = 0$$

$$MC = MA + (0.08m)(11.552Kg)$$

$$MC = 0.92416Kg.m$$

$$MD = MC - (0.08)(11.552)$$

$$MD = 0$$

Para uso de acero estructural A36 y de tubo cuadrado.  
 $S_y=250Mpa$ .

Secciones de tubería cuadrada en el Anexo A-24.

Esfuerzo por flexión

(Ec. 6.39)

$$F_b = 0.66 * F_y$$

$$F_b = 0.66 * 250$$

$$F_b = 165 Mpa$$

Sección necesaria mínima

(Ec.6.40)

$$S = \frac{Mc}{F_b}$$

$$S = \frac{9.056 N.m}{165 Mpa}$$

$$S = 0.054 cm^3$$

La sección de tubería cuadrada escogida por facilidad constructiva es:

Tubo cuadrado (25\*25\*1.5)mm

$$S=0.97 cm^3$$

$$P= 6.36 Kg/6m$$

Verificación con el tubo seleccionado

$$RA = RB = \frac{23.104 + (0.0106 * 16)}{2}$$

$$RA = RB = 11.6368 Kg$$

$$M_{max} = 11.6368 * 0.08$$

$$M_{max} = 0.9309 \text{ Kg.m}$$

$$M_{max} = 9.1325 \text{ N.m}$$

$$S = \frac{Mc}{Fb}$$

$$S = \frac{9.1325 \text{ N.m}}{165 \text{ Mpa}}$$

$$S = 0.055 \text{ cm}^3$$

$$0.054 < 0.055 \text{ OK}$$

Factor de seguridad

(Ec. 6.41)

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

$$n = \frac{250}{165}$$

$$n = 1.51$$

Las vigas de soporte del sistema de deslizamiento y traslado de botellas, se construirán en Tubería de acero cuadrada galvanizada de (25\*25\*1.5)mm.

Garantizando soportar el peso de los componentes y la cobertura galvánica del material evitará la oxidación del material cumpliendo con las normas alimenticias.

#### **6.6.20. Análisis de las columnas estructurales**

Para este medio, la altura de las columnas será de 80 cm o 0.8m al cual se le aplicaran como carga puntual los 23.104 Kg de fuerza.

Relación de esbeltez asumida

$$\frac{K.L}{r} = 60$$

$$F_a = 17.430 \text{ Klb/in}^2$$

Según el ASD de Acero A36

Con la carga máxima que tenemos calculamos la sección transversal necesaria.

(Ec. 6.42)

$$P = Fa * A$$

$$A = \frac{P}{Fa}$$

$$A = \frac{0.0509 \text{ Klb}}{17.430}$$

$$A = 2.921_{10^{-3}} \text{ in}^2$$

Del Anexo A-24 selecciono el tubo cuadrado (25\*25\*1.5)mm

Con las propiedades:

$$A = 1.35 \text{ cm}^2$$

$$I = 1.21 \text{ cm}^4$$

Se obtiene su radio de giro de la siguiente forma:

(Ec. 6.43)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{1.21}{1.35}}$$

$$r = \sqrt{\frac{1.21}{1.35}}$$

$$r = 0.9467 \text{ cm} = 0.3727 \text{ in}$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{(1)(31.496)}{0.3727} = 84.50$$

$$Fa = 14.288 \text{ Klb/in}^2$$

Verificación con los datos obtenidos del Anexo A-24

$$P = 14.288 * 0.209$$

$$P = 2.98 \text{ Klb}$$

$$2.98 > 0.0509$$

Factor de seguridad

(Ec. 6.44)

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

$$n = \frac{36}{14.288}$$

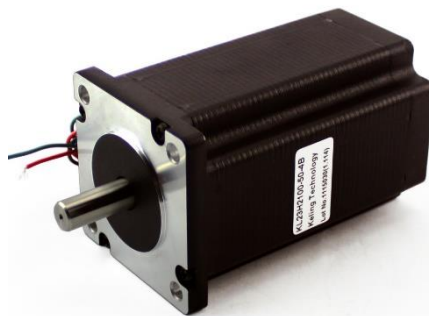
$$n = 2.519$$

Tanto para la viga de soporte como para las columnas se seleccionó tubo cuadrado de (25\*25\*1.5) mm, que soporta las cargas aplicadas con el sistema y con un factor de seguridad que es mayor a la unidad.

### **6.6.21. Control de los elementos sistema de transporte y deslizamiento de botellas**

#### **6.6.21.1. Motor a pasos a usar en el sistema (KL23H2100-50-4B)**

Las especificaciones necesarias así como diagramas de conexión se encuentran en el Anexo B-1.

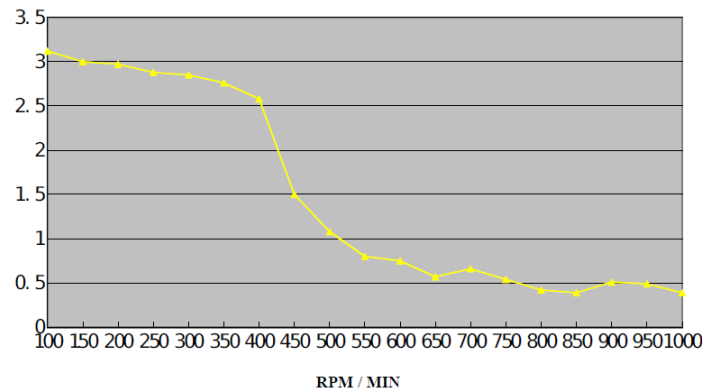


**Figura 6.29:** Motor a pasos

**Fuente:** El Autor

### 6.6.21.2. Cantidad de energía usada para el movimiento del motor

KL23H2100-50-4B Test Report



**Figura 6.30:** Diagrama Consumo eléctrico vs velocidad de rotación

**Fuente:** Saint Mart Stepper motor productor

El motor no sobrepasará una velocidad de 100 rpm así que bajo el cuadro del fabricante, la corriente de suministro debe de ser de 3 amperios o más para suplir el consumo energético y su buen funcionamiento.

### 6.6.21.3. Driver de manejo motor a pasos (ST-M5045)



**Figura 6.31:** Driver motor a pasos

**Fuente:** Saint Mart

Características:

El suministro de voltaje debe de ser entre: 24V~50V

La salida de corriente esta entre: 1~4.5A

Los micro pasos que puede manejar va a variar entre 2,4,8,16,32,64,128,256, 5, 10, 25, 50, 125, 250

Protección incluida: Protección a sobrecalentamiento, bajo voltaje, sobre voltaje.

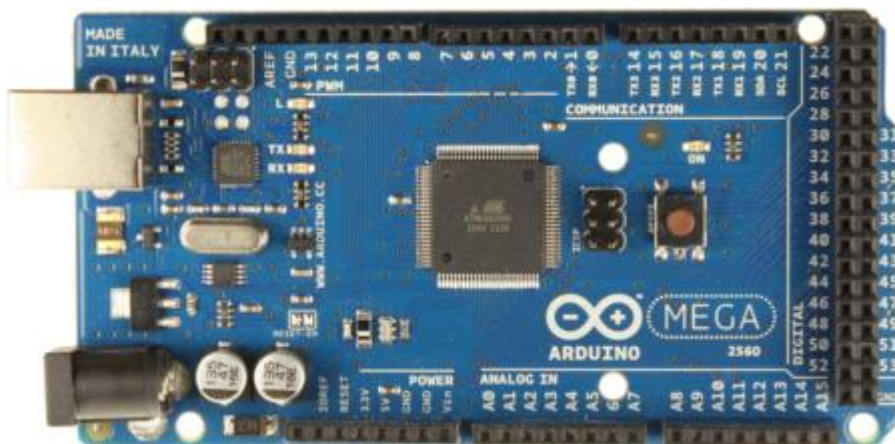
La frecuencia de pulsos no debe de sobrepasar 300KHZ.

Dimensiones: 120mm\*92mm\*33mm

Peso <280g.

Ambiente de trabajo: Temperatura 15~40°C con humedad <90%.

#### 6.6.21.4. Control de señal de pulsos (ARDUINO Mega 2560)

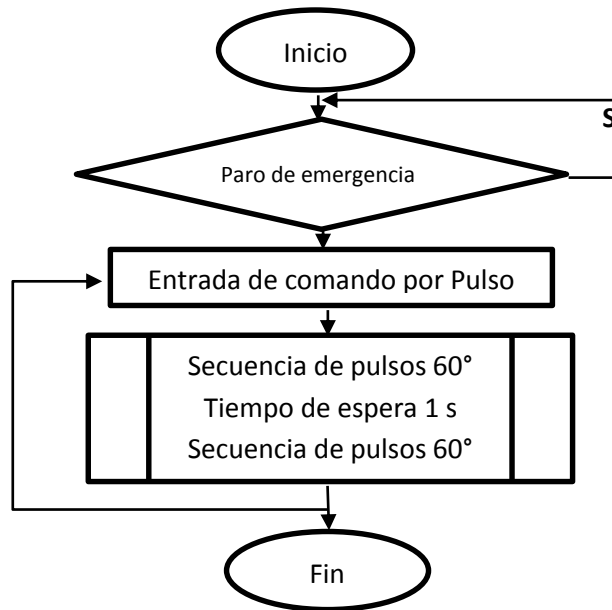


**Figura 6.32:** ARDUINO MEGA

**Fuente:** El Autor

Este componente almacenará y proporcionará de la secuencia de comando para el funcionamiento semiautomático del control de motor a pasos, proveyendo de una forma semi-aislada de control desde la máquina principal que es la embotelladora.

### 6.6.21.5. Diagrama de función de ARDUINO



**Figura 6.33:** Diagrama de función de ARDUINO

**Fuente:** El Autor

### 6.6.21.6. Consideraciones de programación ARDUINO

El código fuente de programación se encuentra en el Anexo B-2.

Este programa se rige en base a las siguientes características:

Para que el motor a pasos gire sesenta grados, el controlador debe enviar una secuencia de pulsos igual a 533.

El tiempo en el cual se debe enviar esa cantidad cada pulso es 1.85 milisegundos; dando así un resultante de giro de 60° por cada segundo.

El programa debe enviar el ciclo 2 veces con un retraso entre intervalo de 1 segundo.

Después de transcurrido 10 giros completos del eje del motor a pasos; que comprende 30 ciclos de llenado en el sistema de pocisonamiento; se pierde un grado de giro debido a que la cuenta del microstepping no es exacta para el giro de sesenta grados.

### 6.6.22. Funcionamiento del sistema de posicionamiento

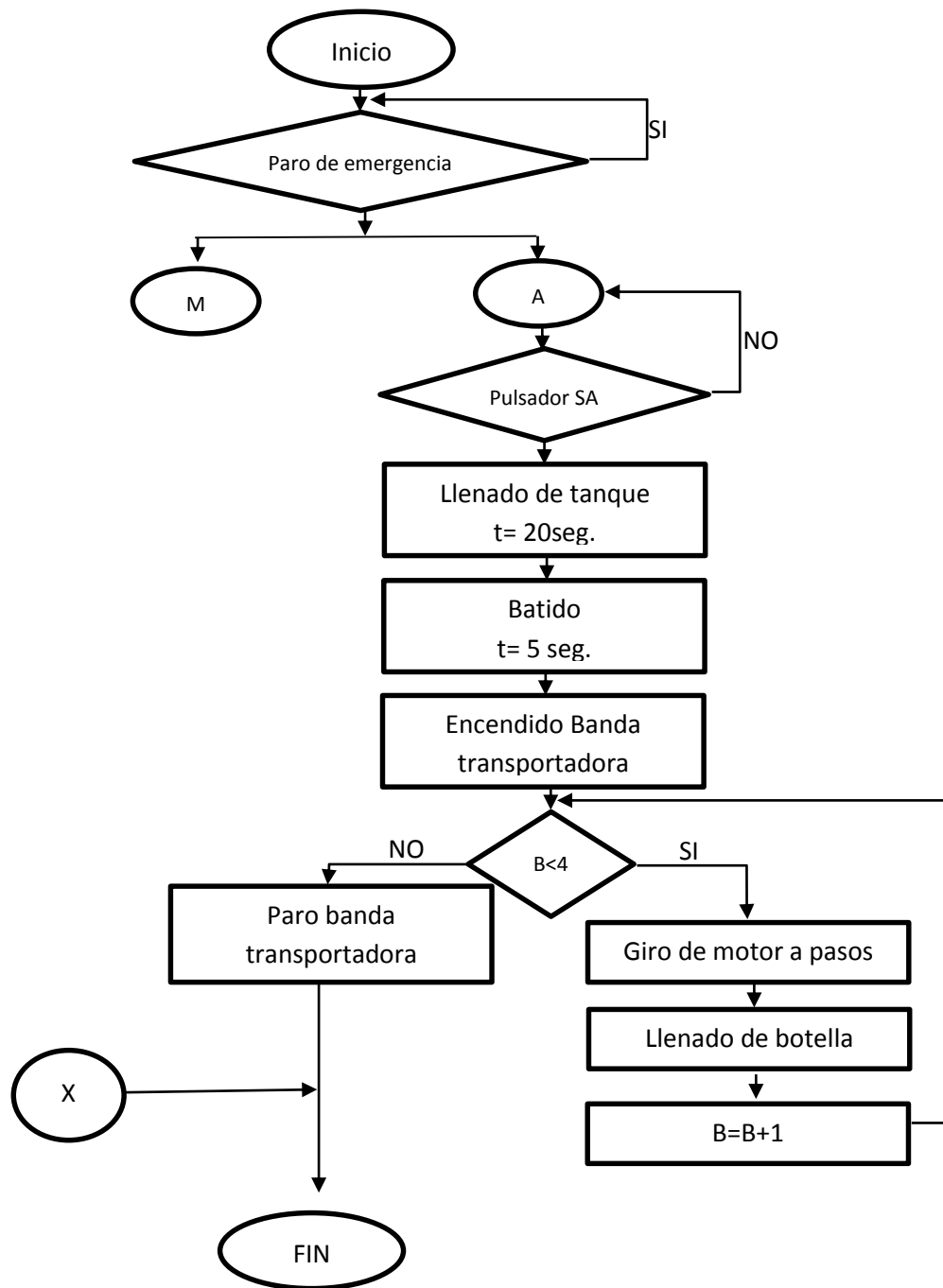
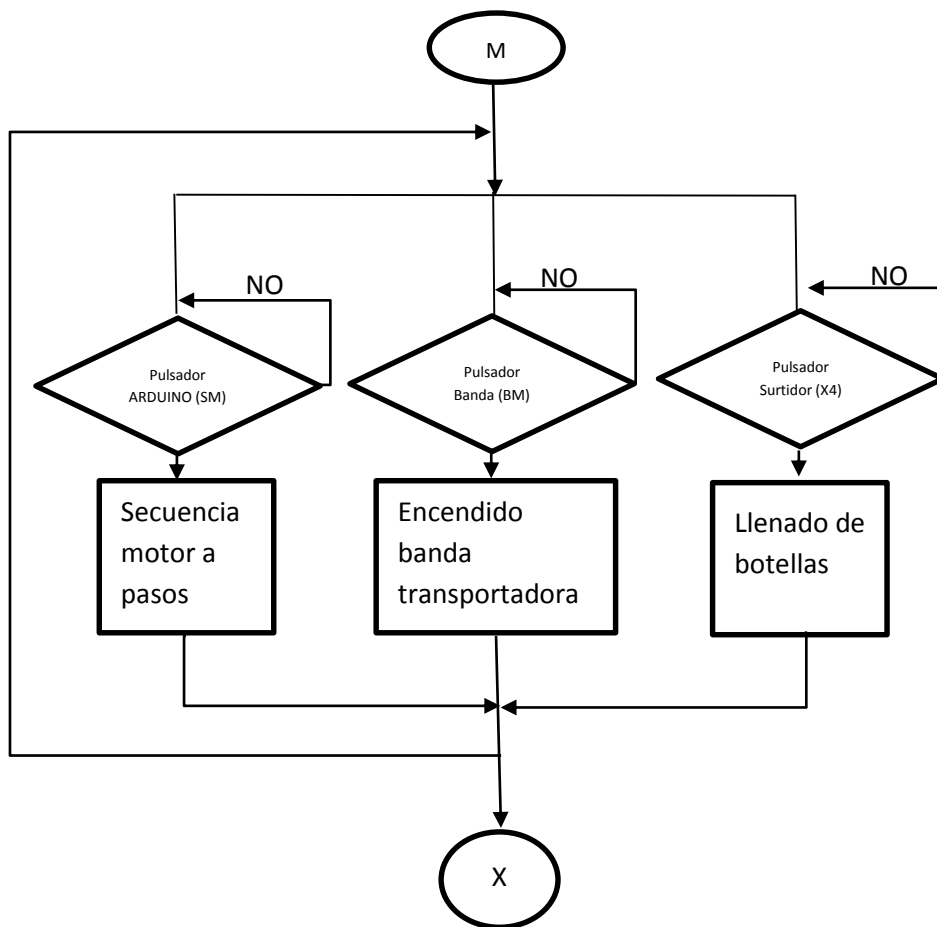


Figura 6.34a: Diagrama de flujo sistema de posicionamiento

Fuente: El Autor





**Figura 6.34b:** Diagrama de flujo sistema de posicionamiento

**Fuente:** El Autor

### 6.6.23. Diagrama de control

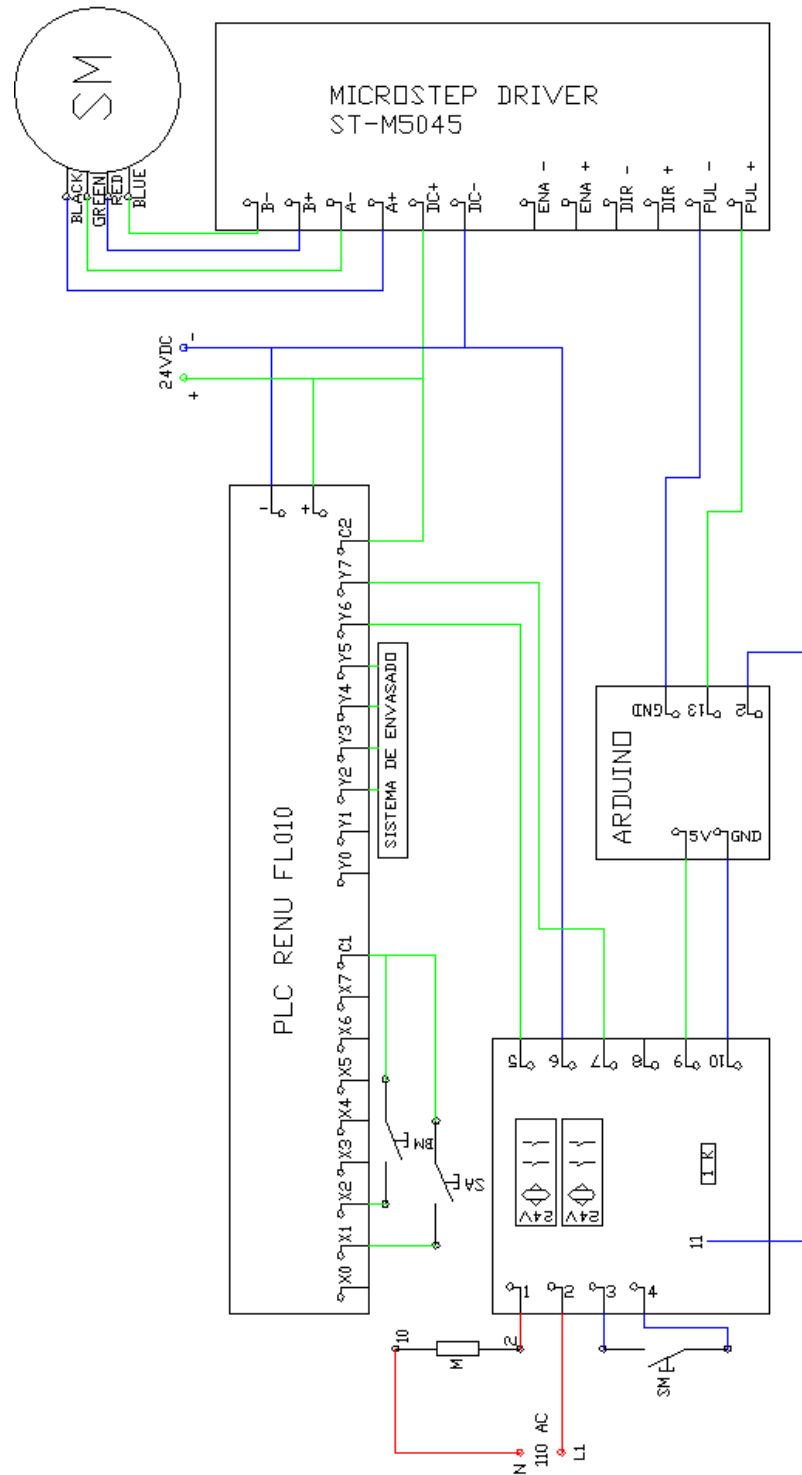
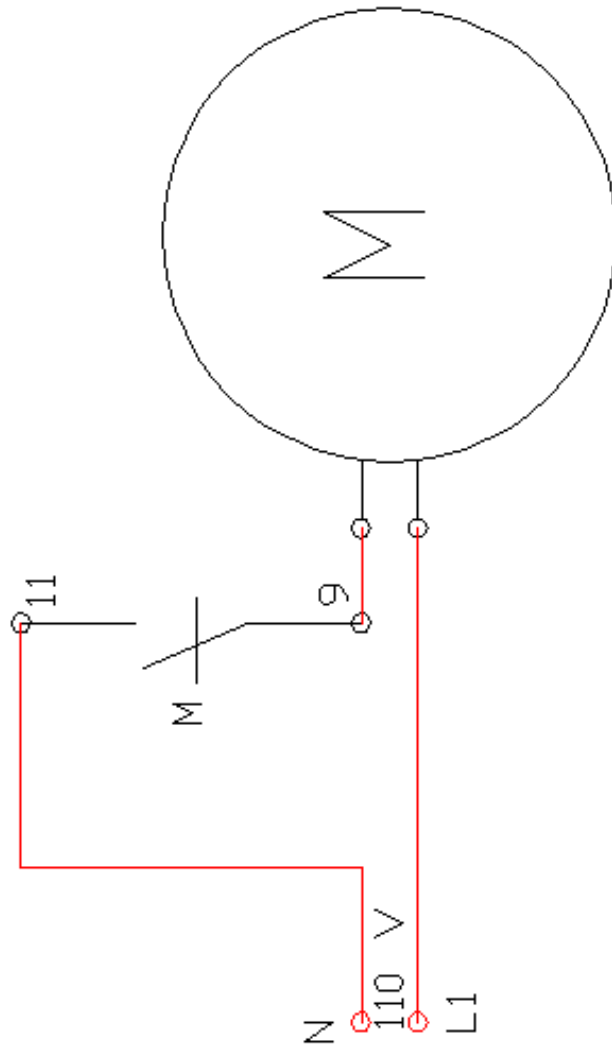


Figura 6.35: Diagrama de Control

Fuente: El Autor

### 6.6.24. Diagrama de potencia

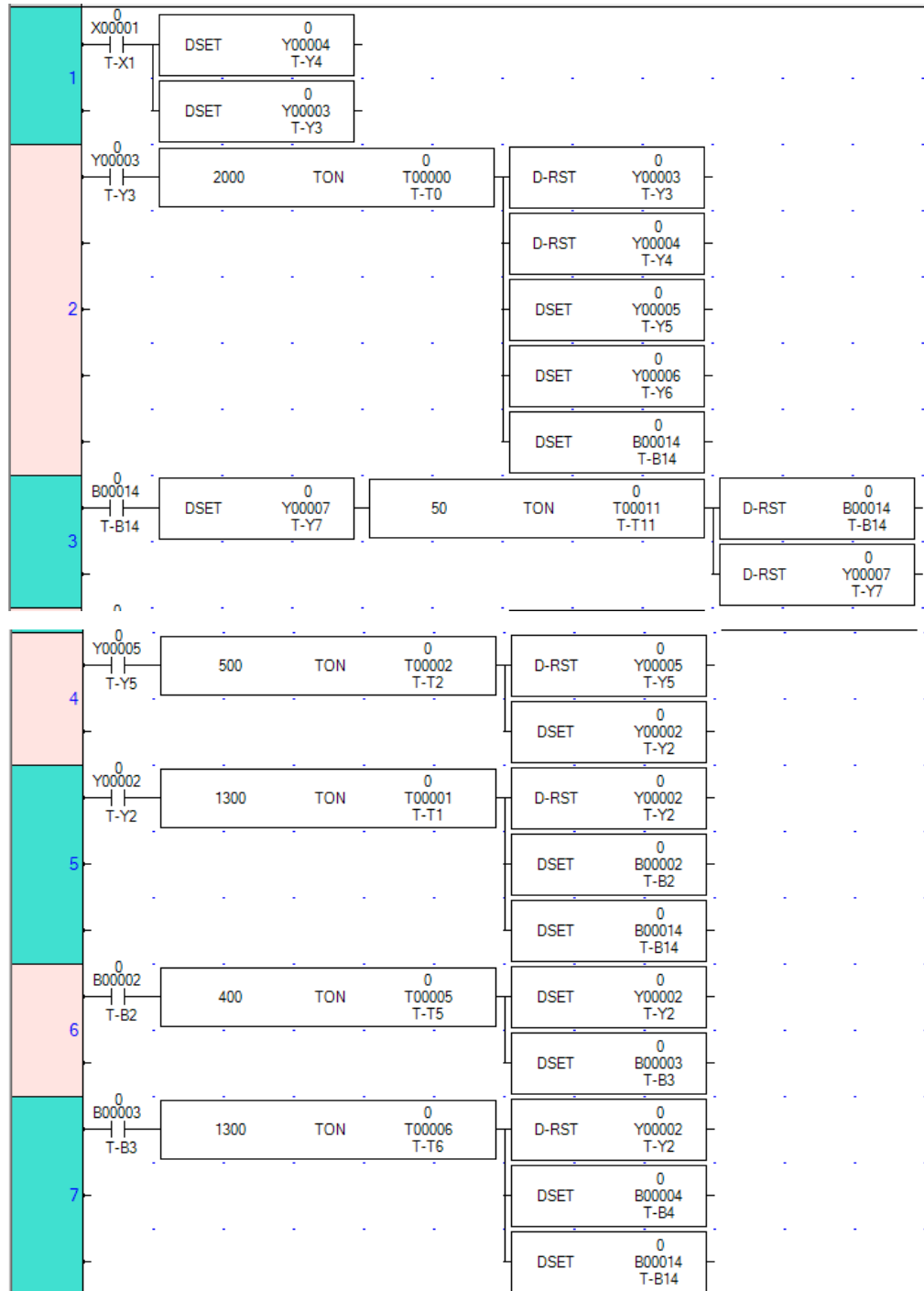


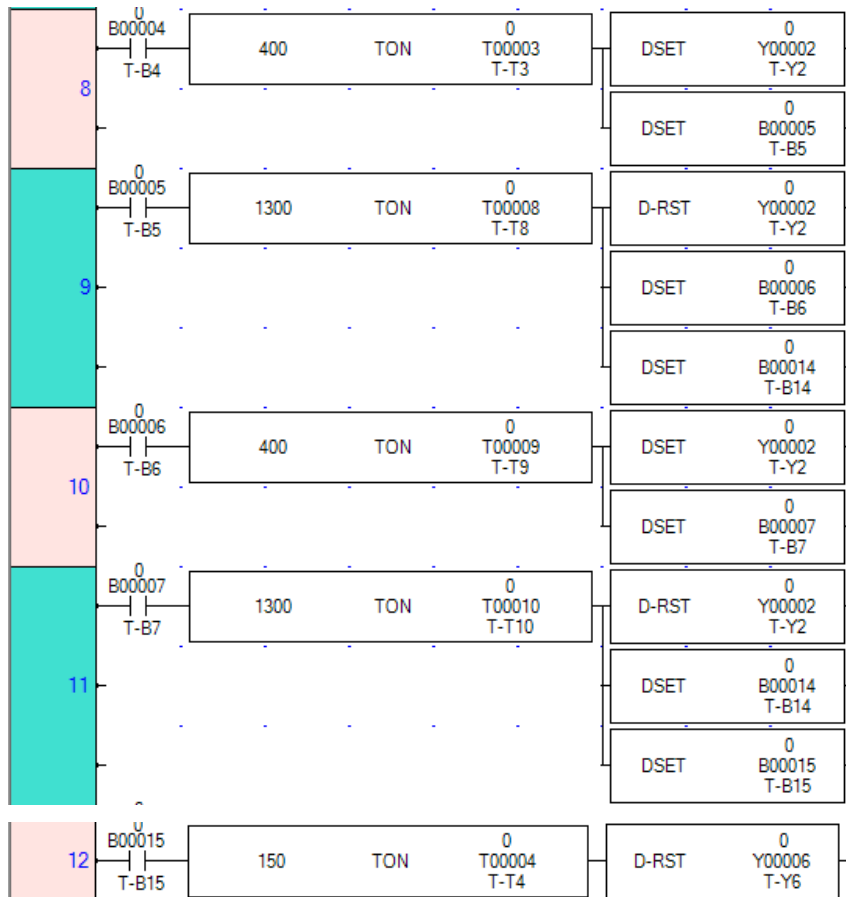
**Figura 6.36:** Diagrama de potencia

**Fuente:** El Autor

### 6.6.25. Programación en el PLC

Basado en la programación de la tesis de Fabián Medina y modificada por el autor, se presenta el diagrama de bloques que controla el sistema de posicionamiento.





### 6.6.25. Tabla de producción del proceso de envasado

Con el sistema de posicionamiento de botellas, el tiempo de espera se redujo; de 6 segundos en el proceso manual a 3 segundos en el proceso automático, permitiendo que el tiempo de proceso en general disminuyera.

**Tabla 6.1:** Determinación de producción del proceso de envasado

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Ficha de obtención de datos de producción						
Laboratorio de Control Industrial						
Eduardo Pazmiño (Autor)						
N°	Volumen cc/ botella	Tiempos (minutos)				Producción Total
		Ingreso de líquidos	Llenado	Intercambio de botellas	Total del proceso	
1	500	4.63	0.1483	0.05	8.20	36
2	500	4.69	0.1483	0.05	8.26	36
3	500	4.65	0.1483	0.05	8.22	36
4	500	4.65	0.1483	0.05	8.22	36
5	500	4.67	0.1483	0.05	8.24	36
6	500	4.69	0.1483	0.05	8.26	36
7	500	4.63	0.1483	0.05	8.20	36
8	500	4.65	0.1483	0.05	8.22	36
9	500	4.63	0.1483	0.05	8.20	36
10	500	4.67	0.1483	0.05	8.24	36

**Fuente:** El Autor

La producción actual con un tiempo de espera de 3 segundos genera una producción de 262 botellas por hora.

El incremento en producción es del 9.54%.

### 6.7. Metodología

La metodología que se utilizó en el desarrollo de la investigación fue:

- Investigación preliminar
- Recolección de datos para el cálculo
- Cálculo y diseño de partes y piezas

- Selección del sistema óptimo de rotación
- Realización de planos
- Construcción del sistema de posicionamiento de botellas
- Pruebas aisladas del sistema de rotación
- Ensamblaje del sistema completo
- Conexión del sistema de control
- Adaptación al sistema de mezclado y envasado
- Pruebas y correcciones en el funcionamiento del sistema

## 6.8. Administración

En este apartado están descritos los costos que han intervenido a lo largo del estudio del sistema de posicionamiento de botellas.

### 6.8.1. Costo de materiales

Aquí se enlistan los materiales que fueron usados para la construcción del sistema, ya que han sido adquiridos por el investigador en su totalidad.

**Tabla 6.2:** Costo de materiales

N°	Descripción	Cantidad	Costo (\$)
1	Tubo estructural cuadrado (25*25*2) mm galvanizado	9.7 metros	70
2	Plancha de acero negro A36	(45*45) cm * ¼ de pulgada de espesor	38
3	Recubrimiento en cromo de la plancha de acero negro maquinada	1	20
4	Plancha de acero A36	(1.5*0.5)metros * 3mm de espesor	40
5	Eje de acero 1020 (1/2)in	50 cm	9.50
6	Eje de acero 1020 (3/4)in	25 cm	5.80
7	Tubo acero galvanizado (70*3)mm	50 cm	7.25
8	Electrodos AGA 6011	1 Kg	16.50
9	Plancha de acero inoxidable 304	(50*50*1)mm	10

10	Eje de acero inoxidable 304 (1/4)in	2m	19
11	Banda transportadora poliuretano	(2,6*0.12*0.003)m	75
12	Chumaceras (1/2) in	4	24
13	Chumaceras (3/4)in	2	14,5
14	Polea 2 pulgadas	1	2,25
15	Polea 4 pulgadas	1	3,8
16	Pernos acero inoxidable (12)mm	32	19.90
17	Tuercas acero inoxidable (12)mm	32	12.50
18	Eje Acero A36 (2)in	10 cm	5,46
19	Plancha de Nylon	(50*50*1.2)cm	57
20	Pernos M3	10	2.90
21	Pernos avellanados (1/4)in	4	2.80
22	Prisioneros	9	4.15
23	Motor reductor	1	400
24	Banda Tipo A-26	1	5
25	Pulsado NA	1	2
26	Relé 110V	1	8
27	Circuito electrónico de potencia	1	15.60
28	Tomacorriente	1	3,25
29	Adaptador 110-5v	1	12,50
30	ARDUINO mega	1	65
31	Motor a pasos	1	75
32	Driver motor a pasos	1	80
33	Caja eléctrica	1	28
34	Cable N° 16	20 m	7.80
35	Cable UTP	2 m	2
36	Canaleta eléctrica	2	4.8
37	Pintura	2 litros	15
Subtotal			1174.25

**Fuente:** El Autor



**Tabla 6.3:** Costo de suministros

Suministros			
N°	Descripción	Cantidad	Costos \$
1	Taller mecánico	1	130
2	500 Hojas Formato A4	2	10
3	Internet	30 horas	27
4	Impresiones	900	45
5	Discos impresos	3	18
6	Anillado	3	7,5
7	Empastado	3	60
Subtotal			297.50

**Fuente:** El Autor

### 6.8.2. Costo total de la inversión

**Tabla 6.4:** Costo total de la inversión

Descripción	Subtotales (\$)
Materiales	1174.25
Suministros	297.50
Total	1471.75

**Fuente:** El Autor

### 6.8.3. Financiamiento

El costo de los costos citados ha sido cubierto en su totalidad por el investigador

## 6.9. Conclusiones del capítulo

- El sistema de posicionamiento de botellas cumple con la función de reducir al mínimo el tiempo ocupado para el intercambio de botellas.
- Comparado con la producción esperada calculada en el capítulo 4, se verifica que la producción aumenta en 9.5% exactamente.
- El sistema de posicionamiento evita la intervención directa del operador sobre las botellas en medio del proceso de llenado.

### **6.10. Previsión de la evaluación**

Para proveer de un sistema de control conjunto del sistema de envasado, se debería añadir el sistema de posicionamiento a un servidor OPC.

El sistema de posicionamiento debería de formar parte de un sistema SCADA, controlado el sistema general de envasado.

Los dosificadores deberían de incrementarse a un total de cuatro y la geometría de su soporte modificarse para acoplarse a la cruz giratoria que puede soportar con facilidad un sistema de 4 entradas.

El sistema de control de calidad debería de acoplarse al sistema de posicionamiento y llenado para disminuir el recorrido de las botellas a lo largo del proceso para agilizarlo.

La distribución de los elementos que componen el sistema de llenado debería de mejorarse para dar una mejor presentación al sistema, además de ahorrar un poco más de espacio.

## 7. Bibliografía

- Amé, R. M. (2011). *Mecánica aplicada al Diseño de los elementos de máquinas*. Argentina: Nobuko.
- Boltom, W. (2010). *Sistemas de Control electrónico de la Ingeniería Mecánica y Eléctrica*. México: Alfaomega.
- Botteri, C., Gandlfi, G., & Iglesias, L. (2010). *ING. UNPL.edu.ar*. Obtenido de [http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Motores\\_Paso\\_a\\_Paso.pdf](http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Motores_Paso_a_Paso.pdf)
- BRUNNSEN. (2005). *BRUNNSEN.com.mx*. Obtenido de BRUNNSEN de Occidente, S.A de C.V: <http://www.comercioindustrial.net/productos.php?id=btrans&mt=bandas>
- Carrizosa Segura, L. G. (2000). *Introducción a los mecanismos*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Cordona Munera, S. (2009). *Elemento de máquinas II*. Argentina: El Cid Editor.
- Daneri, P. A. (2008). *PLC. Automatización y Control Industrial*. Buenos Aires: HASA.
- ECURED. (10 de Noviembre de 2011). *Ecured.cu*. Obtenido de [http://www.ecured.cu/index.php/Mantenimiento\\_eléctrico](http://www.ecured.cu/index.php/Mantenimiento_eléctrico)
- Electric, J. (2012). *Johnson Electric Innovating Motion*. Obtenido de <http://www.johnsonelectric.com/es/resources-for-engineers/motors/basics-of-motors/stepper-motor-overview.html>
- Escalera, Manuel; Rodríguez, Antonio. (Marzo de 2013). *Asociación de la Industria Eléctrica Electrónica Chile*. Obtenido de <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>
- Lewis, P. H., & Yang, C. (1999). *Sistemas de control en Ingeniería*. Madrid: Prentice Hall.
- Ministerio de Salud Publica. (4 de Noviembre de 2002). *Universidad Politécnica Salesiana Ecuador*. Obtenido de [cilec.ups.edu.ec](http://cilec.ups.edu.ec):

[http://cilec.ups.edu.ec/documents/4578433/4594388/REGLAMENTO\\_DE\\_BUENAS\\_PRACTICAS\\_DE\\_MANUFACTURA\\_PARA\\_ALIMENTOS\\_+PROCESADOS-1.pdf](http://cilec.ups.edu.ec/documents/4578433/4594388/REGLAMENTO_DE_BUENAS_PRACTICAS_DE_MANUFACTURA_PARA_ALIMENTOS_+PROCESADOS-1.pdf)

Moreno, E. G. (2000). *Automatización de procesos industriales*. Argentina: Centro de Formación de Posgrado.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.

Myszka, D. H. (2012). *Máquinas y mecanismos*. México: Pearson Educación.

Ogata, K. (2003). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid: Pearson.

Palacios, M., & Cándido, M. e. (1998). *Análisis y Síntesis de Mecanismos. Tomo II*. Mexico: Instituto Politécnico Nacional.

Piñero, B. (06 de 06 de 2012). *Centro de Experimentación e Investigación en Artes Eléctricas*. Obtenido de BADARTE:

<http://www.ceiarteuntref.edu.ar/badarte/node/89>

Prieto, P. (8 de Octubre de 2007). *Ministerio de Educación Cultura y Deporte*.

Obtenido de Observatorio Tecnológico:

<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>

Quiroga, J. T. (3 de Noviembre de 2011). *CONALEP*. Obtenido de Mantenimiento de Sistemas Neumáticos: <http://zonaemec.files.wordpress.com/2011/11/3-mantenimiento-de-actuadores.pdf>

Riba, C. (2006). *Diseño Concurrente*. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.

SANYO. (6 de Octubre de 2014). *VARITEL*. Obtenido de VARITEL.COM: [www.varitel.com](http://www.varitel.com)

SKF. (24 de Febrero de 2013). *SKF*. Obtenido de

<http://www.skf.com/mx/services/remanufacturing-services/driveline-services/gearbox-maintenance-operations/index.html>

Viadana, R. M. (2004). *Ingeniería de Control: Analógica y digital*. México: McGraw Hill.

Villardel, E. N. (Julio de 2014). Obtenido de FIDESTEC:

<http://fidestec.com/blog/sensores-fotoelectricos-industriales-fotocelulas/>

## Anexos

### A-1 Coeficientes de rozamiento entre sustancias

Coeficientes de rozamiento de algunas sustancias		
Materiales en contacto	$\mu_e$	$\mu_d$
Articulaciones humanas	0,02	0,003
Acero // Hielo	0,03	0,02
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Esquí (encerado) // Nieve (0°C)	0,1	0,05
Acero // Acero	0,15	0,09
Vidrio // Madera	0,2	0,25
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Madera // Cuero	0,5	0,4
Acero // Latón	0,5	0,4
Madera // Madera	0,7	0,4
Madera // Piedra	0,7	0,3
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Caucho // Cemento (seco)	1	0,8
Cobre // Hierro (fundido)	1,1	0,3

### A-2 Catalogo de selección de motor a pasos

[WWW.VARITEL.COM](http://WWW.VARITEL.COM)

STANDARD MOTORS	HOLDING TORQUE (Ncm.)	TECHNICAL DATA (page)	SPEED / TORQUE CURVES (page)
<b>SIZE 1.7"</b>			
103-546-55500	12,5	3	–
103-546-5342	19	3	13
103-547-52500	25	3	13
<b>SIZE 2.2"</b>			
103-770-6	62	4	13
103-770-1640	62	4	13
103-G770-2241	60	4	13
103-714-0150	109	5	13 - 14
<b>SIZE 3.4"</b>			
103-807-6241	170	6	14
103-807-6341	170	6	14
103-810-6	275	7	14
103-814-6541	345	7	14
103-845-6741	510	8	15
103-845-67S1	510	9	–
103-845-67S41	510	10	–
<b>SIZE 4.2"</b>			
103-8932-6451	1330	11	15-16
103-8960-6551	2060	11	16

### A-3 Valores de coeficiente C

Ubicación	Distancia entre tambores (m)					
	50	100	200	300	400	500
C en superficie	2,1	1,8	1,4	1,21	1,18	1,1
C en interior	3,8	3,2	2,6	2,2	1,9	1,8

### A- 4 Potencia suplementaria en función al ancho de banda

Ancho de banda B (mm)	Potencia suplementaria Ns (HP)
≤ 500	1.v
≤ 1000	2.v

### A- 5 Circunferencias interiores bandas clase V

**Tabla 17-10**

Circunferencias interiores de bandas en V estándar

Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

### A-6 Dimensiones de conversión de longitud

**Tabla 17-11**

Dimensiones de conversión de longitud. (Sume la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas)

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

## A-7 Factor de corrección

**Tabla 17-13**

Factor de corrección del ángulo de contacto  $K_1$  para transmisiones de banda plana VV\* y en V

$\frac{D-d}{C}$	$\theta$ , grados	VV	$K_1$ Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

\*Un ajuste de curva de la columna VV en términos de  $\theta$  es  
 $K_1 = 0.143\ 543 + 0.007\ 46\ 8\ \theta - 0.000\ 015\ 052\ \theta^2$   
 en el intervalo de  $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ .

## A-8 Factor de corrección de longitud

**Tabla 17-14**

Factor de corrección de longitud de banda  $K_2$ \*

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

\*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

## A-9 Potencias nominales de bandas en V

**Tabla 17-12**

Potencias nominales de bandas en V 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	20.7	
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	39.1

## A-10 Factor de servicio K<sub>s</sub>

**Tabla 17-15**

Factores de servicio sugeridos K<sub>s</sub> para transmisiones de banda en V

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8



## A-11 Parámetros de bandas en V

**Tabla 17-16**

Algunos parámetros de bandas en V\*

Sección de la banda	$K_b$	$K_c$
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	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

\*Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Colo.

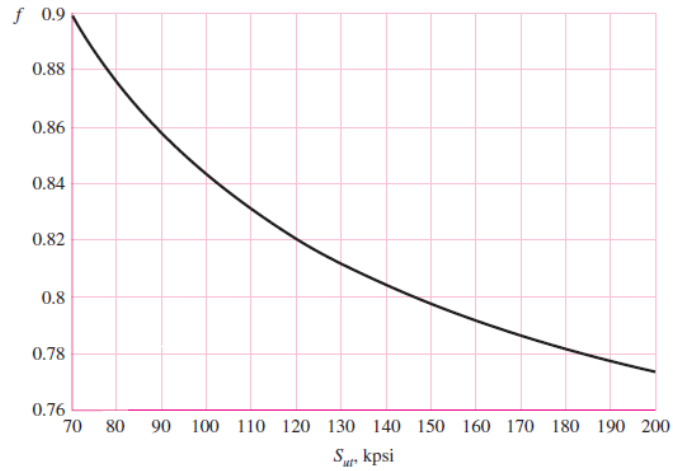
## A-12a Propiedades físicas de Acero AISI 10-20

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	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

## A-12b Fracción de resistencia a la Fatiga

**Figura 6-18**

Fracción de resistencia a la fatiga,  $f$ , de  $S_{ut}$  a los  $10^3$  ciclos para  $S_e = S'_e = 0.5S_{ut}$ .



## A-13 Parámetros de condición superficial

**Tabla 6-2**

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{ut}$ , kpsi	$S_{ut}$ , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado 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

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3, núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horger (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

## A-14 Factor de carga $K_c$

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

## A-15 Factor de temperatura Kd

**Tabla 6-4**

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero. \* ( $S_T$  = resistencia a la tensión a la temperatura de operación;  $S_{RT}$  = resistencia a la tensión a temperatura ambiente;  $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$ )

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 de datos: figura 2-9.

## A-16 Factor de confiabilidad Ke

**Tabla 6-5**

Factores de confiabilidad  $k_s$  correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_s$	Factor de confiabilidad $k_s$
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

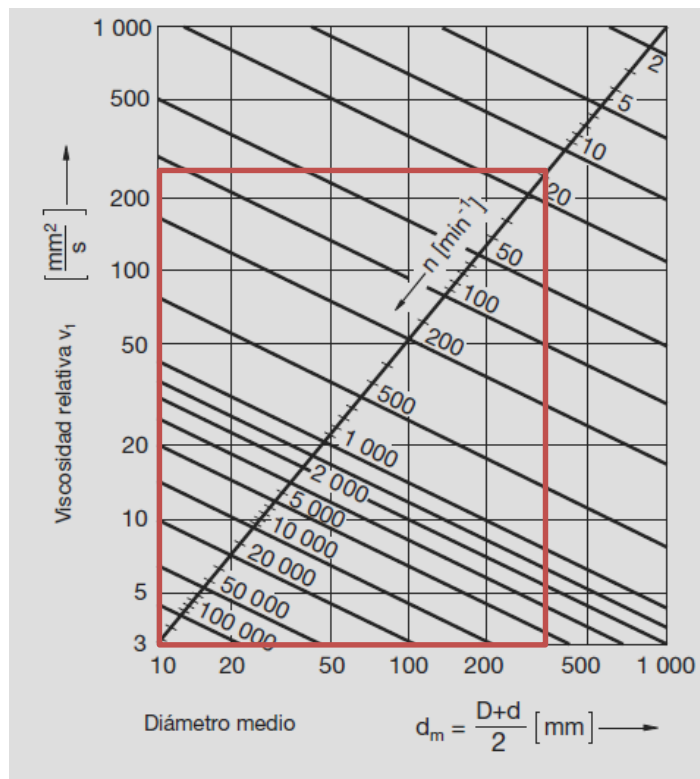
## A-17 Factor de probabilidad de falla a1

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

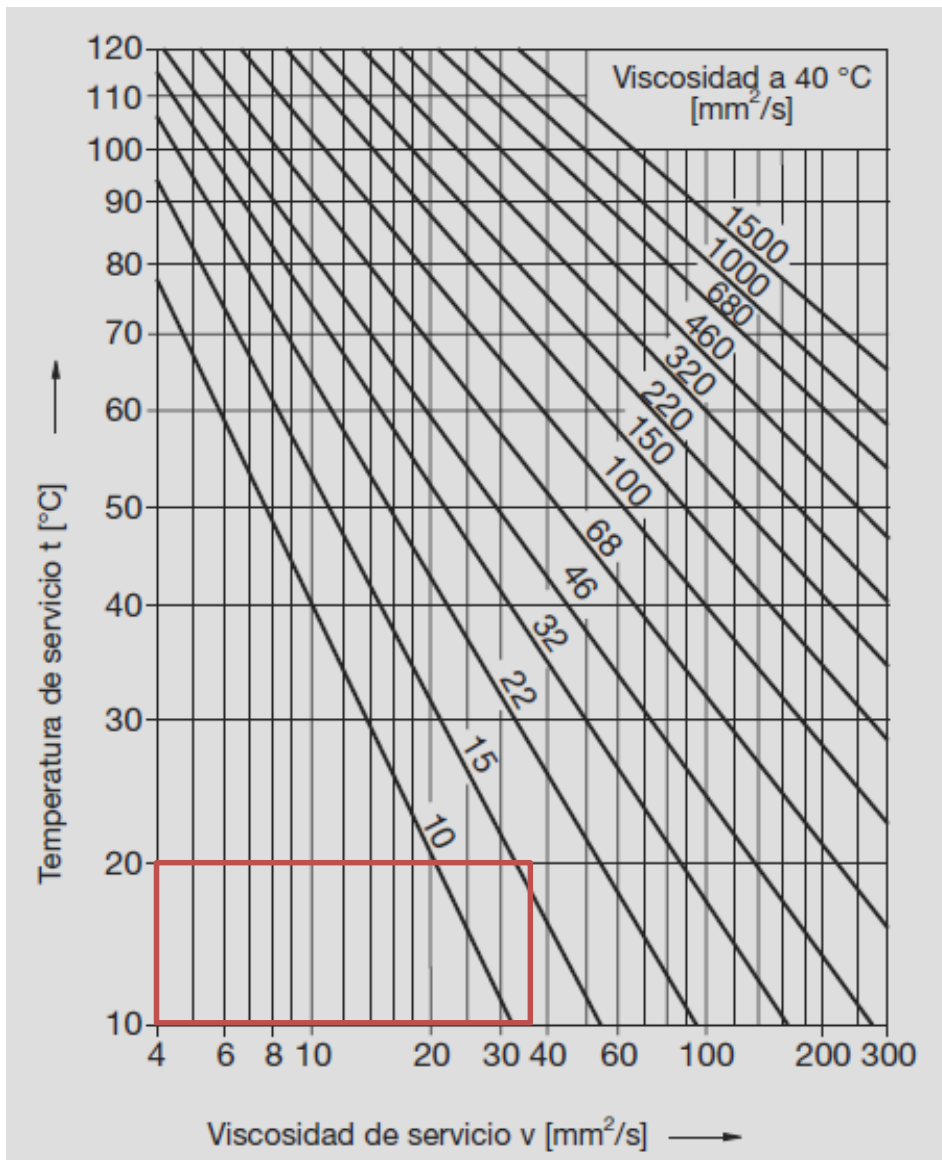
### A-18 Rodamientos de bolas dimensiones en pulgadas (FAG)

Eje	Dimensiones										Capacidad de carga		Denominación abreviada Rodamiento con dispositivo de seguridad FAG	Peso ≈ kg
	d	D	C	B	B <sub>1</sub>	d <sub>1 max</sub>	B <sub>2</sub>	E	G <sub>s</sub>	SW	din. C	estát. C <sub>0</sub>		
mm in	mm										kN			
12	12	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203/12	0,13
1/2	12,7	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203.008	0,128
9/16	14,288	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203.009	0,123
15	15	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203/15	0,12
5/8	15,875	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203.010	0,117
17	17	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203	0,1
	17	40	12	12							9,5	4,75	76203.2RSR	0,064
11/16	17,463	40	12	19,1	28,6	28,6	13,5	6,5	M6x0,75	3	9,5	4,75	16203.011	0,091

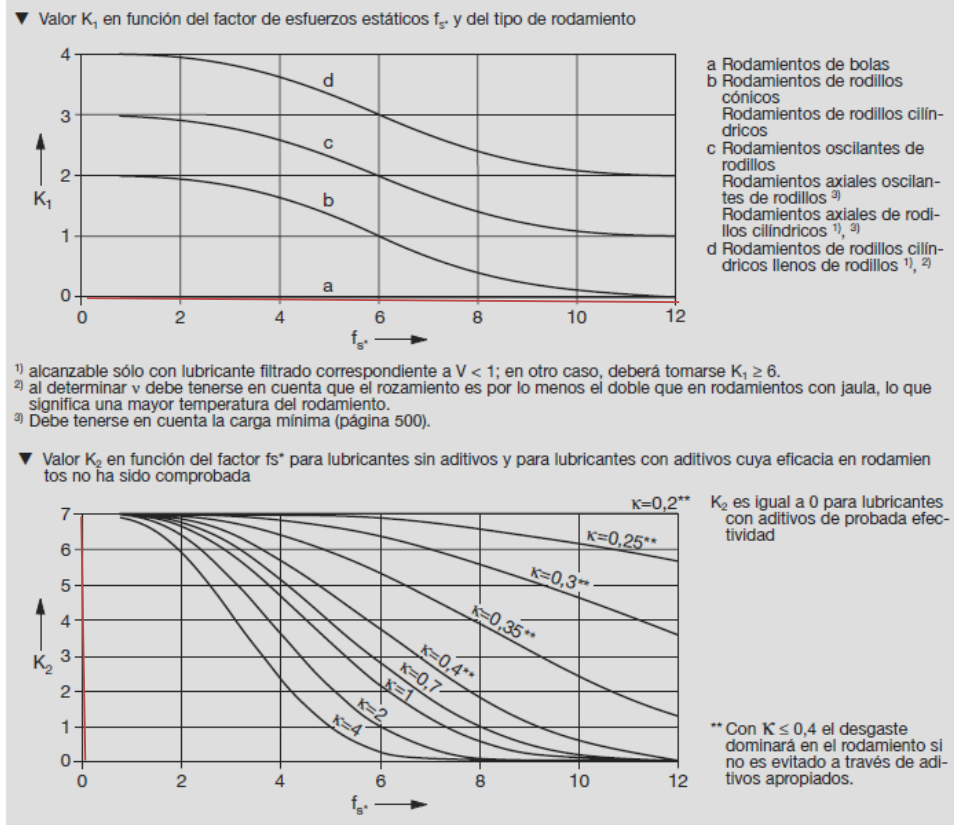
### A-19 Viscosidad relativa V1



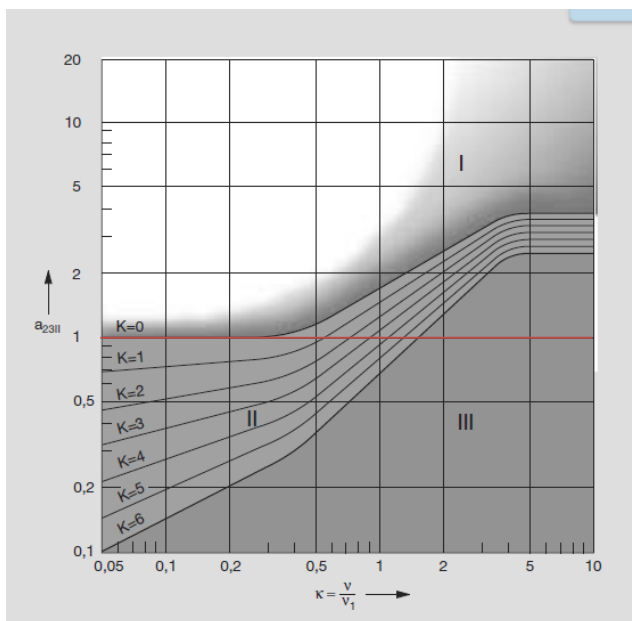
## A-20 Viscosidad de servicio V



## A-21 Valores de factores K1 y K2

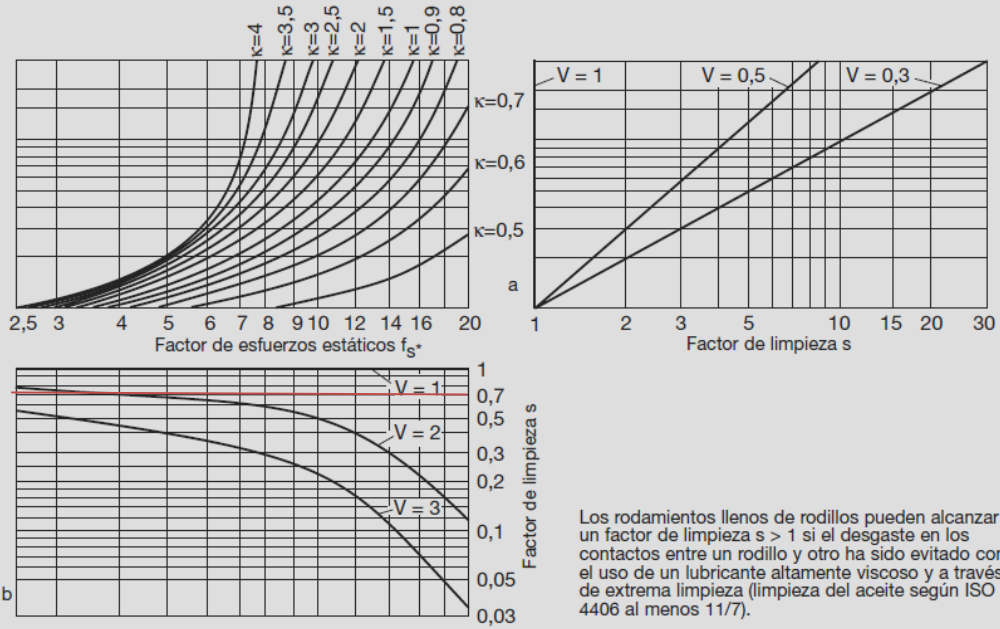


## A-22 Factor básico A23II



## A-23 Factor de limpieza s

- ▼ Diagrama para determinar el factor de limpieza s  
 a Diagrama para elevada limpieza ( $V = 0,5$ ) hasta máxima limpieza ( $V = 0,3$ )  
 b Diagrama para un lubricante moderadamente contaminado ( $V = 2$ ) y un lubricante severamente contaminado ( $V = 3$ )



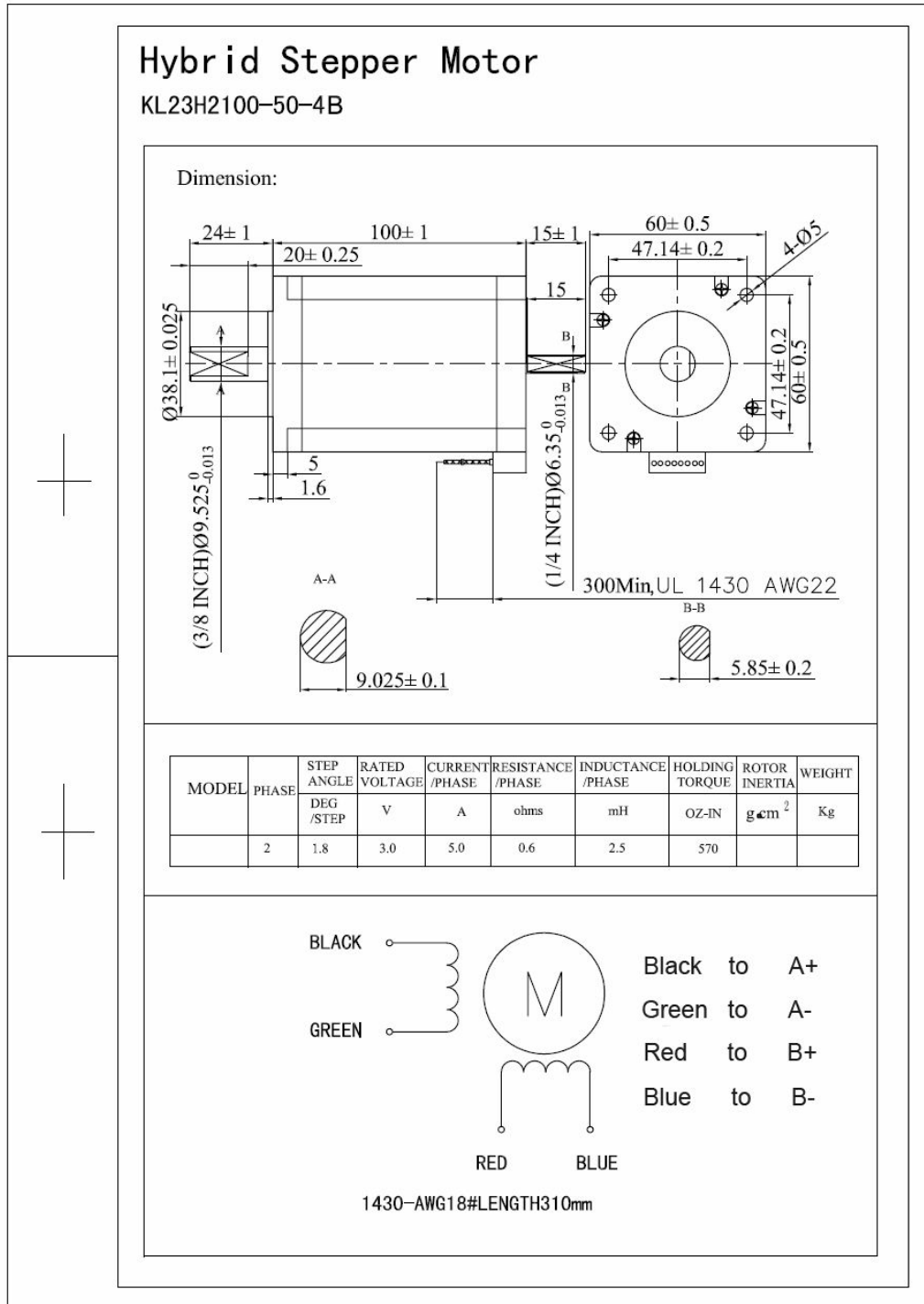
A-24 Secciones de tubería de acero comercial (IPAC)

DIMENSIONES			PESO	AREA	PROPIEDADES			
Designación	B	e	P	A	EJES X-X e Y-Y			
Plg	mm	mm	Kg/6m	cm <sup>2</sup>	I	W	i	
3/4	20	1.5	4.98	1.05	0.58	0.58	0.74	
		2.0	6.30	1.34	0.69	0.69	0.72	
1	25	1.5	6.36	1.35	1.21	0.97	0.95	
		2.0	8.16	1.74	1.48	1.18	0.92	
1 1/4	30	1.5	7.80	1.65	2.19	1.47	1.15	
		2.0	10.08	2.14	2.71	1.81	1.12	
1 1/2	40	1.5	10.62	2.25	5.48	2.74	1.56	
		2.0	13.86	2.94	6.92	3.46	1.53	
		3.0	19.80	4.21	9.28	4.64	1.48	
2	50	1.5	13.44	2.85	11.06	4.42	1.97	
		2.0	17.58	3.74	14.13	5.65	1.94	
		3.0	25.50	5.41	19.40	7.76	1.89	
2 3/8	60	1.5	16.26	3.74	18.68	6.22	2.23	
		2.0	22.44	4.54	25.12	8.37	2.35	
		3.0	33.30	6.61	35.06	11.69	2.30	
3	75	2.0	27.00	5.74	50.47	13.46	2.97	Nuevo!
		3.0	39.60	8.41	71.54	19.08	2.92	
		4.0	51.54	10.95	89.98	24.00	2.87	
4	100	2.0	36.42	7.74	122.99	24.60	3.99	Nuevo!
		3.0	53.76	11.41	176.95	35.39	3.94	
		4.0	70.38	14.95	226.09	45.22	3.89	



Anexo: Partes de control

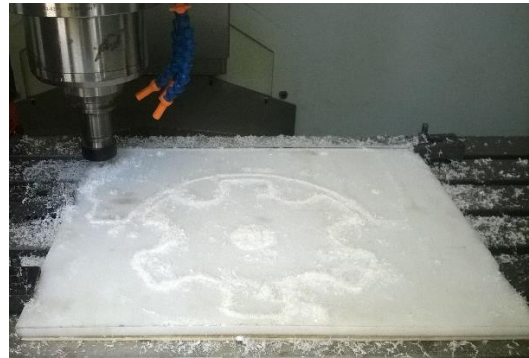
B-1 Motor a pasos (KL23H2100-50-4B)

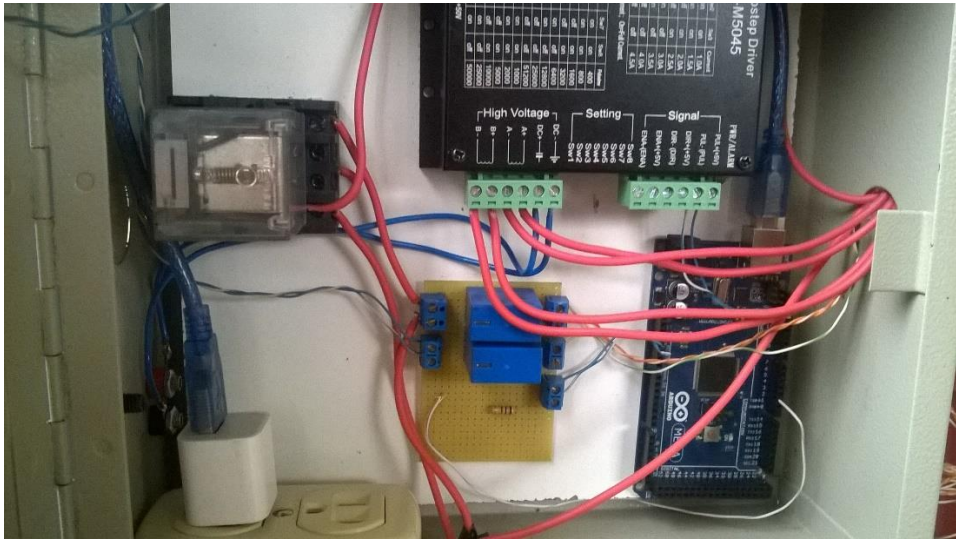
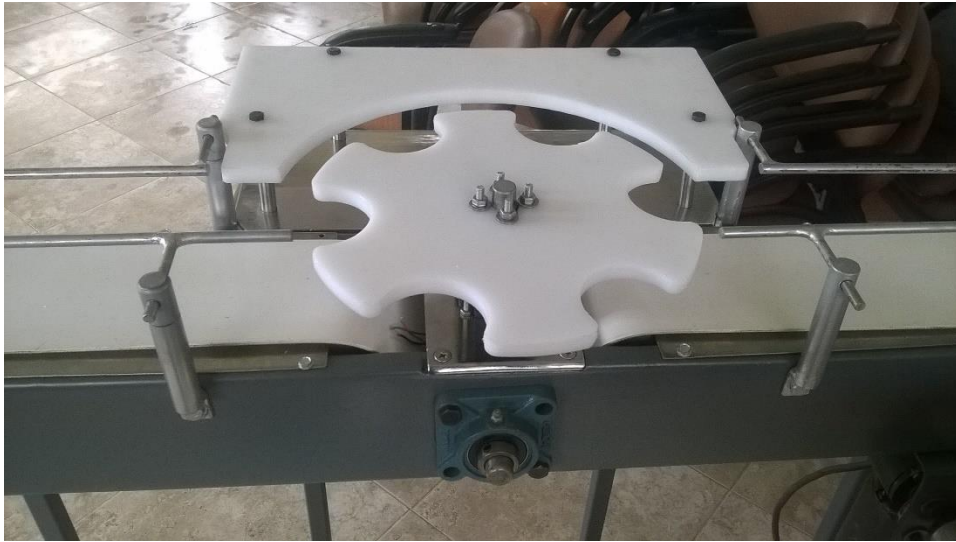


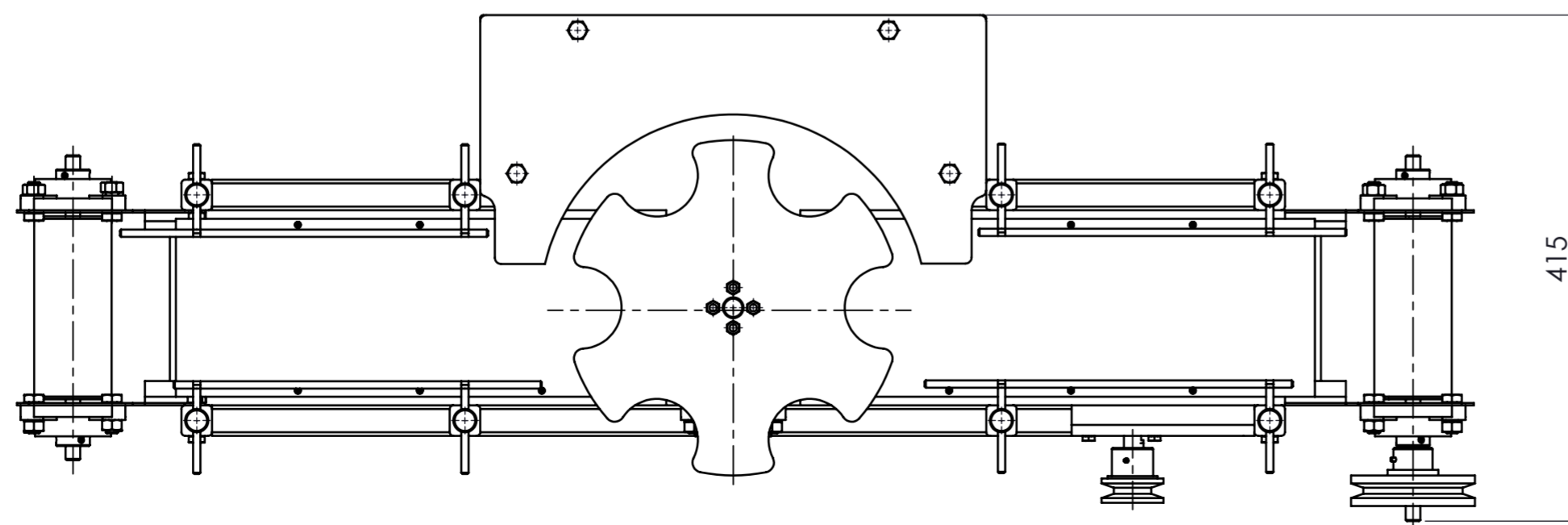
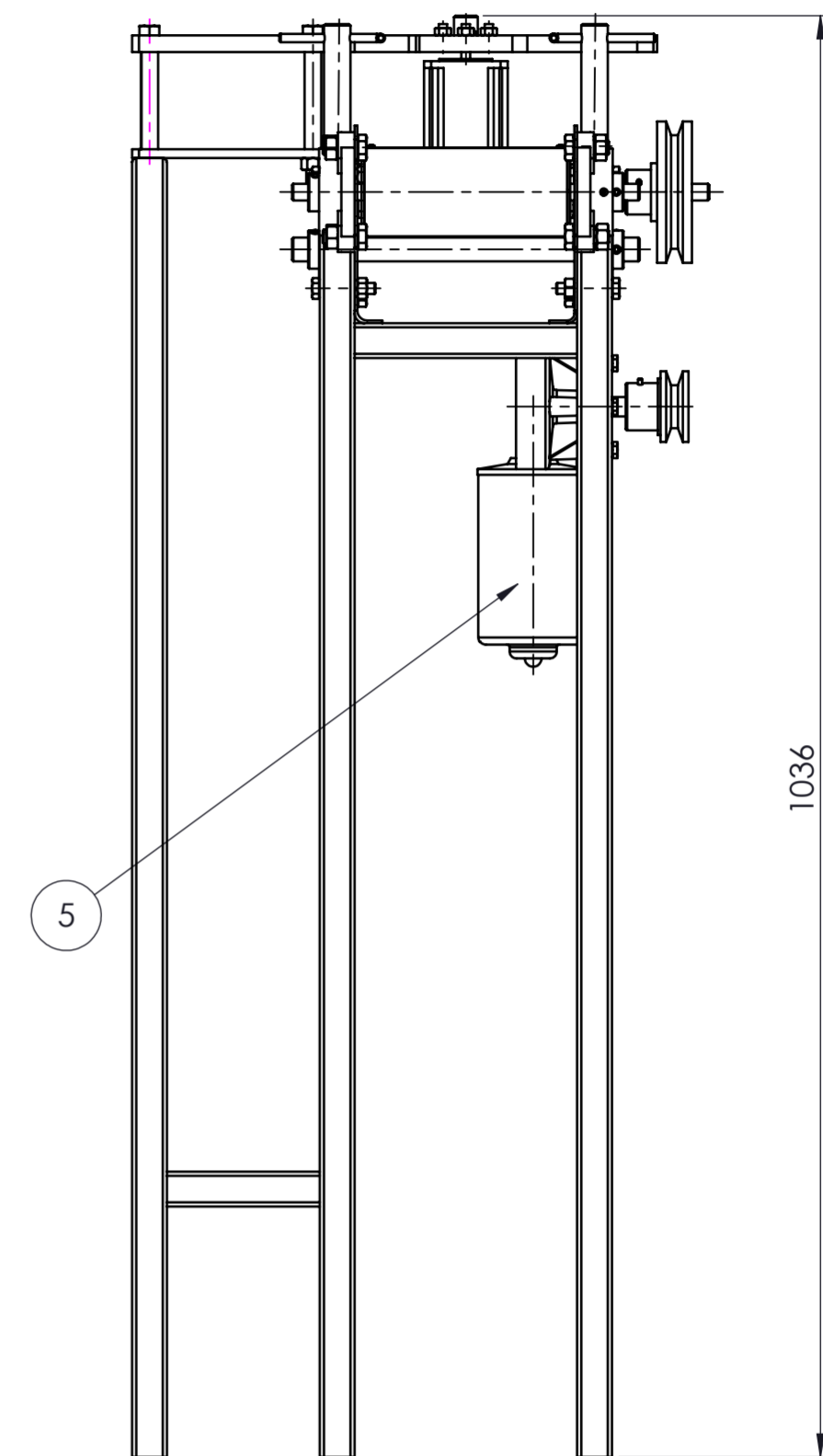
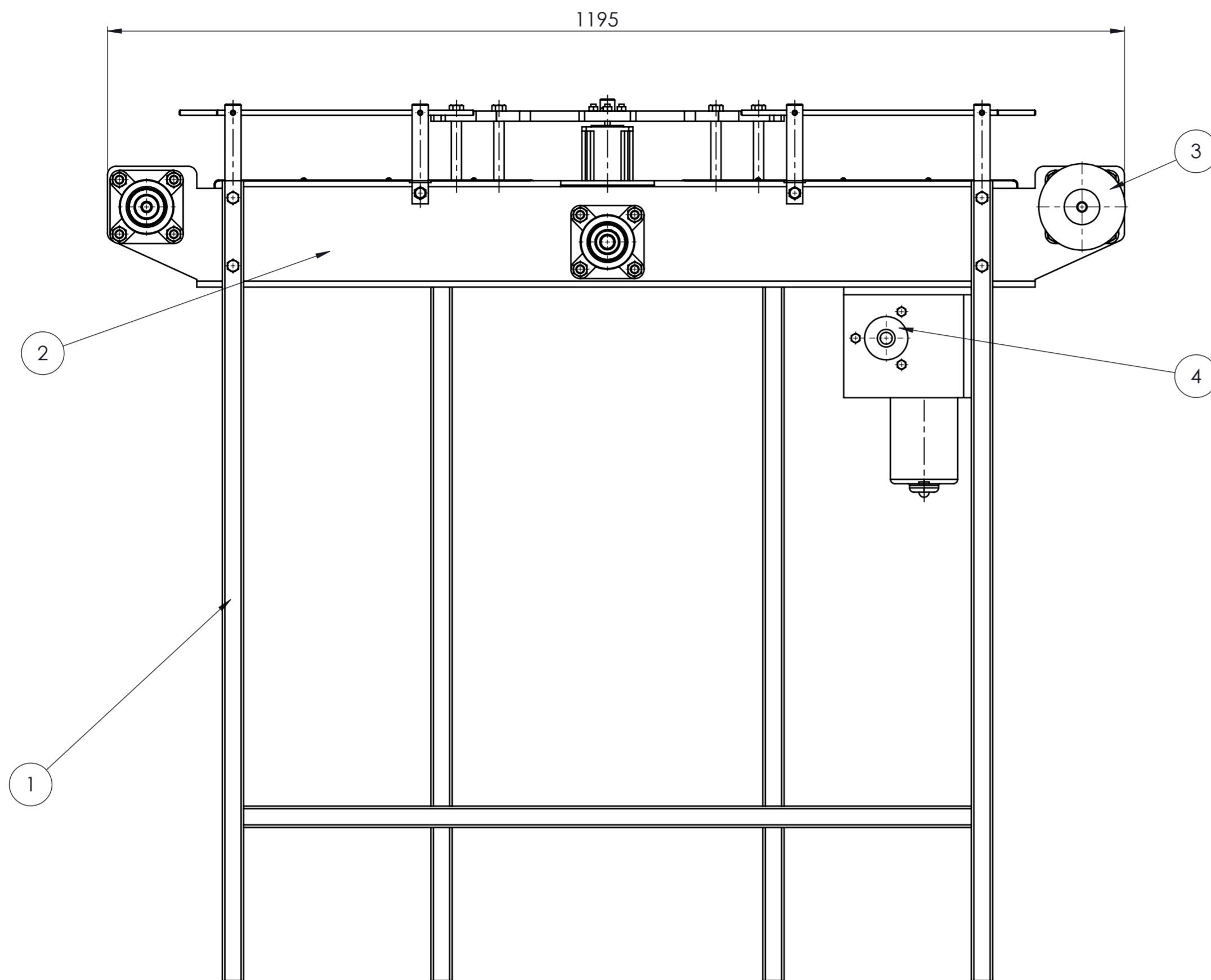
## B-2 Condigo fuente ARDUINO

```
int salida=13;
int entrada=2;
int y;
int i;
void setup ()
{
  pinMode(salida,OUTPUT);
  pinMode(entrada,INPUT);
  y=0;
  i=0;
}
void loop ()
{
  if (digitalRead(pulsador)==HIGH)
  {
    for(i=0;i<2;i++)
    {
      while(y<=532)
      {
        digitalWrite(led,HIGH);
        delay(1.85);
        digitalWrite(led,LOW);
        delay(1.85);
        y=y+1;
      }
      delay(1000);
      y=0;
    }
  }
  else
  (digitalWrite(led,LOW));
  y=0;
}
```

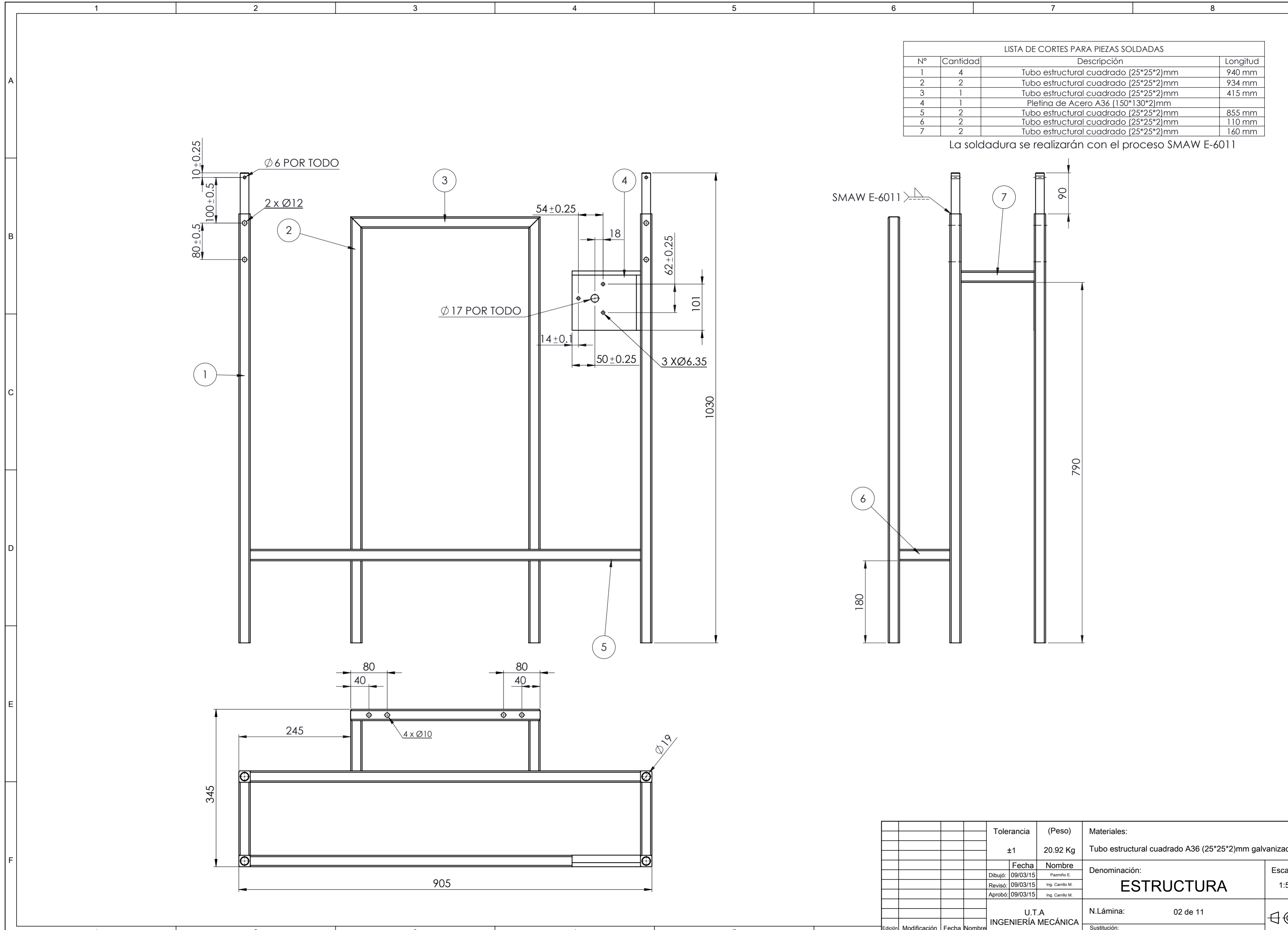
Anexo: Sistema de posicionamiento







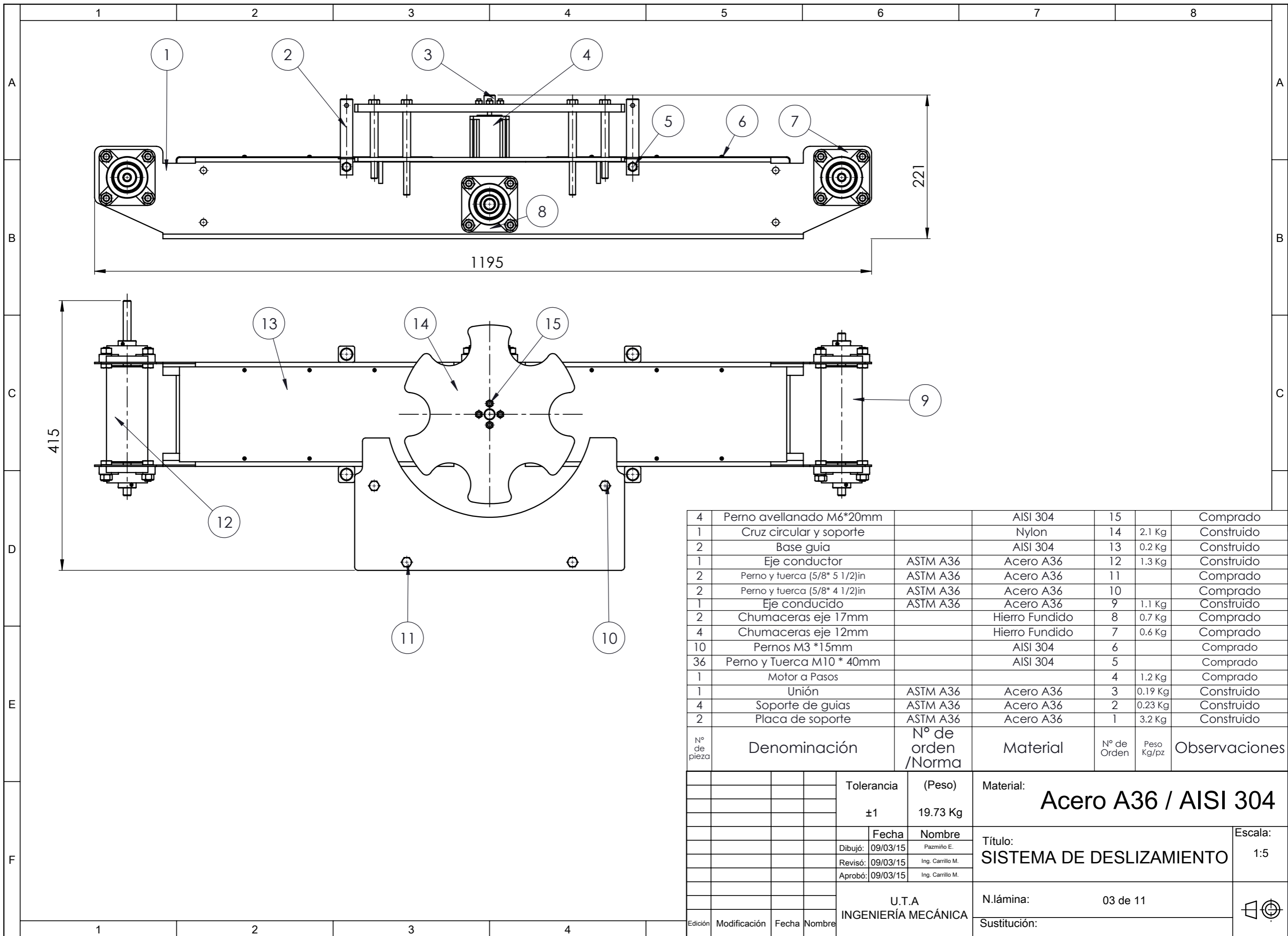
1	Motor		Hierro fundido	5	4.2	Comprado
1	Polea de 2 pulgadas		Aluminio	4		Comprado
1	Polea de 4 pulgadas		Aluminio	3		Comprado
1	Sistema de deslizamiento		Acero A36 / AISI 304	2	19.25	Construido
1	Estructura	ASTM A36	Tubo estructural	1	20.9	Construido
Nº de pieza	Denominación	Nº de dibujo/Norma	Material	Nº de orden	Peso Kg/bz	Observación
		Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
		±1	52.45 Kg	<b>Acero estructural ASTM A36</b>		
		Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
		Dibujó: 09/03/15	Pazmiño E.	SISTEMA DE POSICIÓN DE BOTELLAS		1:5
		Revisó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.			
		Aprobó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.			
		U.T.A		N.Lámina:	01 de 11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		



LISTA DE CORTES PARA PIEZAS SOLDADAS			
Nº	Cantidad	Descripción	Longitud
1	4	Tubo estructural cuadrado (25*25*2)mm	940 mm
2	2	Tubo estructural cuadrado (25*25*2)mm	934 mm
3	1	Tubo estructural cuadrado (25*25*2)mm	415 mm
4	1	Pletina de Acero A36 (150*130*2)mm	
5	2	Tubo estructural cuadrado (25*25*2)mm	855 mm
6	2	Tubo estructural cuadrado (25*25*2)mm	110 mm
7	2	Tubo estructural cuadrado (25*25*2)mm	160 mm

La soldadura se realizará con el proceso SMAW E-6011

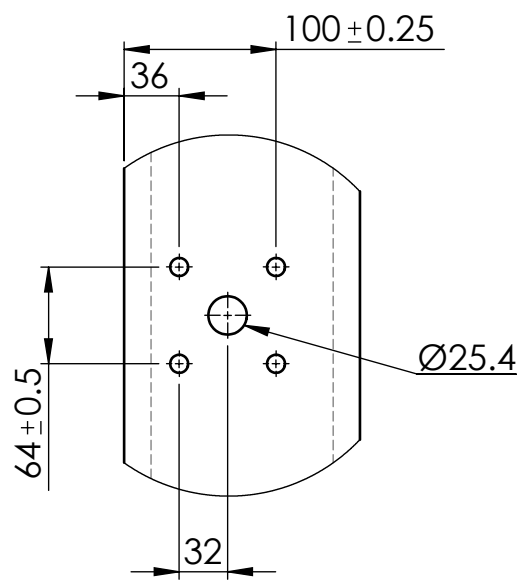
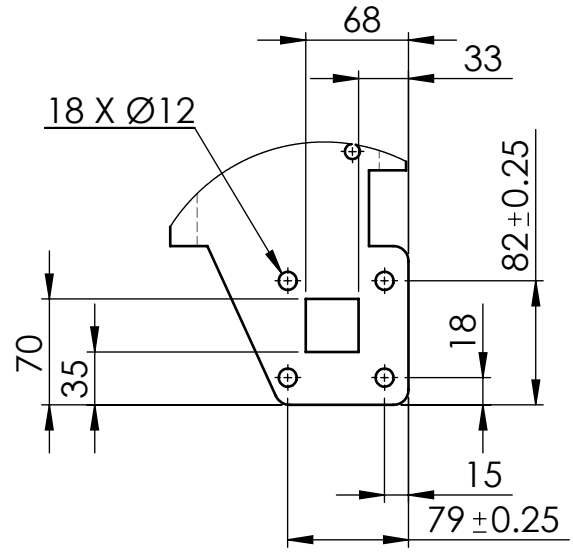
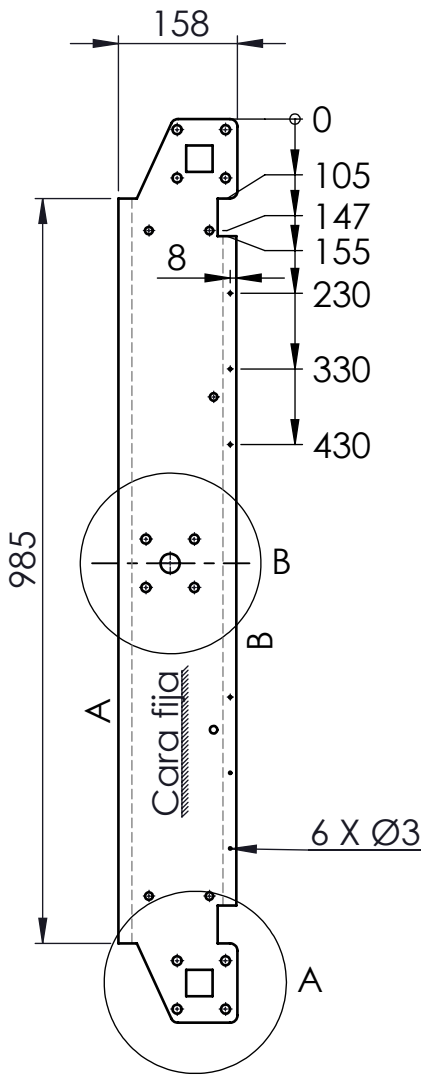
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	20.92 Kg	Tubo estructural cuadrado A36 (25*25*2)mm galvanizado	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 09/03/15	Pazmiño E.	ESTRUCTURA	
				Revisó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.	Escala:	
				Aprobó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.	1:5	
				U.T.A		N.Lámina: 02 de 11	
				INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



4	Perno avellanado M6*20mm		AISI 304	15		Comprado
1	Cruz circular y soporte		Nylon	14	2.1 Kg	Construido
2	Base guia		AISI 304	13	0.2 Kg	Construido
1	Eje conductor	ASTM A36	Acero A36	12	1.3 Kg	Construido
2	Perno y tuerca (5/8* 5 1/2)in	ASTM A36	Acero A36	11		Comprado
2	Perno y tuerca (5/8* 4 1/2)in	ASTM A36	Acero A36	10		Comprado
1	Eje conducido	ASTM A36	Acero A36	9	1.1 Kg	Construido
2	Chumaceras eje 17mm		Hierro Fundido	8	0.7 Kg	Comprado
4	Chumaceras eje 12mm		Hierro Fundido	7	0.6 Kg	Comprado
10	Pernos M3 *15mm		AISI 304	6		Comprado
36	Perno y Tuerca M10 * 40mm		AISI 304	5		Comprado
1	Motor a Pasos			4	1.2 Kg	Comprado
1	Unión	ASTM A36	Acero A36	3	0.19 Kg	Construido
4	Soporte de guias	ASTM A36	Acero A36	2	0.23 Kg	Construido
2	Placa de soporte	ASTM A36	Acero A36	1	3.2 Kg	Construido
Nº de pieza	Denominación	Nº de orden /Norma	Material	Nº de Orden	Peso Kg/pz	Observaciones

Tolerancia		(Peso)	Material: <b>Acero A36 / AISI 304</b>
±1		19.73 Kg	
Fecha		Nombre	Título: <b>SISTEMA DE DESLIZAMIENTO</b>
Dibujó: 09/03/15		Pazmiño E.	
Revisó: 09/03/15		Ing. Carrillo M.	
Aprobó: 09/03/15		Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5
U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA			N.lámina: 03 de 11
Edición	Modificación	Fecha	Nombre
Sustitución:			

A  
B  
C  
D  
E



Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	5
B	HACIA ABAJO	90°	5

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	5.4 Kg	Placha de Acero A36 espesor 3mm	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
			Dibujó:	09/03/15	Pazmiño E.		
			Revisó:	09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó:	09/03/15	Ing. Carrillo M.	1:10
				U.T.A		N.Lámina:	
				INGENIERIA MECANICA		04 de 11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

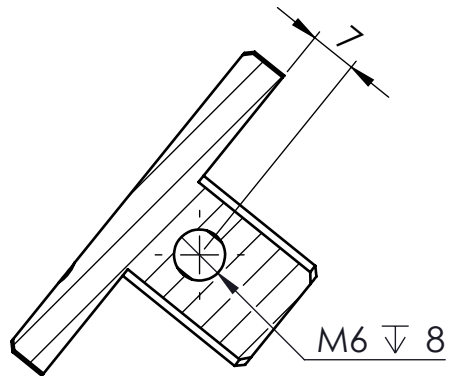
**PLACA DE SOPORTE**



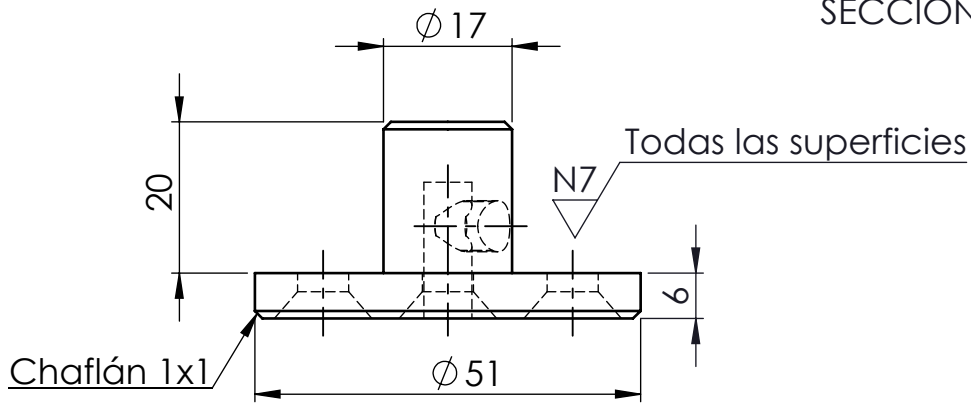
4 x  $\phi$  6.76 POR TODO  
 $\surd$   $\phi$  12.88 X 82°

16,50 ± 0.25

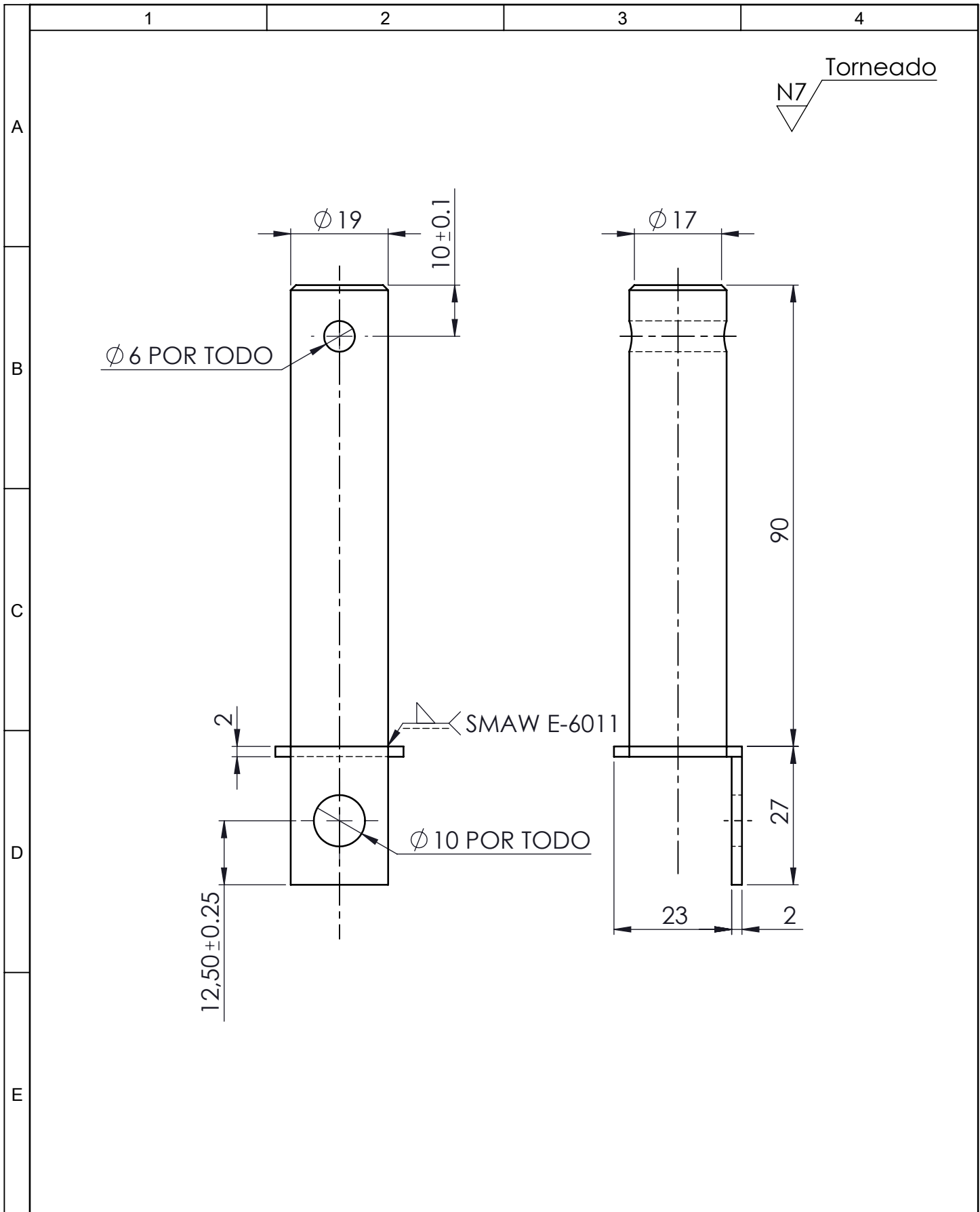
$\phi$  6,35  $\nabla$  18



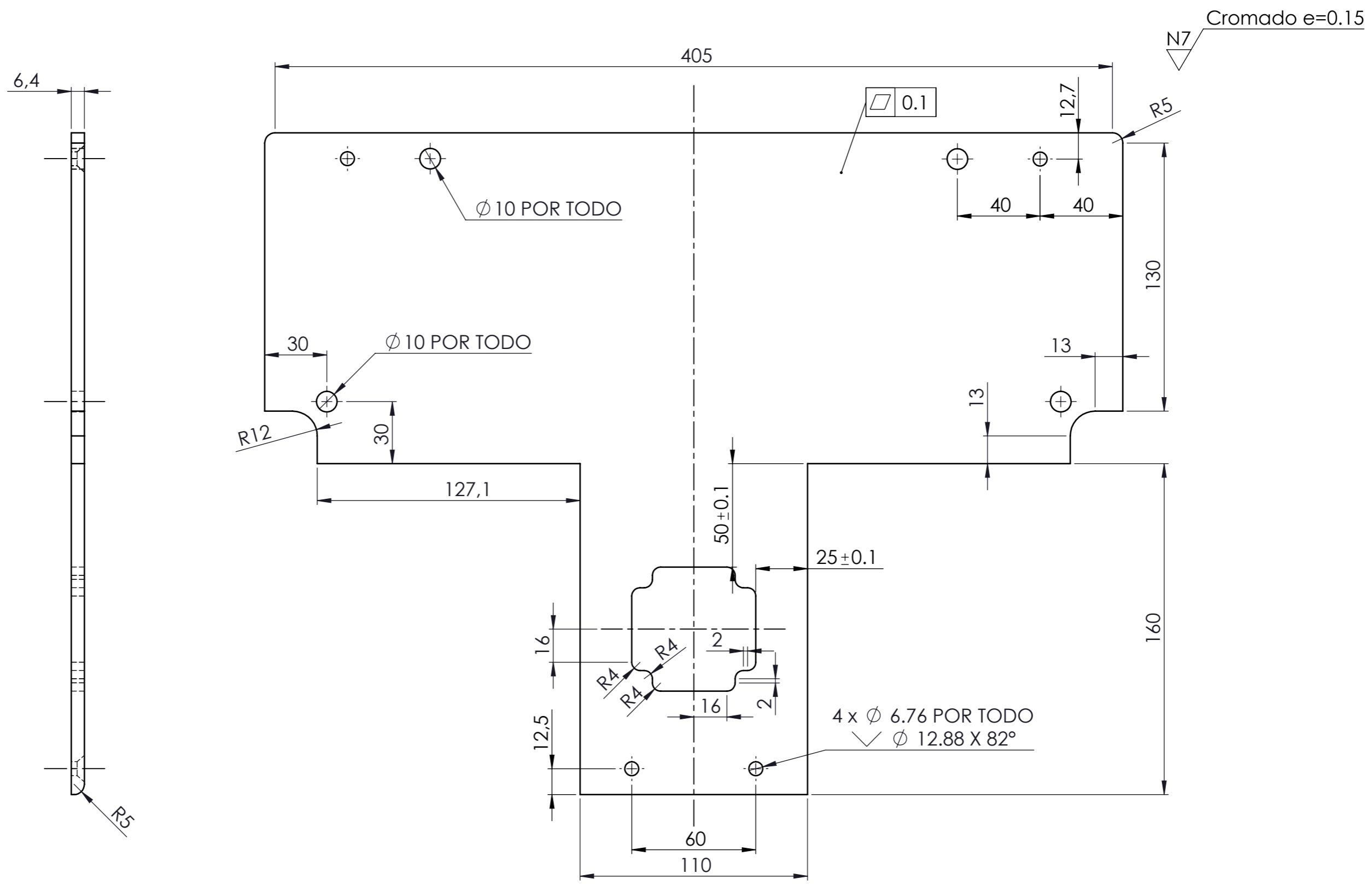
SECCIÓN A-A



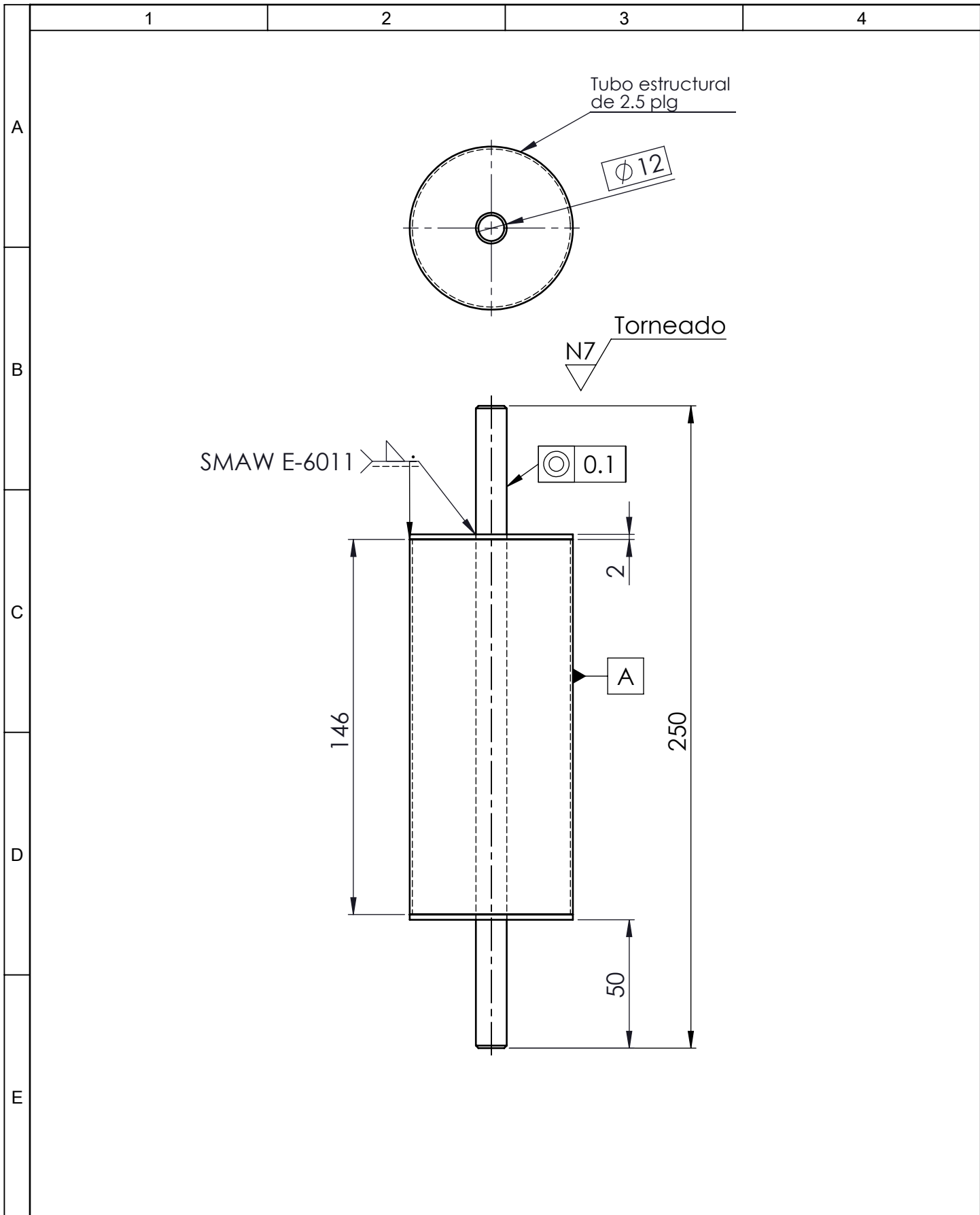
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	0.25 Kg	<b>Acero AISI 1020</b>	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
			Dibujó:	09/03/15	Pazmiño E.		
			Revisó:	09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó:	09/03/15	Ing. Carrillo M.	2:1
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		N.Lámina:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			05 de 11	
						Sustitución:	



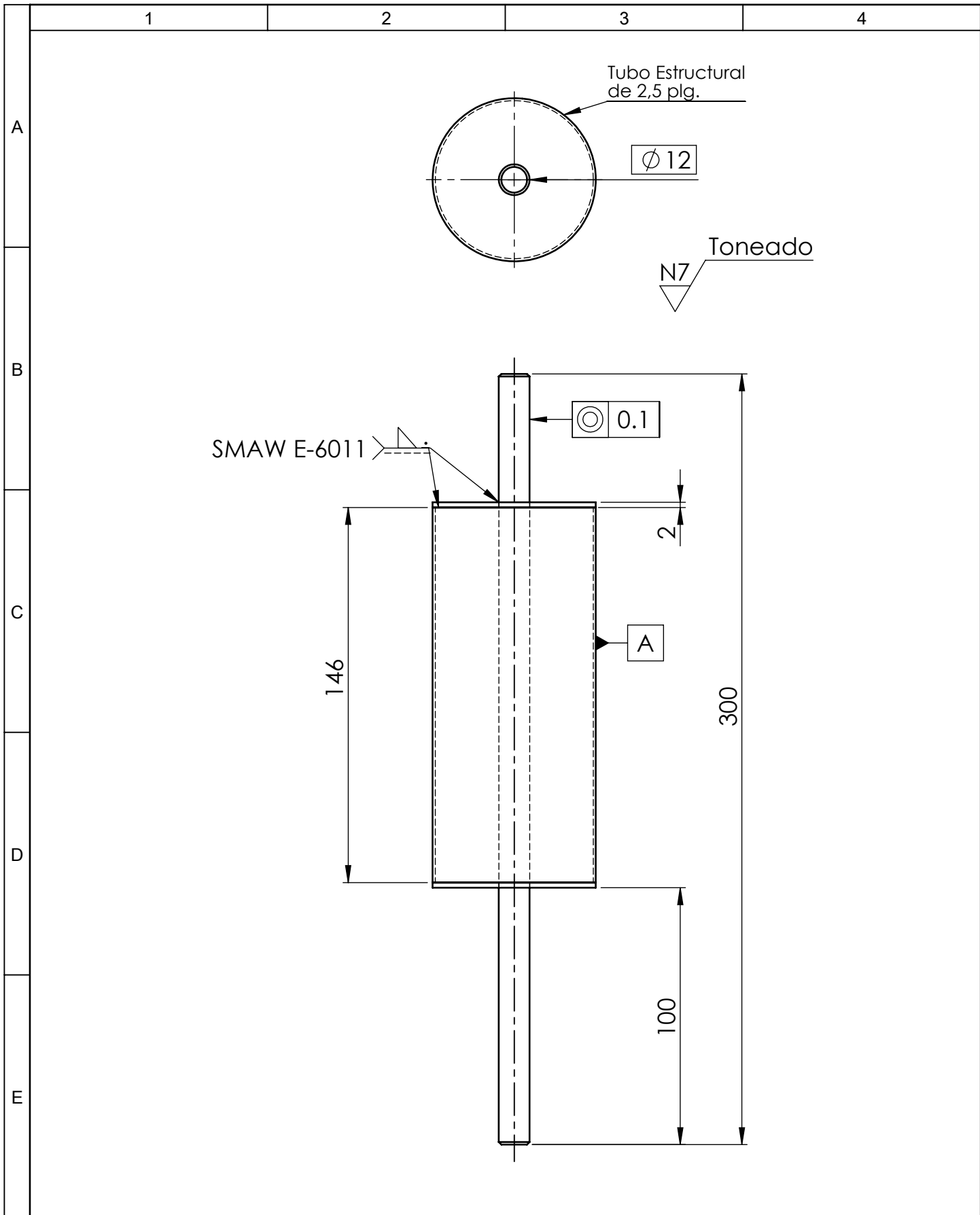
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 1$	0.7 Kg	<b>Acero A36</b>	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujó: 09/03/15	Pazmiño E.	<b>SOPORTE DE GUIAS</b>	1:1
				Revisó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		N.Lámina:	
						06 de 11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



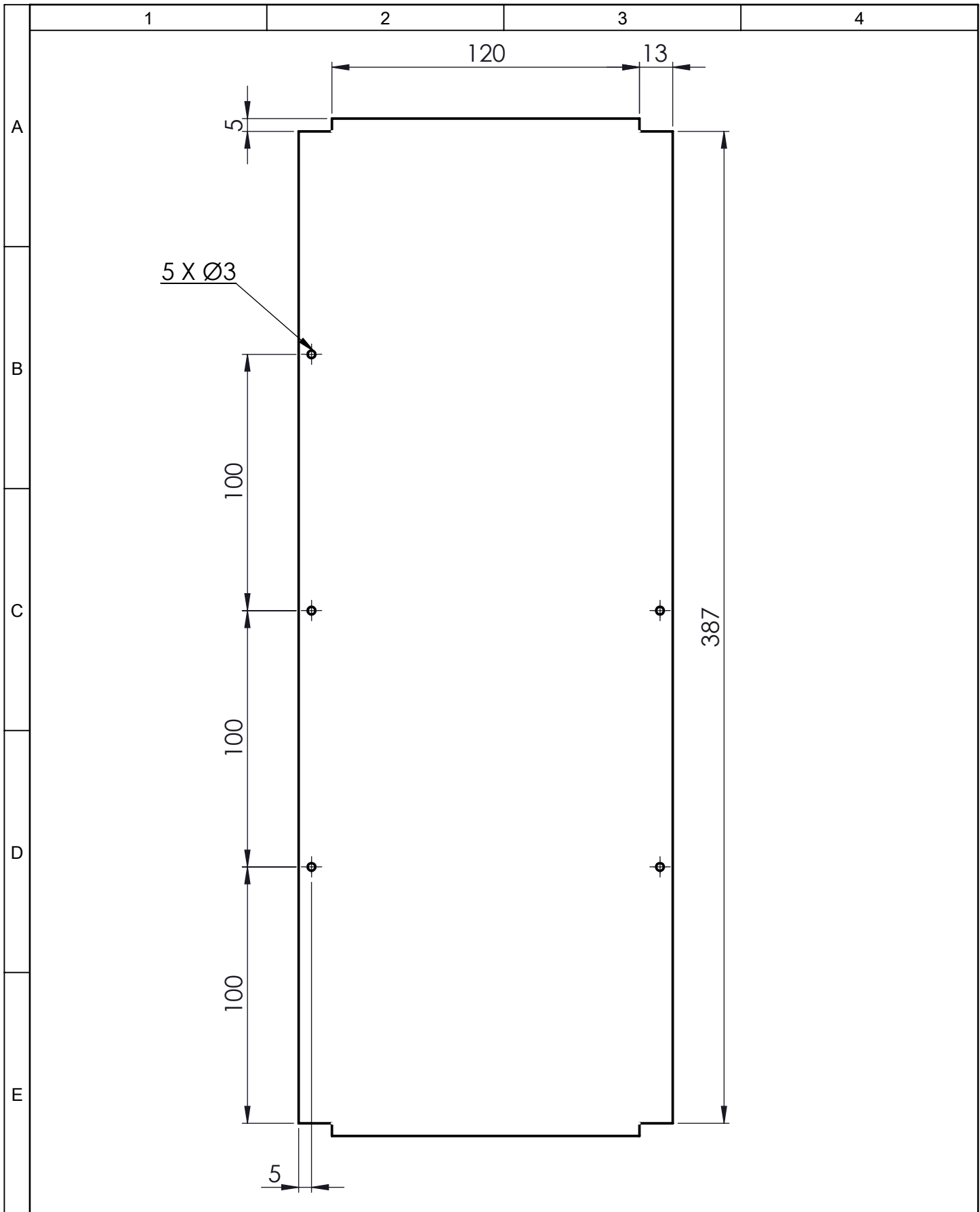
				Tolerancia	(Peso)	Material:	
				±0.25	4 Kg	<b>Acero A36</b>	
				Fecha	Nombre	Título: <b>PIEZA DE DESLIZAMIENTO</b>	Escala: 1:2
				Dibujó: 09/03/15	Pazmiño E.		
				Revisó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.		
U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA						N.lámina:	07 de 11
Edición						Sustitución:	
Modificación							
Fecha							
Nombre							



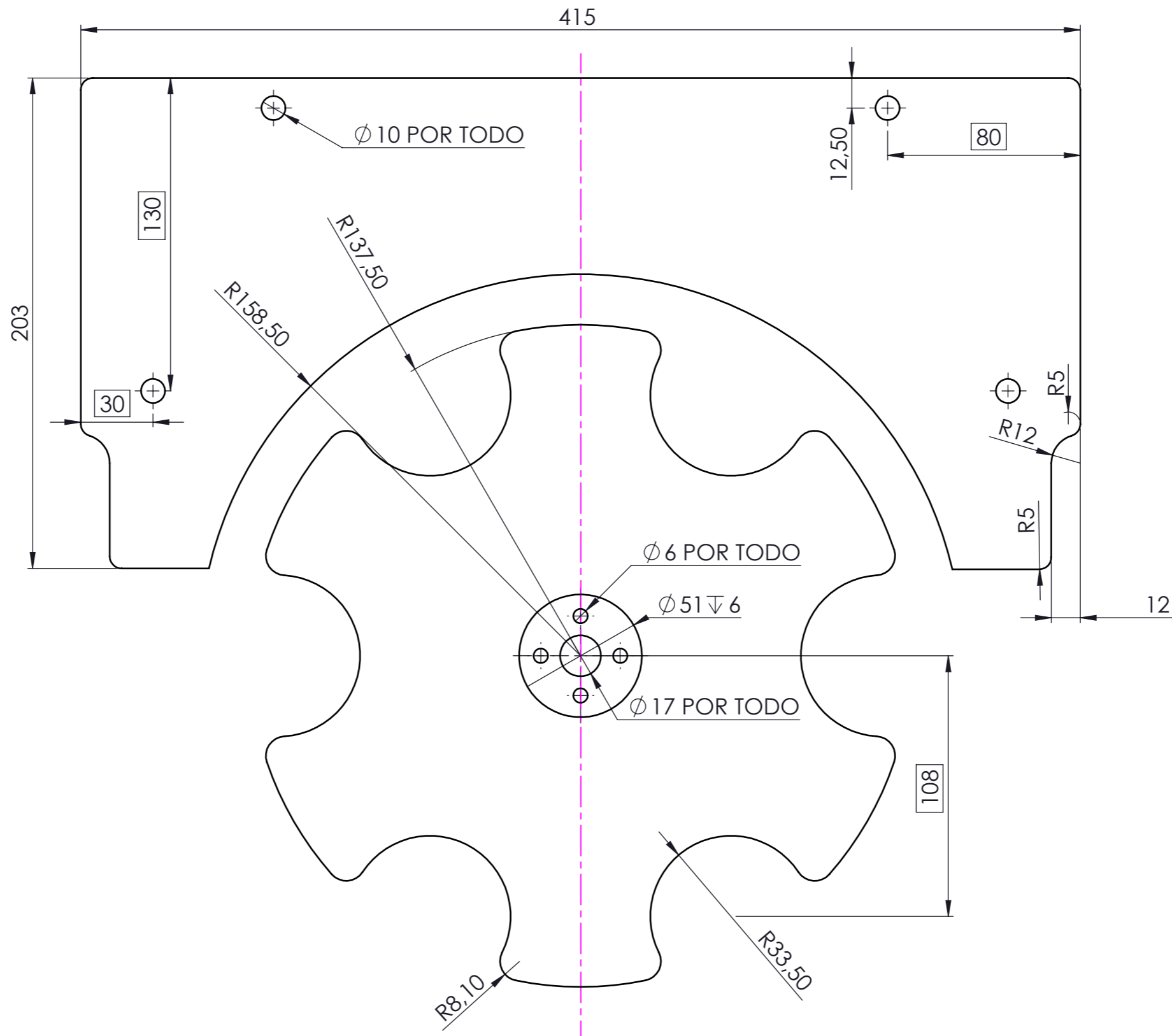
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 1$	1.1 Kg	<b>Acero A36 galvanizado</b>	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujó: 09/03/15	Pazmiño E.	<b>RODILLO CONDUCTIVO</b>	1:2
				Revisó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		N.Lámina:	
						08 de 11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	1.3 Kg	<b>Acero A36 galvanizado</b>	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujó: 09/03/15	Pazmiño E.	<b>RODILLO CONDUCTOR</b>	1:2
				Revisó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.		
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		N.Lámina:	
						09 de 11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±1	0.3 Kg	Plancha acero AISI 304 espesor 1mm			
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:		
				Dibujó: 09/03/15	Pazmiño E.				
				Revisó: 09/03/15	Ing. Carrillo M.				
				Aprobó: 09/09/15	Ing. Carrillo M.	<h1 style="text-align: center;">BASE GUÍA</h1>	1:2		
				U.T.A INGENIERIA MECANICA				N.Lámina:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					10 de 11	
						Sustitución:			



				Tolerancia		(Peso)	Material:		
				±0.2		2.7 Kg	Nylon espesor 12mm		
				Fecha		Nombre		Título:	
				Dibujó: 09/03/15		Pazmiño E.			CRUZ DE ROTACIÓN y SOPORTE
				Revisó: 09/03/15		Ing. Carrillo M.			
				Aprobó: 09/03/15		Ing. Carrillo M.		Escala:	
						U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		1:2	
						N.lámina:		11 de 11	
						Sustitución:			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						