



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:

“ESTUDIO DE SISTEMAS DE LAVADO DE BOTELLAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.”

AUTOR: Edgar Daniel Paucar Gallo

AMBATO – ECUADOR

2014

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “ESTUDIO DE SISTEMAS DE LAVADO DE BOTTELLAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, elaborado por el Sr. EDGAR DANIEL PAUCAR GALLO, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación de jurado examinador designado por el H. Consejo.

Ambato, Junio del 2014

EL TUTOR

Ing. Mg.Susana Valencia

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en este trabajo de investigación, así como las ideas análisis, objetivos, conclusiones, recomendaciones y propuesta: “ESTUDIO DE SISTEMAS DE LAVADO DE BOTELLAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

Ambato, Junio del 2014

EL AUTOR

Edgar Daniel Paucar Gallo

180396169-5

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios, por haberme guiado en el camino del conocimiento y la sabiduría, por fortalecerme espiritualmente en los momentos de flaqueza dándome la salud y voluntad para poder llegar a cumplir una de mis metas y por haberme bendecido con una gran familia e inolvidables amistades.

Al inmenso esfuerzo y sacrificio de mis padres Luis Paucar y Emma Gallo quienes son los verdaderos artifices de este logro, por darme la fortaleza y confianza en cada decisión que he tomado. A mis hermanos: Laura (+) y Darío quienes supieron apoyarme incondicionalmente y me dieron ánimo para continuar y perseverar en la culminación de mi carrera. A mis Tías: Piedad y Nelly quienes desde mi infancia me apoyaron incondicionalmente.

A mis amigos y compañeros quienes me brindaron su apoyo y amistad incondicional.

Daniel Paucar

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a la Universidad Técnica de Ambato, de forma especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por haberme abierto las puertas para formar parte de ella y terminar mi vida estudiantil.

A mis padres, porque fueron y siguen siendo el pilar fundamental en mi vida, sus consejos y apoyo incondicional fueron una inspiración para seguir adelante y formarme como profesional, a mi hermano porque supo darme ánimos para seguir adelante en este difícil pero no imposible camino.

De igual manera a todas aquellas personas y amigos que de una u otra forma me ayudaron en la elaboración de este trabajo,

Daniel Paucar

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XV
SUMMARY	XVI

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 TEMA	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO	2
1.2.3 PROGNOSIS	3
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.5 INTERROGANTES DEL PROBLEMA	3
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	4
1.2.6.1 DELIMITACIÓN POR CONTENIDO.....	4
1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	4
1.2.6.3 TEMPORAL.	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5

1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	6
---------------------------------	---

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.	7
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	8
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	8
2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	9
2.4.1 GRÁFICOS DE INCLUSIÓN INTERRELACIONADOS.....	9
2.4.2 MÁQUINA ENJUAGADORA DE BOTELLAS.....	10
2.4.2.1 TIPOS DE MÁQUINAS ENJUAGADORAS DE ENVASES QUE SE PUEDEN INSTALAR	13
2.4.3 SISTEMAS MECÁNICOS	18
2.4.3.1 Características de los Sistemas Mecánicos	19
2.4.4 DISEÑO MECÁNICO.....	19
2.4.4.1 Diseño en Ingeniería Mecánica.....	19
2.4.4.2 Consideraciones de diseño.....	20
2.4.4.3 Normas y Códigos.....	21
2.4.4.4 Economía en el Diseño.....	21
2.4.4.5 Esfuerzo y Resistencia en el Diseño Mecánico.....	22
2.4.5 DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES	22
2.4.5.1 Normas o estándares y definiciones para roscas de tornillos.....	22
2.4.5.2 Mecánica de los Tornillos de Fuerza y de Potencia.....	23
2.4.5.3 Momento par de torsión para levantar la carga.....	24
2.4.5.4 Momento par de torsión para descender la carga.....	24
2.4.5.5 Eficiencia de la rosca	25
2.4.5.6 Esfuerzos en las Roscas	25
2.4.6 COJINETES DE RODAMIENTO.....	26
2.4.6.1 Partes de un rodamiento	27
2.4.6.2 Tipos de Rodamientos.....	27
2.4.6.3 Carga en cojinetes	28
2.4.6.4 Vida útil en cojinetes	28
2.4.7 BOMBAS HIDRÁULICAS.....	29

2.4.7.1 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS	30
2.4.7.2 CÓMO SELECCIONAR UNA BOMBA HIDRÁULICA	32
2.4.8 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	32
2.4.8.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN LA ACTUALIDAD	33
2.4.8.2 SISTEMA DE CONTROL	37
2.4.8.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's)	38
2.4.8.4 VARIADOR DE VELOCIDAD	41
2.4.8.5 AUTÓMATAS PROGRAMABLES	41
2.4.9 AIRE NEUMÁTICO	41
2.4.9.1 GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO Y ALIMENTACION DE FLUIDOS OLEO HIDRÁULICO	44
2.4.9.2 ACTUADORES NEUMÁTICOS	45
2.4.9.3 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS NEUMÁTICAS	45
2.5 HIPÓTESIS	47
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	47

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA	48
3.1 ENFOQUE	48
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.2.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	48
3.2.2 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	48
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.3.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVO	49
3.3.2 INVESTIGACIÓN EXPLICATIVO	49
3.3.3 INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL	49
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	49
3.4.1 POBLACIÓN	49
3.4.2 MUESTRA	50
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	51
3.5.2 Variable Dependiente: Tiempos de producción.	52
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	53

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	53
3.7.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	53
3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	54

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	55
4.1 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO	55
4.2 CONFORMACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	55
4.3 Conformación de Cuadros Comparativos	57
4.4 ANÁLISIS ECONÓMICOS DE LAS ALTERNATIVAS.....	59
4.5 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.....	60
4.5.1 Selección de la Máquina Lavadora de Botellas.	60
4.5.2 Descripción de la alternativa seleccionada	66
4.6 PRUEBAS DE LAVADO	67
4.6.1 Lavado Manual.....	67
4.6.2 Lavado Automático.....	69
4.7 INTERPRETACIÓN DE DATOS	71
4.8 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.	71

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1 CONCLUSIONES	72
5.2 RECOMENDACIONES	73

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA	74
6.1 DATOS INFORMATIVOS	74
6.1.1 Título.....	74
6.1.2 Institución Ejecutora	74
6.1.3 Beneficiarios	74
6.1.4 Ubicación	75
6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución.....	75
6.1.6 Equipo Técnico Responsable	75
6.1.7 Costo	75

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	75
6.3 JUSTIFICACIÓN	76
6.4 OBJETIVOS	76
6.4.1 OBJETIVO GENERAL	76
6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	76
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	77
6.6 FUNDAMENTACIÓN	77
6.6.1 PARÁMETROS DE LA MÁQUINA ENJUAGADORA DE BOTELLAS	77
6.6.2 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA EN AUTOMÁTICO.....	79
6.6.3 DISEÑO DE LA LAVADORA DE BOTELLAS	80
6.6.3.1 CÁLCULO DE INERCIAS	81
6.6.3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMICIÓN.	87
6.6.3.3 FACTORES DE CORRECIÓN DE POTENCIA.....	88
6.6.3.4 DISEÑO DEL EJE MOTRIZ.....	91
6.6.3.5 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	104
6.6.3.6 DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	107
6.6.3.5.1 Velocidad de transportación.....	108
6.6.3.7 Capacidad de Transporte.....	109
6.6.3.8 Potencia del Motor de la Banda Transportadora.....	114
6.6.3.9 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	115
6.6.3.10 Selección de la Banda	116
6.6.3.11 Ángulos de Contacto	117
6.6.3.12 Potencia de Diseño	119
6.6.3.13 POSICIONAMIENTO DE LOS EJES DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	121
6.6.3.14 DISEÑO DE LOS EJES DE LA BANDA TRANSPORTADORA	122
6.6.3.15 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	137
6.6.3.16 CÁLCULOS DEL PISTÓN DE DOBLE EFECTO	141
6.6.3.17 CÁLCULOS DEL PISTÓN DE SIMPLE EFECTO	142
6.6.3.17 DIAGRAMA NEUMÁTICO DEL PROTOTIPO DE EMBOTELADORA.....	143

6.6.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL.....	144
6.6.4.1 SISTEMA ELÉCTRICO.....	145
6.6.5 DIAGRAMA DE POTENCIA.....	148
6.6.6 DIAGRAMA DE CONTROL.....	149
6.7 METODOLOGÍA	153
6.8 ADMINISTRACIÓN.....	154
6.8.1 COSTOS DIRECTOS.....	154
6.8.2 COSTOS INDIRECTOS.....	156
6.8.3 COSTOS TOTAL DE INVERSIÓN	156
6.8.4 FINANCIAMIENTO	157
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	157
BIBLIOGRAFÍA	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Red de categorías fundamentales	9
Figura 2.2: Lavadora de Botellas	12
Figura 2.3: Enjuagadora Lineal Tipo Twister	14
Figura 2.4: Twister Para Botellas Pequeñas.....	15
Figura 2.5: Twister Para Botellas Grandes	15
Figura 2.6 Enjuagadora de Botellas Semiautomática Rotativa.....	17
Figura 2.7 Enjuagadora de Botellas Automática Rotativa.....	18
Figura 2.8: Nomenclatura de una rosca de tornillo.....	22
Figura 2.9: a) Rosca Americana, b) rosca cuadrada, c) Rosca Acme	23
Figura 2.10: Tornillo de fuerza o potencia.....	24
Figura 2.11: a) Fuerza normal en la rosca, b) collarín de empuje.....	25
Figura 2.12: Nomenclatura de un cojinete de bolas.....	27
Figura 2.13: Diagrama de bloque transformación de energía.....	43
Figura 2.14: Componentes de circuitos neumáticos	43
Figura 2.15: Cilindro de simple efecto.....	45
Figura 2.16: Cilindro de doble efecto	45
Figura 2.17: Válvulas distribuidoras de 5 vías, 3 posiciones.....	46

Figura 2.18: Silenciadores.....	47
Figura 4.1 Lavadora de Botellas Rotativa.....	56
Figura 4.2 Lavadora de Botellas Lineal	57
Figura 4.3: Enjuagadora Lineal Tipo Twister	63
Figura 4.4: Enjuagadora de Botellas Automática Rotativa.....	63
Figura 4.5 Lavado de Botellas Manualmente	67
Figura 4.6 Lavado de Botellas Automaticas	69
Figura 6.1 Diagrama de Cuerpo Libre	82
Figura 6.2: Sección del Tubo Cuadrado.....	83
Figura 6.3: Brazo de sección de Envases Móviles.....	84
Figura 6.4: Diagrama de Cuerpo Libre	91
Figura 6.5 Diagrama de Cuerpo Libre	91
Figura 6.6: Diagrama de Cuerpo Libre	92
Figura 6.7: Diagrama de Cuerpo Libre	92
Figura 6.8: Diagrama de Cuerpo Libre	94
Figura 6.9: Diagrama de Cuerpo Libre	94
Figura 6.10: Diagrama de Cuerpo Libre	96
Figura 6.11: Diagrama de Cuerpo Libre	96
Figura 6.12: Diagrama de Cuerpo Libre	97
Figura 6.13: Diagrama de Cuerpo Libre para Seleccionar Rodamientos.....	104
Figura 6.14: Eje, Rodillo motriz revestido con caucho vulcanizado	108
Figura 6.15: Rodillo Motríz	109
Figura 6.16: Eje Motriz.....	110
Figura 6.17 Eje Impulsado	111
Figura 6.18: Tensión en las Bandas	114
Figura 6.19: Diseño del Sistema de Transmisión.....	116
Figura 6.20: Diagrama de cuerpo libre de la Posición de los ejes del sistema de transmisión	121
Figura 6.21: Diagrama de cuerpo libre del Momento Torsor	122
Figura 6.22 Diagrama de cuerpo libre de la Descomposición de Tensiones en las Bandas	123

Figura 6.23: Diagrama de cuerpo Libre de la Descomposición de Tensiones en las Bandas	123
Figura 6.24: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector De la Descomposición de Tensiones en las Bandas	124
Figura 6.25: Diagrama de cuerpo libre de la Descomposición de Tensiones en las Bandas	125
Figura 6.26: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector De la Descomposición de Tensiones en las Bandas	126
Figura 6.27: Diagrama de cuerpo Libre del Eje Impulsado	132
Figura 6.28: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector del Eje Impulsado	133
Figura 6.29: Diagrama de cuerpo Libre Selección de Rodamientos – Eje motriz	137
Figura 6.30: Diagrama de cuerpo Libre Selección de Rodamientos – Eje Impulsado	139
Figura 6.32: Flujograma de la Máquina lavadora de botellas	144
Figura 6.33: Variador de Frecuencia	145
Figura 6.34: PLC FL 010	147
Figura 6.35: Diagrama de Potencia	148
Figura 6.36: Diagrama de Control	149
Figura 6.37: Programa en la Memoria del PLC	150
Figura 6.38: Programa en la Memoria del PLC	151
Figura 6.39: Programa en la Memoria del PLC	152
Figura 6.40: Metodología de la Máquina Lavadora de Botellas	153

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diag 2-1: Clases de enjuagadoras	13
Diag 2-2: Clases de enjuagadoras Lineales.....	14
Diag 2-3: Clases de enjuagadoras Rotativas.	16
Diag. 2-4: Clasificación de Las Bombas.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Variable Independiente.....	51
Tabla 3-2: Variable Dependiente	52
Tabla 3-3: Recolección de Información.....	53
Tabla 4-1: Alternativas para la selección de la Máquina Lavadora en Envases ...	58
Tabla 4-2: Costos de Fabricación de cada Máquina con Tecnología utilizada en nuestro medio	59
Tabla 4-3: Evaluación del peso de cada criterio	61
Tabla 4-4: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Costo	62
Tabla 4-5: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Espacio	62
Tabla 4-6: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Facilidad de Construcción	64
Tabla 4-7: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Producción.....	64
Tabla 4-8: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Instalación	65
Tabla 4-9: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Instalación	66
Tabla 4-10: Conclusiones.....	66
Tabla 4-11: Prueba de lavado manual	68
Tabla 4-12: Tiempo Promedio de Producción	68
Tabla 4-13: Prueba de lavado manual	70
Tabla 4-14: Tiempo Promedio de Producción	70
Tabla 6-1: Características del Variador de frecuencia 1 y 2	146
Tabla 6-2: Características del PLC (FL010)	147
Tabla 6-3: Costo Directos (Materiales).....	154
Tabla 6-4: Costo Indirectos	156
Tabla 6-5: Costo Total de Inversión.....	156

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de Investigación “Estudio de Sistemas de Lavado de Botellas para la optimización de tiempos de producción en el Proceso de Embotellado en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”, se realizó debido a la importancia de implementar un sistema de lavado automático para mejorar la producción en el prototipo de embotelladora y a su vez de implementar con elementos prácticos el Laboratorio de automatización.

Inicialmente se recopila información básica acerca del proceso de lavado de botellas, de los tipos de máquinas lavadoras existentes y la teoría que nos ayude a entender el funcionamiento y comportamiento de los distintos elementos constitutivos de dicha máquina. Para seleccionar la mejor opción que permita mejorar el lavado y a su vez la producción dentro del prototipo de embotellado se consideraron dos alternativas en los cuales se realizó un análisis orientado a la funcionalidad, mantenimiento, operación y costo de fabricación.

Luego de haber considerado la mejor opción se procede a diseñar y seleccionar cada uno de los elementos que conforman la Máquina Lavadora de Botellas. Después del diseño de cada uno de los elementos de la máquina se realiza un análisis económico para saber el costo aproximado de la construcción de la Máquina Lavadora de botellas.

SUMMARY

The investigation project “The studies system of washing bottle for the optimization production times of bottling process in the Automation and Control’s Laboratory of Civil Engineering and Mechanic Faculty of the Ambato’s Technical University”, that was performed because of the importance of implement an automatic system of bottling washing machine to improve the production of bottling prototype and at the same time to implement with practical resources in the Automation Laboratory.

At the first we collect basic information about the bottling washing machine process, for an the washing machine that there exist and help us to understand its operation and behavior of the different constitutive elements of this machine. To select the best option that allow us to improve the washing and also the bottling prototype we consider two alternatives in which we made an analysis oriented to the functionality, maintenance, operation and factory’s costs.

After that we have chosen the best option and proceed to design and choose each one of the elements conform the bottling washing machine. After the design of each one of these elements of the machine, we perform an economical analysis to know the cost for the construction for this bottling washing machine.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA

“ESTUDIO DE SISTEMAS DE LAVADO DE BOTELLAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

A nivel nacional para el sector industrial existe gran demanda de procesos para el lavado de botellas, los mismos que influyen para el mejoramiento de la producción y a la vez la aceptación del producto en el mercado.

Los distintos procesos ejecutados para ciertos productos ayudan en un porcentaje a mejorarlos, entonces de esta manera el producto se volvió competitivo en el mercado por sus características de calidad.

En los últimos tiempos el proceso de lavado de botellas ha sido significado de mucha ayuda para los sectores industriales productores de bebidas, haciendo de esta manera que el desarrollo de las mismas sean más eficiente.

En La Provincia de Tungurahua en los últimos tiempos ha modificado ciertos procesos de producción en envasado de botellas y por ende el lavado de las mismas; y por ser uno de los mayores centros de producción en donde se desarrolla la distribución de ciertos productos de consumo masivo para las distintas localidades a nivel nacional. La distribución de los productos fuera de la provincia se debió a la calidad que se ofrece a los consumidores, pues su opinión es muy importante para los ofertantes ya que de esta manera existieron más ingresos para su beneficio, los mismos que sirvieron para mejorar los procesos de desarrollo de las fábricas productoras de bebidas de manera eficaz.

En el sector industrial la producción de gaseosas y agua embotellada se ha incrementado por las grandes demandas existentes en el mercado en la actualidad lo que ha favorecido para su desarrollo y por ende aumentado la demanda de mano de obra en el sector industrial.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Las empresas que se dedicaban al lavado de botellas artesanalmente empleaban demasiado tiempo para realizar el lavado a mano y al no contar con un sistema automático adecuado existía pérdidas de tiempo no se aprovechó obtener un eficaz funcionamiento, produciendo así grandes pérdidas de los productores en el envasado y lavado de botellas lo que provoco que no se pueda mejorar el aprovechamiento de la máquina embotelladora. Es así que el dueño se vio en la obligación de buscar nuevas formas para el lavado de botellas y aumentar ganancias dando un mejor servicio a las personas para que no dejen de degustar de los mismos.

1.2.3 PROGNOSIS

Al analizar la situación actual de la industria se puede mencionar que por el deficiente sistema de control no pudo crecer en forma sana y con fortalezas estructurales, si observamos su comportamiento a través del tiempo nos dimos cuenta que la industria tendría deficiencias en su economía interna lo que ocasiono reducción del personal dando como resultado alteraciones en la separación de funciones y así no se obtuvo información confiable y eficiente ocasionando la adopción de decisiones incorrectas.

Se aumentó el riesgo, pérdida de tiempo y recursos lo que impidió alcanzar niveles óptimos de competitividad.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El sistema de lavado mejoró los tiempos de producción en el proceso de embotellado en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato?

1.2.5 INTERROGANTES DEL PROBLEMA

- ✓ ¿Cuáles fueron los resultados del estudio de sistemas de lavado y la automatización del sistema de control de la lavadora de botellas en el prototipo de embotelladora que se implementó en el laboratorio de automatización?
- ✓ ¿Qué sistema de lavado se utilizó en la lavadora de botellas para mejorar el prototipo de embotelladora?
- ✓ ¿Qué recursos fueron necesarios para la implementación del sistema automatizado que lleva el proceso del lavado de botellas en el prototipo de embotellado que se implementó en el laboratorio de automatización?

- ✓ ¿Cuál fue el mecanismo y política de seguridad más adecuada que se utilizó en el desarrollo del sistema de lavado de botellas?
- ✓ ¿Qué parámetros se debió tener en cuenta para el diseño de una lavadora de botellas para mejorar el sistema de embotellado que se implementó en el laboratorio de automatización?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.2.6.1 DELIMITACIÓN POR CONTENIDO

Este proyecto estuvo basado en la utilización de las áreas de:

- ✓ Área de Ingeniería Mecánica
- ✓ Sistemas de Medición y Control
- ✓ Sistemas Hidráulicos
- ✓ Diseño Mecánico

1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El presente proyecto de investigación se realizó en la parroquia de Huachi Chico en los laboratorios de Control y automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato al Sur de la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua, en la Región sierra, en el País de Ecuador.

1.2.6.3 TEMPORAL.

El presente proyecto se realiza en el periodo comprendido desde Mayo del 2012 hasta Mayo de 2014.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este tema de estudio fue planteado debido a su gran importancia dentro del campo Industrial, y la tendencia a mejorar los conocimientos teóricos y prácticos de los estudiantes de Ingeniería Mecánica las razones de la investigación estuvieron basadas en el enfoque práctico para el enjuagado y descontaminado de botellas, debido a los nuevos avances tecnológicos que generan una innovación para los sistemas de enjuagado de botellas.

Ante el problema ya analizado cabe tomar una nueva orientación acorde a los recursos actuales que tiene el laboratorio de automatización y aplicar los conocimientos como una herramienta más del laboratorio.

Fue de mucha importancia el proyecto de investigación ya que con eso nos incentivamos a desarrollar nuevas tecnologías para la implementación de equipos para la productividad y sobre todo con las debidas normas de seguridad.

Esta alternativa nos permitió adentrarnos de una forma más seria al desarrollo tecnológico acorde a las investigaciones, métodos y procedimientos que realizaría el personal capacitado.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar un sistema de lavado de botellas que permita optimizar tiempos de producción en el proceso de embotellado en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✓ Determinar que parámetros estudian el proceso de enjuagado de botellas y cuales son aplicables en el sistemas de enjuagado de botellas para mejorar la producción de llenado y reducción de tiempos de llenado en las Industrias.

- ✓ Analizar diferentes tipos de enjuagadoras de botellas y tiempos de lavado en el proceso de embotellado en el laboratorio de automatización y control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

- ✓ Proponer un método apropiado para mejorar el enjuagado de botellas dentro del sistema de embotellado que se implementara en el laboratorio de automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

En la Escuela Superior Politécnica del Litoral de la Facultad de Ingeniería en Eléctrica y Computación de la ciudad de Guayaquil en el 2006 la Srta. Cecilia Cumanda Casal Arteaga realiza el diseño de una máquina enjuagadora de botellas no retornables, con la finalidad de la implementación de una máquina automática enjuagadora de botellas no retornables, para el embotellado de agua y jugos en la empresa Daule Foods. "DAFOODSA" ubicada en la ciudad de Guayaquil. Donde se concluyó que la máquina realiza una producción aproximada de 17 botellas/ minuto obteniendo así 145000 botellas en 22 días laborables con una eficiencia del 80%

En la Escuela Superior Politécnica del Litoral de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la ciudad de Guayaquil en el 1998 el Sr. Francisco Geovanny Anchaluisa Guano realizó el diseño de una lavadora Semiautomática de cilindros para bebidas gaseosas. Para el caso de una lavadora de cilindros la máquina operará a una capacidad de 60 cilindros por hora, haciendo unos ligeros cambios de velocidad la misma máquina podrá operar a 100, 120 cilindros-hora.

Los dos temas tomados como referencia realizan una máquina enjuagadora automática y semiautomática para botellas retornables y la diferencia con el sistema de lavado de botellas propuesto que es tanto para botellas retornables como botellas no retornables.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.

Con el desarrollo de esta investigación se pretendió buscar nuevas alternativas de solución para las empresas envasadoras de bebidas de nuestro país con tecnología utilizada en nuestro medio y si es necesario buscar nuevas alternativas tecnológicas que sirvan de gran aporte para lograr ser competitivos en el mercado que ha crecido a pasos agigantados además de eso, obtener un producto de buena calidad y con ayuda de la automatización obtener una reducción de tiempos en la producción.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

En la presente investigación, está destinado al estudio de una enjuagadora de botellas que forma parte de un prototipo de embazadora de botellas por lo que implica basarse en Normas Técnicas Ecuatorianas e Internacionales de los cuales serán utilizadas las siguientes:

- CPE INEN 003:89 Código de dibujo técnico, mecánico
- NTE INEN 0439:84 Colores, señales y símbolos de seguridad
- NTE INEN 0072:92 Formatos de papeles. Series de formatos finales
- NTE INEN 0077:76 Símbolos gráficos para esquemas eléctricos.
- RTE INEN 013:2006 Etiquetado y Rotulado de Textiles, Prendas de vestir, Calzado, Envases y Accesorios afines
- American Iron and Steel Institute (AISI) Es una clasificación de aceros y aleaciones de materiales el cual nos servirá para la selección del material.
- American Welding Society (AWS) Norma Nacional Americana que nos permitirá utilizar los símbolos normalizados de soldadura.
- 37295-COMEX-MEIC-S Resolución N°281-2012 (COMIECO-LXII) de 14 de mayo del 2012, modificaciones al Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:10 "Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios Pre envasados para Consumo Humano para población a partir de 3 años.

- 37099-COMEX-MEIC-S Resolución N° 269-2011 (COMIECO-LXI) de fecha del 2 de diciembre de 2011 y su anexo: Procedimiento de Reconocimiento de los Registros Sanitarios de Alimentos y Bebidas Procesados.

2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.

2.4.1 GRÁFICOS DE INCLUSIÓN INTERRELACIONADOS.

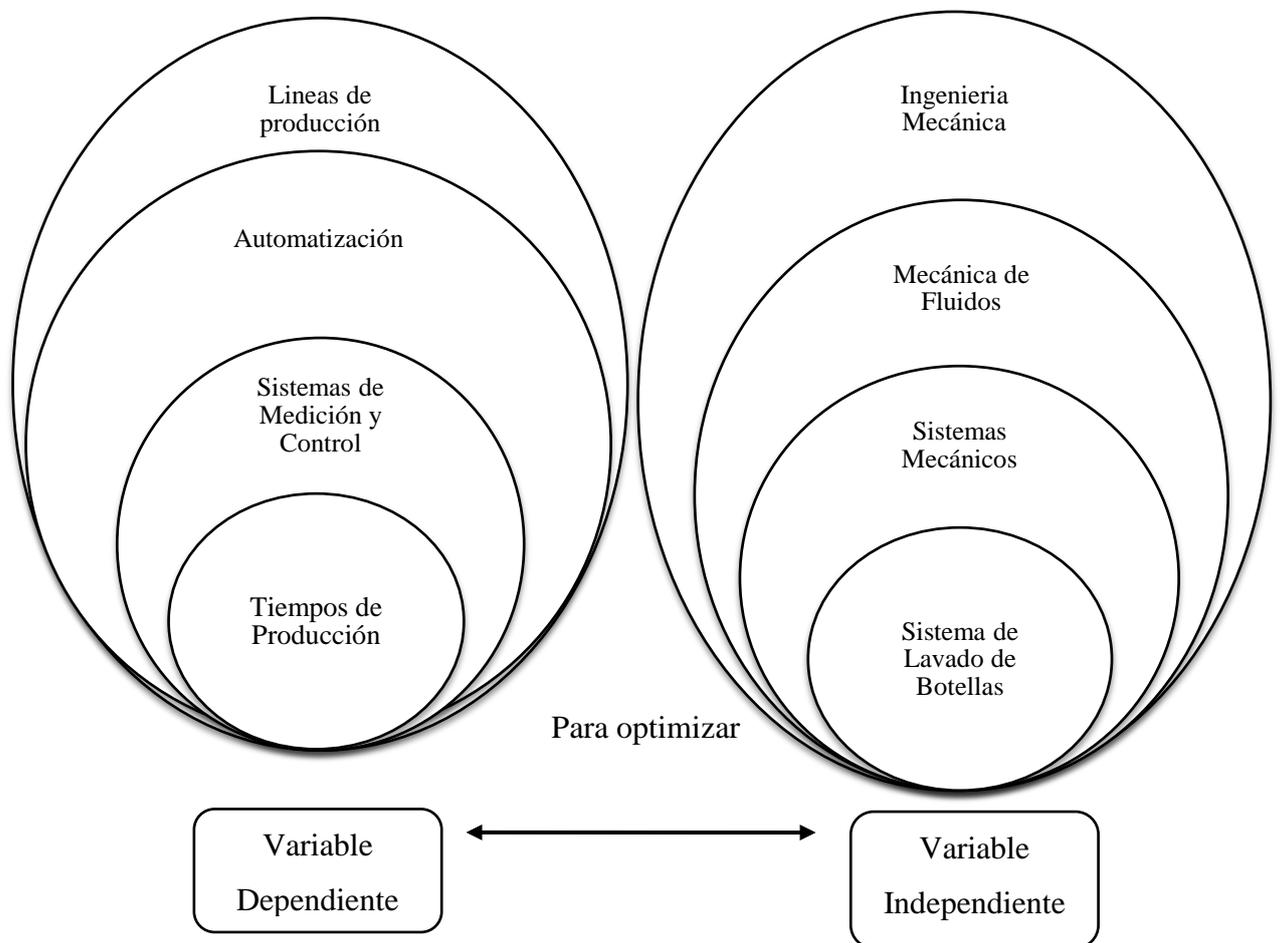


Figura 2.1: Red de categorías fundamentales

Fuente: Autor (Edgar Paucar)

2.4.2 MÁQUINA ENJUAGADORA DE BOTELLAS.

En el sitio Web de Miagua, Empresa dedicada a la construcción de máquinas lavadoras y llenadoras de botellas;

(<http://miagua.com/Noticias/LavadodeBotellas.html>)

“Las máquinas lavadoras de botellas son continuamente mejoradas por sus fabricantes con investigación y desarrollo. Utilizando tecnología probada y confirmada, estas son optimizadas con énfasis en calidad de limpieza y efectividad en costos.

Independientemente si son máquinas pequeñas o grandes, todas las máquinas de lavado de botellas tienen Zonas de Limpieza similares.

- ✓ Pre-Remojo
- ✓ Pre-Inyección
- ✓ Solución principal cáustica
- ✓ Solución caustica subsiguiente
- ✓ Agua caliente 1
- ✓ Agua caliente 2
- ✓ Agua fría
- ✓ Agua fresca

Los químicos para limpieza deben ser dosificados dentro de las respectivas Zonas de limpieza. Por consiguiente sistemas de medición, control y dosificación confiables y exactos son necesarios.

En las zonas de solución cáustica, sistemas de medición y control para conductividad son utilizados con bombas dosificadoras para inyectar las soluciones de soda cáustica, los aditivos y los agentes antiespumantes. El valor de pH se monitorea y agentes anti-incrustantes son dosificados en las zonas de aguas mientras componentes desinfectantes son también dosificados en las zonas de aguas frías. La planta para generar ClO₂ (Dióxido de Cloro) para dosificar en estas zonas junto con sensores para detectar el residual de ClO₂ libre y así poder

dosificarlo en función de esta medida. Para ácido peracético también ofrecemos medición, control y dosificadoras.

El sistema de distribución es un "SKID" elegante e higiénico para dosificación. Se monta con las bombas y tanques para químicos necesarios solo para un día de trabajo. Los tanques de trabajo diario son llenados, desde el tanque con inventario del respectivo agente limpiador, monitoreado su nivel. De esta forma hay un manejo efectivo y seguro de los productos químicos en el área de producción. Las descargas de las bombas dosificadoras se pueden hacer lo más cortas posibles para beneficiar la precisión en dosificación.

Dióxido de cloro es utilizado para lograr costos efectivos en la zona de agua fría en vez de ácido peracético el cual es más caro. Dependiendo de los valores medidos, dióxido de cloro es dosificado dentro de la zona de agua fría a una concentración de 2.0 ppm. También ClO_2 es dosificado, como función del flujo, al agua fresca que va a las líneas de boquillas en concentraciones solo permitidas para agua potable. Para desinfectar el "headspace" también se utiliza esta agua con ClO_2 el rociado por las boquillas, tomando ventaja del efecto 'Aerosol'.

El área de "Headspace" es en la salida de la máquina lavadora de botellas. En esta área las botellas se ponen sobre la banda transportadora para que salgan de la máquina. Todas las botellas están limpias y desinfectadas ¡pero abiertas! Vapor que viene de la máquina lavadora se condensa en las aéreas superiores y gotea sobre las botellas limpias. Este es el "Headspace" y es bastante bueno y abrigado para el crecimiento de bacterias si no está limpio y desinfectado. Lo que pasa es que si estas gotas de agua provenientes del "Headspace" caen sobre las botellas limpias, ya se puede imaginar.

Si agua con ClO_2 es rociada con las boquillas, no solamente se va a tener el resultado del rociado sino que también el efecto "aerosol". Este aerosol que contiene ClO_2 mojará las superficies internas de la lavadora reduciendo así los gérmenes donde el rociado con boquillas no llega.

Higiene del Enjuague

La labor principal cuando llegan las botellas al enjuague, es desinfectar las botellas y la esterilización del agua para el próximo enjuague. Ellos han venido utilizando dióxido de cloro para estas labores durante años.

Desinfectando con Dióxido de Cloro.

Dióxido de cloro se cuenta sin ninguna duda como una de las mejores soluciones para desinfección. Después de ozono, dióxido de cloro es la forma más efectiva y rápida de matar bacterias. Puede ser fácil y rápidamente utilizado y es permitido para tratar agua para consumo humano. Esto quiere decir que puede ser utilizado sin peligros de interacciones en el agua de enjuague.

Para el lavado después del enjuague (última inyección), agua esterilizada de calidad para consumo humano es utilizada con menos de 0.2 ppm de dióxido de cloro. El agua de enjuague se captura en un tanque cercano y se le dosifica dióxido de cloro para desinfectar las botellas a una concentración de 1.5 a 2 ppm. Porque esta agua es utilizada varias veces, hay ahorros considerables.

Este proceso es logrado utilizando tecnología Miagua para la producción y la distribución de dióxido de cloro. El Dióxido de cloro producido fresco es guardado como una solución de alrededor de 1000 ppm en un tanque químico seguro con nivel de llenado monitoreado. Después, utilizando bombas dosificadoras, es dosificado al proceso”.

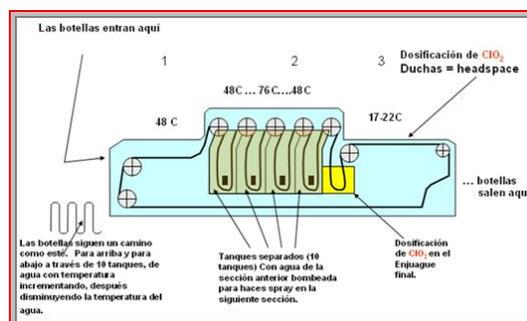


Figura 2.2: Lavadora de Botellas

Fuente: Miagua. Empresa dedicada a la construcción de máquinas lavadoras y llenadoras de botellas. Recuperado de <http://miagua.com/Noticias/LavadodeBotellas.html>

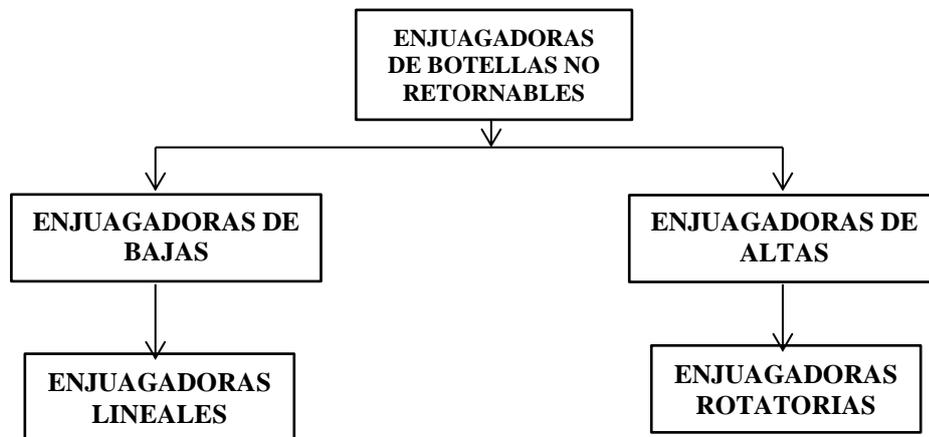
2.4.2.1 TIPOS DE MÁQUINAS ENJUAGADORAS DE ENVASES QUE SE PUEDEN INSTALAR

Existen variedad de diseños de máquinas enjuagadoras de botellas no retornables, que se podrían instalar el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de acuerdo a sus necesidades.

Según en el mercado existen máquinas de diferentes formas y diseños, las enjuagadoras se dividen en dos grandes grupos:

- a) Enjuagadoras de bajas velocidades.
- b) Enjuagadoras de altas velocidades.

En el DIAG.2.1 se puede observar las clases de enjuagadoras existentes en el mercado industrial, que se podrían instalar en el laboratorio, dependiendo de sus requerimientos se seleccionará el equipo adecuado.



Diag 2-1: Clases de enjuagadoras

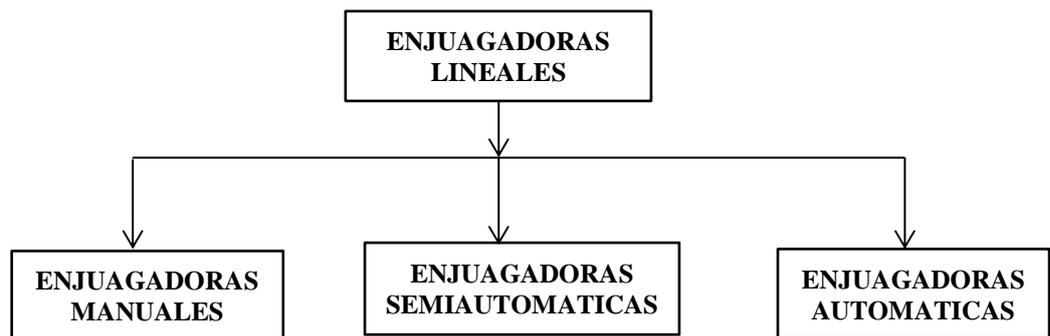
Fuente: Autor, Edgar Paucar

a) Enjuagadoras de bajas velocidades.

Las máquinas enjuagadoras de bajas velocidades son las que su rapidez no es más allá de 40 botellas por minuto, normalmente se las usa en procesos lineales, estas

máquinas son usadas en plantas pequeñas inician sus actividades y no requieren de velocidades altas de producción, en caso de requerir aumentar la producción y por lo tanto la necesidad de incrementar velocidades, se las coloca varias máquinas en paralelo, que resulta más económico que comprar una máquina rotativa.

ENJUAGADORAS LINEALES.



Diag 2-2: Clases de enjuagadoras Lineales.

Fuente: Autor, Edgar Paucar



Figura 2.3: Enjuagadora Lineal Tipo Twister

Fuente: Cecilia Cumandaá casal Arteaga 2006



Figura 2.4: Twister Para Botellas Pequeñas

Fuente Cecilia Cumandaá casal Arteaga 2006



Figura 2.5: Twister Para Botellas Grandes

Fuente Cecilia Cumandaá casal Arteaga 2006

Las enjuagadoras de clase lineal se las puede encontrar como:

Enjuagadoras manuales, semiautomáticas y automáticas en la Fig. 2.4, se puede observar una enjuagadora lineal llamada Twister, en el interior se encuentran las guías que permiten que las botellas roten 180 grados mientras se produce el avance estas guías tienen el nombre de Twister tal como se observa en la Fig.2.3 y Fig.2.4 dependiendo del formato que se va a procesar. En esta máquina el enjuagado no es confiable, no todos los envases alcanzan a ser enjuagados, y otros no tienen el tiempo necesario de contacto con el agua para una buena limpieza, por lo tanto este equipo no garantiza la limpieza total de la botella, ya que depende de la velocidad con que se alimentan las botellas y por lo tanto, el tiempo que la botella esta sobre el rociador o boquilla varía.

Existen enjuagadoras lineales que si garantizan el enjuague, ya que las botellas durante el periodo de enjuague permanecen sobre la boquilla que realiza el proceso de limpieza.

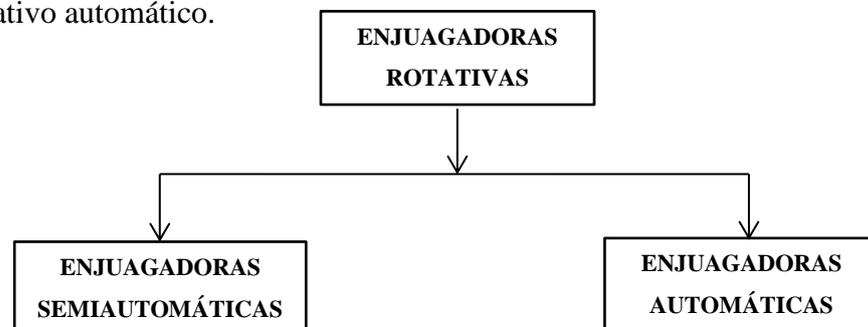
b) Enjuagadoras de altas velocidades.

Los equipos de altas velocidades son las que se usan en plantas que sobrepasan velocidades de 40 botellas por minuto, estas enjuagadoras son rotativas.

Enjuagadoras Rotativas

Las máquinas enjuagadoras rotativas son usadas por plantas que necesitan obtener una mayor producción horaria para efecto de cubrir su demanda, generalmente son empresas que se encuentran posicionadas en el mercado.

Esta clase de máquinas se clasifican en semiautomáticas y automáticas, en el Diag.2.3 se puede observar un equipo rotativo semiautomático y en la Fig.2.6 un equipo rotativo automático.



Diag 2-3: Clases de enjuagadoras Rotativas.

Fuente: Autor (Edgar Paucar)

Enjuagadoras Manuales.

Las enjuagadoras manuales son aquellas máquinas en las que el hombre maneja el proceso, que permite introducir el envase en la boquilla de limpieza, seguidamente accionar la bomba para producir su enjuague; luego debe abrir la cámara de

enjuague para ir retirando las botellas de una en una, y posicionarlas sobre el transportador de botellas, obteniéndose producciones de hasta 20 botellas por minuto. Esta clase de máquina se las puede considerar lineal aunque ellas no tienen ningún elemento o mecanismo en movimiento.

Enjuagadoras Semiautomáticas.

Las enjuagadoras semiautomáticas, son aquellos equipos en los cuales se requiere la acción de un operador o persona, para iniciar el ciclo de enjuague, normalmente este tipo de máquinas corresponden a la familia de enjuagadoras lineales aunque existen también enjuagadoras semiautomáticas rotativas.



Figura 2.6 Enjuagadora de Botellas Semiautomática Rotativa.

Fuente: Cecilia Cumandaá casal Arteaga 2006

En la Fig.2.6 se tiene un modelo de enjuagadora rotativa de operación semiautomática, posee 12 brazos interiores con 2 canastillas intercambiables cada columna y accionada por medio de perillas para el ajuste del tamaño de la botella. Tiene una velocidad de 23- 30 botellas por minuto.

Enjuagadoras Automáticas:

Estos equipos son aquellos en que no requiere que el operador realice una operación para producir la limpieza de las botellas, esto es la botella ingresa a ser enjuagada, se posiciona en la pinza que la sujeta durante el proceso, se produce el

giro de la botella posición en la que recibirá el agua durante el ciclo siguiente, se produce el ciclo de enjuagado y luego el de drenado del líquido remanente, luego de lo cual la botella volverá a su posición inicial, para posteriormente por medio de un molinete pasar al transportador de botellas el cual las conduce hacia la llenadora. Existen máquinas automáticas lineales y rotativas.



Figura 2.7 Enjuagadora de Botellas Automática Rotativa.

Fuente: Cecilia Cumandaá casal Arteaga 2006

En la Fig. 2.7 se muestra un modelo de enjuagadora rotativa operación automática, posee 8 brazos, sistema de recirculación de agua, producción media de 40 a 60 por minuto.

2.4.3 SISTEMAS MECÁNICOS

CRAIG J., (2006), Robótica, Editorial Pearson Educación, 3ra. Edición, México.”Los sistemas mecanismo son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por un conjunto de dispositivos o elementos, que cumplen una función para lograr un fin específico”.

2.4.3.1 Características de los Sistemas Mecánicos

Se caracterizan por presentar elementos o piezas sólidos, con el objeto de realizar movimientos por acción o efecto de una fuerza. En ocasiones, pueden asociarse con sistemas eléctricos y producir movimiento a partir de un motor accionado por la energía eléctrica. En general la mayor cantidad de sistemas mecánicos usados actualmente son propulsados por motores de combustión interna.

En los sistemas mecánicos. Se utilizan distintos elementos relacionados para transmitir un movimiento. Como el movimiento tiene una intensidad y una dirección, en ocasiones es necesario cambiar esa dirección y/o aumentar la intensidad, y para ello se utilizan mecanismos.”

2.4.4 DISEÑO MECÁNICO

Según SHIGLEY, (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica. 4ª Edición, McGraw - HILL, México “Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica a resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos.”

2.4.4.1 Diseño en Ingeniería Mecánica

Según SHIGLEY “Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de

producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y el conocimiento son extensas.

Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, de transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica y de la información. El diseño en la ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina”.

2.4.4.2 Consideraciones de diseño.

Según SHIGLEY “La resistencia de un elemento es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. La expresión factor de diseño significa alguna característica o consideración que influye en el diseño de un elemento, quizá es todo el sistema, por lo que suelen tenerse en cuenta los factores siguientes”:

- ✓ Funcionalidad
- ✓ Resistencia/Esfuerzo
- ✓ Distorsión/deflexión/rigidez
- ✓ Desgaste
- ✓ Seguridad
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Peso
- ✓ Ruido
- ✓ Tamaño
- ✓ Lubricación
- ✓ Mantenimiento

2.4.4.3 Normas y Códigos

Según SHIGLEY “Una norma es un conjunto de especificaciones para partes, materiales o procesos establecidos a fin de lograr uniformidad, eficiencia y cantidad especificadas.

Un código es un conjunto de especificaciones para analizar, diseñar, manufacturar y construir algo.”

2.4.4.4 Economía en el Diseño

La consideración del costo tiene una función importante en el proceso de la decisión del diseño que fácilmente podría emplearse el mismo tiempo para estudiar el factor de costo que para realizar el estudio de todo el tema de diseño.

Tamaño Estándar:

La utilización de los tamaños estándar o corrientes es el principio fundamental de la reducción del costo. Para asegurar que se especifiquen tamaños estándar o recomendables, el diseñador debe tener acceso a las listas de existencia de los materiales que se emplean

Tolerancias Amplias:

Las tolerancias de diseño influyen de muchas maneras en la factibilidad de fabricación del producto final. Las tolerancias cubren la variación dimensional y el intervalo de rugosidad superficial, así como la variación de propiedades mecánicas que generan el tratamiento térmico y otras especificaciones de procesamiento

2.4.4.5 Esfuerzo y Resistencia en el Diseño Mecánico

Según SHIGLEY “La supervivencia de muchos productos depende de la forma en que el diseñador ajusta el esfuerzo inducido por la carga para que sea menor que la resistencia en un punto de interés. En resumen, debe permitir que la resistencia exceda al esfuerzo por un margen suficiente, de manera que a pesar de las incertidumbres, la falla no sea frecuente. La resistencia es una propiedad de un material o de un elemento mecánico. La resistencia de un elemento depende de la elección, el tratamiento y el procesamiento del material. El esfuerzo es una propiedad de estado en un punto específico dentro de un cuerpo, la cual es una función de la carga, la geometría, la temperatura y el proceso de manufactura.”

2.4.5 DISEÑO DE TORNILLOS, SUJETADORES Y UNIONES

2.4.5.1 Normas o estándares y definiciones para roscas de tornillos

La terminología usada para las roscas tornillos ilustrada en la figura 2.8 se explica en la siguiente forma.

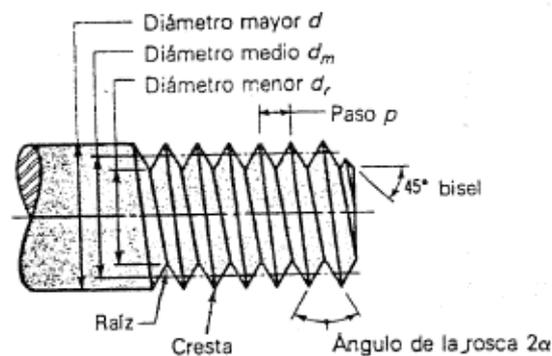


Figura 2.8: Nomenclatura de una rosca de tornillo.

Fuente: SHIGLEY, (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica. 4a Edición, McGraw - HILL, México

El paso es la distancia que hay entre dos hilos adyacentes, medida paralelamente al eje de la rosca, y es el recíproco del número de hilos por pulgada.

Obviamente, el diámetro mayor d es el diámetro de mayor tamaño de la rosca.

El diámetro menor del diámetro de menor tamaño de la rosca.

El avance l no indicado es la distancia que se desplaza una tuerca, paralelamente al eje de la rosca de un tornillo, cuando se le da una vuelta. En el caso de una rosca simple (o de un solo filete).

En la figura 2.9 se presenta la configuración geométrica de las tres rosas estándar.

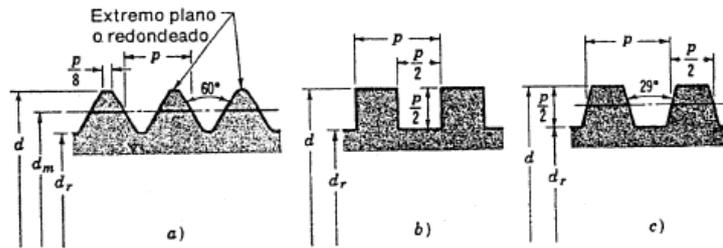


Figura 2.9: a) Rosca Americana, b) rosca cuadrada, c) Rosca Acme

Fuente: SHIGLEY, (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica. 4a Edición, McGraw - HILL, México

2.4.5.2 Mecánica de los Tornillos de Fuerza y de Potencia

Según SHIGLEY “Los tornillos de fuerza son dispositivos que se utilizan en las maquinarias usadas para convertir un movimiento angular en movimiento lineal y transmitir así generalmente fuerza potencia. Casi siempre se emplean para husillos o tornillos de avance de tornos, y para tornillos de bancos, prensas y gatos. En la figura 2.10 se muestra un tornillo de potencia de rosca cuadrada, de un solo filete, que tiene un diámetro medio, un paso, un ángulo de avance y un ángulo de hélice; soporta una carga axial de compresión F . Se desea hallar la expresión matemática del par de torsión que se necesita para levantar esa carga y la expresión correspondiente para bajarla.”

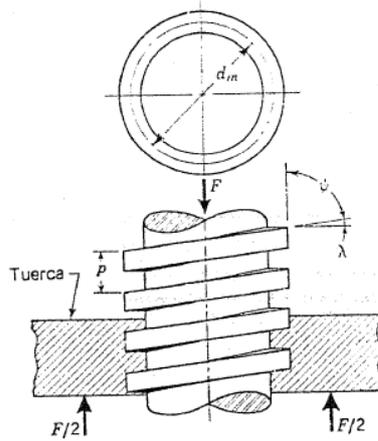


Figura 2.10: Tornillo de fuerza o potencia

Fuente SHIGLEY, (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica. 4a Edición, McGraw - HILL, México

2.4.5.3 Momento par de torsión para levantar la carga

$$T = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right) \quad \text{Ec (2.1)}$$

Dónde:

d_m : Diámetro medio

F: Fuerza

μ : Coeficiente de fricción

l: avance

2.4.5.4 Momento par de torsión para descender la carga

$$T = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi \mu d_m + l}{\pi d_m + \mu l} \right) \quad \text{Ec (2.2)}$$

Dónde:

d_m : Diámetro medio

F: Fuerza

μ : Coeficiente de fricción

l: avance

2.4.5.5 Eficiencia de la rosca

$$e = \frac{Fl}{2\pi T} \quad Ec (2.3)$$

Dónde:

F: Fuerza

l: avance

T: Momento Torsor

2.4.5.6 Esfuerzos en las Roscas

Según SHIGLEY “En la Figura 2.11 se transmite una fuerza F a una tuerca y a través de un lomillo de rosca cuadrada. Ahora se determinarán los esfuerzos producidos en la rosca de la tuerca y en la rosca del tornillo, los cuales podrían ocasionar la falla en ellas, por ejemplo, por fluencia.

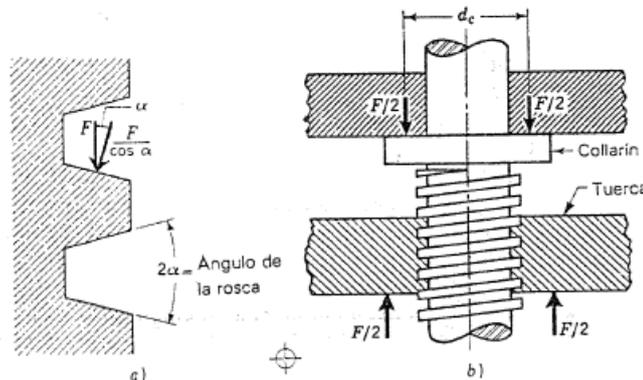


Figura 2.11: a) Fuerza normal en la rosca, b) collarín de empuje

Fuente SHIGLEY, (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica. 4a Edición, McGraw - HILL, México

Si se supone que la carga está distribuida uniformemente a lo largo de la altura de la tuerca h y que los hilos de la rosca del tornillo fallarían por cortante sobre el diámetro menor.”

Esfuerzo cortante medio en la rosca

$$\tau = \frac{2F}{\pi d_r h} \quad \text{Ec (2.4)}$$

Dónde:

dr: Diámetro menor

Esfuerzo medio de corte de la rosca

$$\tau = \frac{2F}{\pi d h} \quad \text{Ec (2.5)}$$

Dónde:

d: Diámetro mayor

Esfuerzo de aplastamiento en la rosca.

$$\sigma = \frac{-4F}{\pi h(d^2 - d_r^2)p} \quad \text{Ec (2.6)}$$

2.4.6 COJINETES DE RODAMIENTO

Según SHIGLEY “Son aquellos en los que la carga principal se transmite a través de elementos en contacto de rodadura y no de deslizamiento. En un cojinete de rodamiento la fricción iniciales aproximadamente igual al doble de la que hay a la velocidad de funcionamiento y, por lo tanto, es despreciable en comparación con el rozamiento inicial de un cojinete de casquillo o de manguito. La carga, la velocidad y la viscosidad de operación del lubricante afectan las características relacionadas con el rozamiento de un cojinete con contacto de rodamiento.”

2.4.6.1 Partes de un rodamiento

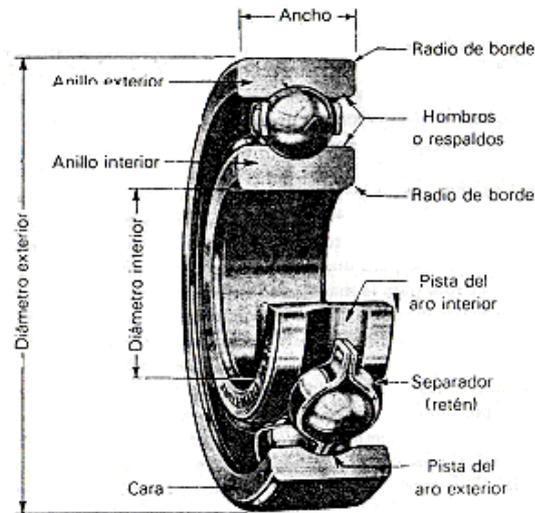


Figura 2.12: Nomenclatura de un cojinete de bolas

Fuente SHIGLEY, (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica. 4a Edición, McGraw - HILL, México

2.4.6.2 Tipos de Rodamientos

Según SHIGLEY “Según la forma de construcción de los rodamientos y sus aplicaciones se los puede clasificar en:

- ✓ Rodamientos rígidos de bolas
- ✓ Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular
- ✓ Rodamientos de agujas
- ✓ Rodamientos de rodillos cónicos
- ✓ Rodamientos de rodillos cilíndricos de empuje
- ✓ Rodamientos axiales de rodillos a rótula
- ✓ Rodamientos de bolas a rótula
- ✓ Rodamientos de rodillos a rótula
- ✓ Rodamientos axiales de bolas de simple efecto.”

2.4.6.3 Carga en cojinetes

Según SHIGLEY “Mediante la experimentación se ha demostrado que dos grupos de cojinetes idénticos, probados con cargas diferentes F_1 y F_2 , tienen vidas L_1 y L_2 respectivamente, y están relacionadas en la siguiente forma:”

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^a \quad \text{Ec(2.7)}$$

$a = 3$ para cojinetes de bolas

$a = 10/3$ para cojinetes de rodillos

La capacidad de carga de un cojinete está dada por la relación:

$$C_R = F \left[\left(\frac{L_D}{L_R} \right) \left(\frac{n_D}{n_R} \right) \right]^{1/a} \quad \text{Ec (2.8)}$$

Dónde:

C_R = Capacidad de carga básica

F = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

L_D = Vida útil requerida para el diseño

L_R = 3000 horas de vida a 500 rpm

n_D = Rpm a las que va a trabajar el rodamiento

n_R = 500 rpm

2.4.6.4 Vida útil en cojinetes

Es el número de revoluciones totales o también las horas de trabajo de un cojinete a una velocidad constante. Se establece un tiempo de vida útil, de acuerdo a las horas que se mantiene la máquina en funcionamiento y al número de revoluciones por minuto.

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 * n} \left(\frac{C_R}{F}\right)^a \quad \text{Ec (2.59)}$$

Dónde:

L_{10h} = Duración nominal en millones de revoluciones

C_R = Capacidad de carga básica

F = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

n = Velocidad constante de rotación en rpm

a = exponente, 3 para rodamientos de bolas

2.4.7 BOMBAS HIDRÁULICAS

ROCA, Felip. Oleohidraulica Básica. Grupo Editorial Alfa Omega S.A.
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1045/6/3.CAPITULO%20I.pdf>

“Las bombas son los elementos destinados a elevar un fluido desde un nivel determinado a otro más alto, o bien, a convertir la energía mecánica en hidráulica. Según el tipo de aplicación se usará uno u otro tipo de bomba.

Actualmente las bombas son los aparatos más utilizados después del motor eléctrico, y existe una gran variedad de bombas para traslado de líquidos y gases, y para presurizar o crear vacío en aplicaciones industriales.”

Slideshare Terminos básico. <http://es.slideshare.net/vfloresg/bombas-hidraulicas>

“**Caudal:** Cantidad de líquido que se debe bombear, trasladar o elevar en cierto intervalo de tiempo por una bomba: normalmente expresada en litros por segundos (l/s), litros por minuto (l/m) o metros cúbicos por hora (m^3/h).

Símbolo **Q**

Altura de elevación de un líquido: El Bombeo sobreentiende la elevación de un líquido de nivel más bajo a un nivel más alto. Expresado en metros columna de líquido o en bar (presión). Símbolo **H**

Amplitud de presión: Son los límites máximos de presión con los cuales una bomba puede funcionar adecuadamente. Las unidades son p.s.i o bar.

Volumen: Es la cantidad de fluido que una bomba puede entregar a la presión de operación.

Amplitud de la velocidad: Se constituyen en los límites máximos y mínimos en los cuales las cantidades a la entrada y soporte de la carga permitirán a la bomba funcionar satisfactoriamente. Las unidades son r.p.m.

Eficiencia: En la práctica se estima que la bomba debería dar un 80% del volumen o presión nominal, si no fuese así es una bomba poco eficiente y es mejor no usarla.

Rendimiento Volumétrico: Es el cociente que se obtiene al dividir caudal de líquido que comprime la bomba y el que teóricamente debería comprimir, conforme a su geometría y a sus dimensiones.

Rendimiento Mecánico: El rendimiento mecánico mide las pérdidas de energía mecánica que se producen en la bomba, debidas al rozamiento y a la fricción de los mecanismos internos.”

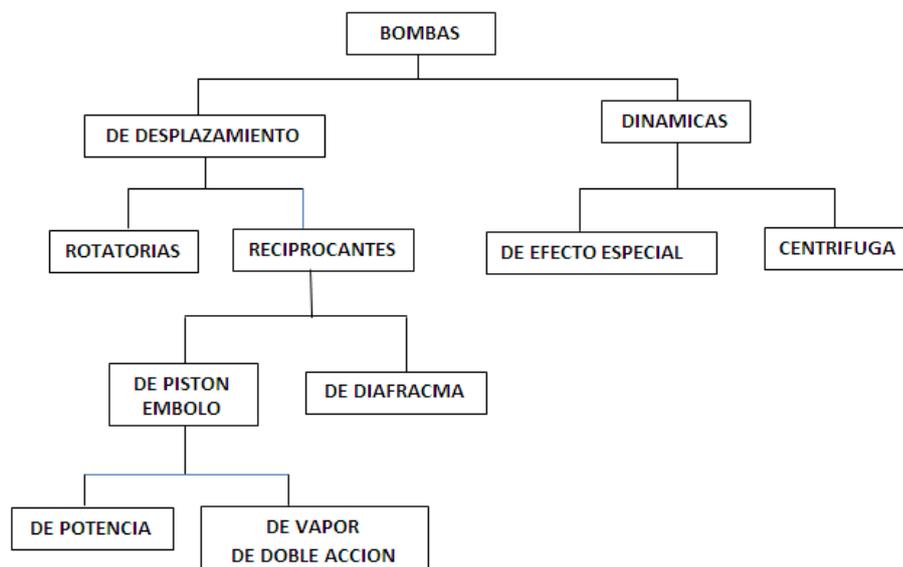
2.4.7.1 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS

Las Bombas pueden clasificarse sobre la base de las aplicaciones a que están destinadas, los materiales con que se construyen, los líquidos que mueven y aún su orientación en el espacio. Todas estas clasificaciones, sin embargo, se limitan en amplitud tienden sustancialmente a trasladarse entre sí. Un sistema más básico de clasificación, define primero el principio por el cual se agrega energía al fluido, investiga la identificación del medio por el cual se implementa este principio y finalmente delinea las geometrías específicas comúnmente empleadas. Este sistema se relaciona por lo tanto, con las bombas mismas y no se relaciona con ninguna consideración externa a la bomba o aun con los materiales con que puede estar construida. Bajo este sistema, todas las bombas pueden dividirse en dos grandes categorías:

Dinámicas, en las cuales se añade energía continuamente, para incrementar las velocidades de los fluidos dentro de la máquina a valores mayores de los que existen en la descarga, de manera que la subsecuente reducción en velocidad dentro, o más allá de la bomba, produce un incremento en la presión. Las bombas dinámicas pueden, a su vez, subdividirse en otras variedades de bombas centrífugas y de otros efectos especiales.

De desplazamiento, en las cuales se agrega energía periódicamente mediante la aplicación de fuerza a uno o más límites móviles de un número deseado de volúmenes que contienen un fluido, lo que resulta en un incremento directo en presión hasta el valor requerido para desplazar el fluido a través de válvulas o aberturas en la línea de descarga. Las bombas de desplazamiento se dividen esencialmente en los tipos recíprocos y rotatorios, dependiendo de la naturaleza del movimiento de los miembros que producen la presión.

Cada una de estas clasificaciones mayores puede, a su vez, subdividirse en varios tipos específicos de importancia comercial, como se indica en el diagrama 2-4.



Diag. 2-4: Clasificación de Las Bombas.

Fuente Autor, Edgar Paucar

2.4.7.2 CÓMO SELECCIONAR UNA BOMBA HIDRÁULICA

Según Slideshare Terminos básico “Las bombas deben seleccionarse según el concepto del trabajo a realizar:

- Presión máxima de trabajo.
- Caudal máximo de trabajo.
- Rendimiento de la bomba.
- Fácil mantenimiento.
- Energía requerida en la fase de arranque.

2.4.8 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

INTRODUCCIÓN

Automatización Industrial. Luis B. Gomes Flores.

Según Luis B. Gomes Flores “Los controladores lógicos programables o también llamados Autómatas Programables es una herramienta bastante útil y versátil orientado a diferentes procesos en la industria.

Los autómatas son parte de un sistema automático de fabricación. Un sistema automático se define como la sustitución del operador humano, tanto en sus tareas físicas como mentales, por máquinas o dispositivos.

TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA AUTOMATIZACIÓN

Las tecnologías empleadas en la automatización pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Tecnología cableada
- Tecnología programada

La tecnología cableada se realiza a base de uniones físicas de los elementos que componen la parte de control. La tecnología cableada ha sido extensamente empleada, 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.

En la tecnología programada, la parte de control se realiza mediante la confección de un programa residente en la memoria de una unidad de control. Los autómatas Programables pertenecen a la tecnología programada, el cual entre sus ventajas están todos los inconvenientes de la tecnología cableada.

2.4.8.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN LA ACTUALIDAD

Según Luis B. Gomes Flores “La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

Parte de Mando

Parte Operativa.

La Parte Operativa

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, y los captadores como fotodiodos, finales de carrera, etc.

La Parte de Mando

Suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta ahora se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

Objetivos de la automatización

Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma. Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad. Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente. Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso. Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo. Integrar la gestión y producción.

Detectores y Captadores

Como las personas necesitan de los sentidos para percibir, lo que ocurre en su entorno, los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información de:

La variación de ciertas magnitudes físicas del sistema.

El estado físico de sus componentes

Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores.

Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en: Transductores todo o nada: Suministran una señal binaria claramente diferenciados. Los finales de carrera son transductores de este tipo.

Transductores numéricos: Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Los encoders son transductores de este tipo.

Transductores analógicos: Suministran una señal continua que es fiel reflejo de la variación de la magnitud física medida.

Algunos de los transductores más utilizados son: Final de carrera, fotocélulas, pulsadores, encoders, etc.

Accionadores y Preaccionadores

El accionador o actuador es el elemento final de control que, en respuesta a la señal de mando que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso.

Un accionador transforma la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno industrial de trabajo.

Los accionadores pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

Los accionadores o actuadores más utilizados en la industria son: Cilindros, motores de corriente alterna, motores de corriente continua, etc.

Los accionadores son gobernados por la parte de mando, sin embargo, pueden estar bajo el control directo de la misma o bien requerir algún preaccionamiento para amplificar la señal de mando. Esta preamplificación se traduce en establecer o interrumpir la circulación de energía desde la fuente al accionador.

Los preaccionadores disponen de:

Parte de mando o de control que se encarga de conmutar la conexión eléctrica, hidráulica o neumática entre los cables o conductores del circuito de potencia.

Tecnología Cableada

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes que ya se mencionó con anterioridad.

Los dispositivos que se utilizan tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

Automatismos eléctricos a base de contactores.

Mandos neumáticos, oleohidráulica

Tarjetas electrónicas.

Tecnología Programada

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas. En la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son:

Los ordenadores.

Los autómatas programables.

El ordenador, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

2.4.8.2 SISTEMA DE CONTROL

Según Luis B. Gomes Flores “El concepto de control es muy amplio ya que abarca desde un simple interruptor que gobierna el encendido de una lámpara eléctrica, hasta el complejo sistema de computadoras que controlan el funcionamiento de una refinería o el piloto automático de un avión.

Podríamos definir al control como el manejo indirecto de las magnitudes de un sistema de producción, llamado planta o proceso, por otro sistema llamado sistema de control.

Los primitivos sistemas, de los cuales derivaron los actuales, aparecieron junto con la "Revolución Industrial" del siglo XIX. El paso más grande ocurrió en los años 70 del siglo actual con la aparición de los circuitos integrados y en particular los llamados microprocesadores.

El costo de los grandes computadores de esa época permitió el desarrollo de dispositivos más pequeños, y de uso más restringido, pero capaces de manejar potencias más elevadas, llamados PLC "Programable Logic Controller".

En la actualidad tenemos disponibles en el mercado sistemas muy económicos y que ofrecen una amplia gama de prestaciones y compatibilidad para conectarse con otros y con computadores centrales para formar redes de control distribuido que cubren todas las necesidades de la industria.

El objetivo de un sistema de control es gobernar la respuesta del sistema controlado sin que deba intervenir directamente un operario sobre los elementos de salida. El operario manipula solamente las magnitudes de salida deseadas de ese sistema, llamadas las consignas, y el sistema de control se encarga de gobernarlas por medio de los accionamientos o actuadores correspondientes.

El concepto lleva de alguna manera implícita que el sistema de control opera con magnitudes de baja potencia, llamadas señales, y con ellas los actuadores son los que realmente controlan la energía o elementos de entrada y salida del sistema controlado.

El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ciencia.

El control automático se ha vuelto una parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de manufactura.

Cuando se analiza un sistema de control se debe conocer de algunos términos que se indican:

Variable Controlada. Es la cantidad que se mide y controla, por lo común es la salida del sistema.

Variable Manipulada. Es la cantidad que se modifica para obtener un valor deseado.

Planta. Se llama planta a cualquier objeto físico que se va a controlar

Perturbación. Es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema.

Servomecanismo. Sistema de control realimentado cuya salida es una posición mecánica.

2.4.8.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's)

Según Luis B. Gomes Flores. "Las empresas de hoy, que piensan en el futuro, se encuentran provistas de modernos dispositivos electrónicos en sus máquinas y procesos de control. Hoy las fábricas automatizadas deben proporcionar en sus sistemas, alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad. Una de las bases

principales de tales fábricas es un dispositivo electrónico llamado Controlador Lógico Programable. Este dispositivo fue inicialmente introducido en 1970 y se ha sido refinando con nuevos componentes electrónicos, tales como Micro-procesadores de alta velocidad, agregándole funciones especiales para el control de proceso más complejos. Hoy los Controladores Programables son diseñados usando lo último en diseño de Micro-procesadores y circuitería electrónica lo cual proporciona una mayor confiabilidad en su operación en aplicaciones industriales donde existen peligro debido al medio ambiente, alta respetabilidad, altas temperaturas, ruido ambiente o eléctrico, suministro de potencia eléctrica no confiable, vibraciones mecánicas etc.

El Control Lógico Programable que fue diseñado y concebido para su uso en el medio ambiente industrial.”

Ventajas De Los Plc

Según Luis B. Gomes Flores “Los Controladores Lógicos Programables, PLC como ellos son comúnmente llamados, ofrecen muchas ventajas sobre otros dispositivos de control tales como relevadores, temporizadores electrónicos, contadores y controles mecánicos como del tipo tambor. El objetivo de este texto es mostrar el funcionamiento interno y de programación de este tipo de controladores, además de mostrar algunas de sus aplicaciones en la industria, también realizar una serie de prácticas para que el técnico o ingeniero en la industria pueda iniciarse en este apasionante rama de la automatización.”

Definición

Según Luis B. Gomes Flores “EL PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un

controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos. De una manera general podemos definir al controlador lógico programable a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática.”

Campos De Aplicación Del Plc

Según Luis B. Gomes Flores “EL PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del Hardware y Software amplia continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc.,... Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Sus reducidas dimensiones, las extremas facilidades de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficiencia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se reduce necesidades tales como: Espacio reducido. Procesos de producción periódicamente cambiantes Máquinaria de procesos variables. Instalación de procesos complejos y amplios. Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.”

Ejemplos De Aplicaciones De Un Plc

- Maniobras de máquinas.
- Máquinaria industrial del mueble y la madera.
- Máquinaria en proceso de grava, arena y cemento.
- Máquinaria en la industria del plástico.
- Máquinaria de ensamblaje.

2.4.8.4 VARIADOR DE VELOCIDAD

Un variador de velocidad es un dispositivo electrónico en cargado de controlar el funcionamiento de un motor de inducción. Entre las principales funciones de un variador de frecuencia está realizar un arranque suave del motor, eliminando los picos en la corriente de arranque que se presentan cuando un motor trifásico es encendido. El variador de frecuencia también conocido como arrancador tiene la función de controlar la cantidad de corriente y voltaje que ingresa al motor en el momento del arranque, logrando de esta manera que el arranque del motor sea progresivo de menos a más con la corriente y voltaje, estrictamente necesarios.

2.4.8.5 AUTÓMATAS PROGRAMABLES

Los autómatas son unidades de control, conformadas por equipos electrónicos, los cuales cuentan con un cableado interno independiente del proceso a controlar (hardware), y mediante algoritmos definen la estrategia y caminos a seguir para controlar un proceso (software). Estos equipos son conectados hacia los dispositivos de medida (sensores) y hacia los dispositivos encargados de realizar acciones (actuadores). Una vez que el autómata está provisto de un algoritmo en su memoria, y que además cuenta con las conexiones respectivas hacia los equipos de planta, se convierte en el cerebro de la fábrica, teniendo a su cargo el desempeño y funcionamiento de toda la cadena productiva; los operarios deben supervisar que este se comporte tal como se había planificado y conforme a la lógica ideada por el programador.

2.4.9 AIRE NEUMÁTICO

ROLDAN, J., (2010) PRONTUARIO DE NEUMATICA INDUSTRIAL, Paraninfo S.A.

Según ROLDAN. "El aire neumático debe ser eminentemente seco y sin agentes agresivos y contaminantes.

En el proceso de compresión, el aire genera condensados de agua y más cuando las temperaturas son bajas.

El aire debe ser limpio, lo que se consigue filtrándola con filtros de unas 40 micras.

El aire comprimido no sobrepasa en su utilización los 10 bar (145psi) y en su uso generalizado esta entre 6 y 8 bar (87 y 116 psi).

El aire puede ser utilizado seco o engrasado. Existen aparatos de instrumentación que requieren aire seco, mientras que otros, como cilindro, distribuidores y reguladores se les alimenta con aire engrasado, que cumple dos objetivos: evitar la oxidación por efecto de la humedad contenida en el aire y engrasar los elementos móviles de los aparatos neumáticos.

Aplicaciones industriales y tecnológicas

- Máquinas herramientas.
- Máquinas para la industria: plástica, alimentos, petrolera, textil, bebidas, agrícolas, mineras, siderúrgica, etc.
- Equipamiento para robótica y manipulación automatizada.
- Accionamiento de válvulas y control de compuertas.
- Equipo por montaje industrial.

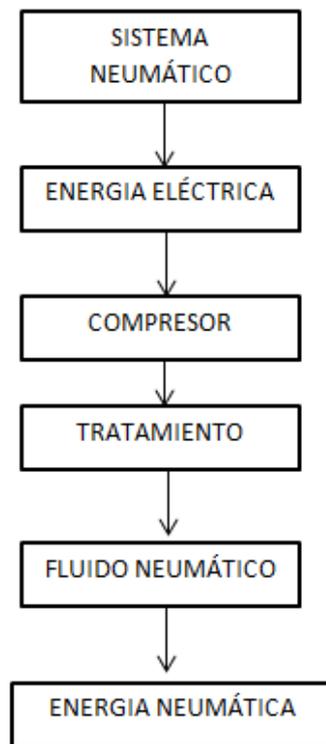


Figura 2.13: Diagrama de bloque transformación de energía

Fuente: ROLDAN, J., (2010) PRONTUARIO DE NEUMATICA INDUSTRIAL, Paraninfo S.A

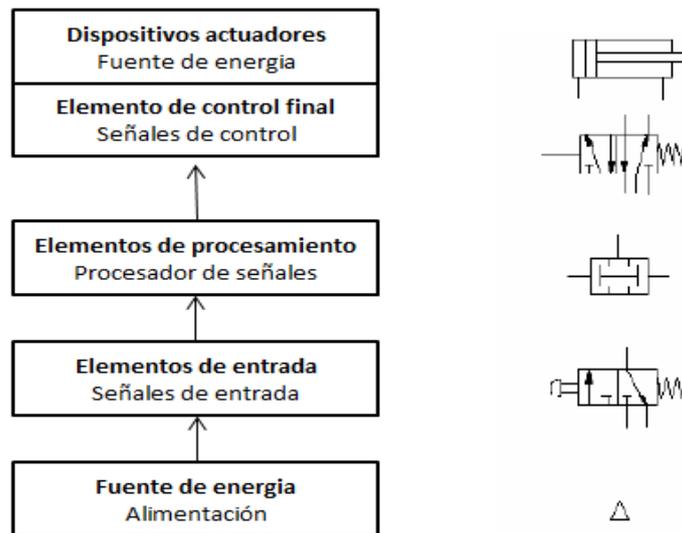


Figura 2.14: Componentes de circuitos neumáticos

Fuente: ROLDAN, J., (2010) PRONTUARIO DE NEUMATICA INDUSTRIAL, Paraninfo S.A

2.4.9.1 GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO Y ALIMENTACION DE FLUIDOS OLEO HIDRÁULICO

Según CABRERA Santiago, Guía de módulo Neumática y Oleohidráulica. 2010.

Generalidades de compresores. Son máquinas que aspiran el aire ambiente a presión atmosférica para entregarlo a mayor presión, puede clasificarse como se muestra.

Clases de compresores:

- **Émbolo:** De una etapa: pequeños con regular rendimiento.
De dos etapas: grandes con mejor rendimiento, requiriendo refrigeración.
- **Paletas.**
- **Tornillo.**
- **Membrana.**
- **Centrífugo.**

Compresor alternativo a pistón. Se comprime mediante el movimiento alternativo de un pistón accionado por un mecanismo biela – manivela. Las válvulas de admisión y escape se abren respectivamente en carreras de descenso y ascenso del pistón, permitiendo el ingreso y salida del aire. Puede aplicarse varias etapas de compresión para mejorar el rendimiento.

Compresor rotativo a tornillo. La compresión se efectúa por dos rotores helicoidales engranados contenidos en una carcasa. Durante la rotación, los lóbulos del rotor se engranan en los del otro, desplazando el aire axialmente y disminuyendo su volumen. El aire ingresa por un extremo y es evacuado por el otro en sentido axial.

Compresor rotativo a paletas. Consta de una carcasa cilíndrica en cuyo interior monta un rotor excéntrico, formando una cámara de trabajo en forma de media luna. Esta cámara se divide en secciones por paletas deslizantes en ranuras radiales del rotor. Cada división disminuye su volumen durante el giro, desde un máximo en la sección de aspiración hasta un mínimo en el escape.

2.4.9.2 ACTUADORES NEUMÁTICOS

Cilindros de simple efecto. Permiten realizar trabajo mecánico en un solo sentido de movimiento, su retorno lo alcanza por una fuerza externa o por la reacción de un resorte opuesto a la dirección del movimiento instalado al interior del cilindro. Posee una sola entrada de aire comprimido.



Figura 2.15: Cilindro de simple efecto

Fuente: ROLDAN, J., (2010) PRONTUARIO DE NEUMATICA INDUSTRIAL, Paraninfo S.A

Cilindros de doble efecto. Permiten realizar trabajo mecánico en sus dos sentidos de movimiento, para lo cual poseen dos entradas para aire comprimido ubicadas en los dos extremos del cilindro, por tanto se obtiene fuerza útil en sus dos recorridos. Estas fuerzas no son iguales, puesto que sus áreas efectivas a ambos costados del pistón, tampoco lo son.



Figura 2.16: Cilindro de doble efecto

Fuente: ROLDAN, J., (2010) PRONTUARIO DE NEUMATICA INDUSTRIAL, Paraninfo S.A

2.4.9.3 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS NEUMÁTICAS

Distribuyen o direccionan el aire comprimido hacia los dispositivos actuadores, regulando las maniobras de arranque, parada y sentido de circulación.

Identificación según vías/posiciones: Válvula X/Y

X: representa el número de vías o tomas de interconexión de la misma (hacia alimentación de presión, salidas y escapes), así: 2, 3, 4, o 5.

Y: establece la cantidad de posiciones estables del distribuidor, así: 2 o 3.

Factores para selección de válvulas

- Número de vías. Según el tipo de dispositivo actuador requerido:
Cilindro simple efecto: 3/2
Cilindro doble efecto: 4/2, 5/3, 5/2
- Número de posiciones: Según condiciones operativas del circuito;
Cilindro doble efecto con parada intermedia: Válvula 5/3
Cilindro doble efecto sin pared intermedia: Válvula 5/2
- Tipo de mando. Según la naturaleza de la señal de entrada:
Musculares (de mano o pie), mecánicos, neumáticos y electrónicos.
- Tamaño de válvula:
Según el caudal de aire comprimido, velocidad de actuación y presión de trabajo.

Válvulas distribuidoras 5/3

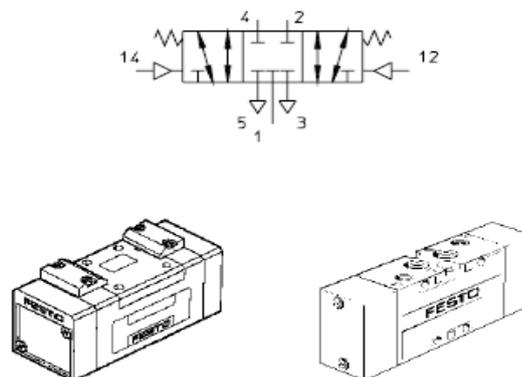


Figura 2.17: Válvulas distribuidoras de 5 vías, 3 posiciones

Fuente: ROLDAN, J., (2010) PRONTUARIO DE NEUMATICA INDUSTRIAL,
Paraninfo S.A

Silenciadores

Se utilizan para reducir el nivel de ruido en los escapes de las válvulas.



Figura 2.18: Silenciadores

Fuente: ROLDAN, J., (2010) PRONTUARIO DE NEUMÁTICA INDUSTRIAL, Paraninfo S.A

2.5 HIPÓTESIS

El sistema de lavado automatizado permitió optimizar tiempos de producción dentro del proceso de embotellado en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

Variable Independiente: Sistemas de lavado de botellas

Variable Dependiente: Tiempos de producción

Término de Relación: Optimizar

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

En el presente proyecto el tipo de variable que se utilizará es cuantitativa, ya que con esto se pueden evaluar los distintos elementos que se debe tomar en cuenta en para la elaboración de una máquina lavadora de botellas, además para evaluar los resultados se utilizaran también variables cualitativas, con esto podremos tener un mejor criterio para la investigación.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizará en según las siguientes modalidades:

3.2.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para conocer las diversas teorías y poder profundizarnos en el tema y tener un concepto claro de, parámetros de investigación de una máquina lavadora de botellas, de varios autores y de diversas fuentes para desarrollar apropiadamente el proyecto.

3.2.2 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Con la cual podremos evaluar si los parámetros evaluados en la investigación se cumplen en la práctica.

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la investigación se utilizaron los siguientes tipos:

3.3.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVO

Se describió los temas que son útiles para el estudio, la investigación y la construcción de la lavadora de botellas.

3.3.2 INVESTIGACIÓN EXPLICATIVO

Se explicará los resultados obtenidos tanto en el diseño como en la automatización de la lavadora de botellas, para poder tener un mayor conocimiento acerca del tema.

3.3.3 INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL

Con la cual se verifico si los resultados obtenidos son los esperados en la lavadora de botellas.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 POBLACIÓN

Para la aplicación del proyecto se utilizó 10 unidades de observación en el cuál se tomará nota de los movimientos, requerimientos, dimensiones del tipo de botellas a lavar, capacidad de botellas a lavar, características del material a lavar, espacio longitudinal entre botellas y tiempos de lavado dentro del prototipo de embotelladora que se implementó en el laboratorio de automatización de la facultad de Ingeniería Mecánica.

3.4.2 MUESTRA

Para determinar la muestra de este presente proyecto se utilizó 10 unidades de observación mediante el cual se registrará el número de botellas que se pueden lavar, en un minuto, una hora o en una jordana de trabajo dentro del prototipo de embotelladora.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 Variable Independiente: Sistema de lavado de botellas

Tabla 3-1: Variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Ítems	Indicadores	Técnicas e instrumentos
<p>SISTEMAS DE LAVADO.- Son sistemas que sirven para esterilizar botellas y envases antes del llenado, mejorando los niveles de seguridad e higiene en el producto final</p>	Sistemas de lavado	<p>¿Cuál es el sistema de lavado adecuado?</p> <p>¿Cuántas botellas se pueden lavar por hora?</p>	<p>Lineal Rotativo</p> <p>1-20 botellas/minuto.</p> <p>21-30 botellas/minuto</p>	<p>Bibliográfico- Libro</p> <p>Documentales- Catálogos</p> <p>Experimental-ficha de campo</p>
<p>BOTELLAS.- Son recipientes fabricado en material rígido, habitualmente de vidrio o alguna variedad de plástico y que se usa para contener productos líquidos</p>	Materiales de Botellas	<p>¿De qué tipo de material serán las botellas a lavar?</p> <p>¿Cuáles son las formas y volúmenes de las botellas?</p>	<p>Plásticas Vidrios</p> <p>½ litros- cilíndricas</p> <p>1 y 3 Litros- cilíndricas</p>	<p>Documentales- Catálogos</p> <p>Documentales- Catálogos</p>

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

3.5.2 Variable Dependiente: Tiempos de producción.

Tabla 3-2: Variable Dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Ítems	Indicadores	Técnicas e instrumentos
<p>OPTIMIZAR TIEMPOS.- Mejorar el proceso de embotellado con máquinas automatizadas reduciendo los tiempos de envasado, mano de obra y garantizando la calidad en el producto final utilizando tecnología de en nuestro medio.</p>	Automatización de líneas de producción	¿Qué tipos de automatización se puede aplicar?	<p>Automatización fija.</p> <p>Automatización programable.</p> <p>Automatización flexible.</p>	Bibliográfico- Libros
	Prácticas de laboratorio	¿Qué prácticas de laboratorio se pueden realizar?	<p>Mantenimiento</p> <p>Programación</p> <p>Ejecución</p>	<p>Guías de laboratorio-</p> <p>Catálogos</p>

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En el presente proyecto se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de investigación:

Tabla 3-3: Recolección de Información

Técnicas	Tipos	Instrumentos	Instrumentos de Registro
Observación	Directa	Ficha de Campo	Lápiz y Papel

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

La recolección de datos se la realizó estando en contacto con la lavadora de botellas, mediante observación directa y con la ayuda de una ficha de campo en la cual procederemos a describir lo observado y lo más relevante e importante que permitieron el desarrollo de una investigación para evaluar el correcto funcionamiento del proyecto.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.7.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- ✓ Revisión crítica de la información recogida.
- ✓ Proponer una Tabla de tabulación de datos, según las variables de la hipótesis: cuadros de una variable, cuadros con cruce de variables, etc.
- ✓ Porcentual, obteniendo los porcentajes con respecto al total con el resultado numérico y el porcentaje se estructura el cuadro de resultados que sirve de base para las gráficas.
- ✓ Representar los resultados mediante gráficos estadísticos de datos para la representación de resultados.

- ✓ Analizar e interpretar los resultados relacionándolas con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y el marco teórico.

3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- ✓ Es necesario que en un gráfico se encuentre el análisis e interpretación de objetivos, hipótesis, propuestas que se va a incluir etc.
- ✓ Análisis de resultados estadísticos, destacando la tendencia a incluir o relaciones fundamentales de acuerdo a los objetivos y la hipótesis.
- ✓ Interpretación de resultados con el apoyo del marco teórico.
- ✓ Comprobación de la hipótesis.
- ✓ Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con el propósito de seleccionar el mejor sistema de lavado de envases plásticos, se realizó un análisis de la información documental bibliográfica sobre procesos de embotellado publicados en páginas web, revistas técnicas, las cuales nos ayudaron a obtener las varias alternativas:

4.1 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

La máquina lavadora de botellas debe cumplir con las necesidades y parámetros de diseño del prototipo de embotelladora y ajustarse al espacio disponible en el laboratorio de automatización.

4.2 CONFORMACIÓN DE ALTERNATIVAS

Alternativa 1: Máquina Lavadora Rotativa

Esta máquina posee un sistema electromecánico para el enjuague de botellas de vidrio o plástico, equipada con un sistema transportador o pinzas con mordazas de material flexible, que sujetan firmemente los envases por el cuello durante el enjuague, sin aplastarlos o quebrarlos.

Además, evita que ocurra desalineamiento o caída de botellas durante el enjuague o descarga. Por medio de válvulas de mando mecánico de un canal de botellas son rociadas con agua esterilizada, para eliminar posibles partículas en su interior.

Este tipo de enjuagadoras cuenta con un funcionamiento continuo y totalmente automático, además controles de velocidad variable que sincronizan la enjuagadora y la llenadora para proporcionar constante alimentación de botellas a ésta última.



Figura 4.1 Lavadora de Botellas Rotativa

Fuente: Astanuzi. Recuperado de <http://www.industriastanuzi.com/sitionuevo/máquinaria.html>

Alternativa 2: Máquina Lavadora Lineal

Esta máquina posee un sistema automático para el enjuague de botellas de plástico, equipada con un sistema transportador accionados por una moto reductora y dos estaciones de bombeo con sus respectivos aspersores. Además, tiene una cadencia de producción variable de 30 a 100 botellas por minuto.

Esta máquina cuenta con un sistema de aspersion en forma de flauta que nos ayuda a rociar dicho líquido para realizar el lavado de las botellas y cuenta con dos depósitos de agua y filtros que nos permiten la reutilización de dichos líquidos y evitar el derramamiento y pérdida de los líquidos utilizados.

Este tipo de enjuagadoras cuenta con un funcionamiento continuo, además controles de velocidad variable que sincroniza la enjuagadora para proporcionar constante alimentación de botellas.



Figura 4.2 Lavadora de Botellas Lineal

Fuente: Solostocks. Recuperado de <http://www.solostocks.com.mx>

4.3 Conformación de Cuadros Comparativos

Con el análisis de la información proporcionada por la investigación se pudo elaborar un cuadro comparativo de cada una de las máquinas investigadas con la finalidad de seleccionar la mejor para satisfacer el proceso de embotellado.

Tabla 4-1: Alternativas para la selección de la Máquina Lavadora en Envases

Máquina Lavadora Rotativa	Máquina Lavadora Lineal
<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pueden Lavar de 100 a 1200 botellas/ min - Entrada y salida de envases por tornillo sin fin - Sistema de sujeción de envases por pinzas. - Largo máquina: 3000 mm - Alto máquina: 2000 mm - Ancho: 3000 mm <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puede lavar todo tipo de botella sin importar la forma, altura o diámetro. - La pinza permite la sujeción de bases de cualquier tipo de material, vidrio, PET, PVC. - Enjuaga con elevada presión de agua y bajo consumo. - Eleva la eficiencia del lavado. - Los tiempos de enjuague pueden ser variables. - Su mecanismo es simple y flexible. <p>Continuación de la Tabla 4-1</p>	<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pueden Lavar de 30 a 1000 botellas/ min - Entrada y salida de envases por un sistema transportador - Velocidad de lavado variable. - Largo máquina: 2000 mm - Alto máquina: 1500 mm - Ancho:800 mm <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pueden lavar envases de diferentes dimensiones - Tiene un brazo mecánico - Posee un aspersor para cada envase que ingresa en el área de lavado - Los tiempos de lavado pueden ser variables. - Pueden adaptarse a cualquier línea de embotellado con mucha facilidad - Económico - Ocupa poco Espacio - Versátil - Fácil de trasladar - Pueden trabajar según la producción requerida - Consumen poca energía eléctrica

Continuación de la tabla 4.1

Desventajas: <ul style="list-style-type: none">- Costo muy elevado- Ocupa mucho espacio- Sistema de lavado muy complejo- Mayor consumo de energía eléctrica.- Costos de mantenimiento muy elevado- Son muy pesadas	Desventajas: <ul style="list-style-type: none">- Costo de fabricación accesible- No poseen lubricación automática- Costos de mantenimiento muy elevado- Solo se pueden utilizar en pequeñas empresas.
--	---

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

4.4 ANÁLISIS ECONÓMICOS DE LAS ALTERNATIVAS

Luego de haber conformado los cuadros comparativos de cada uno de las máquinas lavadoras de botellas se realizó un alcance sobre el costo que tendría cada máquina para su fabricación en nuestro medio.

Tabla 4-2: Costos de Fabricación de cada Máquina con Tecnología utilizada en nuestro medio

Modelo	Costo Fabricación
Lavadora de Botellas Rotativa	25.000,00
Lavadora de Botellas Lineal	5.000,00

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

4.5 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

4.5.1 Selección de la Máquina Lavadora de Botellas.

RIBA R. CARLES (2002), Diseño Concurrente, Univ. Politèc. de Catalunya, (226 páginas); Para seleccionar el modelo adecuado hemos tomado el método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados.

Para seleccionar la mejor alternativa se tomaron en cuenta los siguientes factores considerados como los más importantes, por lo que hemos tomado el método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados.

Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados

Este método nos ayudó en base a tablas a encontrar la mejor solución sin tener que evaluar los parámetros de cada propiedad, y nos permite tener resultados globales suficientemente significativos.

Para realizar las tablas se asigna la siguiente escala de valores.

- Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas = 1
- Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas = 0,5
- Si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas = 0

Para cada criterio, se suma los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga un valor nulo), en la otra columna se calcula los valores ponderados para cada criterio.

Características

Tomamos los criterios más representativos para la evaluación que son los siguientes.

- **Costo:** Por lo que la máquina a diseñar debe tener un costo accesible e inferior al costo adquisición de la máquina a importar.
- **Espacio:** Tiene que ser fácil movilidad y traslado ya que esta máquina estará ubicada en el laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Mecánica.
- **Facilidad de construcción:** Debe ser didáctica y de fácil construcción ya que solo vamos a realizar un prototipo de ella.
- **Producción:** Tiene que estar dentro de los rangos de producción de todo el prototipo de embotelladora que se está implementando en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Mecánica.
- **Instalación:** La instalación debe ser lo más acorde a las facilidades que nos da el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Mecánica.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento tiene que ser el más sencillo posible pero eficiente.

Tabla 4-3: Evaluación del peso de cada criterio

Costo = Espacio > Facilidad de construcción > Producción > Instalación > Mantenimiento								
Criterio	Costo	Espacio	Facilidad de construcción	Producción	Instalación	Mantenimiento	$\Sigma + 1$	Ponderado
Costo	0,5	0,5	1	1	1	1	5,5	0,28
Espacio	0,5	0,5	1	1	1	1	5	0,26
Facilidad de construcción	0	0	1	1	1	1	4	0,21
Producción	0	0	0	1	1	1	3	0,15
Instalación	0	0	0	0	1	1	1	0,05
Mantenimiento	0	0	0	0	0	0	1	0,051282051
							19,5	1,00

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

Costo: el costo dependerá del tamaño, componentes mecánicos, equipos que cada tipo de lavadora de botellas tengan.

Según en el mercado existen máquinas de diferentes formas y diseños, las enjuagadoras se dividen en dos grandes grupos:

- a) Enjuagadoras de bajas velocidades (Las Lineales)

b) Enjuagadoras de altas velocidades (Rotatorias)

Tabla 4-4: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Costo

Lineal > Rotatoria				
Costo	Lineal	Rotatoria	$\Sigma + 1$	Ponderado
Lineal		1	2	0,67
Rotatoria	0		1	0,33
Total			3	1,00

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

Espacio: Tiene que ser fácil movilidad y traslado ya que esta máquina estará ubicada en el laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Enjuagadoras de bajas velocidades (Las Lineales): Ocupan menor espacio físico y son de fácil traslado y movilidad dentro de un espacio físico asignado dentro de cualquier empresa o laboratorio.

Enjuagadoras de altas velocidades (Rotatorias): Son máquinas por lo general muy grandes de difícil movilidad y traslado ya que cuenta con grandes componentes y sistema de traslado de botellas extenso.

Tabla 4-5: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Espacio

Lineal > Rotatoria				
Espacio	Lineal	Rotatoria	$\Sigma + 1$	Ponderado
Lineal		1	2	0,67
Rotatoria	0		1	0,33
Total			3	1

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

Facilidad de construcción: Debe ser didáctica y de fácil construcción ya que solo vamos a realizar un prototipo de ella.

Enjuagadoras de bajas velocidades (Las Lineales): Son de fácil construcción ya que no consta de muchos componentes y equipos mecánicos muy complejos de construir.



Figura 4.3: Enjuagadora Lineal Tipo Twister

Fuente: Solostocks. Recuperado de <http://www.solostocks.com.mx>

Enjuagadoras de altas velocidades (Rotatorias): Son de mayor complejidad en su construcción ya que consta de diferentes componentes mecánicos y un sistema de traslado de botellas muy complejo y varios detalles en su estructura



Figura 4.4: Enjuagadora de Botellas Automática Rotativa.

Fuente: Solostocks. Recuperado de <http://www.solostocks.com.mx>

Tabla 4-6: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Facilidad de Construcción

Lineal > Rotatoria				
Facilidad de construcción	Lineal	Rotatoria	$\Sigma + 1$	Ponderado
Lineal		1	2	0,67
Rotatoria	0		1	0,33
Total			3	1

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

Producción: Tiene que estar dentro de los rangos de producción de todo el prototipo de embotelladora que se está implementando en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Las máquinas enjuagadoras de bajas velocidades (Las Lineales): son las que su rapidez no es más allá de 40 botellas por minuto, normalmente se las usa en procesos lineales, estas máquinas son usadas en plantas pequeñas inician sus actividades y no requieren de velocidades altas de producción

Las máquinas enjuagadoras de altas velocidades (Las Rotatorias): son las que su rapidez es de 200 botellas por minuto, normalmente este tipo de maquinaria se la utiliza en las grandes plantas de producción de bebidas ya que por su alto índice de ventas y producción son muy eficientes.

Tabla 4-7: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Producción

Rotatoria > Lineal				
Producción	Lineal	Rotatoria	$\Sigma + 1$	Ponderado
Lineal		0	1	0,33
Rotatoria	1		2	0,67
Total			3	1

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

Instalación: La instalación debe ser lo más acorde a las facilidades que nos da el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Las máquinas enjuagadoras de bajas velocidades (Las Lineales): Son las que menor complejidad tienen al momento de su instalación dentro del área de trabajo ya que sus componentes no son tan complicados y de fácil instalación.

Las máquinas enjuagadoras de altas velocidades (Las Rotatorias): Son las que dan un poco de trabajo al momento de su instalación ya que consta de varios componentes muy complejos y un poco complicados al momento de su instalación

Tabla 4-8: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Instalación

Lineal = Rotatoria				
Instalación	Lineal	Rotatoria	$\Sigma + 1$	Ponderado
Lineal		0,5	1,5	0,50
Rotatoria	0,5		1,5	0,50
Total			3	1

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

Mantenimiento: El mantenimiento tiene que ser el más sencillo posible pero eficiente.

Las máquinas enjuagadoras de bajas velocidades (Las Lineales): Es muy sencillo ya que es un sistema de pocos accesorios mecánicos y de fácil accesibilidad.

Las máquinas enjuagadoras de altas velocidades (Las Rotatorias): Es un poco más complicado que el del sistema lineal ya que consta de muchos más componentes que la lineal y son de mayor complejidad al momento de acceder a ello y por tener, mayor componentes mecánicos se demora un poco más en su mantenimiento.

Tabla 4-9: Evaluación Del Peso Específico Del Criterio Instalación

Lineal > Rotatoria				
Mantenimiento	Lineal	Rotatoria	$\Sigma + 1$	Ponderado
Lineal		1	2	0,67
Rotatoria	0		1	0,33
Total			3	1

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

Con los valores obtenidos en las tablas anteriores se realiza el análisis para encontrar el sistema acorde a las necesidades.

Tabla 4-10: Conclusiones

Alternativas	Costo	Espacio	Facilidad de construcción	Producción	Instalación	Mantenimiento	Σ	Perspectivas
Lineal	0,19	0,17	0,14	0,05	0,08	0,03	0,65	1
Rotatoria	0,09	0,09	0,07	0,10	0,08	0,03	0,45	2

Elaborado: Investigador (Paucar Edgar)

Luego de haber realizado el análisis ponderado en base a la investigación realizada y luego de haber obteniendo los puntajes de cada tipo de máquina, se optó por seleccionar una Lavadora Lineal, ya que es una máquina que satisface las necesidades del proceso de embotellado, porque, es de fácil montaje, y mantenimiento. Además ocupa poco espacio, puede trabajar en forma continua con poco consumo de energía, con una producción de lavado variable de acuerdo a las necesidades del proceso de embotellado su costo de fabricación no es muy elevado.

4.5.2 Descripción de la alternativa seleccionada

Se trata de una máquina lavadora de botellas lineal, la cual podrá ser controlada a través de un controlador lógico (PLC) de 6 entradas y 6 salidas, dos variadores de

frecuencia para controlar la velocidad de los motores trifásicos de la banda transportadora, sistema de giro del envase, una bomba de agua y dos sensores fotoeléctricos réflex para detectar la presencia de los envases al ingreso y salida.

Es una máquina que permite obtener envases de plástico de ½ litro lavadas con un rendimiento aproximadamente de 10 botellas por minuto.

El sistema de lavado de botellas se la realiza mediante un sistema de lavado a presión por medio de una bomba de ¼ de hp, el agua procede a salir a presión por medio de una boquilla regulable. Luego de haber sido lavado el envase gira el brazo y son colocadas en una banda transportadora la cual ayuda al ingreso y salida de los envases y la cual es accionada por medio de un motor y controlada con un variador de frecuencia.

4.6 PRUEBAS DE LAVADO

4.6.1 Lavado Manual

Para obtener datos de tiempos de lavado que sirvan para verificar la hipótesis, se realizó varias pruebas experimentales de lavado de botellas manual. En la Figura 4.5 se indica los envases siendo lavados manualmente.



Figura 4.5 Lavado de Botellas Manualmente

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Para poder determinar el tiempo de lavado manual de un envase plástico retornable se tomara en cuenta distintos factores que intervienen en el lavado de botellas que se muestra en la tabla 4.11

Tabla 4-11: Prueba de lavado manual

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERIA CIVÍL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA				
FICHA DE OBSERVACIÓN				
LAVADO MANUAL DE BOTELLAS				
Investigador: Paucar Edgar				
Lugar: Laboratorio de Automatización				
#	Tiempo de lavado de un envase			
	Remojo (seg)	Lavado (seg)	Enjuagado (seg)	Tiempo (seg)
1	8	6,3	6	20,3
2	7,15	7	7,15	21,3
3	6,2	10	6,3	22,5
4	7,24	8	5,45	20,69
5	5,3	9,5	7	21,8
			Tiempo Promedio	21,318

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Luego de obtener los tiempos de lavado durante las pruebas realizadas, se procede a obtener un promedio que se lograría con el lavado de botellas manualmente.

Tabla 4-12: Tiempo Promedio de Producción

PRODUCCIÓN DE BOTELLAS LAVADAS MANUALMENTE		
1Minuto	1 Hora	8 Horas
2.81 Bot	168,87 Bot	1350,97 Bot

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

4.6.2 Lavado Automático.

Para obtener datos de tiempos de lavado que sirvan para verificar la hipótesis, se realizó varias pruebas experimentales de lavado de botellas automático. En la Figura 4.6 se indica los envases siendo lavados automáticamente



Figura 4.6 Lavado de Botellas Automaticas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Para poder determinar el tiempo de lavado automático de los envases plásticos retornable se tomara en cuenta distintos factores que intervienen en el lavado de botellas que se muestra en la tabla 4.13

Tabla 4-13: Prueba de lavado manual

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERIA CIVÍL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA				
FICHA DE OBSERVACIÓN				
LAVADO AUTOMÁTICO DE BOTELLAS				
Investigador: Paucar Edgar				
Lugar: Laboratorio de Automatización				
#	Tiempo de lavado de seis envase			
	Ubicación (seg)	Lavado (seg)	Ecurrido (seg)	Tiempo (seg)
1	18	60	5	83
2	18,3	60	5	83,5
3	17,8	60	5	82,8
4	17,24	60	5	82,24
5	18,3	60	5	83,3
			Tiempo Promedio	82,968

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Luego de obtener los tiempos de lavado durante las pruebas realizadas, se procede a obtener un promedio que se lograría con el lavado de botellas automáticamente.

Tabla 4-14: Tiempo Promedio de Producción

PRODUCCIÓN DE BOTELLAS LAVADAS MANUALMENTE		
2 Minuto	1 Hora	8 Horas
6	720	5760

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

4.7 INTERPRETACIÓN DE DATOS

La información recolectada por la investigación ayudó notablemente para seleccionar el mejor tipo de lavadora de envases que permita mejorar los tiempos de producción en el proceso de embotellado mediante un sistema de lavado rápido. Además la investigación aportó con los siguientes datos: esquema básico y funcionamiento de la máquina para realizar la operación de lavado.

4.8 VERIFICACIÓN DE HIPOTÉSIS.

Con la investigación realizada se pudo conformar varias alternativas para seleccionar el mejor sistema de lavado por lo que mediante un análisis ponderado, se seleccionó una Máquina lavadora Lineal con la finalidad de implementar un proceso de lavado dentro del proceso de embotellado para mejorar tiempos de producción. Al mismo tiempo, se logró implementar con más elementos prácticos el laboratorio de Automatización. Es muy importante que los estudiantes conozcan este tipo de máquinas con las cuales tendrán que trabajar una vez que ingresen al ámbito laboral, así la adaptación al medio será inmediata, y tendrán la capacidad de solucionar los nuevos retos tecnológicos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los parámetros más adecuados para el prototipo de embotelladora fue la enjuagadora tipo lineal por su sistema de lavado óptimo, su construcción es más económica, es de fácil manipulabilidad ya sea para su funcionamiento como para su mantenimiento y ocupa menor espacio.
- Analizando los diferentes prototipos de enjuagadoras de botellas existentes y los tiempos de lavado se procedió a realizar las ponderaciones tomando en cuenta todos sus aspectos ya sea de funcionamiento y factibilidad económica para su diseño y construcción, su fácil programación ya que en el laboratorio de automatización de la Facultad de Ingeniería Mecánica contamos con todos los instrumentos necesarios para su construcción y automatización.
- El método más apropiado para implementar en el laboratorio de Automatización y Control es un sistema de enjuagado lineal ya que su montaje es muy fácil, debido a que ocupa poco espacio y el tiempo de lavado es mucho menor que el rotatorio.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para realizar el diseño y construcción del prototipo de enjuagadora de botellas lineal se debe considerar la disponibilidad de los materiales a ocupar, en el mercado para luego proceder a la obtención de los mismos y proceder a la construcción del prototipo.
- Utilizar canaletas para poder realizar la revisión de los cables con mayor facilidad y así evitar daños a los equipos.
- Cuando se trabaje con PLC, se debe considerar el voltaje a utilizar ya que si se requiere se deberá utilizar una fuente de alimentación adicional para su funcionamiento y el de otros componentes, si se lo requiere.
- Tener en cuenta la revisión de la unidad de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los pistones, permitiendo conservar el tiempo de vida útil de los mismos.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

6.1.1 Título

Estudio de sistemas de Lavado de botellas para la optimización de tiempos de producción en el proceso de embotellado en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.1.2 Institución Ejecutora

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

6.1.3 Beneficiarios

Laboratorio de Automatización y Control de la carrera de Ingeniería Civil y Mecánica

Prototipo de Embotelladora

Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica

6.1.4 Ubicación

Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato

6.1.5 Tiempo estimado para la ejecución

Inicio: Ambato 25 mayo del 2012

Final: Ambato 25 mayo del 2014

6.1.6 Equipo Técnico Responsable

Paucar Gallo Edgar Daniel, 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 diseño y construcción de la Máquina Lavadora tiene un costo de 2000.00 dólares

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En los últimos años el control y la automatización industrial ha ido creciendo a pasos agigantados así que surgió la necesidad de implementar y contar con un laboratorio de última tecnología en la facultad de Ingeniería Mecánica, ya que en las grandes empresas nacionales e internacionales la automatización es uno de los pilares fundamentales para su desarrollo económico, optimización de recursos y reducción de tiempos de producción y mejorando la calidad del producto.

En el diseño y construcción de la máquina enjuagadora de botellas se consideró los distintos parámetros de las diferentes clases de enjuagadoras de botellas

existentes, con el objetivo de seleccionar un sistema de enjuague adecuado para minimizar el tiempo y a la vez su fabricación sea más económica y de fácil manipulación, poder realizar mantenimiento y ocupe poco espacio. Para lo cual se seleccionará un sistema de control eficiente que cumpla con las necesidades que se requiera.

6.3 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto planteado de Estudio de sistemas de Lavado de botellas para la optimización de tiempos de producción en el proceso de embotellado en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

El diseño de la máquina para el lavado de botellas permitirá implementar un sistema compuesto por parámetros de automatización que generan una eficiencia importante para el beneficio del laboratorio en el que se implementará, pues con el constante crecimiento tecnológico fortalecerá el aprendizaje de futuras generaciones que hagan uso de los mismos.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una máquina enjuagadora de botellas lineal para mejorar la optimización de tiempos de producción en el proceso de embotellado.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar diferentes tipos de enjuagadoras de botellas y seleccionar cual es el mejor de método de lavado.

- Seleccionar el material y sistema de control adecuado para la construcción de la enjuagadora de botellas lineal.
- Seleccionar el sistema de giro más optimo para la enjuagadora de botellas lineal y su respectivo motor de accionamiento.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Es factible realizar la construcción de una máquina enjuagadora de botellas lineales, ya que en el amplio campo de la industria existen diversos sistemas de lavado y podemos basarnos en esos sistemas, y utilizar instrumentos que nos facilitaron en el laboratorio de Automatización y Control, los instrumentos utilizados fueron: variadores de frecuencia de 220V con Frecuencia Máxima de 400 (HZ), PLC F010 CPU con 16 puntos (8E/8S) con una tensión de alimentación de 24Vcc alimentación de salidas por canales de 230V/2, los materiales utilizados para la construcción de toda la máquina fue de fácil accesibilidad en el mercado nacional, tomando en cuenta también que el laboratorio está muy bien equipado con tecnología de punta y con el espacio suficiente para el diseño de la máquina, sus instalaciones son modernas y brindan las facilidades para el funcionamiento de la máquina enjuagadora de botellas.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 PARÁMETROS DE LA MÁQUINA ENJUAGADORA DE BOTELLAS

Para iniciar el diseño de la máquina enjuagadora se requiere conocer la capacidad de éste equipo para lo cual se utilizará los datos obtenidos anteriormente.

Para la enjuagadora la capacidad de enjuagado debe ser mínimo de 6 botellas por minuto, para tener mejor comportamiento a futuro cuando se incremente la producción,

Parámetros de diseño

La máquina a ser diseñada será lineal, esto es que se colocará paralela a la banda transportadora de botellas, tomará un lote de 6 botellas, la sujetará, rotará hasta invertir su posición en este momento introduce agua al envase, luego debe drenar casi en su totalidad el agua del interior de la botella, se debe rotar el envase para depositarlas en la banda transportadora, la cual debe estar detenida por lo que se requiere manejar los siguientes parámetros.

- La velocidad de enjuague de los envases será de 6 botellas por minuto (BPM).
- Agua de recirculación ozonizada (agua de botellón).
- Alimentación de agua por medio de una válvula operada automáticamente.
- El giro del envase será dependiendo de la velocidad del motor pero se la detendrá por medio de sensores utilizados como finales de carrera.
- La duración de la limpieza por cada botella es de 10 segundos.
- La duración de escurrido del envase es de 5 segundos.
- La velocidad de la banda transportadora es de 10 metros por minuto (m/min), establecida por los parámetros de diseño.

Manejo de parámetros de diseño.

El sistema de enjuagado deberá tener el siguiente proceso:

- Entrada de botellas a la máquina enjuagadora.
- Tiempo de espera para completar la cantidad de botellas a ser enjuagadas.
- Las botellas deben ser sujetadas para realizar la operación de volteo y no se resbalen durante la operación.
- Los envases se voltean hasta situarse sobre las boquillas de limpieza.
- Se enjuagan los envases durante 10 segundos, utilizando agua presurizada por medio de una bomba centrífuga, que recircula el agua que se encuentra en el tanque de reserva.

- Durante 5 segundos se escurren las botellas.
- Las botellas deben voltearse a su posición original.
- Se deben aflojar los envases.
- Se debe iniciar el movimiento del transporte de botellas para evacuar el sistema de apriete y recibir nuevas botellas para que se realice otro ciclo.
- Salen las botellas debidamente enjuagadas y escurridas.

La máquina como mínimo debe entregar 6 botellas enjuagadas por minuto; por lo que con la velocidad requerida de 6 BPM y dato del diseñador del equipo se utilizaran 6 boquillas de limpieza, se procede a determinar los ciclos por minuto y el tiempo máximo de cada ciclo, dividiendo la cantidad de botellas por minuto para 6 boquillas de limpieza que tendrá la enjuagadora de botellas se obtiene:

$$6 \text{ BPM} / 6 \text{ boquillas} = 1$$

De donde:

El resultado es 1, que serán los ciclos de enjuagado en 60 segundos (1 minuto), en conclusión la secuencia de enjuagado de botellas durará 60 segundos para obtener la producción deseada.

6.6.2 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA EN AUTOMÁTICO.

- Inicio de secuencia.
- Desactivación del paro de emergencia.
- Accionamiento del motor de la banda transportadora.
- Accionamiento del réflex 1 con el paso de la primera botella.
- Accionamiento de la primera electroválvula (3-2) que acciona el pistón # 1.
- Una vez accionado el pistón #1 nos ayudara a centrar las botellas para poder colocarlas a la altura de los aspersores.
- El réflex 1 realiza el conteo hasta ser igual a seis.

- Una vez llegado el conteo del réflex a seis acciona la segunda electroválvula (5-3) que acciona el pistón #2.
- Accionado el pistón #2 no permite el paso de más botellas.
- Transcurrido un tiempo de 3 segundos después de ser activado el pistón #2 se activa la tercera electroválvula (3/2) que activa al pistón #3.
- Activado el pistón #3 nos permite la sujeción de las 6 botellas.
- Accionamiento del sistema de giro del prototipo de lavadora.
- Las botellas giran hasta ponerse sobre las boquillas del sistema de lavado.
- El sistema de giro es detenido por medio del accionamiento de los sensores de proximidad los cuales actúan como finales de carrera.
- Accionamiento de la bomba de agua.
- Botellas lavadas en un tiempo de 5 segundos.
- Retorno del sistema de giro a la posición inicial.
- Salen las botellas del sistema de lavado
- Se repite el sistema.

6.6.3 DISEÑO DE LA LAVADORA DE BOTELLAS

- **Cálculo de la potencia y selección del motor**

Para calcular la potencia es importante conocer cuáles son los elementos que conforman este sistema y a la vez determinar la inercia de cada uno de estas.

- Catarina Motor
- Catarina Motriz
- Eje Motriz
- Brazos de sujeción de envases fijos
- Brazos de sujeción de envases móviles

6.6.3.1 CÁLCULO DE INERCIAS

- Catarina Motor

La inercia se calculara considerando como un disco si se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$I_1 = \frac{mr^2}{2} \quad Ec (6.1)$$

$$m = 0,141 \text{ Kg}$$

$$r = 0,025\text{m}$$

$$I_1 = \frac{0,141\text{Kg} * (0,025\text{m})^2}{2}$$

$$I_1 = 4,406 \times 10^{-5} \text{Kg. m}^2$$

- Catarina Motriz

Se calcula con la ecuación descrita anteriormente debido a que tiene la forma de un disco.

$$m = 1 \text{ Kg}$$

$$r = 0,0597\text{m}$$

$$I_2 = \frac{1,77 \text{ Kg} * (0,0592 \text{ m})^2}{2}$$

$$I_2 = 0,052392 \text{ Kg. m}^2$$

- Eje Motriz

Este está compuesto de dos secciones, circular maciza y cuadrado hueco; por lo que, para determinar la inercia se la realiza por partes.

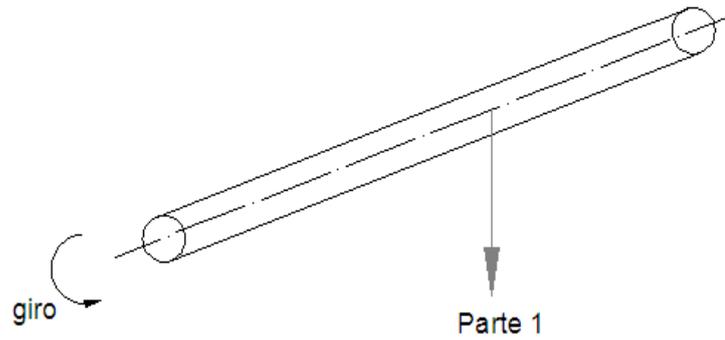


Figura 6.1 Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Parte 1: Se calculó como un cilindro a partir de la siguiente ecuación.

$$I_3 = \frac{1}{4} m \left(r^2 + \frac{L^2}{3} \right) \quad \text{Ec (6.2)}$$

$$m = 1.61676 \text{ Kg}$$

$$r = 0,0095 \text{ m}$$

$$L = 0,72 \text{ m}$$

$$I_3 = \frac{1}{4} (0.61676) \left[(0,0095)^2 + \frac{(0,72)^2}{3} \right]$$

$$I_3 = \frac{1}{4} (0.616767) [0,172890 \text{ m}^2]$$

$$I_3 = 6.988 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

- Brazos de Sujeción de Envases fijos

Encargado de sujetar los envases que se van a lavar y trasladarlos hacia los aspersores para su respectiva operación, está conformada de dos brazos, los mismos que están hechos en tubo estructural ASTM A36 cuadrado.

Existen dos brazos que son de las mismas dimensiones; por lo que, las inercias son las mismas.

Brazo uno: Las inercias obtenidas son a través del centro de gravedad.

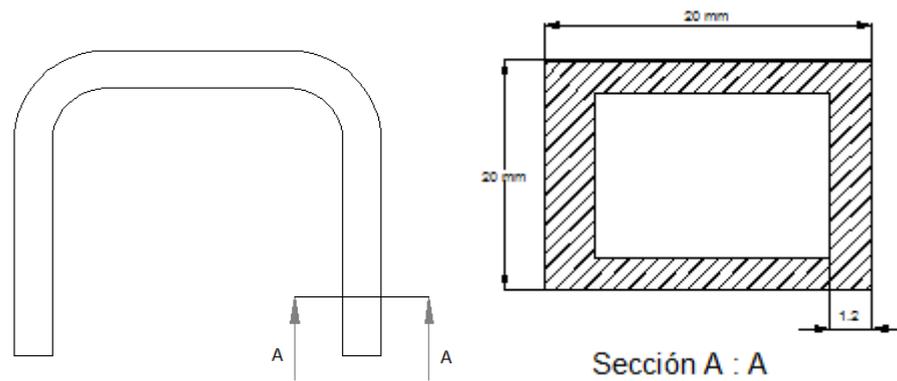


Figura 6.2: Sección del Tubo Cuadrado

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\vec{I}_x = 2862826,56 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

$$\vec{I}_y = 6676001,09 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

$$\vec{I}_z = 9451616,86 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

$$I_d$$

$$= \sqrt{I_x^2 + I_y^2 + I_z^2}$$

Ec (6.3)

$$I_d = \sqrt{(2862826,56)^2 + (6676001,09)^2 + (9451616,86)^2}$$

$$I_d = 0,01192 \text{ Kg. m}^2$$

Brazo Dos

$$I_e = 0,01192 \text{ Kg. m}^2$$

$$I_4$$

$$= I_d$$

$$+ I_e$$

Ec (6.4)

$$I_4 = 0,01192 + 0,01192$$

$$I_4 = 0,02384 \text{ Kg. m}^2$$

- Brazo de sección de Envases Móviles

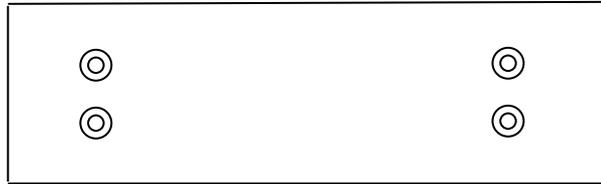


Figura 6.3: Brazo de sección de Envases Móviles

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Medidas desde el centro de gravedad se obtiene las siguientes inercias.

$$\vec{I}_x = 764099,06 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

$$\vec{I}_y = 13139017,32 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

$$\vec{I}_z = 13575565,02 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

$$I_5 = \sqrt{I_x^2 + I_y^2 + I_z^2}$$

$$I_5 = \sqrt{(764099,06)^2 + (13139017,32)^2 + (13575565,02)^2}$$

$$I_5 = 0,0189 \text{ Kg. m}^2$$

Dentro del sistema se encuentran envases que entran y salen en la operación del lavado; por lo que; para calcular la potencia del motor se determinara también la inercia de los envases que se van a lavar en cada tiempo de lavado.

La inercia de un envase de ½ litro de vidrio por cuestiones de diseño obtenido a través del centro de gravedad es el siguiente:

$$\vec{I}_x = 89485,99 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

$$\vec{I}_y = 475083,86 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

$$\vec{I}_z = 475083,86 \text{ gr} * \text{mm}^2$$

Considerando que se van a lavar 6 envases por parada.

$$I_6 = \sqrt{I_x^2 + I_y^2 + I_z^2}$$

$$I_6 = \sqrt{(89485,99)^2 + (475083,86)^2 + (475083,86)^2}$$

$$I_6 = 3,389 \times 10^{-3} \text{ Kg. m}^2$$

$$I_{\text{SISTEMA}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$I_{\text{SISTEMA}} = (4,406 \times 10^{-5} \text{ Kg. m}^2) + (0,00175 \text{ Kg. m}^2) + (6,988 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2) \\ + (0,02384 \text{ Kg. m}^2) + (0,0189 \text{ Kg. m}^2) + (3,389 \times 10^{-3} \text{ Kg. m}^2)$$

$$I_{\text{SISTEMA}} = (0,0489 \text{ Kg. m}^2)$$

- VELOCIDAD ANGULAR

La velocidad angular se calculara en función de la capacidad de producción establecida y según el tiempo que se requiera en cada ciclo.

- Se tiene un producción de 720 b/h
- En cada minuto se lavaran aproximadamente 12 b/h lo que indica que según la capacidad de lavado en cada ciclo se van a lavar 6 envases cada 30 segundos; dentro de los cuales está incluido el tiempo de giro y de agarre por parte del brazo de sujeción móvil a los envases; A continuación se indican los tiempos para determinar la velocidad angular.

Tiempo de agarre: 0,4 – 0,6 (segundos)

Tiempo de giro: 0,7 – 0,9 (segundos)

$$t = 0,6 + 0,9$$

$$t = 1,5 \text{ segundos}$$

El giro que debe realizar el eje motriz es de 180° en el tiempo calculado anteriormente.

$$w = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\pi \text{ rad}}{1,5(\text{s})} \quad \text{Ec (6.5)}$$

$$180 \text{ grados} * \frac{\pi \text{ rad}}{180 \text{ grados}} = \pi \text{ rad}$$

$$w = \frac{2,0943 \text{ radianes}}{\text{seg}} * \frac{\text{seg}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}}$$

$$w = 20 \text{ rpm}$$

- ACELERACIÓN ANGULAR

La aceleración angular se calculara en función del tiempo de arranque del motor que realiza en cada ciclo. En cada uno de estos ciclos parte de una posición inicial que se encuentra en reposo por lo tanto la velocidad angular inicial ($w_0 = 0$). Según los fabricantes de motores el tiempo de arranque en los motores es de 0,5(s) valor que tomaremos para determinar la aceleración que se calculara a partir de la siguiente ecuación.

$$w = w_0 + \alpha t \quad \text{Ec (6.6)}$$

$$w = \alpha t$$

$$\alpha = \frac{w}{t}$$

$$\alpha = \frac{2,0943 \text{ rad/s}}{0,5(\text{s})}$$

$$\alpha = 4,1886 \text{ rad/s}^2$$

- Torque

Según CECILIA CUMANDA CASAL A (2006), “Diseño de una máquina enjuagadora Automática de botellas no retornables”, Escuela politécnica del Litoral. Facultad de Ing. Eléctrica y Computación “, Guayaquil.

El torque generado por el sistema se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$T = I * \alpha \quad Ec (6.6)$$

$$T = 0,0489 \text{ Kg. m}^2 * 4,1886 \text{ rad/s}^2$$

$$T = 0,2048 \text{ N. m}$$

- **Potencia Requerida**

Se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$P_R = T * \omega \quad Ec (6.7)$$

$$P_R = 0,2048 \text{ N. m} * 2,0943 \text{ rad/s}$$

$$P_R = 0,429 \text{ w} * \frac{1 \text{ hp}}{745,7 \text{ w}}$$

$$P_R = 5.75 \times 10^{-4} \text{ HP}$$

- **Potencia del Motor**

Para calcular la potencia del motor se considera un factor de seguridad de $f_s = 2$.

$$P_M = P_R * f_s \quad Ec (6.8)$$

$$P_M = 5.75 \times 10^{-4} \text{ HP} * 2$$

$$P_M = 0,001150 \text{ HP}$$

6.6.3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMICIÓN.

El sistema de transmisión está conformado de las siguientes partes:

- Catarina Motor: $N_1 = 15$ dientes ; $n_1 = 50,7$ rpm
- Catarina Motriz: $N_2 = 38$ dientes ; $n_2 = 20$ rpm
- Potencia: $\frac{1}{4}$ HP (Motor Eléctrico)
- Impacto moderado
- Temperaturas de funcionamiento frías
- Se asume: Factor de diseño de: $n_d = 1,1$
- Se asume: Factor de servicio de: $K_s = 1,5$

- Distancia entre centros: 771,892 mm

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad Ec (6.9)$$

$$\frac{32}{15} = \frac{n_1}{20 \text{ rpm}}$$

$$(2,533) * (20 \text{ rpm}) = n_1$$

$$n_1 = 50,7$$

$Z_2 = \#$ De dientes catalina impulsada.

$Z_1 = \#$ De dientes catalina impulsor.

$n_1 = \#$ Revolución por minuto (impulsor).

$n_2 = \#$ Revolución por minuto (impulsada).

6.6.3.3 FACTORES DE CORRECCIÓN DE POTENCIA

- **Factor de trabajo (f_1).**

Según el tipo de carga que en nuestro caso es regular y la misma es accionado por un motor eléctrico tenemos un factor de trabajo de:

$$f_1 = 1 \text{ Leído Anexo A2}$$

- **Factor de corrección (f_2).**

Se lee en función del número de dientes $f = 1,35$ Anexo A3

- **Factor de corrección (f_3).**

Se lee en función de la distancia entre centros y la relación de transmisión.

$$f_3 = 1,2 \text{ Anexo A4}$$

- **Corrección de la potencia.**

$$w_c = f_1 * f_2 * f_3 * P \quad Ec (6.10)$$

$$w_c = (1) * (1,35) * (1,2) * (0,186 \text{ Kw})$$

$$w_c = 0,301 \text{ Kw}$$

Con la potencia corregida y la velocidad de la catalina del motor seleccionamos la siguiente cadena.

Cadena Simple (NORMA ISO 606 – SERIE AMERICANA) 50 (10A); Anexo A5

- **Velocidad de la cadena.**

$$P = \text{paso cadena (mm); } P = 15,875 \text{ mm;} \quad \text{Anexo A6}$$

$$V = \text{velocidad Lineal de la cadena (m/min)}$$

$$Z_1 = 15; \# \text{ de dientes de la catalina motor}$$

$$n_1 = 50,7; \# \text{ de vueltas (rpm) de la catalina motor}$$

$$V = \frac{PZ_1N_1}{1000} \quad Ec (6.11)$$

$$V = \frac{(15,875)(15)(50,7)}{1000}$$

$$V = 12,0729 \text{ m/min}$$

- **Tensión de la cadena.**

$$T = \frac{6120 * w}{V} \quad Ec (6.12)$$

$$T = \frac{6120 * 0,186}{12,0729}$$

$$T = 94,287 \text{ Kg}$$

W: potencia a transmitir; W= 0,186 Kw

- **Coefficiente de Seguridad.**

$$K = \frac{\text{Carga de Rotura}}{\text{Tensión cadena}} \quad Ec (6.13)$$

$$K = \frac{2900 \text{ Kg}}{94,287}$$

$$K = 30,75$$

Carga de Ruptura= 2,900 kg Anexo A6

- **Presión en las articulaciones**

$$t = \frac{T}{S} \quad Ec (6.14)$$

Superficie de la Articulación $S = 0,71 \text{ cm}^2$

$$t = \frac{94,287 \text{ Kg}}{0,71 \text{ cm}^2}$$

$$t = 132,79859 \text{ Kg/cm}^2$$

Con la tensión articulada calculada y la velocidad de la cadena comprobamos si la presión soportada es aceptable.

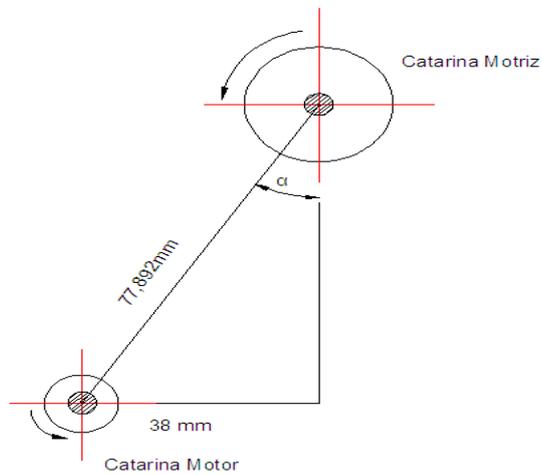
Luego de haber realizado la comprobación y seguir el gráfico se observa que la cadena soporta sin ningún problema las cargas generadas, por lo tanto:

Seleccionamos:

Una cadena de un Torón: 50 (1DA-1).

6.6.3.4 DISEÑO DEL EJE MOTRIZ

- Posicionamiento de las tensiones en el Eje Motriz.



$$\sin \alpha = \frac{38\text{mm}}{771,892\text{mm}} \quad Ec (6.15)$$

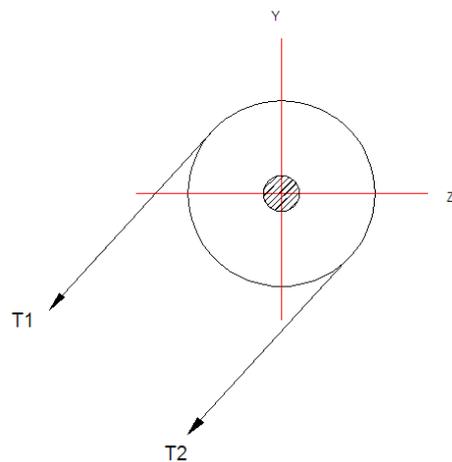
$$\alpha = \sin^{-1} 0,04922$$

$$\alpha = 2,8^\circ$$

Figura 6.4: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Luego de haber obtenido el ángulo al que se encuentra las tensiones generadas por las cadenas a continuación realizamos la composición de las tensiones para determinar en qué planos se encuentran actuando.



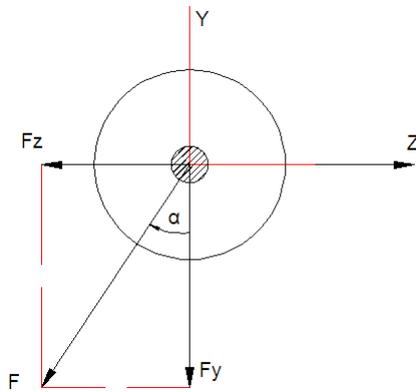
$$F = T_1 + T_2 \quad Ec (6.16)$$

$$F = 94,287 \text{ Kg} + 94,287 \text{ Kg}$$

$$F = 188,574 \text{ Kg}$$

Figura 6.5 Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)



$$\sin 2,8^{\circ} = \frac{F_z}{F}$$

$$F_z = \sin 2,8^{\circ} * F$$

$$F_z = \sin 2,8^{\circ} * 188,574 \text{ Kg}$$

$$F_z = 9,212 \text{ Kg}$$

$$\cos 2,8^{\circ} = \frac{F_y}{F}$$

$$F_y = \cos 2,8^{\circ} * F$$

$$F_y = \cos 2,8^{\circ} * 188,574 \text{ Kg}$$

$$F_y = 188,348 \text{ Kg}$$

Figura 6.6: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

- **Momento Torsor**

El eje a diseñarse soporta esfuerzos por torsión debido a las barras fijas y móviles por lo que a continuación determinamos los momentos torsores.

- **Brazo de sujeción Fija**

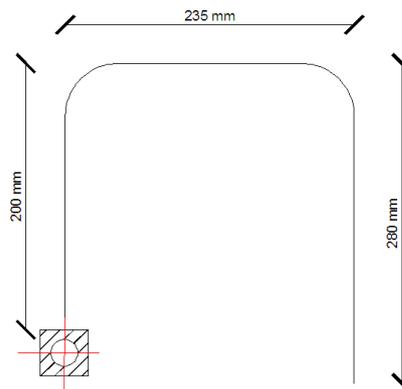


Figura 6.7: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Para calcular el momento Torsor en las barras fijas se debe detallar las cargas que generan la misma:

- 1.- Peso de los envases.
- 2.- Peso de la placa fija.
- 3.- Peso propio del brazo.

1. Según la capacidad 6 envases por cada ciclo considerando envases de ½ litro de vidrio.

$$P_E = 1,04 \text{ Kg}$$

2. Esta placa es la encargada de mantener estable los envases que entren al ciclo de lavado y a la vez sujetar los mismos.

$$P_P = 0,924 \text{ Kg}$$

3. Para los brazos se utilizó tubo estructural cuadrado ASTM A36 de 20x1,2 y 0,485 gr; por cada brazo como son dos el peso total es:

$$P_B = 0,97 \text{ Kg}$$

- **Carga Total**

$$C_1 = P_E + P_P + P_B \quad Ec (6.17)$$

$$C_1 = (1,04 \text{ Kg}) + (0,924 \text{ Kg}) + (0,97 \text{ Kg})$$

$$C_1 = 2,934 \text{ Kg}$$

$$M_1 = d * C_1 \quad Ec (6.18)$$

$$M_1 = (0,267) + (2,934 \text{ Kg})$$

$$M_1 = 0,7834 \text{ Kg. m}$$

- **Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Motriz**

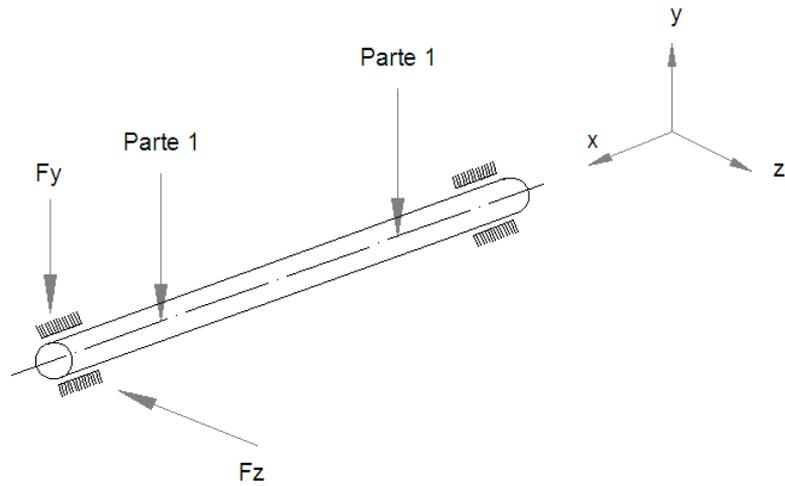


Figura 6.8: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Para realizar el diseño del eje las fuerzas F_1 y F_2 son cargas que soportan el eje en el momento en que los brazos y los envases están en posición vertical (paralelo al eje motriz)

- **Cálculo de reacciones, diagramas de fuerza cortante y momento flector.**

(Plano x-y)

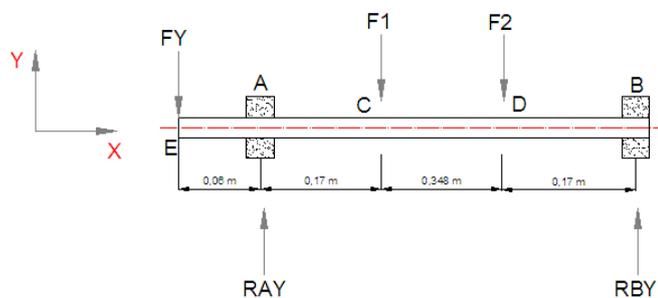


Figura 6.9: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$F_1 = 1,98 \text{ Kg}$$

$$F_2 = 1,98 \text{ Kg}$$

$$F_Y = 188,348 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_Y(0,04\text{m}) - F_1(0,17\text{m}) - F_2(0,424\text{m}) - R_{BY}(0,594 \text{ Kg}) = 0$$

$$(188,348 * 0,04\text{m}) - (1,98 * 0,17\text{m}) - (1,98 * 0,424\text{m}) - R_{BY}(0,594 \text{ Kg}) = 0$$

$$7,534 \text{ Kg. m} - 0,336 \text{ Kg. m} - 0,839 \text{ Kg. m} - R_{BY}(0,594 \text{ Kg}) = 0$$

$$6,359 \text{ Kg. m} = R_{BY}(0,594)$$

$$R_{BY} = 10,7054 \text{ Kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$-F_Y + R_{AY} - F_1 - F_2 - R_{BY} = 0$$

$$R_{AY} = F_Y + F_1 + F_2 + R_{BY}$$

$$R_{AY} = 60,95 \text{ Kg} + 28,75\text{Kg}$$

$$R_{AY} = 188,348 + 1,98 + 1,98 + 10,7054$$

$$R_{AY} = 203,0134 \text{ Kg}$$

$$A_1 = (188,348\text{Kg})(0,04\text{m})$$

$$A_1 = 7,534 \text{ Kg. m}$$

$$A_2 = (14,6654 \text{ Kg})(0,17\text{m})$$

$$A_2 = 2,493 \text{ Kg. m}$$

$$A_3 = (12,6854\text{Kg})(0,254\text{m})$$

$$A_3 = 3,222 \text{ Kg. m}$$

$$A_4 = (10,7054 \text{ Kg})(0,17\text{m})$$

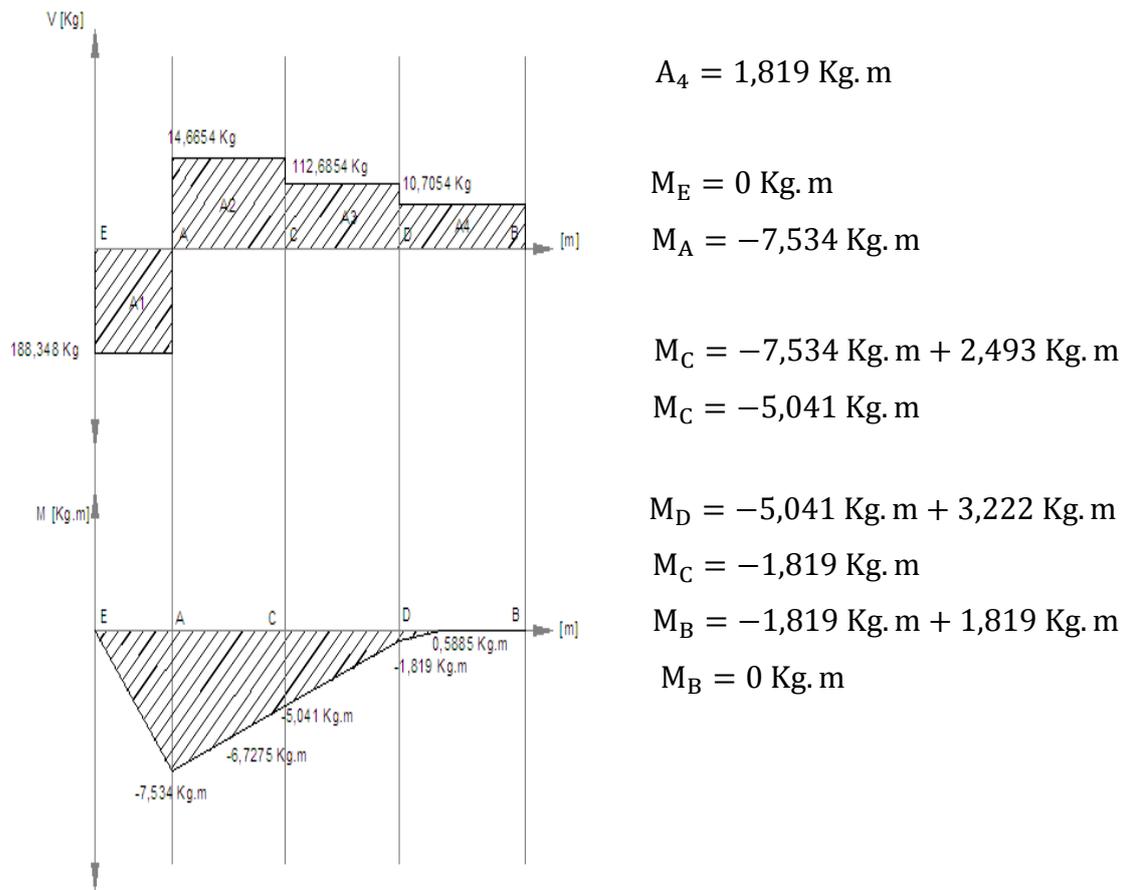


Figura 6.10: Diagrama de Cuerpo Libre
Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

(Plano x-z)

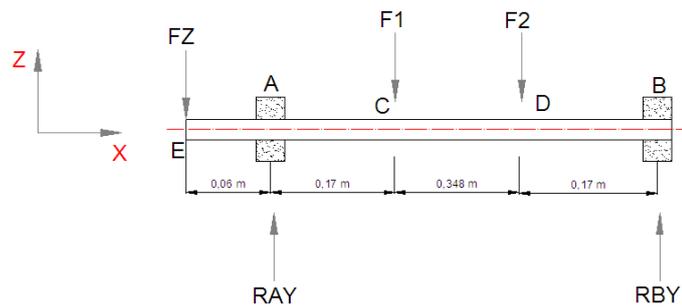


Figura 6.11: Diagrama de Cuerpo Libre
Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_z(0,04\text{m}) - R_{Bz}(0,594 \text{ m}) = 0$$

$$R_{BY} = \frac{(9,212 \text{ Kg})(0,04)}{(0,594 \text{ m})}$$

$$R_{BY} = 0,62 \text{ Kg}$$

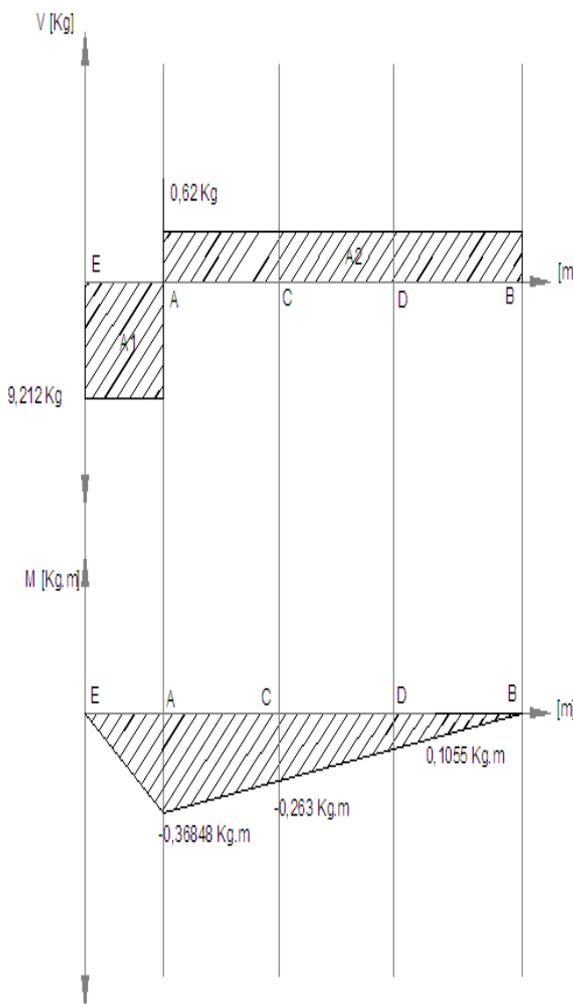
$$\Sigma F_V = 0$$

$$-F_Z + R_{AZ} - R_{BZ} = 0$$

$$R_{AZ} = F_Z + R_{BZ}$$

$$R_{AZ} = 0,62 \text{ Kg} + 9,212 \text{ Kg}$$

$$R_{AZ} = 9,832 \text{ Kg}$$



$$A_1 = (9,212 \text{ Kg})(0,04 \text{ m})$$

$$A_1 = 0,36848 \text{ Kg.m}$$

$$A_2 = (0,62 \text{ Kg})(0,594 \text{ m})$$

$$A_2 = 0,36828 \text{ Kg.m}$$

$$M_E = 0 \text{ Kg.m}$$

$$M_A = -0,36848 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = -0,36848 \text{ Kg.m} +$$

$$8 \text{ Kg.m}$$

$$M_B = 0 \text{ Kg.m}$$

$$\frac{0,36848}{0,594} = \frac{M_C}{0,424}$$

$$M_D = -0,263 \text{ Kg.m}$$

$$\frac{0,36848}{0,594} = \frac{M_D}{0,17}$$

$$M_E = -0,1055 \text{ Kg.m}$$

Figura 6.12: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\frac{0,36848}{0,594} = \frac{M_F}{0,539}$$

$$M_F = -0,3344 \text{ Kg. m}$$

$$\frac{0,36848}{0,594} = \frac{M_G}{0,055}$$

$$M_G = -0,0341 \text{ Kg. m}$$

- Cálculo de Momentos Máximos

$$\vec{M}_A = -7,534 \vec{J} - 0,36848 \vec{K}$$

$$\vec{M}_B = 0 \vec{J} + 0 \vec{K}$$

$$\vec{M}_C = -5,04 \vec{J} - 0,263 \vec{K}$$

$$\vec{M}_D = -1,819 \vec{J} - 0,1055 \vec{K}$$

$$M_A = 7,543 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = 5,048 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = 1,8221 \text{ Kg. m}$$

$$M_{\text{MÁXIMO}} = 73,9214 \text{ Kg. m}$$

- Momentos Críticos

Estos momentos son importantes debido a que un cambio de sección (de circular macizo a tubo cuadrado).

$$\vec{M}_F = -6,727 \vec{J} - 0,3344 \vec{K}$$

$$\vec{M}_G = -0,5889 \vec{J} - 0,0341 \vec{K}$$

$$M_F = 66,01 \text{ N. m}$$

$$M_G = 5,7769 \text{ N. m}$$

Para realizar el diseño estático y dinámico se lo hará considerando los momentos críticos debido al cambio de sección en el eje motriz.

DISEÑO ESTÁTICO

- Se analizara como una viga con apoyos simples en sus extremos.
- Se analizara soportando esfuerzos por flexión y torsión.
- La sección circular es un acero de transmisión ASII 1018 laminado en caliente.
- La sección cuadrada es un acero estructura ASTM A36

Análisis en el punto A

En este punto se encuentra el momento máximo y la sección es circular maciza.

- **Esfuerzo por Flexión**

$$\sigma_x = \frac{M_A}{S} \quad Ec (6.19)$$

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

$$\sigma_x = \frac{(32)(73,9214 \text{ N. m})}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{752,9572 \text{ (N. m)}}{d^3}$$

- **Esfuerzo Por Torsión**

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad Ec (6.20)$$

$$\tau_{xy} = \frac{(16)(12,5381 \text{ N. m})}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{63,8560 \text{ (N. m)}}{d^3}$$

- **Aplicando la Teoria de Von Mises**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad Ec (6.21)$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{752,9572 \text{ N.m}}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{63,8560 \text{ N.m}}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{761,0369 \text{ (N.m)}}{d^3}$$

$$S_y = 220 \text{ MPa ; Anexo A7}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{A'}} \quad Ec (6.22)$$

$$1,2 = \frac{220 \times 10^6 \text{ (N/m}^2\text{)}}{\frac{761,0369 \text{ (N.m)}}{d^3}}$$

$$1,2 = \frac{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2 d^3}{761,0369 \text{ N.m}}$$

$$d^3 = \frac{(761,0369 \text{ N.m})(1,2)}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$d = 16,0714 \text{ mm}$$

- **DIISEÑO DINÁMICO**

Para realizar el diseño del eje motriz a fatiga se realizará considerando los siguientes parámetros funcionales:

- El eje gira a 20 rpm
- Trabaja 24 horas al día
- Suponemos que los factores de resistencia a la fatiga es 0,3 porque no se conoce el diámetro

- **Análisis en el punto A**

Resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Sut = 400 MPa Anexo A7; Asumimos un factor de seguridad de 1,2

$$S_e' = (0,5)S_{ut}$$

$$S_e' = (0,5)(400 \text{ MPa})$$

$$S_e' = 200 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la Fatiga en Viga**

$$S_e = 0,3 * S_e'$$

$$S_e = 0,3 * 200 \text{ MPa}$$

$$S_e = 60 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la Fatiga**

f = 0,9 cuando Sut < 70 Kpsi

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e} \quad Ec (6.23)$$

$$a = \frac{(0,9 * 400)^2}{60 \text{ MPa}}$$

$$S_e = 2160 \text{ Mpa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{f * S_{ut}}{S_e}\right) \quad Ec (6.24)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0,9 * 400}{60}\right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log(6)$$

$$b = -0,259$$

- **Número de Ciclos**

N: número de ciclos = 28800 ciclos

$$S_f = aN^b$$

$$S_f = (2160 \text{ MPa})(28800)^{-0,259}$$

$$S_f = 151,1719 \text{ MPa}$$

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

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

$$32Mn = d^3 Sf\pi$$

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

$$d^3 = \frac{(32)(73,9214N.m)(1,2)}{(151,1719 \times 10^6)(\pi)}$$

$$d^3 = 18,15 \text{ mm} \quad (\text{Para normalizar se selecciono un eje de 19 mm})$$

- **Refinamiento del Cálculo con d=19mm**

Factores:

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

$\left. \begin{array}{l} a=4,51 \\ b=-0,265 \end{array} \right\}$ Acabados superficial; Leido Anexo A9 (Tabla 6,2)

$$K_a = (4,51) * (400)MPa^{-0,265}$$

$$-K_a = 0,92$$

$$-K_b = 0,879d^{-0,107}$$

$$K_b = 0,879 * (0,7165)^{-0,107}$$

$$-K_b = 0,911$$

$$-K_c = 0,85: \text{Factor de carga; Leido Anexo A10, Página 282}$$

$$-K_d = 1: \text{Factor de Temperatura; Leido Anexo A11 Página 283 (Tabla 6.4)}$$

$$-K_e = 0,897: \text{Factor de confiabilidad; Leido Anexo A12 (Tabla 6.5)}$$

$$-K_f = 1: \text{Factor efectos Varios; 1 porque es de sección uniforme el eje}$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S_e'$$

$$S_e = (0,92) * (0,911) * (0,85) * (1) * (0,897) * (1) * (200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 127,8049 \text{ MPa}$$

- **Resistencia ala Fatiga**

$$a = 1014,0456 \text{ MPa}$$

$$b = -0,1499$$

$$S_f = aN^b$$

$$S_f = (1014,0456 \text{ MPa})(28800)^{-0,1499}$$

$$S_f = 217,5677 \text{ MPa}$$

- **Factor de Seguridad**

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

$$\eta = \frac{217,5677 \text{ MPa}}{124,8982 \text{ MPa}}$$

$$\eta = 1,7 \quad \text{ok}$$

Aplicando un criterio de falla por fatiga como GOODMAN MODIFICADO evaluamos el diámetro calculado.

$$\text{Esfuerzo Medios: } \sigma_m = \sqrt{3\tau_{xy}} = \sqrt{3(10,592 \text{ MPa})} = 5,6371 \text{ Mpa}$$

$$\text{Esfuerzo Alternante: } \sigma_a = \sigma_x = 124,8982 \text{ Mpa}$$

$$\eta_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

$$\eta_f = \frac{1}{\frac{124,8982}{127,8049} + \frac{5,6371}{400}}$$

$$\eta_f = \frac{1}{0,963}$$

$$\eta_f = 1,1 \quad \text{ok}$$

Luego de haber realizado el diseño del eje motriz tanto estático como a fatiga en donde se consideran y encuentran los puntos críticos seleccionados:

Sección circular: Acero de transmisión AISI 1018 laminado en caliente $\emptyset = 3/4''$

6.6.3.5 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

El eje motriz se encuentra apoyado en rodamientos que permiten la rotación del mismo: A continuación se hará la selección para cada apoyo considerando los siguientes parámetros funcionales.

- El eje gira a 20 rpm con una confiabilidad del 95%
- Suavemente sin vibraciones a una temperatura de funcionamiento de 50°C

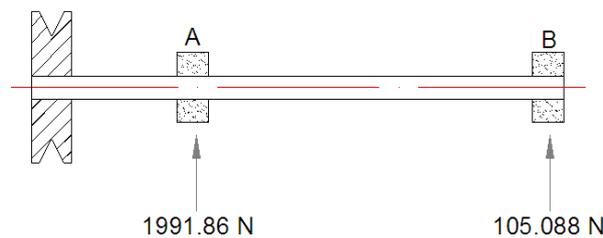


Figura 6.13: Diagrama de Cuerpo Libre para Seleccionar Rodamientos

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

- Análisis para la selección del rodamiento en el punto A
- Carga estática equivalente

$S_o = 0,5$ Leído en Anexo A17 (pag. 43 catalogo SKF)

$P_o = F_r$

$C_o = S_o * P_o$

$C_o = (0,5)(1991,86N)$

$C_o = 995,97$

- **Carga Dinámica Equivalente**

$L_{10h} = 50000$ horas; Leidas anexo A18(pag 33 catálogo SKF)

$a_1 = 0,62$ Leído anexo A16 (pag. 35 catálogo SKF)

$a_{23} = 1,6$ Valor asumido

$$C = P \sqrt[3]{\frac{L_{10} h * n * 60}{1000000 * a_1 * a_{23}}} \quad Ec (6.25)$$

$$C = (1991,86 \text{ N}) \sqrt[3]{\frac{50000 * 20 * 60}{1000000 * 0,62 * 1,6}}$$

$$C = 7818,7742$$

Con la carga dinámica calculada se selecciona del Anexo A19 el siguiente Rodamiento.

Selecciono un rodamiento Rígido de Bolas 6004

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$D = 42 \text{ mm}$$

$$B = 12 \text{ mm}$$

Comprobación

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

$$dm = \frac{20+42}{2}$$

$$dm = 31 \text{ mm}$$

$$V_1 = 700 \text{ mm}^2/\text{s}; \text{ Anexo A20 catálogo SKF}$$

$$V = 758 \text{ mm}^2/\text{s}; \text{ Anexo A21 catálogo SKF}$$

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

$$K = \frac{758}{700}$$

$$K = 1,1$$

$$a_{23} = 1,1 \text{ Anexo A22 catálogo SKF}$$

$$C = 8858,926 \text{ N}$$

Selecciono: 6004

- **Análisis para la selección del rodamiento en el punto B**
- **Carga estática equivalente**

$S_o = 0,5$ Leido en Anexo A17 (pag. 43 catalogo SKF)

$P_o = F_r$ Por carga radial pura

$C_o = S_o * P_o$

$C_o = (0,5)(105,088 \text{ N})$

$C_o = 52,544 \text{ N}$

- **Carga Dinámica Equivalente**

$L_{10h} = 50000$ horas; Leidas anexo A18(pag 33 catálogo SKF)

$a_1 = 0,62$ Leido anexo A16 (pag. 35 catálogo SKF)

$a_{23} = 1,6$ Valor asumido

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

$$C = (105,088) \sqrt[3]{\frac{50000 * 20 * 60}{1000000 * 0,62 * 1,6}}$$

$C = 412,5086 \text{ N}$

Con la carga dinámica calculada se selecciona del Anexo A19 el siguiente Rodamiento.

Selecciono un rodamiento Rígido de Bolas 6004

$d = 20\text{mm}$

$D = 42\text{mm}$

$B = 12\text{mm}$

Comprobación

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

$$dm = \frac{20+42}{2}$$

$$dm = 31\text{mm}$$

$$V1 = 700 \text{ mm}^2/\text{s}; \text{ Anexo A20 catálogo SKF}$$

$$V = 758 \text{ mm}^2/\text{s}; \text{ Anexo A21 catálogo SKF}$$

$$K = \frac{V}{V1}$$

$$K = \frac{758}{700}$$

$$K = 1,1$$

$$a_{23} = 1,1 \text{ Anexo A22 catálogo SKF}$$

$$C = 467,3856 \text{ N}$$

Selecciono: 6004

6.6.3.6 DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora es la encargada de transportar las botellas plásticas vacías hacia el sistema de lavado. Por lo tanto nos enfocaremos en el diseño del sistema de transportación para la máquina lavadora de botellas.

Para el diseño de la banda transportadora se lo realizará considerando los siguientes parámetros:

- Longitud de transporte $L_T = 826 \text{ mm}$
- Horas de funcionamiento = La máquina trabajará las 24 horas
- Material a transportar: Envases de ½ litro plásticos transparentes
- Dimensiones del material a transportar:

Dimensiones de los Envases plásticos PET

½ litro h= 220 mm; Ø = 65 mm; w= 24 gramos

1.7 litro h= 345 mm; Ø = 90 mm; w= 63 gramos

- **Envases de vidrio**

½ litro h= 220 mm; Ø = 65 mm; w= 106,75 gramos

6.6.3.5.1 Velocidad de transportación

La velocidad recomendada para el transporte de envases dentro de una embotelladora debe ser menor o igual que 10 m/min. Por lo que para el diseño utilizaremos una velocidad lineal de:

$$V = \frac{10m}{min} = 0,1667 m/s$$

- **Velocidad Angular**

Permite determinar a qué velocidad angular va a girar el rodillo motriz como el impulsado; debido a que son del mismo diámetro, los rodillos que se emplearan en la banda transportadora son de 1.5 pulg. Con un revestimiento de caucho vulcanizado para lograr una mejor adherencia entre el rodillo y la banda.

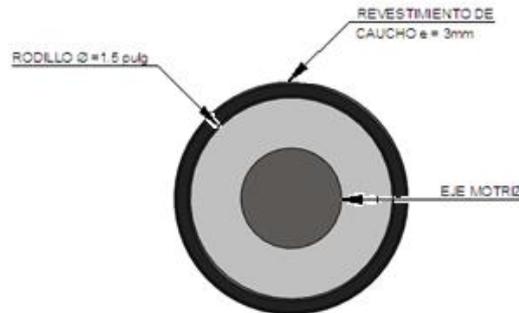


Figura 6.14: Eje, Rodillo motriz revestido con caucho vulcanizado

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$r = 22,05 mm = 0,02205m$$

$$v = 0,1667 m/s$$

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

Ec (6.26)

$$w = \frac{0,1667 \text{ m/s}}{0,02205 \text{ m}}$$

$$w = 7.56 \frac{\cancel{\text{rad}}}{\cancel{\text{seg}}} * \frac{60 \cancel{\text{seg}}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \cancel{\text{rad}}}$$

$$w = 72 \text{ RPM}$$

6.6.3.7 Capacidad de Transporte

Para determinar la capacidad y con el propósito de realizar un diseño confiable utilizaremos envases de ½ litro de vidrio; con una producción de 600 envases por hora.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ envase } \frac{1}{2} \text{ litro (vidrio)} \longrightarrow 106.75 \text{ gr} \\ 600 \text{ botellas/ hora} \longrightarrow x \end{array}$$

$$x = Q_T = 64,05 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 0,064 \text{ Ton/h}$$

- **Peso de los Elementos móviles**

- **Rodillo Motriz**



Figura 6.15: Rodillo Motriz

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\varnothing = 38,1 \text{ mm}$$

$$h = 96 \text{ mm}$$

$$\varphi = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

P_{RM} = Peso del Rodillo Motriz

$$v = \frac{\pi}{4} * d^2 * h \quad \text{Ec (6.27)}$$

$$v = \frac{\pi}{4} * (0,0381\text{m})^2 * (0,096\text{m})$$

$$v = 1,0945 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

$$\varphi = \frac{m}{v} \quad \text{Ec (6.28)}$$

$$m = \varphi * v$$

$$m = (1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) * (1,0945 \times 10^{-4} \text{m}^3)$$

$$m = 0,15 \text{ kg}$$

$$P_{RM} = 1,596 \text{ Kg/m}$$

Como los rodillos son de las mismas dimensiones el rodillo impulsado pesa igual.

$$P_{RI} = 1,596 \text{ Kg/mZ}$$

- Cálculo de los Ejes

Eje Motriz



Figura 6.16: Eje Motriz

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\varnothing = 19,05 \text{ mm}$$

$$h = 207 \text{ mm}$$

$$\varphi = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$P_{EM} = \text{Peso del Eje Motriz}$

$$v = \frac{\pi}{4} * d^2 * h$$

$$v = \frac{\pi}{4} * (0,019m)^2 * (0,207m)$$

$$v = 5,899 \times 10^{-5} m^3$$

$$\varphi = \frac{m}{v}$$

$$m = \varphi * v$$

$$m = (7800 \frac{kg}{m^3}) * (5,899 \times 10^{-5} m^3)$$

$$m = 0,46 \text{ kg}$$

$$P_{EM} = 2,22 \text{ Kg/m}$$

Eje Impulsado



Figura 6.17 Eje Impulsado

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\emptyset = 19,05 \text{ mm}$$

$$h = 172 \text{ mm}$$

$$\varphi = 7800 \frac{kg}{m^3}$$

$P_{EM} = \text{Peso del Eje Motriz}$

$$v = \frac{\pi}{4} * d^2 * h$$

$$v = \frac{\pi}{4} * (0,019m)^2 * (0,172m)$$

$$v = 4,876 \times 10^{-5} m^3$$

$$\varphi = \frac{m}{v}$$

$$m = \varphi * v$$

$$m = (7800 \frac{kg}{m^3}) * (4,876 \times 10^{-5} m^3)$$

$$m = 0,38 kg$$

$$P_{EI} = 2,21 Kg/m$$

- **Peso de la Banda**

Del Anexo A1 seleccionamos una banda de las siguientes características.

Banda Plana UU10E Verde

Espesor de la banda (e)= 0,75mm

Peso de la banda (PL)= 0,7 kg/m³

Número de capas (Z)= 3

Ancho de la banda (B)=0,096m

$$P_B = B(1,15 + e + PL + Z)$$

$$P_B = (0,096)(1,15 + 0,75 + 0,7 + 3)$$

$$P_B = 0,537 Kg/m$$

- **Peso de los Elementos móvil**

$$P_{EM} = 2 * P_B \cos(\gamma) + P_{RM} + P_{RI} + P_{EM} + P_{EI}$$

$$P_{EM} = 2 * (0,537) \cos(0^0) + 1,5996 + 1,596 + 2,22 + 2,21$$

$$P_{EM} = 8,696 \frac{Kg}{m}$$

- **Potencia de Accionamiento**

$$N_a = N_1 + N_2 + N_3 + N_t + N_s + N_g$$

N1= Potencia para mover la banda descargada

N2= Potencia para vencer las resistencias de rozamiento al movimiento de la carga

N3= Potencia necesaria para elevar la carga

Nt= Potencia necesaria para accionar descargas intermedias

Cabe indicar que en la B.T. no existe N3 y Nt, por tanto valen cero

$$N1 = \frac{C * f * L * v * P_{EM}}{75} \quad Ec (6.29)$$

C = Coeficiente de resistencia a la flexión (c) = 2,39 Anexo A2

f = Coeficiente de rozamiento en los rodillos (f) = 0,025

L = Longitud de transporte L = 0,826 m

v = velocidad lineal de la banda v = 0,1667 m/s

P_{EM} = Peso de los elementos móviles

$$N1 = \frac{(2,39) * (0,025) * (0,826) * (0,1667) * (8,696)}{75}$$

$$N1 = 0,001 (Hp)$$

$$N2 = \frac{C * f * L * \theta_t * \cos(\gamma)}{270}$$

θ_t = Capacidad de transporte (Ton/ h)

$$N2 = \frac{(2,39) * (0,025) * (0,064) * \cos(0^0)}{270}$$

$$N2 = 0,00001 (Hp)$$

Potencia suplementaria N_s = 0,1667; Leída Anexo A3

Potencia de Guiado N_g = (0,01)(0,81) N_g = 0,0081 Hp

$$Na = 0,001 + 0,00001 + 0,1667 + 0,0081$$

$$Na = 0,17581 Hp$$

6.6.3.8 Potencia del Motor de la Banda Transportadora

$$P = Na * fs$$

P= Potencia requerida

Na= Potencia de Accionamiento

$$fs = \text{Factor de servicio } fs = 1,5$$

$$P = (0,17581) * (1,5)$$

$$P = 0,264$$

$$P_{MOTOR} = \frac{P}{\eta}$$

η = Rendimiento del motor $\eta= 80\%$

$$P_{MOTOR} = \frac{0,264}{0,80}$$

$$P_{MOTOR} = 0,33 \text{ Hp}$$

- Tensión en la banda transportadora

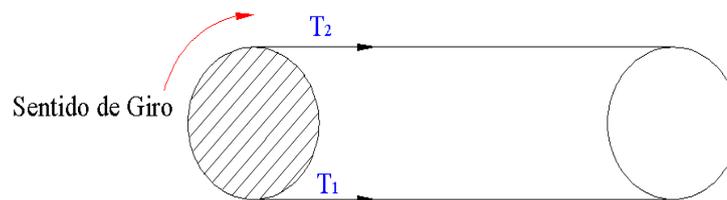


Figura 6.18: Tensión en las Bandas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

- Fuerza de Accionamiento

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

$$F = \frac{75 * 0,17581}{0,1667 \text{ m/s}}$$

$$F = 79,1 \text{ Kg}$$

- **Tensión Mayor**

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

μ = Coeficiente de rozamiento entre la banda y el caucho vulcanizado del rodillo

μ = 0,1 Funcionamiento en seco

α = Ángulo del tambor motriz abrasado por la banda $\alpha = 180^\circ = \pi$

$$T_1 = (79,1) \left(1 + \frac{1}{e^{0,1*\pi} - 1} \right)$$

$$T_1 = (79,1) \left(1 + \frac{1}{0,369} \right)$$

$$T_1 = 293,46 \text{ Kg}$$

- **Tensión Menor**

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

$$T_2 = (79,1) \left(\frac{1}{e^{0,1*\pi} - 1} \right)$$

$$T_2 = (79,1) \left(\frac{1}{0,369} \right)$$

$$T_2 = 214,36 \text{ Kg}$$

6.6.3.9 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Encargada de transmitir el giro del motor a la B.T. el mismo que está conformado de los siguientes elementos.

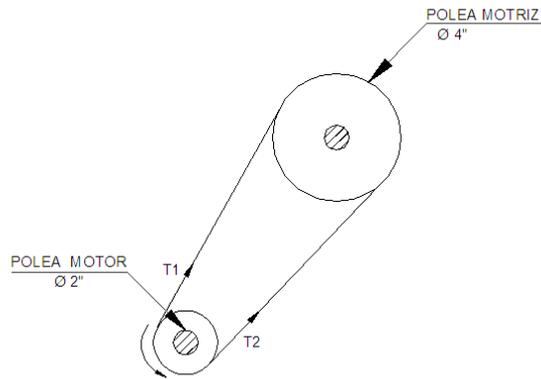


Figura 6.19: Diseño del Sistema de Transmisión
Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Polea motor $d = 2$ pul

Polea motriz $D = 4$ pul

Potencia = $\frac{1}{2}$ Hp

$d_1 =$ impulsor

$d_2 =$ impulsado

$n_1 =$ impulsor

$n_2 =$ impulsado

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{4''}{2''} = \frac{n_1}{72 \text{ rpm}}$$

$$n_1 = 2 * 72 \text{ rpm}$$

$$n_1 = 144 \text{ rpm}$$

6.6.3.10 Selección de la Banda

Para el sistema de transmisión seleccionaremos una banda de las siguientes características.

Seleccionamos una banda Ranurada Ax22. Anexo A4.

-Longitud de Paso

$$L_p = L + L_c \quad L_c = 1,3 \text{ Anexo A5}$$

$$L_p = 22 + 1,3$$

$$L_p = 23,3 \text{ pulg}$$

- Distancia entre Centros

$$C = 0,25 \left\{ \left[L_p - \frac{\pi}{2}(D + d) \right] + \sqrt{\left[L_p - \frac{\pi}{2}(D + d) \right]^2 - 2(D - d)^2} \right\} \quad Ec (6.30)$$

$$C = 0,25 \left\{ \left[23,3'' - \frac{\pi}{2}(4'' + 2'') \right] + \sqrt{\left[23,3 - \frac{\pi}{2}(4'' + 2'') \right]^2 - 2(4'' - 2'')^2} \right\}$$

$$C = 0,25 \left\{ (13,8752) + \sqrt{[192,522] - 8} \right\}$$

$$C = 0,25 \{ (13,8752) + 13,584 \}$$

$$C = 6,864 \text{ pulg}$$

$$C = 174,3652 \text{ mm}$$

6.6.3.11 Ángulos de Contacto

Polea Mayor

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{(D - d)}{2c} \quad Ec (6.29)$$

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{(4'' - 2'')}{13,728}$$

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} 0,14568$$

$$\theta_D = 3,4339 \text{ rad} = 196,755^\circ$$

- Polea Menor

$$\theta_D = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{(D - d)}{2c}$$

$$\theta_D = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{(4'' - 2'')}{13,728}$$

$$\theta_D = \pi - 2 \sin^{-1} 0,14568$$

$$\theta_D = 2,83 \text{ rad} = 162,18^\circ$$

- **Longitud de la Banda**

$$L = [4c^2 - (D - d)^2]^{1/2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_a)$$

$$L = [4(6,864'')^2 - (4'' - 2'')^2]^{1/2} + \frac{1}{2}((4'')(3,4339) + (2'')(2,83))$$

$$L = [13,5815''] + \frac{1}{2}(19,3956)$$

$$L = 23,2793'' = 24 \text{ pul} = (609,6\text{mm})$$

- **Velocidad Periférica**

$$V = \frac{\pi * d * n}{12}$$

$$V = \frac{\pi * 2 * 144}{12}$$

$$V = 75,398 \text{ pies/min} = 0.3830 \text{ (m/seg)}$$

- **Corrección del Ángulo de Contacto**

$$\frac{D - d}{C} = \frac{4'' - 2''}{6,864} = 0,3$$

Con el valor calculamos determinamos K1=0,79; Anexo A6 (Tabla 17 .13)

- **Corrección de longitud de Banda**

K2=0,85 Anexo A8 (Tabla 17,14)

- **Potencia Permitida por la Banda**

$$H_a = K_1 * K_{2,m} * H_{atab}$$

$$H_{atab} = 0,3134 ; \text{ Leído Anexo A8 (Tabla 17.12)}$$

$$H_a = (0,79) * (0,85) * (0,3134)$$

$$H_a = 0,21 H_p$$

6.6.3.12 Potencia de Diseño

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

Para una máquina impulsada bajo impacto medio $K_s = 1,2$ Leído Anexo A9 (Tabla 17.15)

$$H_d = (1,2) * (0,5)$$

$$H_d = 0,6 H_p$$

- **Número de Bandas**

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

$$N_b = \frac{0,6}{0,21}$$

$$N_b = 2,85 \text{ Bandas}$$

- **Tensión Centrífuga**

$$F_c = K_c \left(\frac{v}{100} \right)^2 \quad K_c = 0,561 \text{ Anexo A10 (Tabla 17.16)}$$

$$F_c = 0,561 \left(\frac{75,398}{100} \right)^2$$

$$F_c = 0,0032 \text{ lb} = (1,45 \times 10^{-3} \text{ kg})$$

- **Tensión Mayor**

$$n\Delta F = \frac{63025 Hd/nd}{n\left(\frac{d}{2}\right)}$$

$$\Delta F = \frac{63025 (0,6)/(2,85)}{(144)\left(\frac{2}{2}\right)}$$

$$\Delta F = 92,1418$$

$$\text{Exp}(f\phi) = \exp(0,5123*2,83) = 4,26$$

$$F1 = Fc + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

$$F1 = 0,0032 + \frac{(92,1418) * (4,26)}{4,26 - 1}$$

$$F1 = 0,0032 + 120,406$$

$$F1 = 120,41 \text{ lb} = 54.73 \text{ Kg}$$

- **Tensión Menor**

$$F2 = F1 - \Delta F$$

$$F2 = 120,41 \text{ lb} - 92,1418 \text{ lb}$$

$$F2 = 28,2682 \text{ lb} = 13.01 \text{ Kg}$$

- **Tensión Inicial**

$$Fi = \frac{F1 + F2}{2} - Fc$$

$$Fi = \frac{120,41 + 28,2682}{2} - 0,0032$$

$$Fi = 74,33 \text{ lb} = 33,786 \text{ Kg}$$

- **Factor de Seguridad**

$$\eta fs = \frac{Ha * Nb}{H nom * Ks}$$

$$\eta fs = \frac{0,21 * 2,85}{0,5 * 1,2}$$

$$\eta fs = 1 \quad ok$$

Selecciono una banda Tipo Ax22

6.6.3.13 POSICIONAMIENTO DE LOS EJES DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Permite determinar cómo se encuentra ubicada las tensiones generadas por la banda seleccionada.

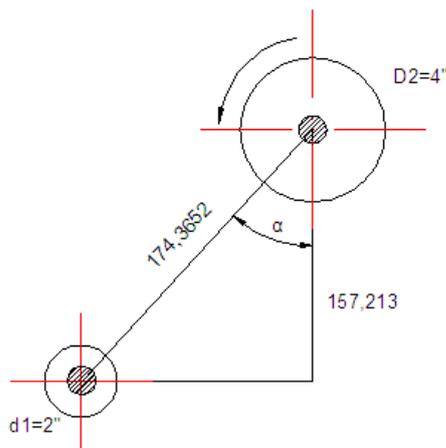


Figura 6.20: Diagrama de cuerpo libre de la Posición de los ejes del sistema de transmisión

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\cos \alpha = \frac{157,213}{174,3652}$$

$$\alpha = \cos^{-1} = 0,902$$

$$\alpha = 25,6^\circ$$

6.6.3.14 DISEÑO DE LOS EJES DE LA BANDA TRANSPORTADORA

- **Eje Motriz**

Se analizara:

- Como una viga apoyada en sus extremos
- Soportar esfuerzos por flexión y torsión debido a las cargas que actúan.

- **Momento Torsor**

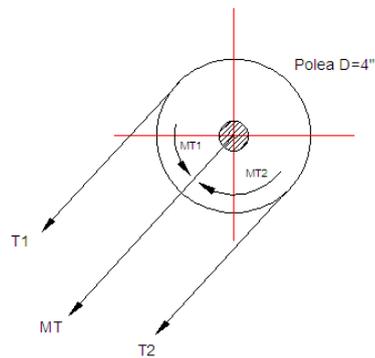


Figura 6.21: Diagrama de cuerpo libre del Momento Torsor

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$T1 = 120,41 \text{ lb} = 54,732 \text{ Kg}$$

$$T2 = 28,2682 \text{ lb} = 12,849 \text{ Kg}$$

$$M_{T1} = r * T1$$

$$M_{T1} = (0,0508\text{m}) * (54,732 \text{ Kg})$$

$$M_{T1} = 2,78 \text{ Kg.m}$$

$$M_{T2} = r * T2$$

$$M_{T2} = (0,0508\text{m}) * (12,849 \text{ Kg})$$

$$M_{T2} = 0,623 \text{ Kg.m}$$

$$M_T = M_{T1} - M_{T2}$$

$$M_T = 2,78 \text{ Kg.m} - 0,623 \text{ Kg.m}$$

$$M_T = 2,157 \text{ Kg.m}$$

$$M_T = 21,14 \text{ N.m}$$

- **Descomposición de Tensiones en la banda**

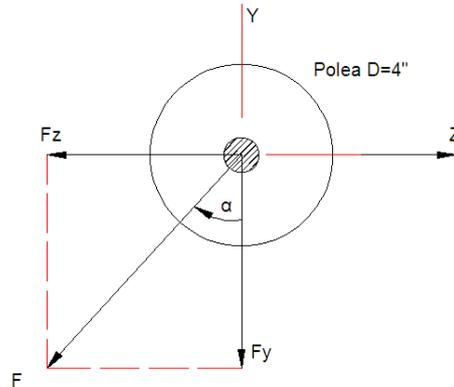


Figura 6.22 Diagrama de cuerpo libre de la Descomposición de Tensiones en las Bandas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$F = F_1 + T_2$$

$$F = 54,732 \text{ Kg} + 12,849 \text{ Kg}$$

$$F = 67,58 \text{ Kg}$$

$$\sin \alpha = \frac{Fz}{F}$$

$$\cos \alpha = \frac{Fy}{F}$$

$$Fz = \sin \alpha * F$$

$$Fy = \cos \alpha * F$$

$$Fz = \sin 25,6 * 67,58$$

$$Fy = \cos 25,6 * 67,58 \text{ Kg}$$

$$Fz = 29,2 \text{ Kg}$$

$$Fy = 60,95 \text{ Kg}$$

- **Planos (x-y)**

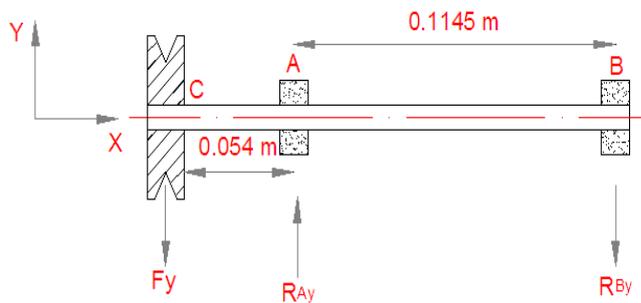


Figura 6.23: Diagrama de cuerpo Libre de la Descomposición de Tensiones en las Bandas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_Y(0,054\text{m}) - R_{BY}(0,1145\text{m}) = 0$$

$$R_{BY} = \frac{(60,95 \text{ Kg})(0,054)}{(0,1145 \text{ m})}$$

$$R_{BY} = 28,75 \text{ Kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$-F_Y + R_{AY} - R_{BY} = 0$$

$$R_{AY} = F_Y + R_{BY}$$

$$R_{AY} = 60,95 \text{ Kg} + 28,75\text{Kg}$$

$$R_{AY} = 89,7 \text{ Kg}$$

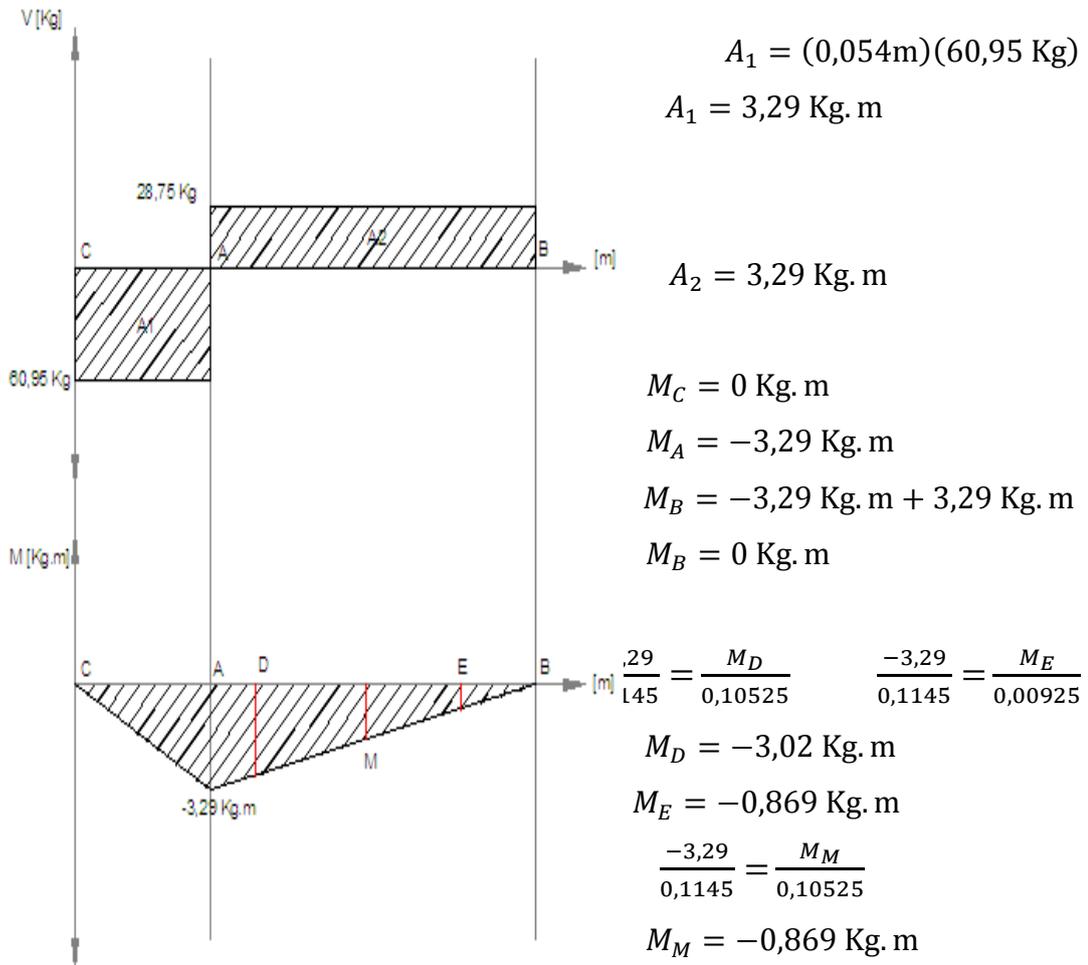


Figura 6.24: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector
De la Descomposición de Tensiones en las Bandas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

- Planos (x-y)

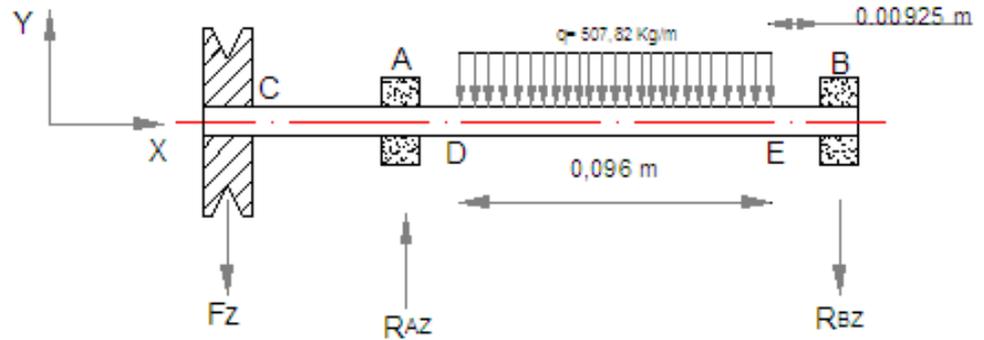


Figura 6.25: Diagrama de cuerpo libre de la Descomposición de Tensiones en las Bandas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_Z(0,054) - R_{BZ}(0,1145) - (507,82)(0,096)(0,057) = 0$$

$$(1,577) - R_{BZ}(0,1145) - 2,777 = 0$$

$$R_{BZ}(0,1145) = 2,777 - 1,577$$

$$R_{BZ} = 10,48 \text{ Kg}$$

$$\Sigma F_V = 0$$

$$-F_Z + R_{AZ} - 48,75 + R_{BZ} = 0$$

$$-29,2 + R_{AZ} - 48,75 + 10,48 = 0$$

$$R_{AZ} = 48,75 - 10,48 + 29,2$$

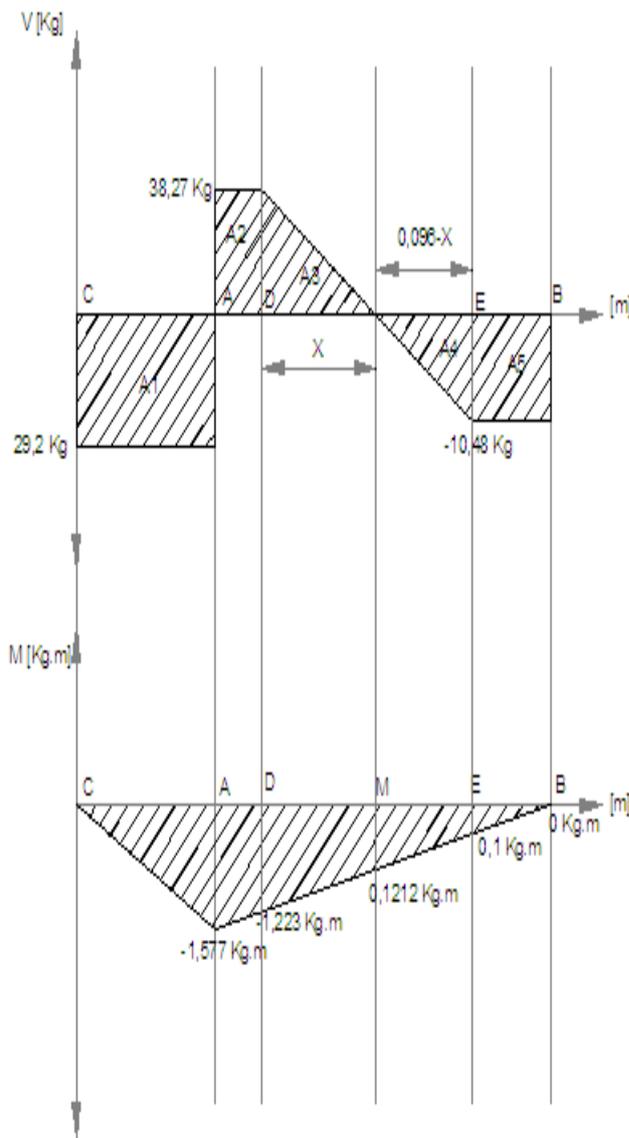
$$R_{AZ} = 67,47 \text{ Kg}$$

$$\frac{38,27}{X} = \frac{10,48}{0,096 - X}$$

$$3,674 - 38,27X = 10,48X$$

$$48,75X = 3,674$$

$$X = 0,075 \text{ m}$$



$$A_1 = (0,054\text{m})(29,2\text{Kg})$$

$$A_1 = 1,577 \text{ Kg. m}$$

$$A_2 = (0,00925\text{m})(38,27 \text{ Kg})$$

$$A_2 = 0,354 \text{ Kg. m}$$

$$A_3 = \frac{(0,075\text{m})(38,27\text{Kg})}{2}$$

$$A_3 = 1,435 \text{ Kg. m}$$

$$A_4 = \frac{(0,021\text{m})(10,48\text{Kg})}{2}$$

$$A_4 = 0,11 \text{ Kg. m}$$

$$A_5 = (0,00925\text{m})(10,48 \text{ Kg})$$

$$A_5 = 0,1 \text{ Kg. m}$$

Figura 6.26: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector De la Descomposición de Tensiones en las Bandas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$M_C = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_A = -1,577 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = -1,577 \text{ Kg. m} + 0,354 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = -1,223 \text{ Kg. m} + 1,435 \text{ Kg. m}$$

$$M_E = 0,212 \text{ Kg. m} - 0,11 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = 0,1 \text{ Kg. m} - 0,1 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = -1,223 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = 0,212 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = 0,1 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = 0 \text{ Kg. m}$$

- **Cálculo de Momentos Máximos**

$$\vec{M}_A = -3,29\vec{j} - 1,577\vec{k}$$

$$\vec{M}_B = 0\vec{j} + 0\vec{k}$$

$$\vec{M}_C = 0\vec{j} + 0\vec{k}$$

$$\vec{M}_D = -3,02\vec{j} - 1,223\vec{k}$$

$$\vec{M}_E = -0,27\vec{j} - 0,1\vec{k}$$

$$\vec{M}_M = -0,869\vec{j} + 0,212\vec{k}$$

$$M_A = 3,639 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = 3,258 \text{ Kg. m}$$

$$M_E = 0,288 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = 0,894 \text{ Kg. m}$$

$$M_{MÁXIMO} = 3,639 \text{ Kg. m}$$

$$M_{MÁXIMO} = 35,66 \text{ N. m}$$

- **Diseño Estático**

Para realizar el diseño consideramos los siguientes parámetros

- Esfuerzos por Flexión y Torsión
- Asumimos un Factor de seguridad $n=1,2$
- El material AISI 1080; laminado en caliente

- **Esfuerzo Máximo por Flexión**

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

$$\sigma_x = \frac{(32)(35,66 \text{ N. m})}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{363,229 \text{ N.m})}{d^3}$$

- **Esfuerzo Máximo por Torsión**

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{(16)(21,14 \text{ N.m})}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{107,66 \text{ N.m})}{d^3}$$

- **Aplicando la Teoria de Von Mises**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{363,229}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{107,66}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{408,298 \text{ N.m})}{d^3}$$

$S_y = 220 \text{ MPa}$; Leido Anexo A11

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

$$1,2 = \frac{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{\frac{408,298 \text{ N.m})}{d^3}}$$

$$1,2 = \frac{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2 d^3}{408,298 \text{ N.m}}$$

$$d^3 = \frac{(408,298 \text{ N.m})(1,2)}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$d = 13,1 \text{ mm}$$

- **Diseño Dinámico**

Para el diseño a fatiga consideramos los siguientes parámetros funcionales.

- Trabaja 24 horas al día
- Asumimos un factor de seguridad de 1,6
- Suponemos que los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga es igual a 0,3 porque no se conoce el diámetro.

- **Resistencia a la Fatiga en Viga Rotatoria**

$S_{ut} = 400 \text{ MPa}$; Leído Anexo A11

$$S_{e'} = (0,5)S_{ut}$$

$$S_{e'} = (0,5)(400 \text{ MPa})$$

$$S_{e'} = 200 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la Fatiga en Viga**

$$S_e = 0,3 * S_{e'}$$

$$S_e = 0,3 * 200 \text{ MPa}$$

$$S_e = 60 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la Fatiga**

$f = 0,9$ cuando $S_{ut} < 70 \text{ Kpsi}$

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

$$a = \frac{(0,9 * 400)^2}{60 \text{ MPa}}$$

$$S_e = 2160 \text{ Mpa}$$

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

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0,9 * 400}{60} \right)$$

$$b = -\frac{1}{3}\log(6)$$

$$b = -0,259$$

$$Sf = aN^b$$

N: número de ciclos = 240480 ciclos

$$Sf = (2160 \text{ MPa})(240480)^{-0,259}$$

$$Sf = 87,2477 \text{ MPa}$$

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

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

$$32Mn = d^3 Sf\pi$$

$$d^3 = \frac{(32)Mn}{Sf\pi}$$

$$d^3 = \frac{(32)(35,66 \text{ N.m})(1,6)}{(87,2477 \times 10^6)(\pi)}$$

$$d^3 = 18,8 \text{ mm} \quad \cong 19 \text{ mm}$$

- Refinamiento del Cálculo con d=19mm

Factores:

$$-Ka = a * Sut^6$$

$$\left. \begin{array}{l} a=4,51 \\ b= -0,265 \end{array} \right\} \text{Acabados superficial: Máquinado o Laminado en frio; Anexo A12}$$

$$Ka = (4,51) * (400) \text{ MPa}^{-0,265}$$

$$Ka = 0,917$$

$$-Kb = 0,879d^{-0,107}$$

$$-Kb = 0,879 * (0,74)^{-0,107}$$

$$-Kb = 0,91$$

$$-Kc = 0,85: \text{Factor de carga; Anexo A13,}$$

$$-Kd = 1: \text{Factor de Temperatura; Anexo A14}$$

$$-Ke = 0,897: \text{Factor de confiabilidad; Anexo A15 (Tabla 6.5)}$$

$$-Kf = 1: \text{Factor efectos Varios; 1 porque es de sección uniforme el eje}$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S_e'$$

$$S_e = (0,917) * (0,91) * (0,85) * (1) * (0,897) * (1) * (200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 127,248 \text{ MPa}$$

- **Resistencia ala Fatiga**

$$a = 1018,48 \text{ MPa}$$

$$b = -0,151$$

$$S_f = aN^b$$

$$S_f = (1018,48)(240480)^{-0,151}$$

$$S_f = 156,823 \text{ MPa}$$

- **Factor de Seguridad**

$$\eta = \frac{S_f}{\sigma} \qquad \sigma_x = 52,96 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{156,823 \text{ MPa}}{52,96 \text{ MPa}} \qquad \tau_{xy} = 15,69 \text{ MPa}$$

$$\eta = 2,9 \quad ok$$

Aplicando un criterio de falla por fatiga como GOODMAN MODIFICADO modificamos el diámetro calculado.

$$\text{Esfuerzo Medios: } \sigma_m = \sqrt{3\tau_{xy}} = \sqrt{3(15,69)} = 6,86 \text{ Mpa}$$

$$\text{Esfuerzo Alternante: } \sigma_a = \sigma_x = 52,96 \text{ Mpa}$$

$$\eta_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

$$\eta_f = \frac{1}{\frac{52,96}{127,248} + \frac{6,86}{400}}$$

$$\eta_f = \frac{1}{0,433}$$

$$\eta_f = 2,3 \quad ok$$

Seleccionamos un eje: AISI 1018 $\varnothing=3/4''$; Laminado en caliente

- **Eje Impulsado**

Se analizará como

- Como una viga con apoyos simples en sus extremos
- Soportando esfuerzos por flexión.

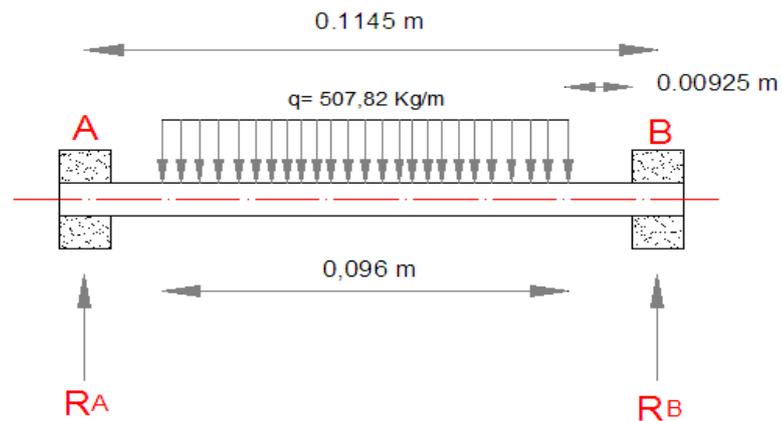


Figura 6.27: Diagrama de cuerpo Libre del Eje Impulsado

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_B(0,1145) - (507,82)(0,096)(0,05725) = 0$$

$$R_B = 24,375 \text{ Kg}$$

$$\Sigma F_V = 0$$

$$R_A + R_B - (507,82)(0,096) = 0$$

$$R_A = (507,82)(0,096) - R_B$$

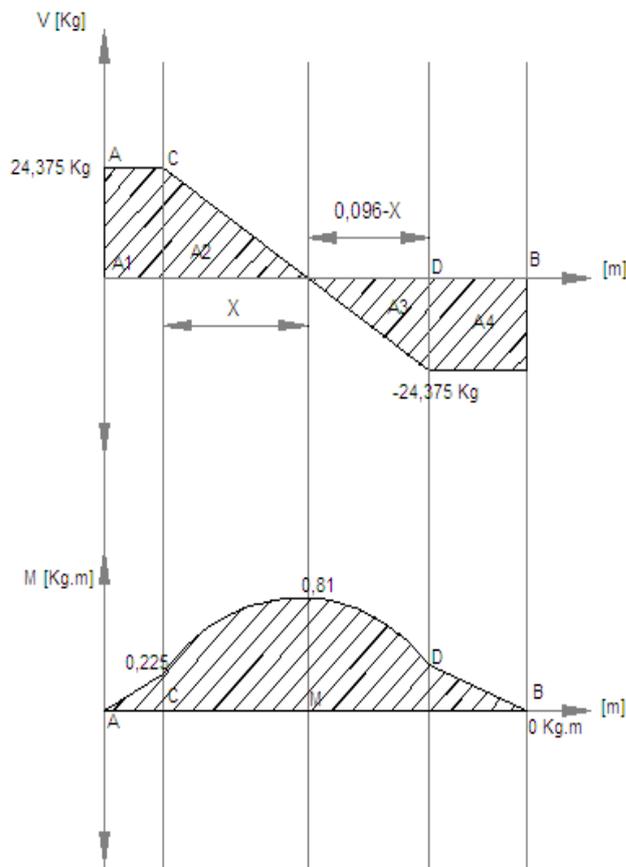
$$R_A = 24,375 \text{ Kg}$$

$$\frac{24,375}{X} = \frac{24,375}{0,096 - X}$$

$$2,34 - 24,375X = 24,375 X$$

$$48,75X = 2,34$$

$$X = 0,048 \text{ m}$$



$$A_1 = (24,375m)(0,00925Kg)$$

$$A_1 = 0,225 \text{ Kg. m}$$

$$A_2 = \frac{(0,048m)(24,375Kg)}{2}$$

$$A_2 = 0,585 \text{ Kg. m}$$

$$A_3 = \frac{(0,048m)(24,375Kg)}{2}$$

$$A_3 = 0,585 \text{ Kg. m}$$

$$A_4 = (0,00925m)(24,375Kg)$$

$$A_4 = 0,225 \text{ Kg. m}$$

Figura 6.28: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento
Flector del Eje Impulsado

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

$$M_A = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = 0,225 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = 0,225 \text{ Kg. m} + 0,585 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = 0,81 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = 0,81 \text{ Kg. m} - 0,585 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = 0,225 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = 0,225 \text{ Kg. m} - 0,225 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_{MÁXIMO} = 0,81 \text{ Kg. m}$$

$$M_{MÁXIMO} = 7,938 \text{ N. m}$$

- Diseño Estático

Para realizar el diseño se analizara consideramos los siguientes parámetros

- Asumimos un Factor de seguridad $n=1,2$
- El material es un AISI 1080; laminado en caliente
- Soportando Esfuerzos por Flexión

- **Esfuerzo Máximo por Flexión**

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

$$\sigma_x = \frac{(32)(7,938 \text{ N.m})}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{80,855 \text{ N.m}}{d^3}$$

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

$$\eta = \frac{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{\frac{80,855 \text{ N.m}}{d^3}}$$

$$\eta = \frac{(220 \times 10^6 \text{ N/m}^2) d^3}{80,855 \text{ N.m}}$$

$$\frac{(1,2)(80,855 \text{ N.m})}{220 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = d^3$$

$$d = 7,61 \text{ mm}$$

- **Diseño Dinámico**

Se analizará considerando los mismos parámetros funcionales establecidos en el diseño del eje motriz debido a que funcionan conjuntamente.

- **Resistencia a la Fatiga en Viga Rotatoria**

$S_{ut} = 400 \text{ MPa}$; Anexo A11

$$S_{e'} = (0,5)S_{ut}$$

$$S_{e'} = (0,5)(400 \text{ MPa})$$

$$S_{e'} = 200 \text{ MPa}$$

- **Resistencia a la Fatiga en Viga**

$$Se = 0,3 * Se'$$

$$Se = 0,3 * 200MPa$$

$$Se = 60MPa$$

- **Resistencia a la Fatiga**

$$f = 0,9 \text{ cuando } Sut < 70 \text{ Kpsi}$$

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

$$a = \frac{(0,9 * 400)^2}{60 \text{ MPa}}$$

$$Se = 2160 \text{ Mpa}$$

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

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0,9 * 400}{60} \right)$$

$$b = -\frac{1}{3} \log(6)$$

$$b = -0,259$$

$$Sf = aN^b$$

N: número de ciclos = 240480 ciclos

$$Sf = (2160 \text{ MPa})(240480)^{-0,259}$$

$$Sf = 87,2477 \text{ MPa}$$

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

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

$$32Mn = d^3 Sf \pi$$

$$d^3 = \frac{(32)Mn}{Sf \pi}$$

$$d^3 = \frac{(32)(7,938N.m)(1,6)}{(87,2477 \times 10^6)(\pi)}$$

$$d^3 = 11,4 \text{ mm} \cong 12 \text{ mm}$$

- **Refinamiento del Cálculo con d=12mm**

Factores:

$$K_a = 0,917$$

$$K_b = 0,952$$

$$K_c = 0,85$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 0,897$$

$K_f = 1$ por ser sección uniforme

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S_e'$$

$$S_e = (0,917) * (0,952) * (0,85) * (1) * (0,897) * (1) * (200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 133,121 \text{ MPa}$$

- **Resistencia ala Fatiga**

$$a = 973,55 \text{ MPa}$$

$$b = -0,144$$

$$S_f = aN^b$$

$$S_f = (973,55)(240480)^{-0,144}$$

$$S_f = 163,4869 \text{ MPa}$$

- **Factor de Seguridad**

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

$$\eta = \frac{163,4869 \text{ MPa}}{46,791 \text{ MPa}}$$

$$\eta = 3,5 \quad ok$$

Luego de haber realizado el diseño por resistencia estática y dinámica se obtuvo un diámetro de $\frac{1}{2}$ ”; pero cabe indicar que el eje se encuentra apoyado en sus extremos por rodamientos. Estos rodamientos tiene incorporado sus propios apoyos

y dentro de nuestro medio los más comercializables son de $\frac{3}{4}$ ", por lo tanto para facilitar la construcción y ensamblaje de la banda T. seleccionaremos un eje AISI 1018 de $\varnothing = \frac{3}{4}$ "

6.6.3.15 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

La banda transportadora esta conformada por rodamientos que permiten el giro de los ejes para llevar los envases. A continuación se selecciona para cada eje considerando los siguientes parámetros funcionales.

- Los ejes giran a 72 rpm con una confiabilidad del 95 %
- Funcionan suavemente sin vibración a una T. de funcionamiento de 50°
- **Eje Motriz**

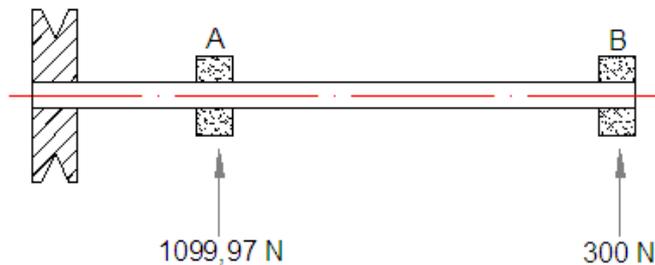


Figura 6.29: Diagrama de cuerpo Libre Selección de Rodamientos – Eje motriz
Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DEL RODAMIENTO EN EL PUNTO

A

- **Carga estática equivalente**

$$S_o = 1,5; \text{ Anexo A17}$$

$$P_o = Fr; \text{ Por ser carga radial pura}$$

$$C_o = S_o * P_o$$

$$C_o = (0,5) * (1099,97 \text{ N})$$

$$C_o = 549,985 \text{ N}$$

- **Carga dinámica equivalente**

$$L_{10}h = 50000 \text{ horas; Anexo A17}$$

$$a_1 = 0,62 \text{ Anexo A18}$$

$$a_{23} = 1,6 \text{ Valor asumido}$$

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

$$C = (1099,97N) \sqrt[3]{\frac{(50000) * (72) * (60)}{(1000000) * (0,62) * (1,6)}}$$

$$C = 6617,51$$

Con la carga estática seleccionada del Anexo A17 el siguiente rodamiento.

Rodamiento Rígido de Bolas 6004

$$d = 20\text{mm}$$

$$D = 42\text{mm}$$

$$B = 12\text{mm}$$

- **Comprobación**

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

$$dm = \frac{(20 + 42)}{2}$$

$$dm = 31$$

$$V_1 = 280\text{mm}^2/\text{s} \text{ Anexo A20 (página 96) Catalogo SKF}$$

$$V = 500\text{mm}^2/\text{s} \text{ Anexo A21 (página 97) Catalogo SKF}$$

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

$$K = \frac{500}{280}$$

$$K = 1,78$$

$$a_{23} = 1,2 \text{ Anexo A22 (página 37) Catalogo SKF}$$

$$C = 7283,52 \text{ N}$$

Se selecciona un Rodamiento 6004 Rígido de Bolas

Por tanto en el punto A por tener mayor carga seleccionamos un rodamiento 6004 rígido de bolas y como en el punto B las cargas son mínimas seleccionamos un rodamiento de las mismas características que en el punto A esto por factor de seguridad y diseño.

- **Eje Impulsado**

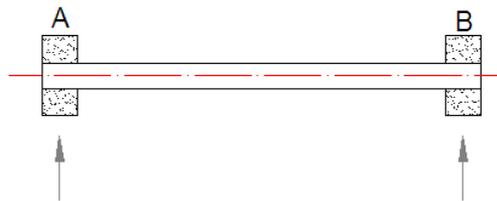


Figura 6.30: Diagrama de cuerpo Libre Selección de Rodamientos – Eje Impulsado

- Análisis para la selección del rodamiento en el punto A y B
- Como los rodamientos a seleccionar soportan las mismas cargas radiales se realizará un solo análisis para los dos puntos.
- **Carga estática equivalente**

$$S_o = 1,5; \text{ Anexo A17}$$

$$P_o = Fr; \text{ Por ser carga radial pura}$$

$$C_o = S_o * P_o$$

$$C_o = (0,5) * (238,875 N)$$

$$C_o = 119,4375 N$$

- **Carga dinámica equivalente**

$$L_{10}h = 50000 \text{ horas; Anexo A18}$$

$$a_1 = 0,62 \text{ Anexo A19 (página 35 catálogos SKF)}$$

$$a_{23} = 1,6 \text{ Valor asumido}$$

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

$$C = (238,875\text{N}) \sqrt[3]{\frac{(50000) * (72) * (60)}{(1000000) * (0,62) * (1,6)}}$$

$$C = 1437,09 \text{ N}$$

Con la carga estática seleccionada del Anexo A17 el siguiente rodamiento.

Rodamiento Rígido de Bolas 6004

$$d = 20\text{mm}$$

$$D = 42\text{mm}$$

$$B = 12\text{mm}$$

- **Comprobación**

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

$$dm = \frac{(20 + 42)}{2}$$

$$dm = 31$$

$$V_1 = 280\text{mm}^2/\text{s} \text{ Anexo A20}$$

$$V = 500\text{mm}^2/\text{s} \text{ Anexo A21}$$

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

$$K = \frac{500}{280}$$

$$K = 1,78$$

$$a_{23} = 1,2 \text{ Anexo A22}$$

$$C = 1437,09 \text{ N}$$

Selecciono para los puntos A y B un Rodamiento Rígido de Bolas

6004 ok.

6.6.3.16 CÁLCULOS DEL PISTÓN DE DOBLE EFECTO

- Cálculo de la Fuerza Teórica de Avance del Pistón

$$\varnothing_1 \text{ del embolo} = 38\text{mm}$$

$$\varnothing_2 \text{ del vástago} = 6,35\text{mm}$$

$$L \text{ Carrera} = 900 \text{ mm}$$

$$P \text{ Presión} = 4,13 \text{ bares} = 4,13 \text{ Kp/cm}^2$$

$$F_A = P * S_e$$

$$F_A = P * \pi \left(\frac{\varnothing_1^2 \text{ embolo}}{4} \right)$$

$$F_A = 4,13 * \pi \left(\frac{(3,8)^2}{4} \right)$$

$$F_A = 1,2974 \text{ kp} = 1,2974 \text{ bar}$$

- Cálculo de la Fuerza Teórica en el Retroceso

$$\varnothing_1 \text{ del émbolo} = 38\text{mm}$$

$$\varnothing_2 \text{ del vástago} = 6,35\text{mm}$$

$$L \text{ Carrera} = 900 \text{ mm}$$

$$P \text{ Presión} = 4,13 \text{ bares} = 4,13 \text{ Kp/cm}^2$$

$$F_R = P * (S_e - S_v)$$

$$F_R = P * \left[\left(\pi * \frac{\varnothing_1^2 \text{ embolo}}{4} \right) - \pi * \frac{\varnothing_2^2 \text{ vástago}}{4} \right]$$

$$F_R = P * \frac{\pi}{4} (\varnothing_1^2 - \varnothing_2^2)$$

$$F_R = 4,13 * \frac{\pi}{4} (3,8^2 - 0,635^2)$$

$$F_R = 10,2663 \text{ kp} = 10,266 \text{ bar}$$

- **Consumo de Aire en el Recorrido de Avance y Retroceso**

$$V_A = S_A * L$$

$$V_A = \left(\pi * \frac{\emptyset^2 embolo}{4} \right) * L$$

$$V_A = \left(\pi * \frac{0,38^2 dm}{4} \right) * 0,9$$

$$V_A = 0,1024 dm^3 = 0,1024 lts$$

$$V_R = S_R * L$$

$$V_R = \left[\frac{\pi}{4} (\emptyset^2 embolo - \emptyset^2 vastago) \right] L$$

$$V_R = \left[\frac{\pi}{4} (0,38^2 - 0,0635^2) \right] 0,9 dm$$

$$V_R = 0,07068 dm^3$$

$$V_R = 0,07868 lts$$

6.6.3.17 CÁLCULOS DEL PISTÓN DE SIMPLE EFECTO

Cálculo de la Fuerza Teórica que el Cilindro Entregue

$$\emptyset_1 \text{ del pistón} = 38mm$$

$$\emptyset_2 \text{ del vástago} = 6,35mm$$

$$P \text{ 60 psi} = 413,700 N/m^2$$

$$\text{Resistencia de muelle} = 41 N$$

$$\text{Eficiencia del 90\%}$$

$$F_{Teorica} = P * S_a$$

$$F_{Teorica} = P * \pi \left(\frac{0,035^2}{4} \right)$$

$$F_{Teorica} = 413700 * 0,0003062$$

$$F_{Teorica} = 398,0269 N$$

- **Cálculo de la Fuerza Real o Efectiva**

$$F_{\text{Real}} = \eta(F_{\text{Teórica}} - F_{\text{Muelle}})$$

$$F_{\text{Real}} = 0,9(398,0269 - 41)$$

$$F_{\text{Real}} = 321,3242 \text{ N}$$

6.6.3.17 DIAGRAMA NEUMÁTICO DEL PROTOTIPO DE EMBOTELADORA

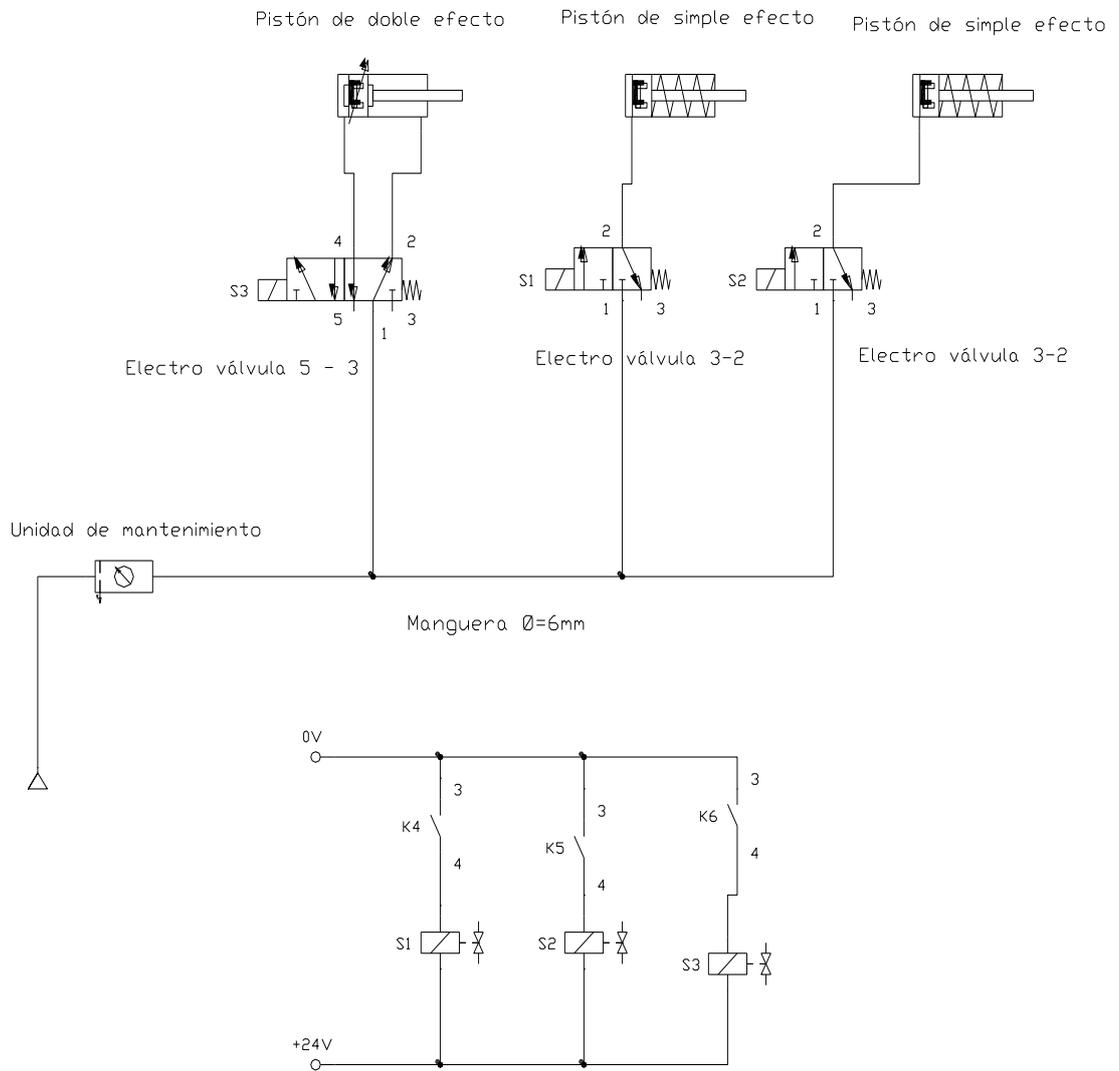


Figura 6.31: Diagrama Neumático

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.6.4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

Funcionamiento de la lavadora de botellas.

Para el funcionamiento correcto de la máquina, se indica a continuación en el gráfico.

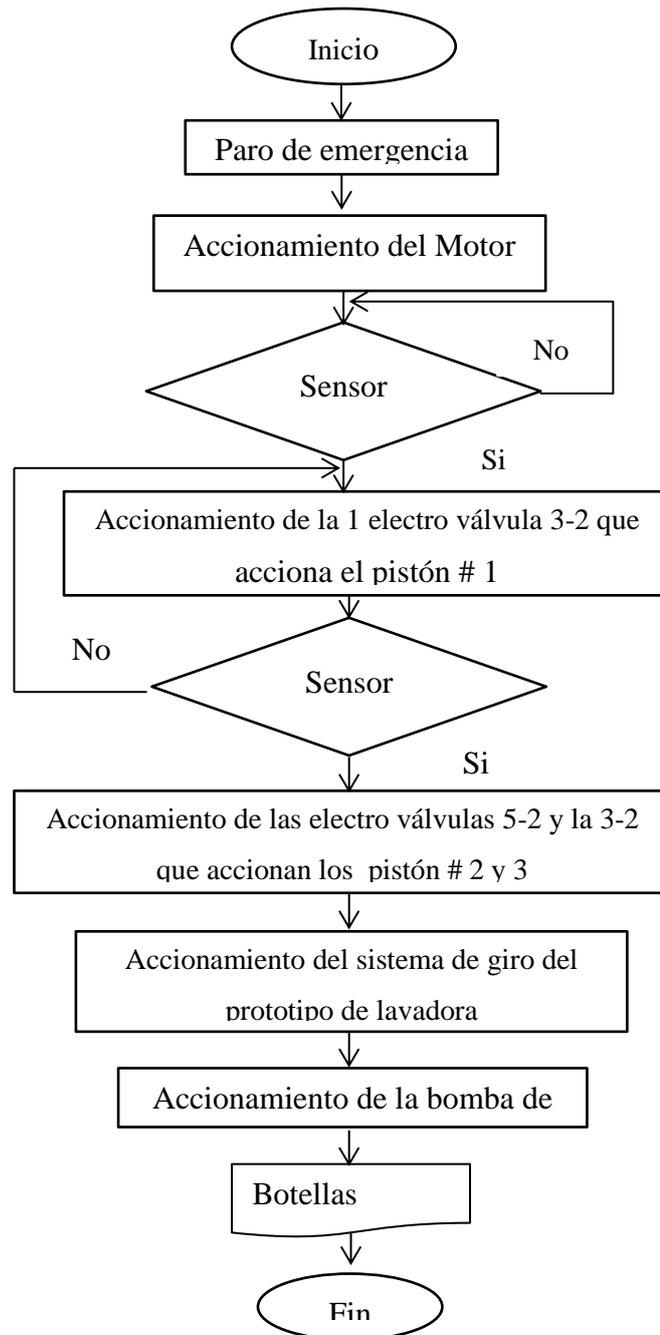


Figura 6.32: Flujograma de la Máquina lavadora de botellas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.6.4.1 SISTEMA ELÉCTRICO

Tiene la responsabilidad del funcionamiento en su totalidad de máquina, por lo tanto se utiliza equipos de fácil manipulación y montaje.

- **Variador de frecuencia**

Es el que permite controlar las rpm del motor para un adecuado transporte de las botellas y también el control del giro del brazo para el respectivo enjuague de las botellas por lo que se seleccionó dos variadores de frecuencia en función de la potencia de cada motor calculado anteriormente.



Figura 6.33: Variador de Frecuencia

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

En la tabla 6.1 se especifica las características de los variadores de frecuencia existentes en el laboratorio con código de bodega AUTO 056 y AUTO 056.

Tabla 6-1: Características del Variador de frecuencia 1 y 2

SYSDRIVE 3G3EV		
ITEM	MODELOS	
	A2007MA-CE*	AB013- CE**
Peso	1.3(Kg)	2(Kg)
Tensión de Entrada	Trifásica (220V)	
Tensión de Salida Nominal	Trifásica (200 a 230 V)	
Temperatura de Operación	- 10 ⁰ C a 50 ⁰ C	
Frecuencia Máxima	400 (HZ)	
Humedad	90% o menor (sin condensación)	
Lugar de Instalación	Afuera	
ESPECIFICACIONES		
Tipo de Instalación	A (Montaje en Panel)	
En	2 (Entrada Trifásica 220 V)	
Capacidad Máxima del Motor Aplicable	007 (1.1 Kw)	
	013 (1.5 Kw)	
Variador del sistema de transportación de botellas		
Variador del sistema de giro de las botellas		

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

- **PLC (Controlador Lógico Programable)**

El PLC que se utilizó para realizar la operación de lavado de botellas es un FL010 de las siguientes características.



Figura 6.34: PLC FL 010

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Tabla 6-2: Características del PLC (FL010)

PLC FL010	
ITEM	CPU CON 16 PUNTOS (8E/8S)
Tensión de Alimentación	24 Vcc, 330 Ma
Rango de Tensión de Operación	9.6VDC a 3.6 VDC
Alimentación de entrada por Canales	24 VCDC, 5mA y 20 Ma
Alimentación de salida por Canales	230 V/2A ó 24 VDC/2A para el relé
	0,5 A a 24 VCC para el transistor
Temperatura de Funcionamiento	0 a 55 grados C
Humedad de Funcionamiento	10% a 90% (sin condensación)
Peso	180 gm

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.6.5 DIAGRAMA DE POTENCIA

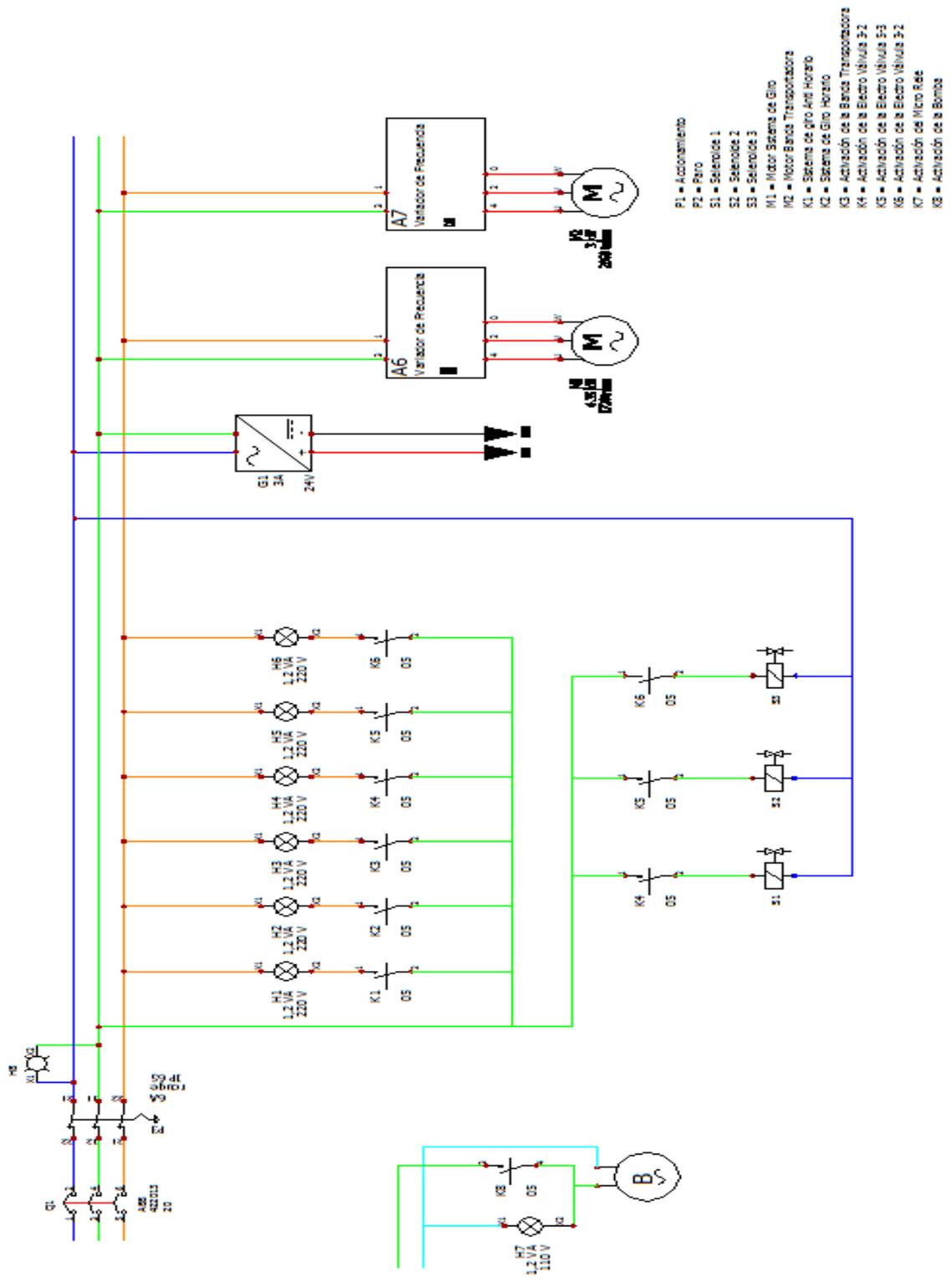


Figura 6.35: Diagrama de Potencia

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.6.6 DIAGRAMA DE CONTROL

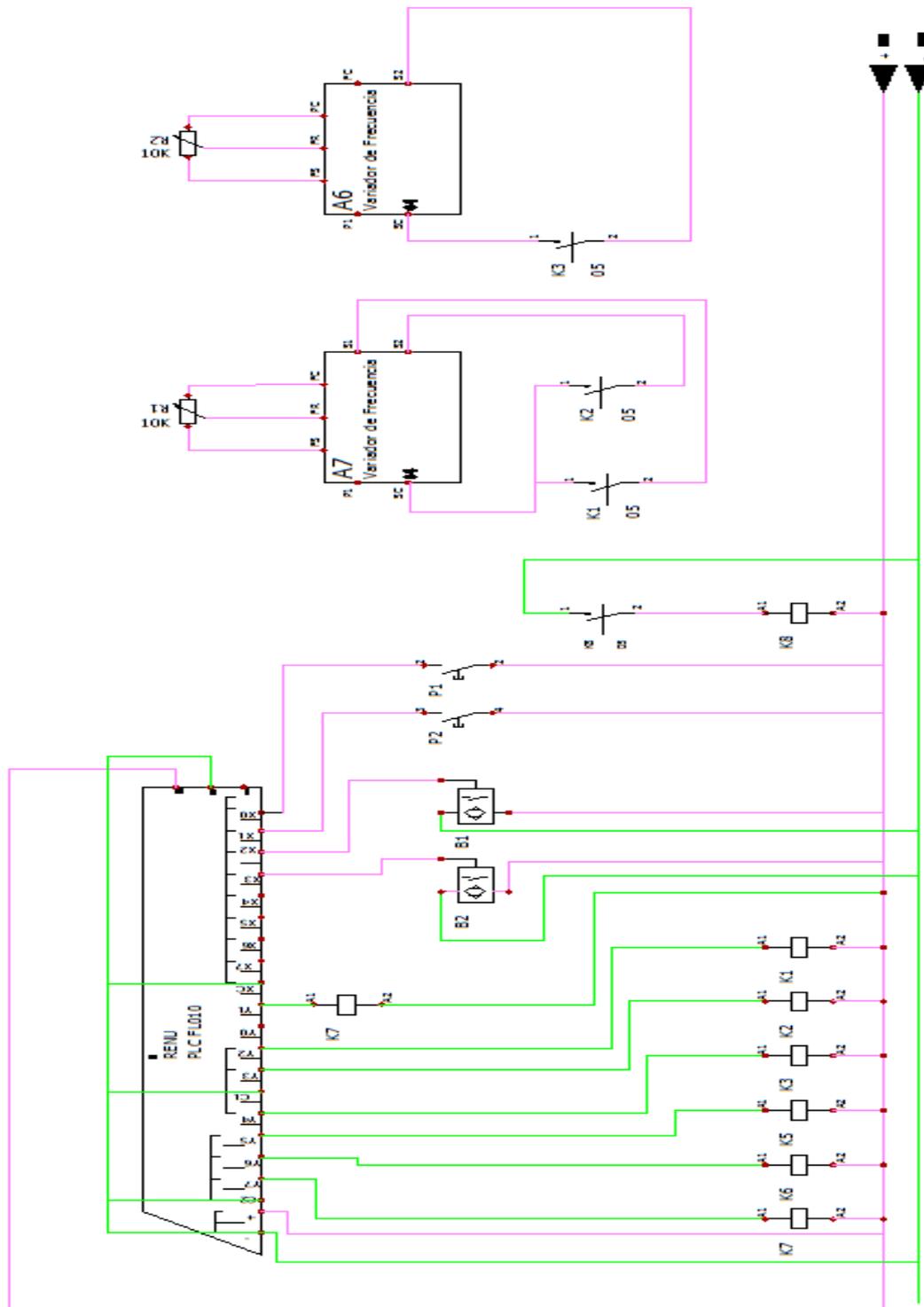


Figura 6.36: Diagrama de Control
Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

En la figura 6.36 Programa realizado y almacenado en la memoria del PLC FL010 utilizado.

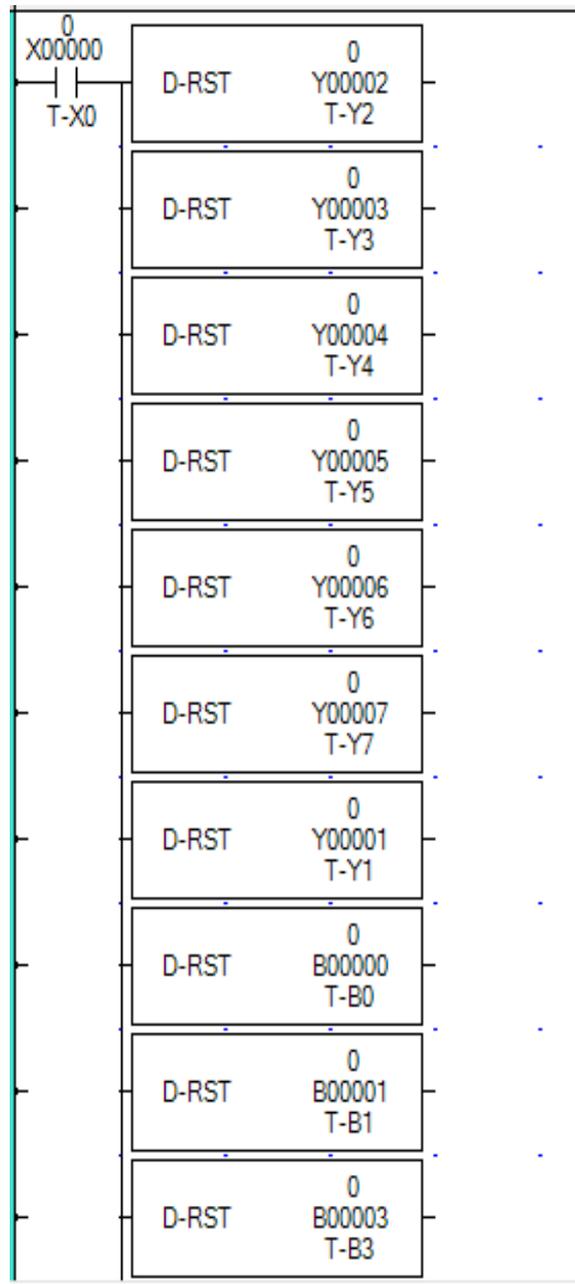


Figura 6.37: Programa en la Memoria del PLC

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

Continuacion del programa

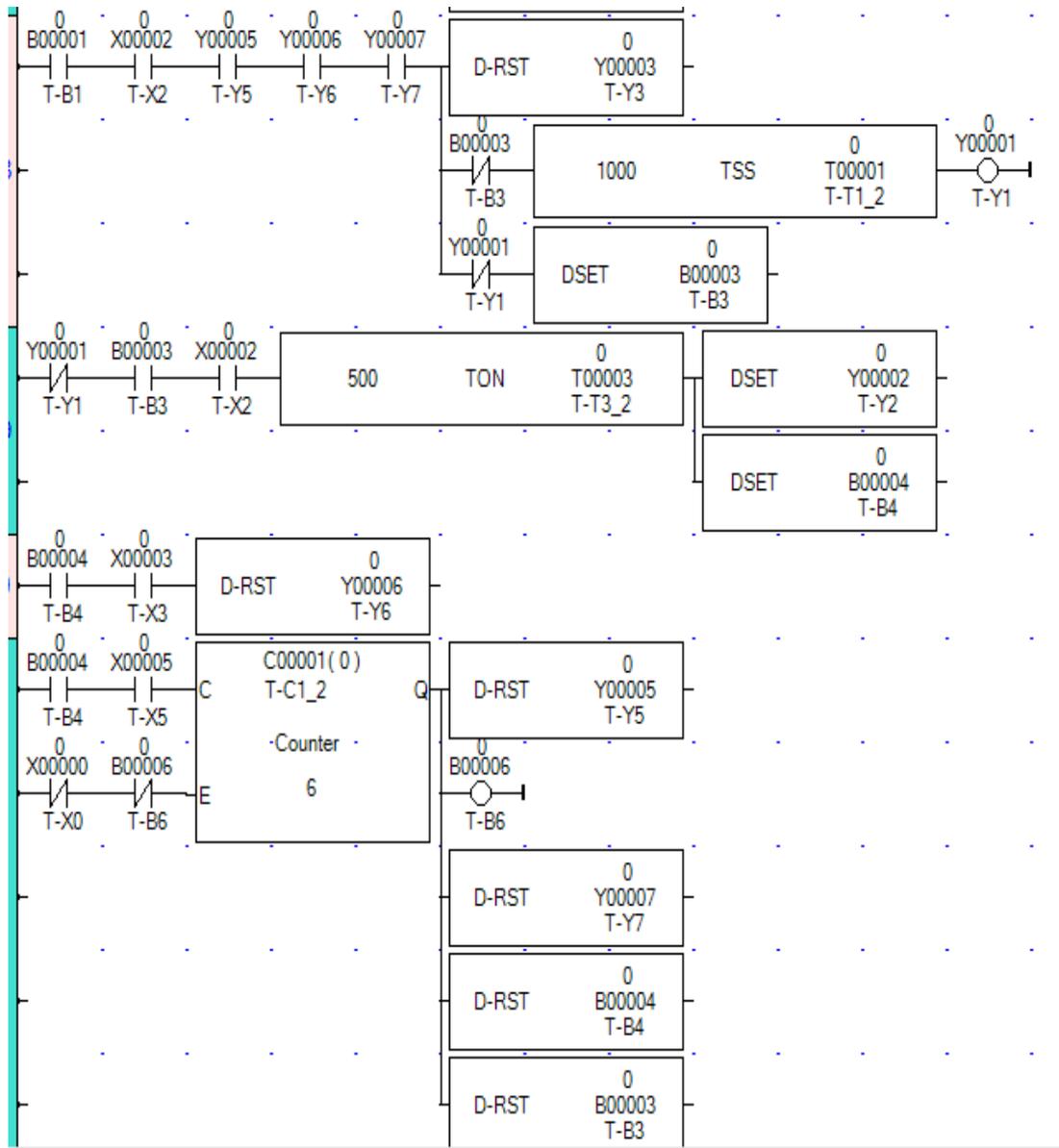


Figura 6.39: Programa en la Memoria del PLC

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.7 METODOLOGÍA

La metodología que se realizó para la elaboración de la presente investigación de ensamblaje y automatización se describe a continuación.

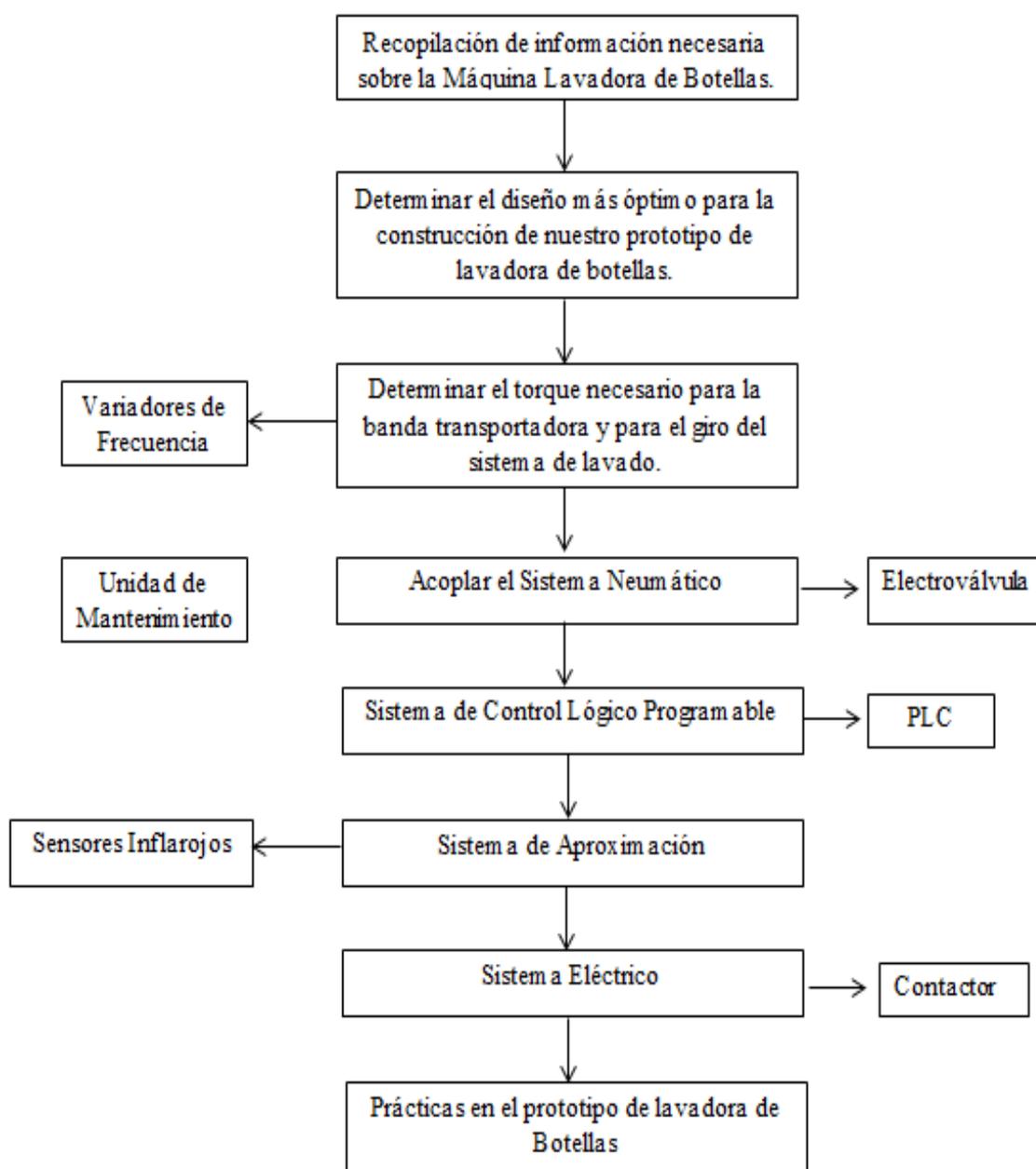


Figura 6.40: Metodología de la Máquina Lavadora de Botellas

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.8 ADMINISTRACIÓN

Se debe tomar mucho en consideración los materiales y los equipos a utilizar ya que el precio de los materiales y equipos varían debido al tiempo en que se construyó la lavadora de botellas.

6.8.1 COSTOS DIRECTOS

Tabla 6-3: Costo Directos (Materiales)

RUBROS	Unidad	CANTIDAD	P.U.(\$)	P.T.(\$)
Tina de Acero Inox 304 -2mm	Unidad	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Motor de 1/2 hp	Unidad	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Motor de 1/6 hp	Unidad	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Electro válvulas 3-2	Unidad	2	\$ 58,00	\$ 116,00
Electro válvulas 5-3	Unidad	1	\$ 63,00	\$ 63,00
Pistones Pequeños	Unidad	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Pistones Grandes	Unidad	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Filtro Regulador 1/8" Vidrio Serie 1500 Manual	Unidad	1	\$ 30,34	\$ 30,34
Sensores Infla rojos	Unidad	1	\$ 35,00	\$ 35,00
Moto Reductor	Unidad	1	\$ 60,00	\$ 60,00
Tubo Cuadrado de 3/4 "	Unidad	4	\$ 5,00	\$ 20,00
Plancha de tol negro de 0,7 mm	Unidad	2	\$ 21,69	\$ 43,38
Cable # 14 * 24 m	m	30	\$ 0,45	\$ 13,50
Cable # 16 * 45 m	m	45	\$ 0,35	\$ 15,75
Cable # 18 * 80 m	m	80	\$ 0,16	\$ 12,80
Bomba `de 1/2 Hp	unidad	1	\$ 39,90	\$ 39,90
Fondo	Litro	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Pintura Color Aluminio	Litro	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Platina Inox 304 de 4mm	cm	60	\$ 0,35	\$ 21,00
Tubo Cuadrado Inox 3/4 " de 1mm	cm	150	\$ 0,05	\$ 7,20
Banda dentada Tipo A29 de 1/2 pulg	Unidad	1	\$ 4,30	\$ 4,30
Chumacera de pared UCF 204 -12 FBJ	Unidad	4	\$ 5,36	\$ 21,44
Chumacera UCF 204 -12 CMB	Unidad	2	\$ 5,36	\$ 10,71
Breaker GE RIEL 3P-20A/6KA 230-400 V	Unidad	1	\$ 21,48	\$ 21,48
Eje AISI 304 de 1/4 Pulg de diámetro	cm	25	\$ 0,05	\$ 1,34
Eje AISI 1018 de 1/4 Pulgada de diámetro	cm	50	\$ 0,01	\$ 0,26

Continuación de la tabla 6-3

Eje AISI 304 de 1.1/2 Pulg de diámetro	cm	40	\$ 0,01	\$ 0,26
Eje AISI 1018 de 3/4 Pulgada de diámetro	cm	50	\$ 0,09	\$ 4,30
Canaleta Ranurada 25*25	Unidad	2	\$ 4,30	\$ 8,60
Racores B68 de 1/4*1/4	Unidad	3	\$ 1,03	\$ 3,09
Manguera Plásticos 1/4	m	30	\$ 0,90	\$ 27,00
Barra de Neutros 1MTS (12*8MM) G- 128	cm	48	\$ 0,28	\$ 13,34
Silenciador 1/4" de Bronce Sinterizado	Unidad	2	\$ 2,50	\$ 5,00
Racores de 1/8	Unidad	2	\$ 1,22	\$ 2,44
Conector Tanque 1"Plastico	Unidad	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Bushing 1.1/2" Rojo	Unidad	1	\$ 0,40	\$ 0,40
Neplo 1/2*2 rojo	Unidad	1	\$ 0,25	\$ 0,25
Neplo 1*2 Hg	Unidad	1	\$ 0,95	\$ 0,95
Codo Poliprop rosc. 1/2"x90	Unidad	3	\$ 0,38	\$ 1,14
Bushing polipr 2" a 1/2"	Unidad	1	\$ 2,53	\$ 2,53
Tee polipro R/R 1/2"	Unidad	2	\$ 0,45	\$ 0,90
Neplo polipro de 1/2" *10cm	Unidad	3	\$ 0,55	\$ 1,65
Gabinete Metálico 30*30*20	Unidad	1	\$ 34,80	\$ 34,80
Terminal Puntero Amarilla 18-16	Unidad	100	\$ 0,03	\$ 3,00
Terminal Puntero Rojo 16-14	Unidad	100	\$ 0,02	\$ 2,20
Terminal Puntero Azul 14-12	Unidad	100	\$ 0,03	\$ 3,00
Terminal plano tipo U 2,4	Unidad	150	\$ 0,05	\$ 7,50
Lámina Acrílica de 120*180 m de 2,5 mm	Unidad	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Platina de acero de 10*6	cm	100	\$ 0,16	\$ 15,70
Eje de Nylon 38-40 mm 1.1/2"	cm	45	\$ 0,17	\$ 7,83
Polea de 2" Simple	Unidad	1	\$ 1,20	\$ 1,20
Polea de 4" Simple	Unidad	1	\$ 4,80	\$ 4,80
Tela jean Normal verde Militar	m	2,5	\$ 5,60	\$ 14,00
Luces Piloto	Unidad	7	\$ 4,71	\$ 32,97
Fuente de 24 Voltios	Unidad	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Potenciómetro de 10K	Unidad	2	\$ 0,35	\$ 0,70
Cable concéntrico (Número 14*3 Hilos)	m	15	\$ 1,27	\$ 19,05
			TOTAL	\$ 1.314,00

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.8.2 COSTOS INDIRECTOS

Tabla 6-4: Costo Indirectos

SUMINISTROS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.(USD)	P.T.(USD)
Hojas	Unidad	6000	0,01	60
Internet	Horas	15	0,8	12
Impresiones	Hoja	6000	0,1	600
Tintas	Cartuchos	3	6	18
CD	Unidad	3	0,35	1,05
Anillados	Unidad	6	1	6
Empastados	Unidad	3	20	60
			TOTAL	757,05

Cargo	Costo
Taller Mecánico	750

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.8.3 COSTOS TOTAL DE INVERSIÓN

Tabla 6-5: Costo Total de Inversión

COSTOS	CANTIDAD
Directo	\$ 1.314,00
Indirecto	757,05
	750
TOTAL	\$ 2.821,05

Fuente: Investigador (Paucar Edgar)

6.8.4 FINANCIAMIENTO

Al concluir el proyecto de investigación y construcción del prototipo de lavadora será cubierto en su totalidad por parte del investigador en un 100%.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez realizado el diseño y construcción del prototipo de lavadora de botellas en forma correcta, se debe cumplir con una guía de práctica la cual nos permitió utilizar adecuadamente los componentes que se implementó en el proceso para no dañarlos y tengan una larga vida útil, además se ubicaron dos sensor ópticos de proximidad permitiendo detener la entrada-salida de las botellas en el prototipo de lavadora de botellas que se implementara en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Mecánico.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- RICHARD G. BUDYNAS y J.KEITH NISBETT (2008), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Mc Graw - Hill, México.
- BOLTON, W (2206), Mecatrónica, Editorial Alfa Omega, 2da.Edición. México.
- Domingo Mery. Controles Lógicos Programables (PLC).
- Revista Somos Mecatrónica, Año 3, Febrero 2011, Edición Digital.
- ROLDAN, J., (2001). PRONTUARIO DE NEUMATICA INDUSTRIAL, Paraninfo S.A.
- Julio Castillo S y R. Alltronies Perú S.A.C., SENSORES ÓPTICOS PARA DETECCIÓN DE ENVASES TRANSPARENTES. Parte V.
- CECILIA CUMANDÁ CASAL ARTEAGA, (2006), Diseño de una Máquina Enjuagadora Automática de botellas no retornables, Escuela Superior Politécnica del Litoral de la Facultad de Ingeniería en Eléctrica y Computación, Guayaquil.
- FRANCISCO GEOVANNY ANCHALUISA GUANO, (1998), Diseño de una lavadora Semiautomática de cilindros para bebidas gaseosas, Escuela Superior Politécnica del Litoral de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil.

Internet

- <http://miagua.com/Noticias/LavadodeBotellas.html>
- <http://es.scribd.com/doc/29338450/AUTOMATIZACION-INDUSTRIAL>
- <http://es.scribd.com/doc/187817702/Guia-de-Modulo-Neumatica-y-Oleohidraulica>
- <http://www.industriastanuzi.com/sitionuevo/máquinaria.html>
- <http://www.solostocks.com.mx>
- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/máquinashidraulicas/clasificacionbombashidraulicas/clasificaciondelasbombashidraulicas.html>

ANEXOS

ANEXO A DISEÑO MECÁNICO

ANEXO A1: Catalinas Seleccionadas

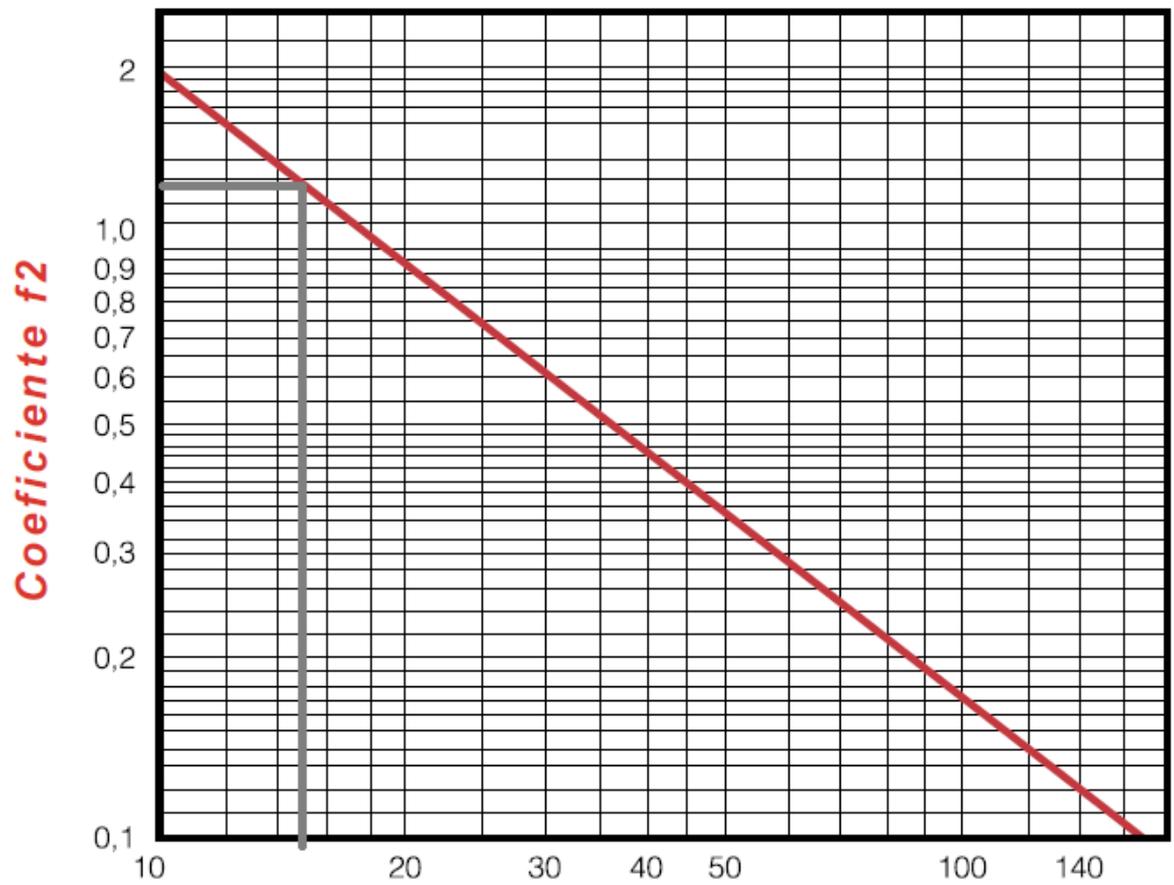
Nº dientes	Diámetro primitivo		Diámetro exterior		Diámetro cubo		Long. cubo		Diámetro taladro norm.		Diámetro taladro máximo		Ancho diente		Ancho sobre 2 dientes	
	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	E mm	F mm	G mm								
15	45,81	50,0	34	25	8	20	5,2									
17	51,84	56,0	40	28	10	25	5,2									
19	57,87	62,0	45	28	10	28	5,2									
21	63,91	68,0	48	28	12	32	5,2									
23	69,95	74,0	52	28	12	32	5,2									
25	76,00	80,0	57	28	12	32	5,2									
38	115,34	119,5	70	32	20	40	5,2									
57	172,91	177,0	70	32	20	40	5,2									
76	230,49	234,5	70	32	20	40	5,2									
95	288,08	292,5	80	40	20	45	5,2									
114	345,68	349,6	80	40	20	45	5,2									

Cadenas simples

ANEXO A2: Factor de Corrección de Potencia (f1)

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o turbina	Accionamiento Motor de combustión interna	
			Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Regular	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1,2
Irregular	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1,3	1,2	1,4
A golpes	Aparejos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras.	1,5	1,4	1,7

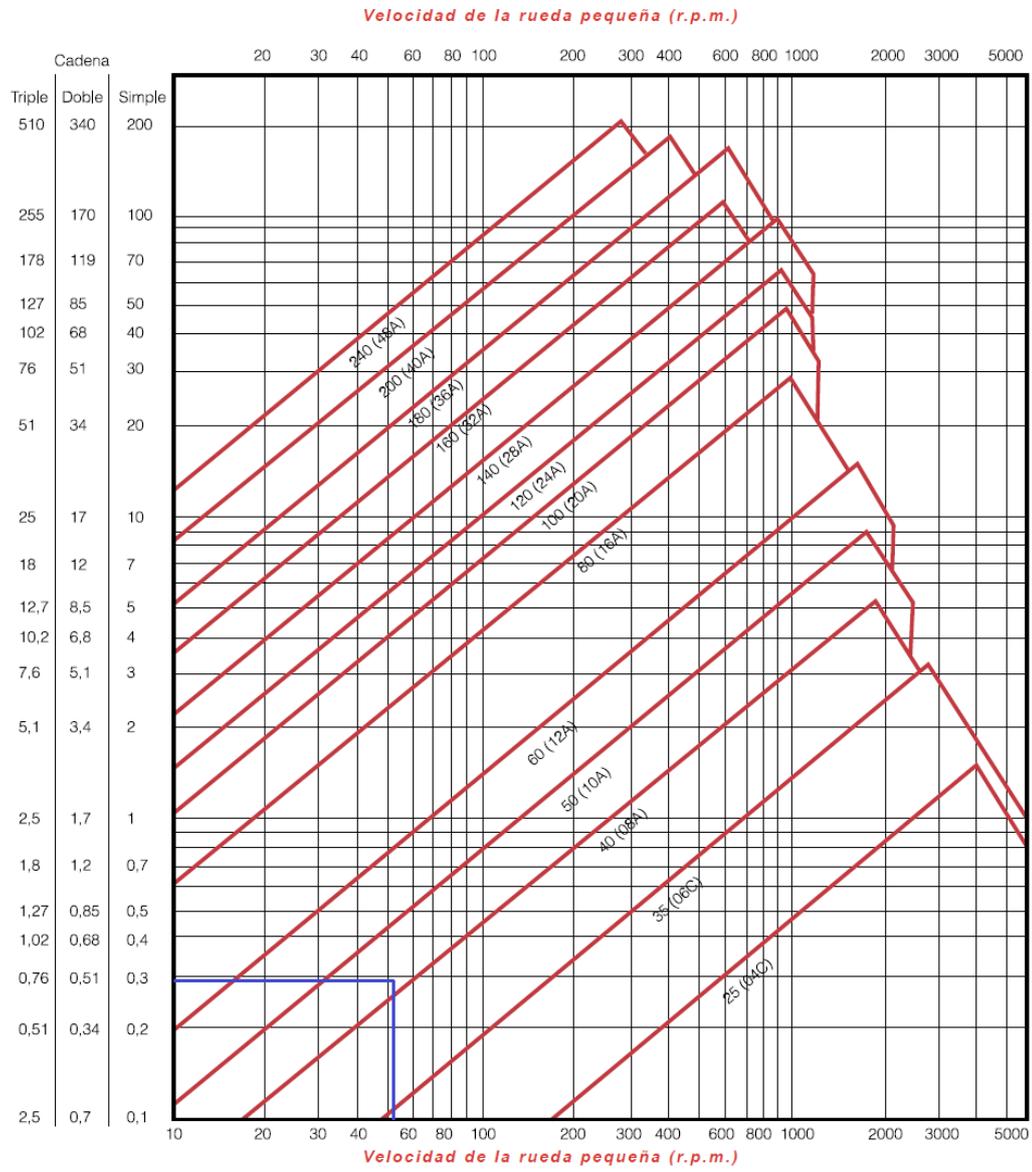
ANEXO A3: Factor de Corrección de Potencia (f2)



ANEXO A4: Factor de Corrección de Potencia (f3)

		Relación de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros, C	20 pasos	1,45	1,25	1,15	1,08	1,03	0,99	0,96	0,92
	30 pasos	1,31	1,14	1,06	1,01	0,97	0,94	0,91	0,87
	40 pasos	1,22	1,07	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84
	50 pasos	1,15	1,01	0,95	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81
	60 pasos	1,08	0,97	0,91	0,87	0,85	0,82	0,81	0,78
	80 pasos	1,00	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73

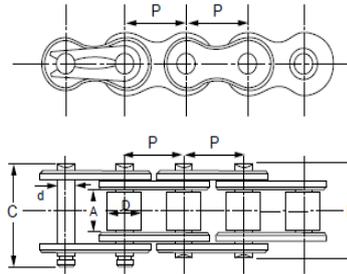
ANEXO A5: Selección de la cadena



ANEXO A6: Características de la cadena

Cadenas de rodillos serie ISO 606

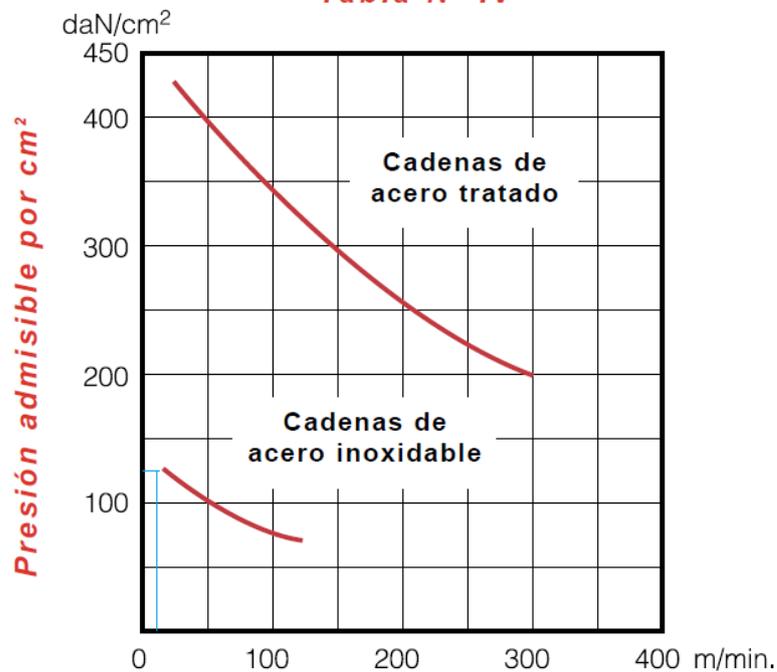
Derivadas de la norma americana
ANSI B 29.1 y DIN 8188



Cadenas simples	Referencia	Norma	Paso P	Paso P	Ancho interior mínimo	Diámetro del rodillo	Diámetro del eje	Ancho máximo sobre ejes	Ancho sobre ejes de unión	Separación entre filas	Superficie de articulación	Carga aprox. de rotura	Eslabones por metro aprox.	Peso por metro
	JORESA	ISO	Pulgadas	mm	A mm	D mm	d mm	H mm	C mm	E mm	cm ²	daN		Kg
25*	04 C	1/4	6,35	3,18	3,30	2,31	8,00	9,60	-	0,11	450	157	0,140	
35*	06 C	3/8	9,525	4,77	5,08	3,59	11,90	13,18	-	0,27	1.050	105	0,330	
40	08 A-1	1/2	12,70	7,95	7,92	3,96	16,30	21,70	-	0,45	1.850	79	0,640	
41	85	1/2	12,70	6,35	7,77	3,58	13,40	18,70	-	0,32	910	79	0,400	
50	10 A-1	5/8	15,875	9,53	10,16	5,08	20,10	25,90	-	0,71	2.900	63	1,060	
60	12 A-1	3/4	19,05	12,70	11,91	5,94	28,00	31,50	-	0,97	3.900	53	1,580	
80	16 A-1	1	25,40	15,88	15,88	7,92	35,30	38,90	-	1,76	6.700	39	2,610	
100	20 A-1	1 1/4	31,75	19,05	19,05	9,53	43,40	47,20	-	2,58	11.000	31	3,850	
120	24 A-1	1 1/2	38,10	25,40	22,23	11,10	53,40	57,40	-	3,90	15.500	27	5,550	
140	28 A-1	1 3/4	44,45	25,40	25,40	12,70	56,50	62,30	-	4,67	21.000	23	7,700	
160	32 A-1	2	50,80	31,75	28,58	14,27	68,50	73,40	-	6,40	26.500	19	10,000	
200	40 A-1	2 1/2	63,50	38,10	39,67	19,84	76,50	90,30	-	10,85	43.000	15	16,690	

GRAFICO DE CONPROBACION DE LA CADENA

Tabla N° IV



ANEXO A7: Propiedades Mecánicas del Acero AISI 1018

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS No.	SAE and/or AISI No.	Processing	Tensile Strength, MPa (kpsi)	Yield Strength, MPa (kpsi)	Elongation in 2 in, %	Reduction in Area, %	Brinell Hardness
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

ANEXO A8: Propiedades Mecánicas del Acero Estructural ASTM A36

Tabla 1-1 PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES

Designación de la ASTM	Tipo de acero	Formas	Usos recomendados	Esfuerzo mínimo de fluencia F_y^a , ktb/plg ²	Resistencia especificada mínima a la tensión F_u^b , ktb/plg ²
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios y otras estructuras atornilladas, soldadas o remachadas	36, pero 32 si el espesor es mayor de 8 plg	50-80
A529	Al carbono	Perfiles y placas hasta 1/2 plg	Similar al A36	42	60-85
A441	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta 8 plg	Similar al A36	40-50	60-70
A572	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta 6 plg	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas. No para puentes soldados de acero con $F_y = 55$ o mayores	42-65	60-80
A242	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Perfiles, placas y barras hasta 4 plg	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas, técnica de soldado muy importante	42-50	63-70
A588	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Placas y barras	Construcciones atornilladas y remachadas	42-50	63-70
A852	De baja aleación, templado y revenido	Placas sólo hasta 4 plg	Construcción soldada, remachada o atornillada, principalmente para puentes y edificios soldados. Técnica de soldado de importancia fundamental	70	90-110
A514	Aleados templados y revenidos	Placas sólo hasta 4 plg	Estructuras soldadas con mucha atención a la técnica empleada; no se use si la ductilidad es importante	90-100	100-130

^a Los valores F_y varían con el espesor y el grupo (véanse las tablas 1 y 2 en la parte 1 del manual ASD.)
^b Los valores F_u varían con el grado y el tipo.

ANEXO A9: Parámetros del Factor de Condición de Superficie

Surface Finish	Factor <i>a</i>		Exponent <i>b</i>
	<i>S_{ut}</i> kpsi	<i>S_{ut}</i> MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hot-rolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

ANEXO A10: Factor de Modificación de Carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{bending} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsion}^{17} \end{cases}$$

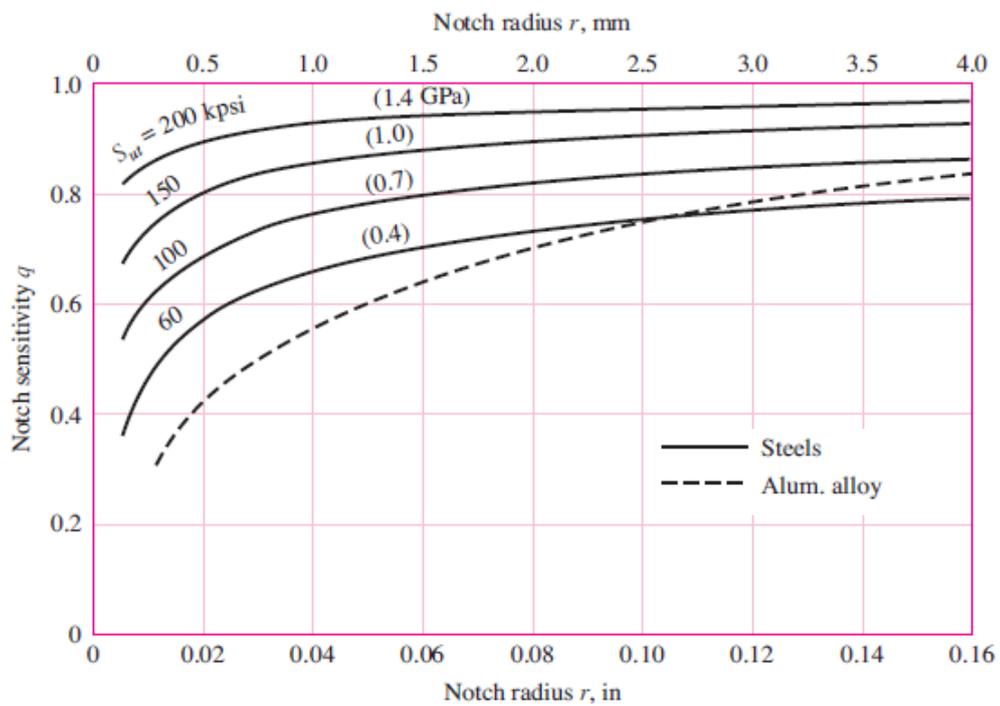
ANEXO A11: Factor de Temperatura

Temperature, °C	<i>S_T</i> / <i>S_{RT}</i>	Temperature, °F	<i>S_T</i> / <i>S_{RT}</i>
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	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

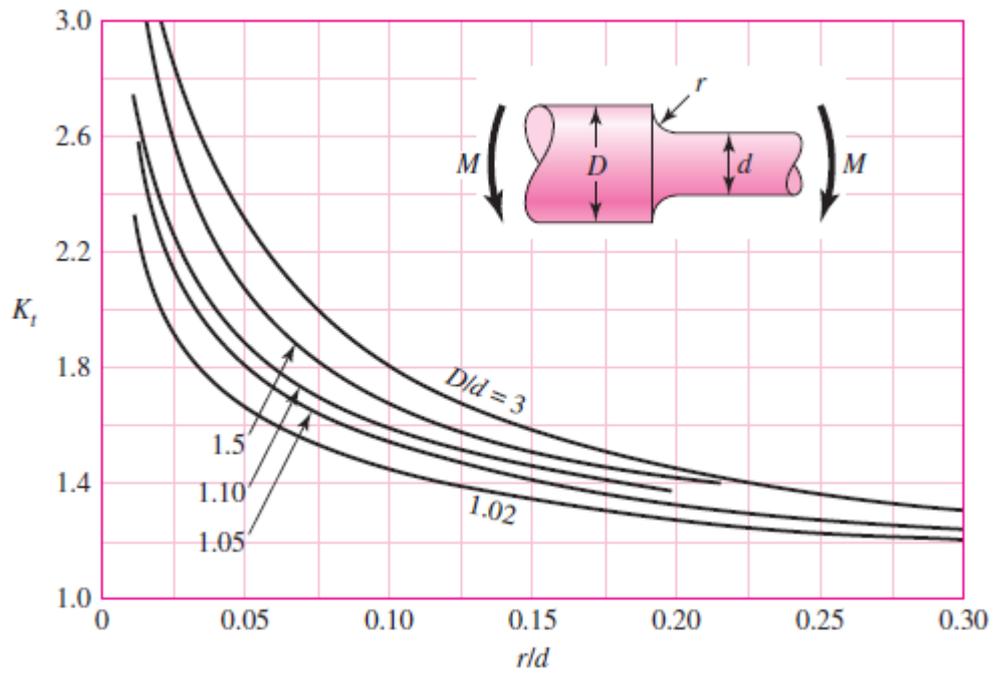
ANEXO A12: Factor de Confiabilidad

Reliability, %	Transformation Variate z_a	Reliability Factor k_e
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

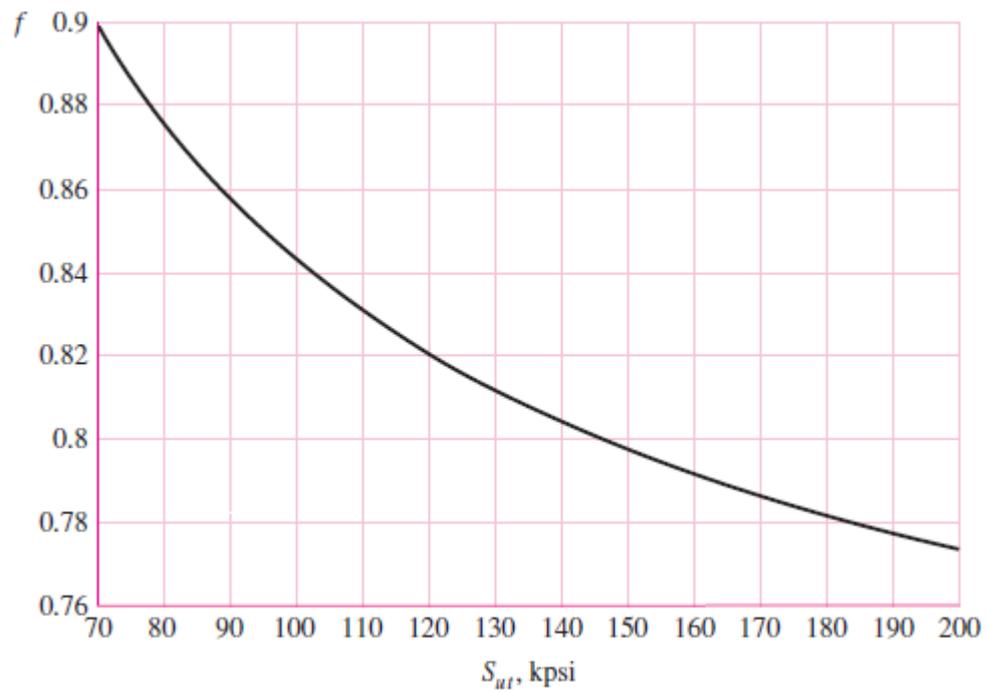
ANEXO A13: Sensibilidad de la muesca en diferentes aceros



ANEXO A14: Factor teórico de concentración de esfuerzo

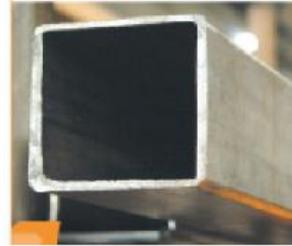


ANEXO A15: Fracción de resistencia a la fatiga



ANEXO A16: Dimensiones del Tubo Estructural Cuadrado

**TUBO ESTRUCTURAL
CUADRADO**



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18

ANEXO A17: Factor de Seguridad Estático

RODAMIENTOS EN ROTACIÓN	
Aplicaciones donde se de con seguridad un funcionamiento suave sin vibraciones	$S_0 = 0,5$
Condiciones de trabajo medias, y situaciones normales de vibración	$S_0 = 1$
cargas de choque acusadas	$S_0 = 1,5$ a 2
Rigurosas exigencias de funcionamiento silencioso	$S_0 = 2$
Fuente: Catalogo General SKF (Pág. 43)	

ANEXO A18: Horas Servicio

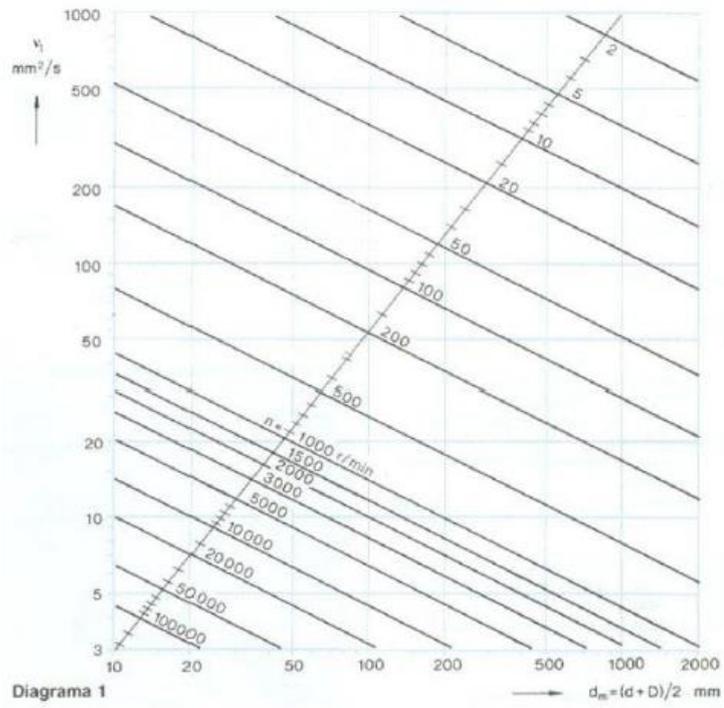
Guía para los valores de la duración de L_{10h} para diferentes clases de máquinas	
Clase de Máquina	L_{10h} Horas de Servicio
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para limadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 a 50 000

Fuente: Catalogo General SKF (Pág. 43)

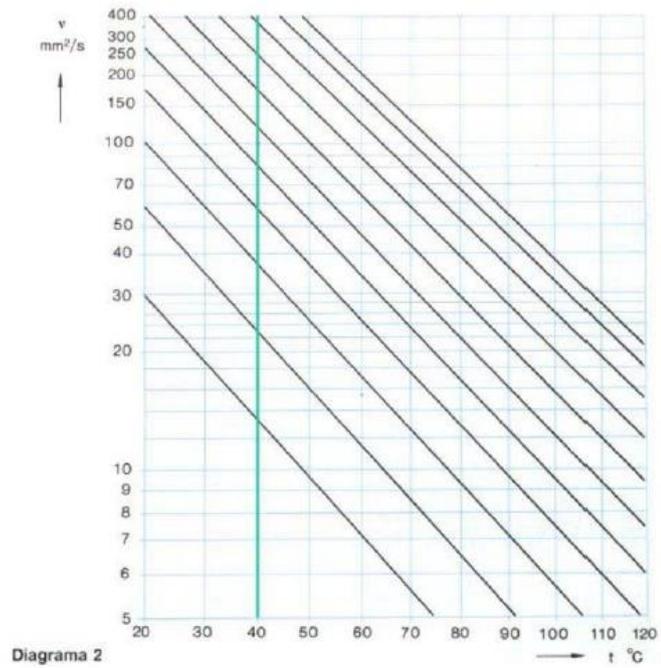
ANEXO A19: Catalogo SKF

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Límite de velocidad		Massa	Designaci
d	D	B	dinám C	estát. C ₀	Lubricación con grasa aceite			
mm			N		r/min		kg	-
17	26	5	1 600	930	24 000	30 000	0,0002	61803
	35	8	6 050	2 800	19 000	24 000	0,032	16003
	35	10	6 050	2 800	19 000	24 000	0,039	6603
	40	12	9 560	4 500	17 000	20 000	0,065	6203
	47	14	13 500	6 550	16 000	19 000	0,12	6303
	62	17	22 000	11 800	12 000	15 000	0,27	6403
20	32	7	2 650	1 400	19 000	24 000	0,018	61804
	42	8	7 020	3 400	17 000	20 000	0,050	16004
	42	12	9 360	4 500	17 000	20 000	0,069	6004
	47	14	12 700	6 200	15 000	18 000	0,11	6204
	52	15	15 900	7 800	13 000	16 000	0,14	6304
	72	19	30 700	16 600	10 000	13 000	0,40	6404
25	37	7	3 120	1 950	17 000	20 000	0,022	61805
	47	8	7 610	4 000	14 000	17 000	0,060	16005
	47	12	11 200	5 600	15 000	18 000	0,080	6005
	52	15	14 000	6 950	12 000	15 000	0,13	6205
	62	17	22 500	11 400	11 000	14 000	0,23	6305
	80	21	35 000	19 600	9 000	11 000	0,53	6405
30	42	7	3 120	2 080	15 000	18 000	0,026	61806
	55	9	11 200	5 850	12 000	15 000	0,085	16006
	55	13	13 300	6 800	12 000	15 000	0,12	6006
	62	16	19 500	10 000	10 000	13 000	0,20	6206
	72	19	28 100	14 600	9 000	11 000	0,35	6306
	90	23	43 600	24 000	8 500	10 000	0,74	6406
35	47	7	4 030	3 000	13 000	16 000	0,030	61807
	62	9	12 400	6 950	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	8 500	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	13 700	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	18 000	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	7 000	8 500	0,95	6407
40	52	7	4 160	3 350	11 000	14 000	0,034	61808
	68	9	13 300	7 800	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	9 300	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	16 600	8 500	10 000	0,32	6208
	90	23	41 000	22 400	7 500	9 000	0,61	6308
	110	27	63 700	38 500	6 700	8 000	1,25	6408

ANEXO A20: Viscosidad Cinemática Relativa V1



ANEXO A21: Viscosidad Cinemática de Servicio V



ANEXO A22: Viscosidad Cinemática de Servicio V

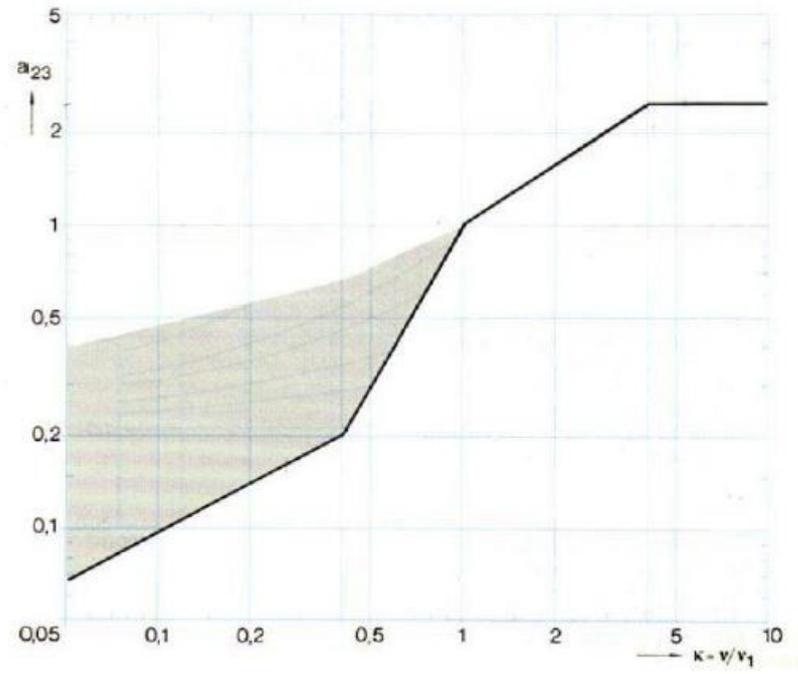


Diagrama 3

ANEXO B FOTOS DE CONSTRUCCIÓN

Construcción de los Brazos de giro.



Construcción y Colocación del Tanque de Recolección



Torneado del Piñón



Construcción de las Trastapas



Torneado y Perforado de las Poleas



Ensamblado del Sistema de Aspersión



Construcción de las protecciones



Ensamblaje y conexión de la caja o tablero Principal



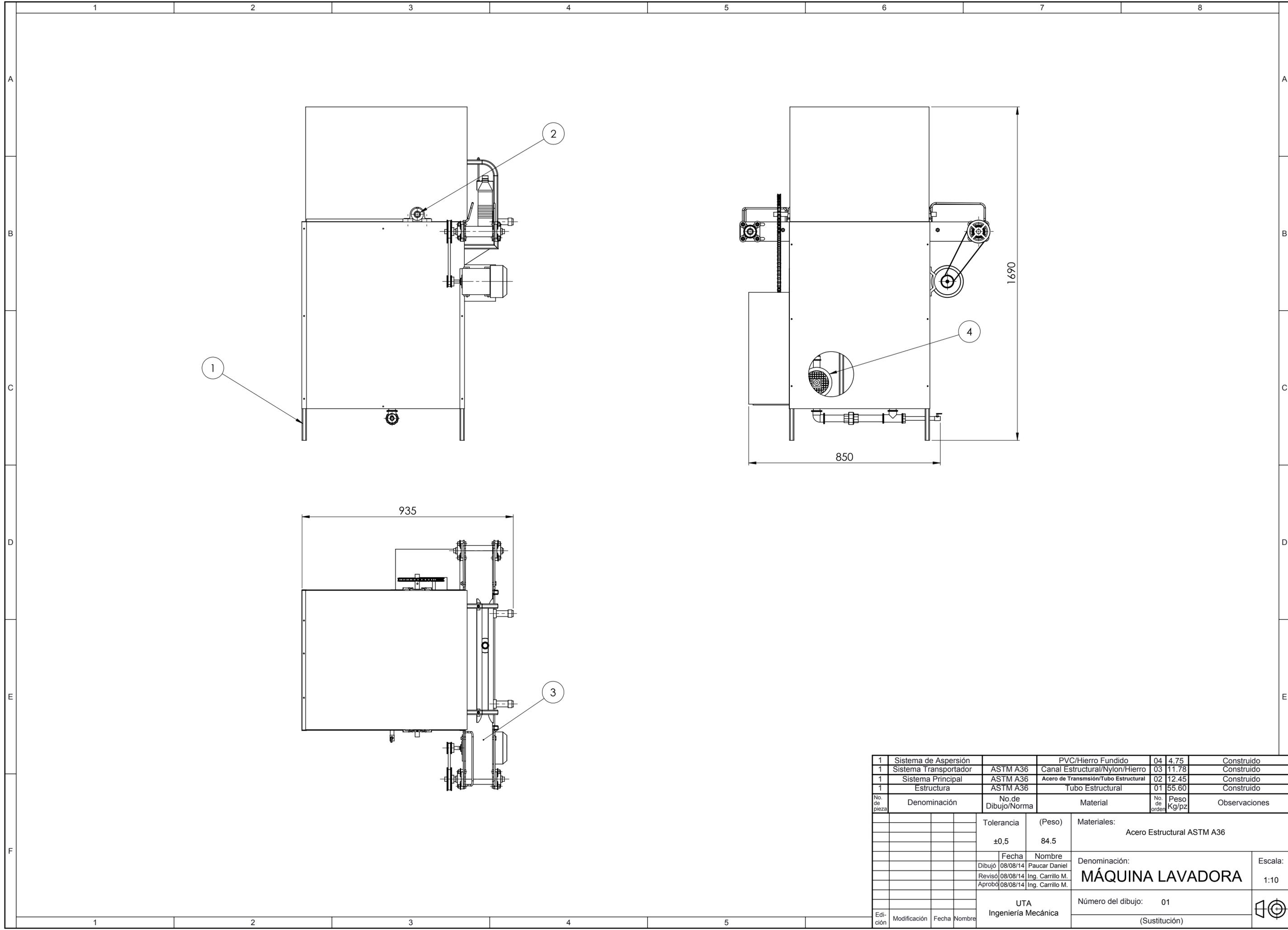
Construcción del sistema de Aspersión



Máquina Lavadora de Botellas

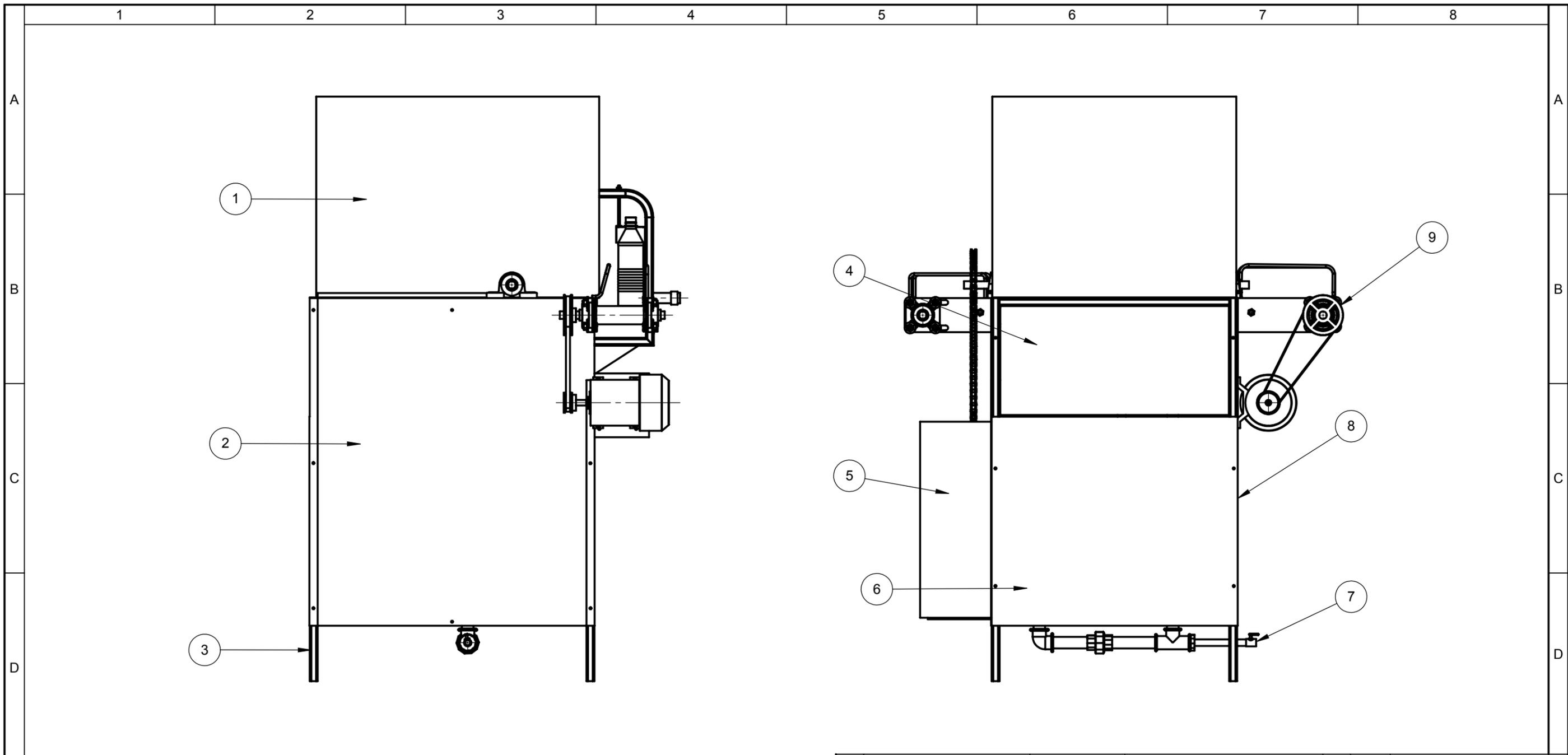


PLANOS



1	Sistema de Aspersión		PVC/Hierro Fundido	04	4.75	Construido
1	Sistema Transportador	ASTM A36	Canal Estructural/Nylon/Hierro	03	11.78	Construido
1	Sistema Principal	ASTM A36	Acero de Transmisión/Tubo Estructural	02	12.45	Construido
1	Estructura	ASTM A36	Tubo Estructural	01	55.60	Construido
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
			±0,5	84.5	Acero Estructural ASTM A36	
			Fecha	Nombre	Denominación:	
			Dibujó 08/08/14	Paucar Daniel	MÁQUINA LAVADORA	
			Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	Escala:	
			Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:10	
			UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	01
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)		

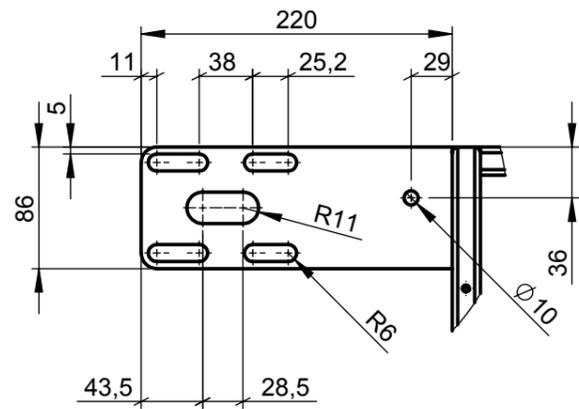
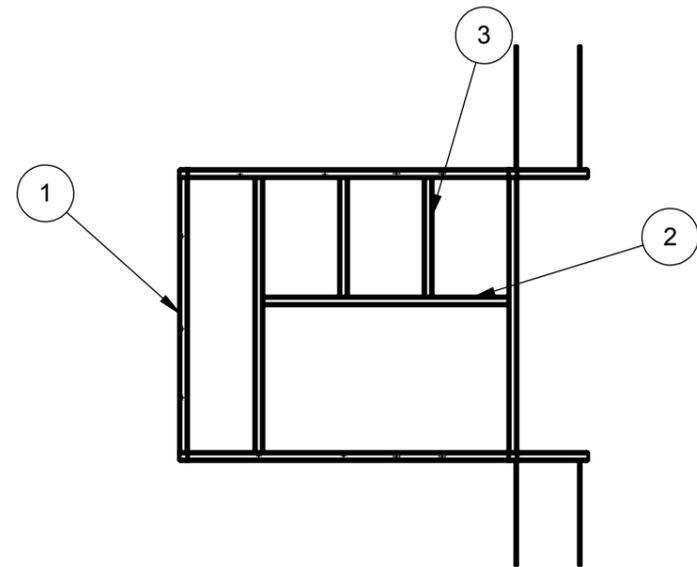




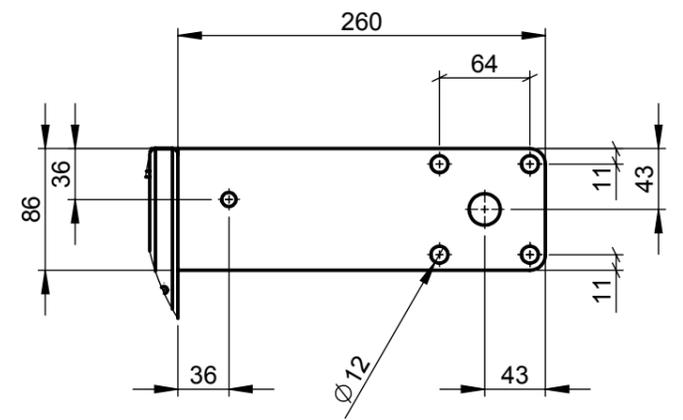
1	Sistema de Transportación		Tol (PL de 0.7 mm de espesor)	09	10.87	Cortado/Soldado
1	Cubierta Lateral Izquierda	ASTM A36	PVC Rigido	08	3.27	Comprado
1	Sistema de Aspersión		Tol (PL de 0.7 mm de espesor)	07	10.87	Comprado
1	Cubierta Posterior	ASTM A36	Tol (PL de 0.7 mm de espesor)	06	3	Comprado
1	Cubierta del Motor	ASTM A36	Tol (PL de 0.7 mm de espesor)	05	2.42	Comprado
1	Tanque de Recolección	ASTM A36	Tol (PL de 0.7 mm de espesor)	04	13.16	Comprado
1	Mesa	ASTM A36	Tol (PL de 0.7 mm de espesor)	03	15.68	Comprado
1	Cubierta Lateral Derecha	ASTM A36	Tol (PL de 0.7 mm de espesor)	02	3.27	Comprado
1	Protector		Acrílico (PL de 3mm de espesor)	01	5.56	Comprado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
			±0,5	10.87 Kg	Acero Estructural ASTM A36	
			Fecha	Nombre	Denominación:	
			Dibujó 08/08/14	Paucar D.	Escala:	
			Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	SISTEMA PRINCIPAL	
			Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:10	
			UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 02	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)		

1 2 3 4 5 6 7 8

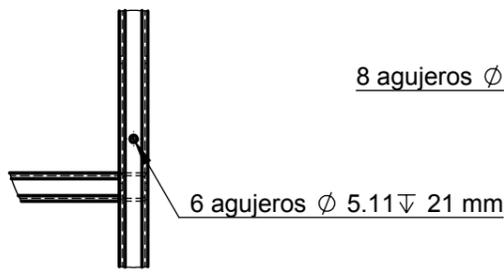
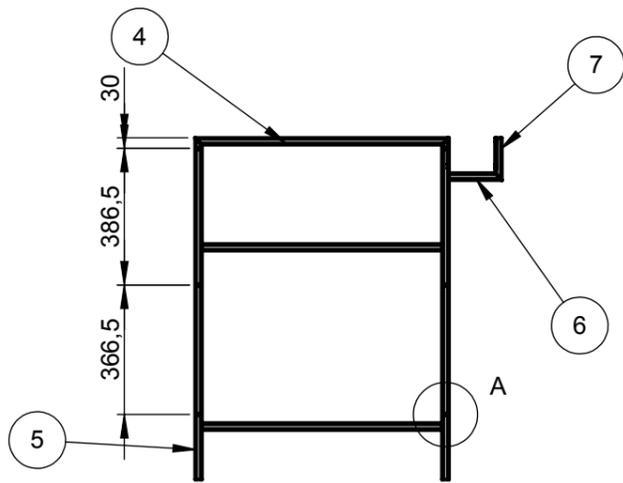
A
B
C
D
E
F



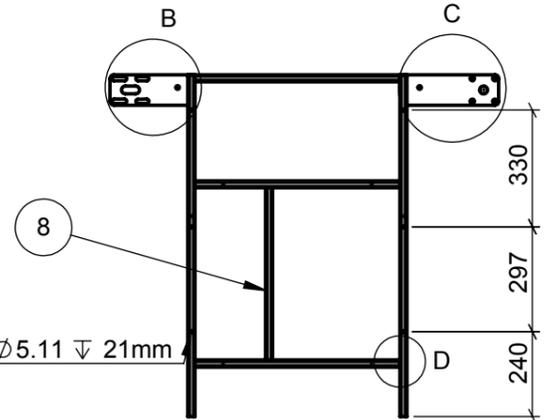
DETALLE B
ESCALA 1 : 5



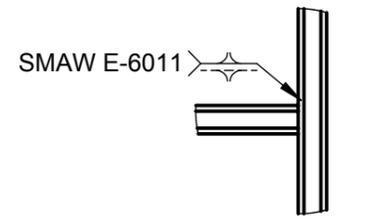
DETALLE C
ESCALA 1 : 5



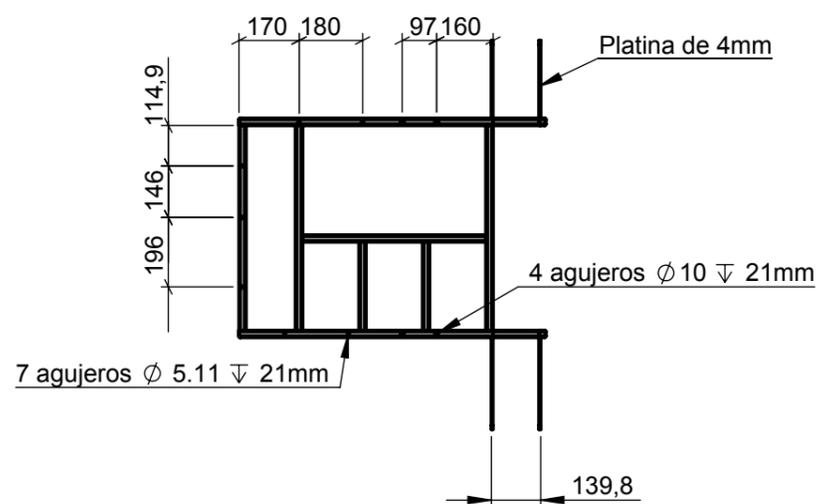
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



8 agujeros Ø 5.11 ∇ 21mm



DETALLE D
ESCALA 1 : 5

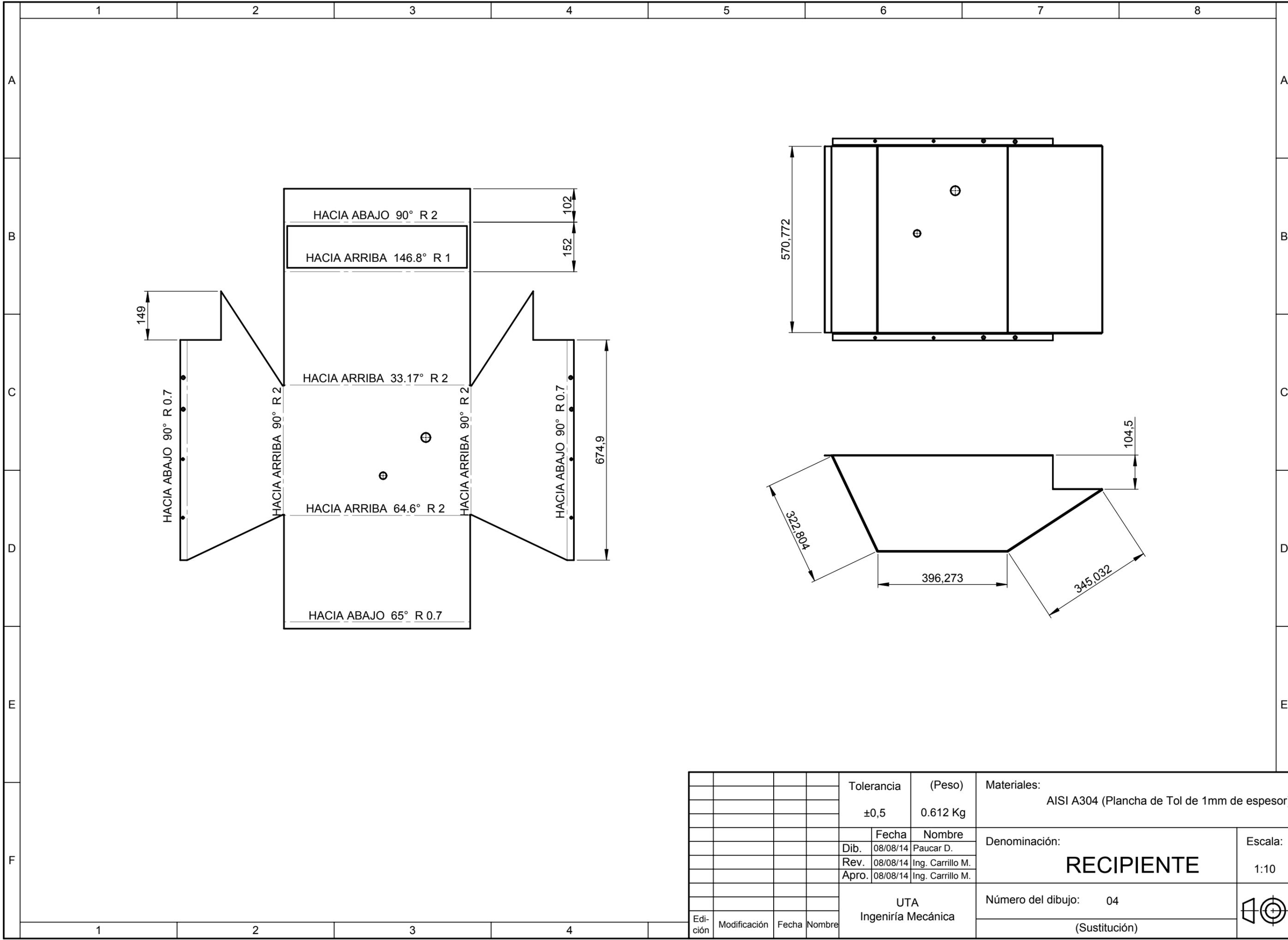


LISTA DE CORTES PARA PIEZAS SOLDADAS			
#	Cantidad	Descripción	Longitud
1	7	Tubo Estructural Cuadrado 20 mm x 2mm	580
2	1	Tubo Estructural Cuadrado 20 mm x 2mm	519
3	2	Tubo Estructural Cuadrado 20 mm x 2mm	250
4	6	Tubo Estructural Cuadrado 20 mm x 2mm	679
5	4	Tubo Estructural Cuadrado 20 mm x 2mm	963
6	2	Tubo Estructural Cuadrado 20 mm x 2mm	134
7	2	Tubo Estructural Cuadrado 20 mm x 2mm	116
8	1	Tubo Estructural Cuadrado 20 mm x 2mm	487

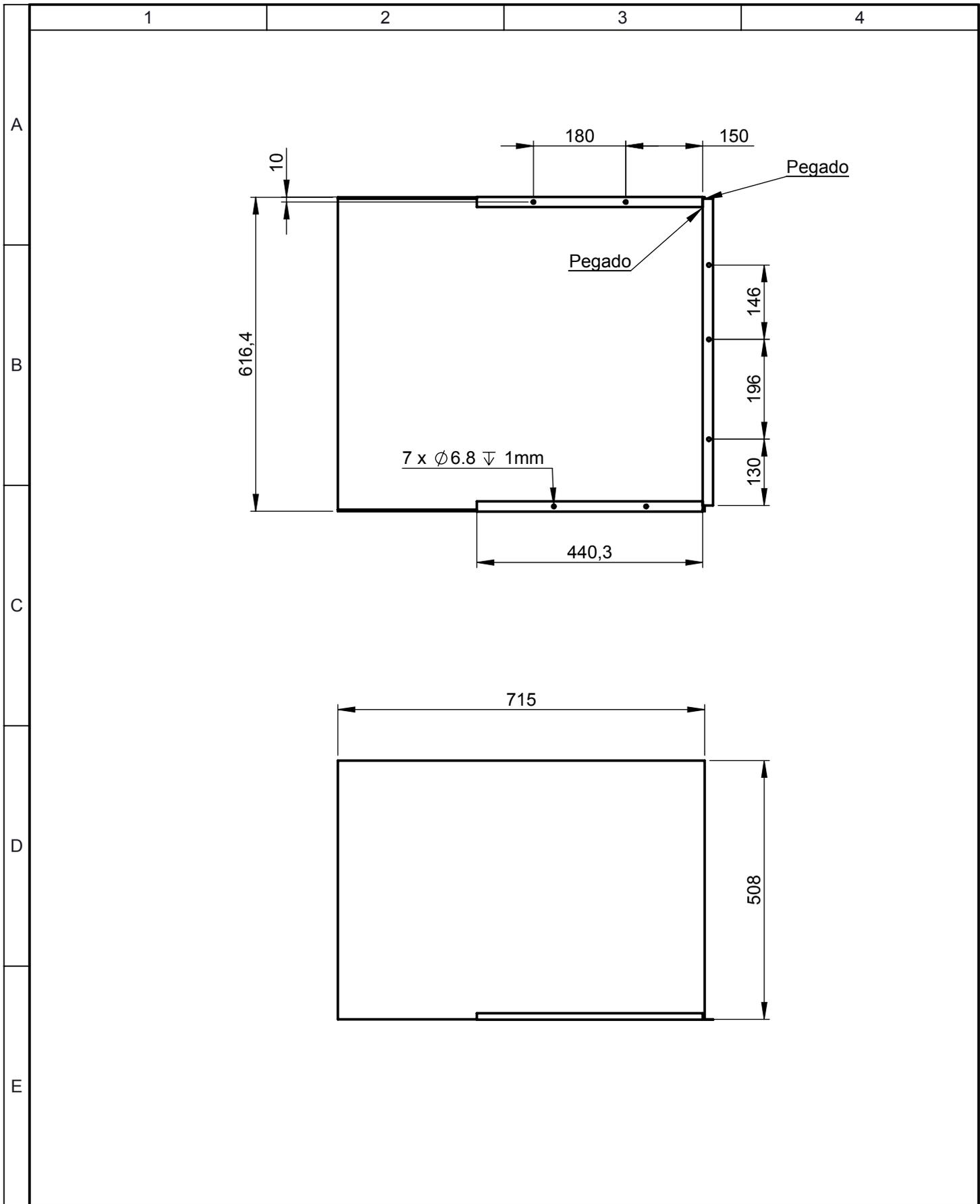
Todas las uniones se realizaran bajo el proceso SMAW E-6011

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,5	15.68	Tubo Estructural ASTM A 36 (20 X 22mm)/ PLATINA DE 4 mm		
				Fecha	Nombre	Denominación:		
				Dibujó 08/08/14	Paucar D.	MESA		
				Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.			Escala:
				Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.			1:10
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	03	
						(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

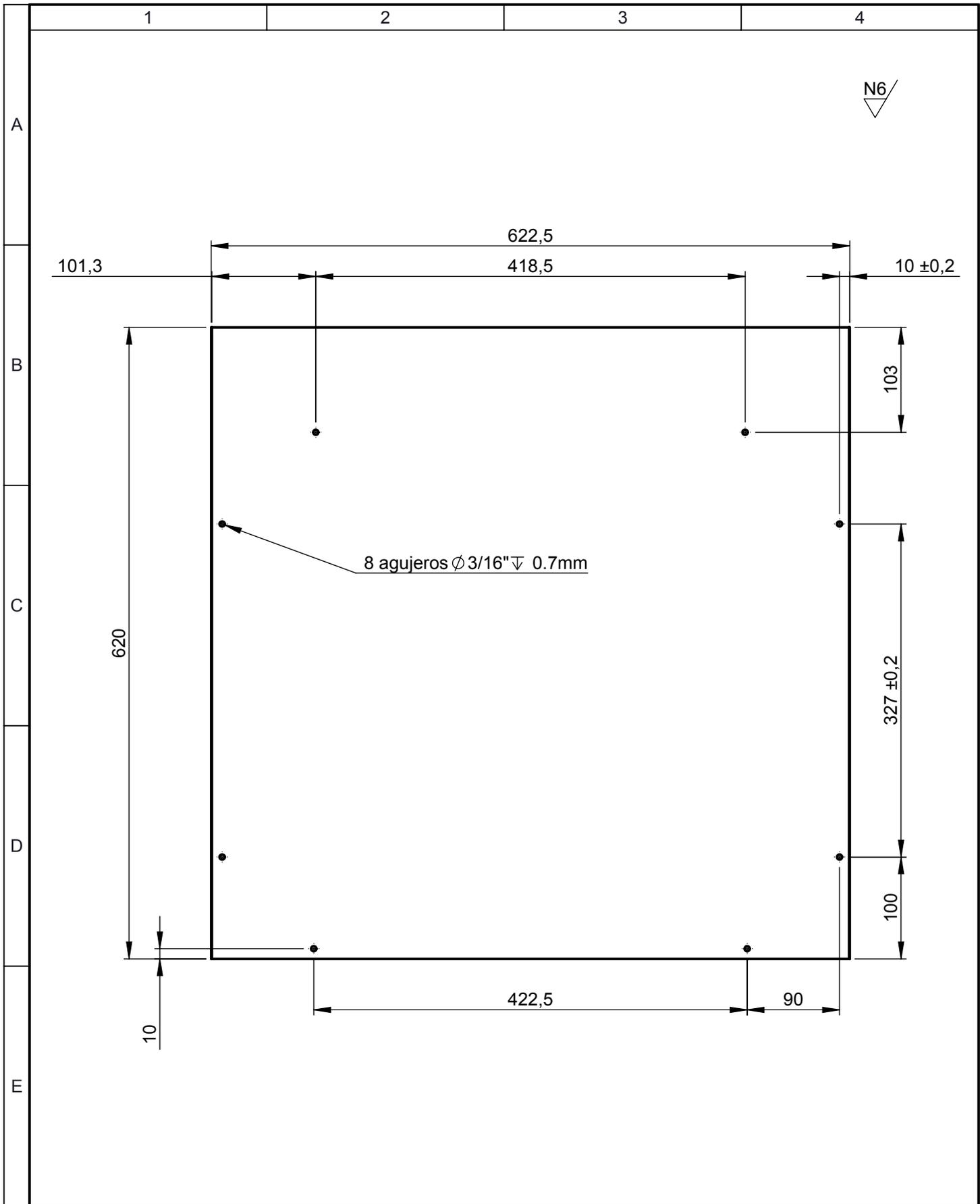
1 2 3 4



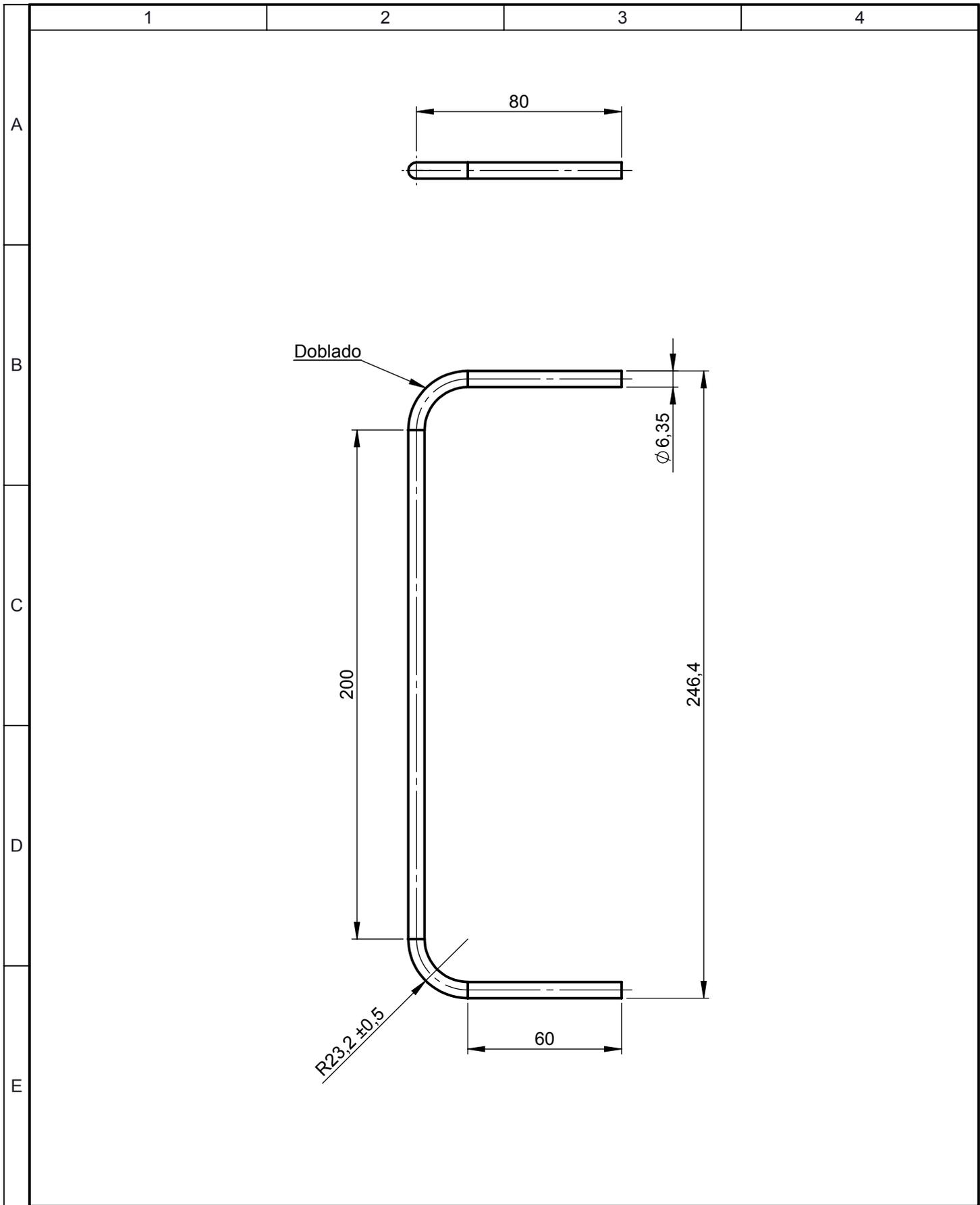
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0.612 Kg	AISI A304 (Plancha de Tol de 1mm de espesor)	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dib.	08/08/14	Paucar D.	
				Rev.	08/08/14	Ing. Carrillo M.	
				Apro.	08/08/14	Ing. Carrillo M.	<h1 style="text-align: center;">RECIPIENTE</h1>
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			



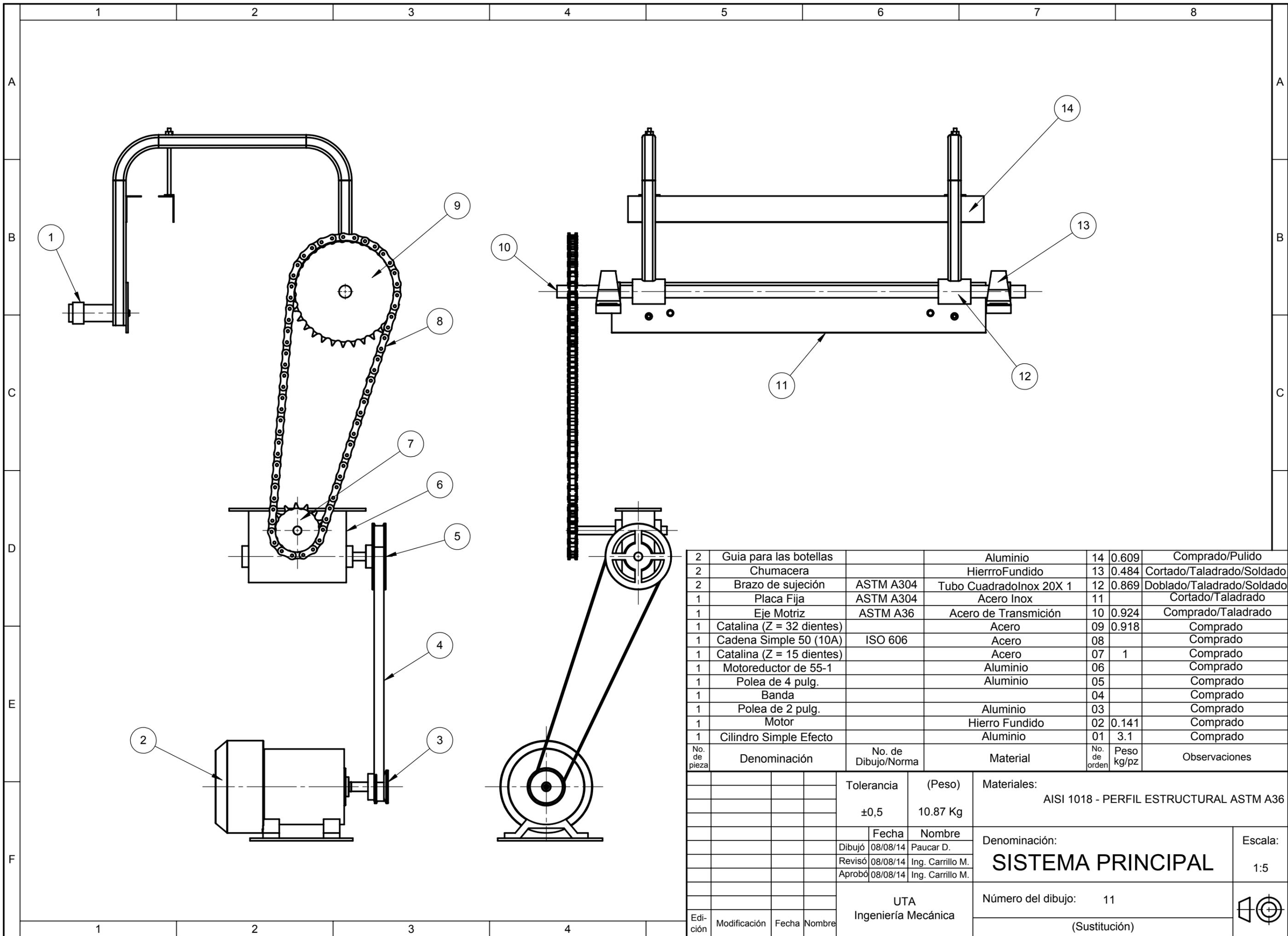
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	5.560 Kg	Acrilico (Plancha de 3 mm de espesor)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó	08/08/14	Paucar Daniel		
			Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:5
				UTA		Número del dibujo:	
				Ingeniería Mecánica		05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales: ASTM A36 (Plancha de Tol de 0.7 mm de espesor)	
				±0,5	2.26 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación: CUBIERTA FRONTAL	Escala: 1:5
				Dibujó 08/08/14	Paucar D.		
				Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 06	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,5	0.096 Kg	ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (Ø 1/4 pulg)		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
			Dibujó	08/08/14	Paucar D.			
			Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.			
			Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	GUÍA DE INGRESO	1:2	
			UTA Ingeniería Mecánica					Número del dibujo: 10
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)	



2	Guia para las botellas		Aluminio	14	0.609	Comprado/Pulido
2	Chumacera		HierroFundido	13	0.484	Cortado/Taladrado/Soldado
2	Brazo de sujeción	ASTM A304	Tubo CuadradoInox 20X 1	12	0.869	Doblado/Taladrado/Soldado
1	Placa Fija	ASTM A304	Acero Inox	11		Cortado/Taladrado
1	Eje Motriz	ASTM A36	Acero de Transmisión	10	0.924	Comprado/Taladrado
1	Catalina (Z = 32 dientes)		Acero	09	0.918	Comprado
1	Cadena Simple 50 (10A)	ISO 606	Acero	08		Comprado
1	Catalina (Z = 15 dientes)		Acero	07	1	Comprado
1	Motoreductor de 55-1		Aluminio	06		Comprado
1	Polea de 4 pulg.		Aluminio	05		Comprado
1	Banda			04		Comprado
1	Polea de 2 pulg.		Aluminio	03		Comprado
1	Motor		Hierro Fundido	02	0.141	Comprado
1	Cilindro Simple Efecto		Aluminio	01	3.1	Comprado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones

Tolerancia	(Peso)	Materiales: AISI 1018 - PERFIL ESTRUCTURAL ASTM A36			
±0,5	10.87 Kg				
Fecha	Nombre	Denominación: SISTEMA PRINCIPAL			
Dibujó 08/08/14	Paucar D.				
Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.				
Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.				
UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 11			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)	Escala: 1:5

1

2

3

4

A

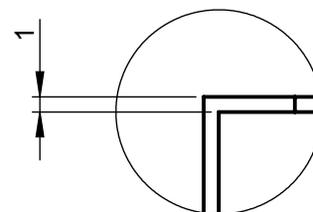
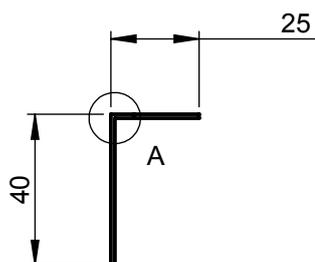
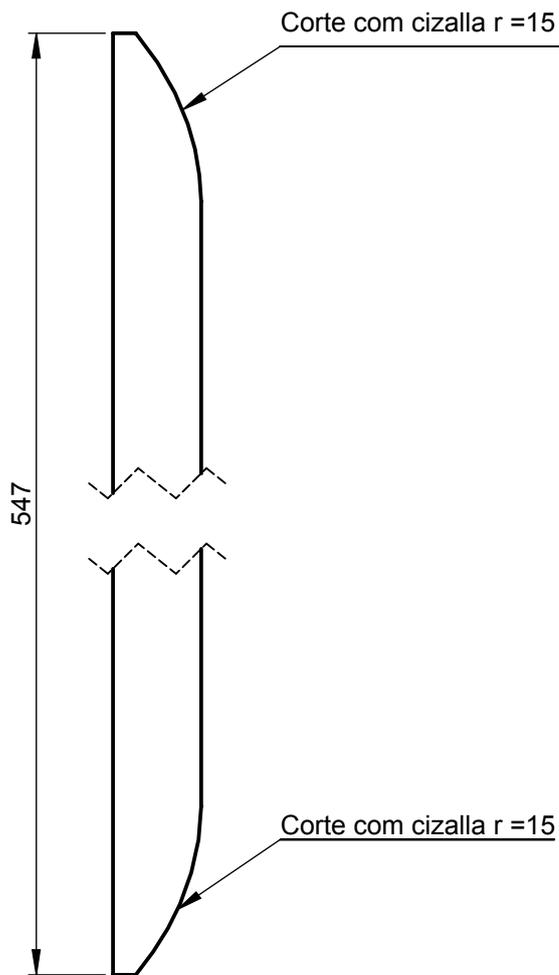
B

C

D

E

N6

DETALLE A
ESCALA 2 : 1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0.09 Kg	ALUMINIO (Angulo de 25X40)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó	08/08/14	Paucar D.		
			Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:2
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 12	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

GUÍAS PARA BOTELLAS

1

2

3

4

N6

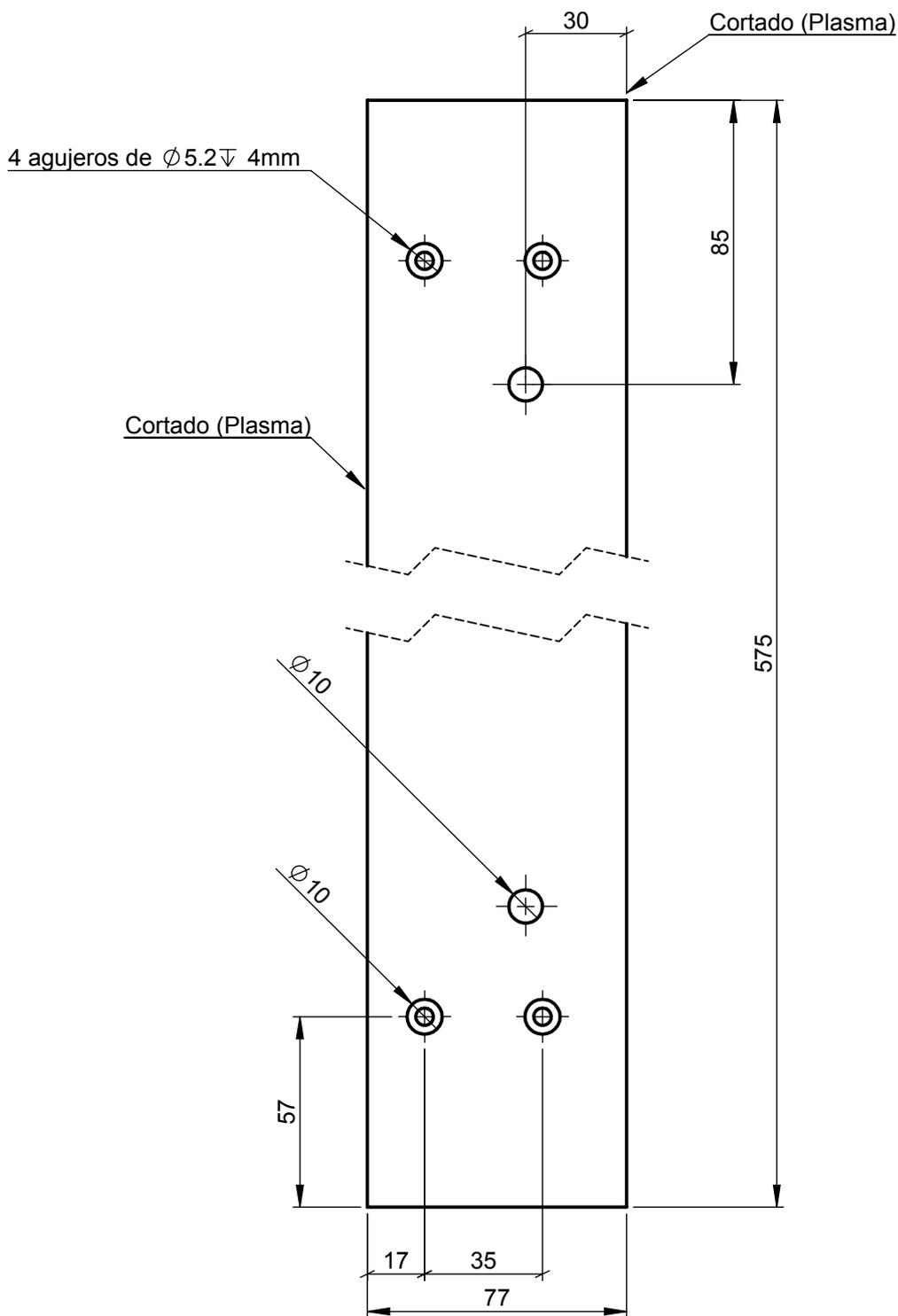
A

B

C

D

E



Tolerancia

(Peso)

Materiales:

 $\pm 0,5$

1.054 Kg

ASTM A304 (Plancha de Acero Inox de 4 mm)

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dibujó 08/08/14

Paucar D.

PLACA FIJA

1:2

Revisó 08/08/14

Ing. Carrillo M.

Aprobó 08/08/14

Ing. Carrillo M.

Número del dibujo: 13

UTA
Ingeniería Mecánica

(Sustitución)

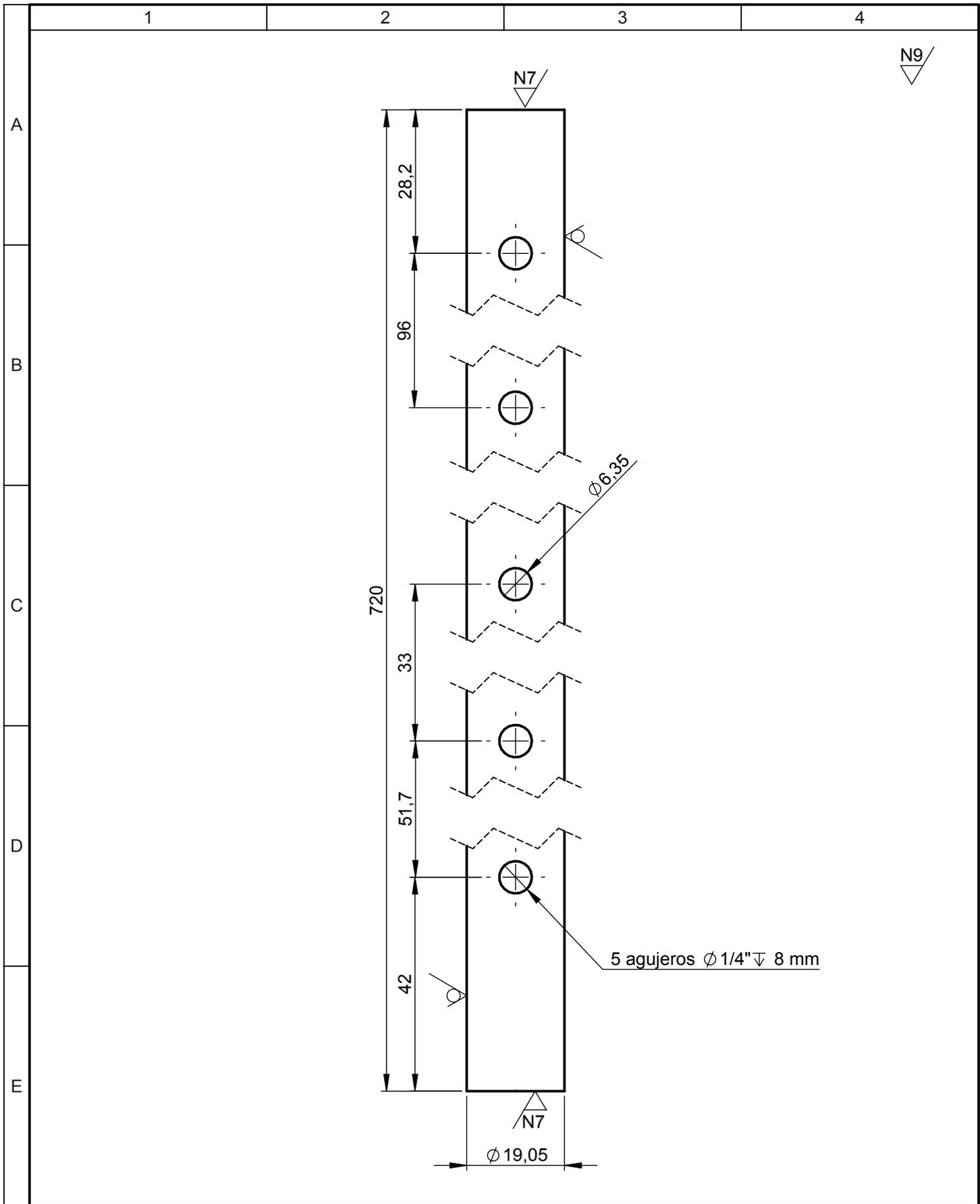
Edi-
ción

Modificación

Fecha

Nombre





N9

A
B
C
D
E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	1.612 Kg	ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 ($\phi 3/4$ pulg)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó	08/08/14	Paucar D.		
			Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 14	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)	

EJE MOTRIZ



1

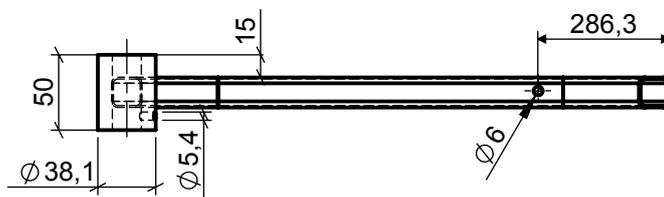
2

3

4

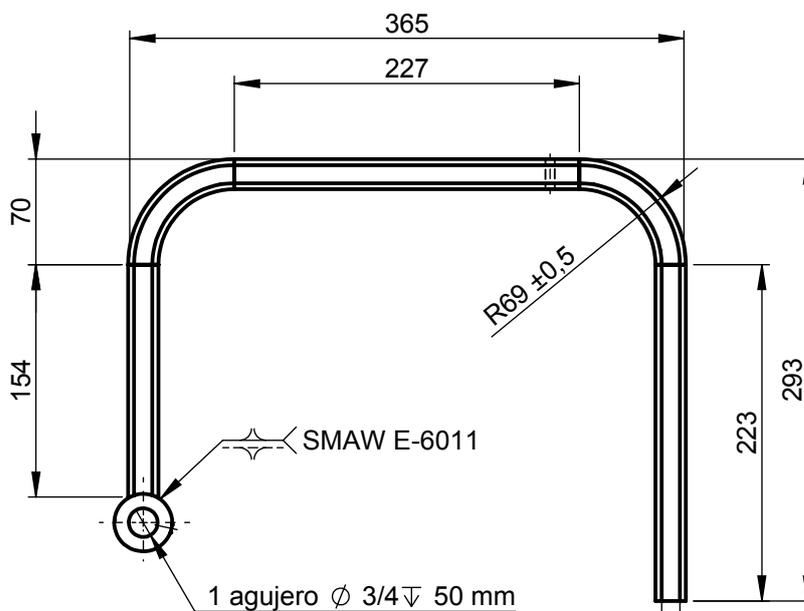
A

N6



B

C

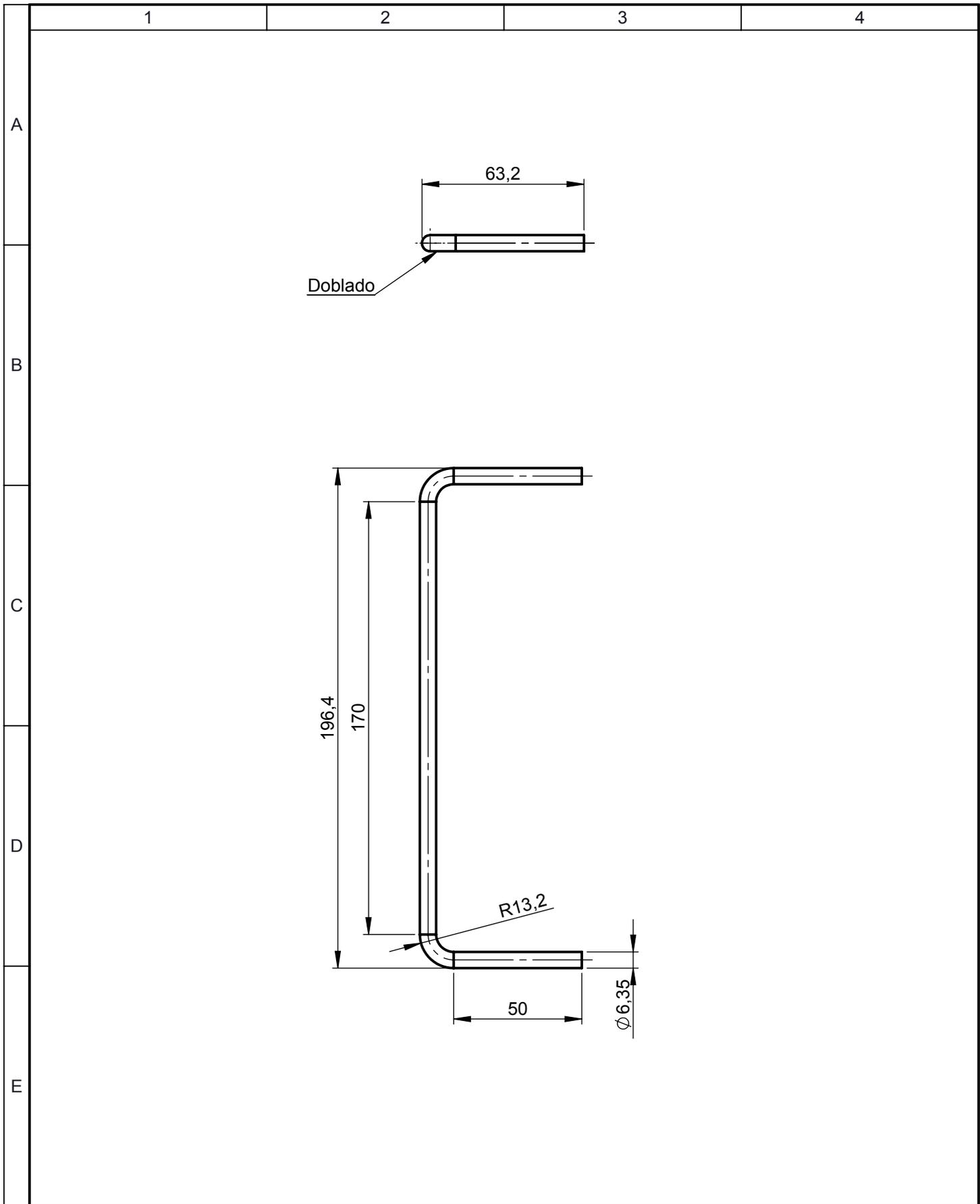


D

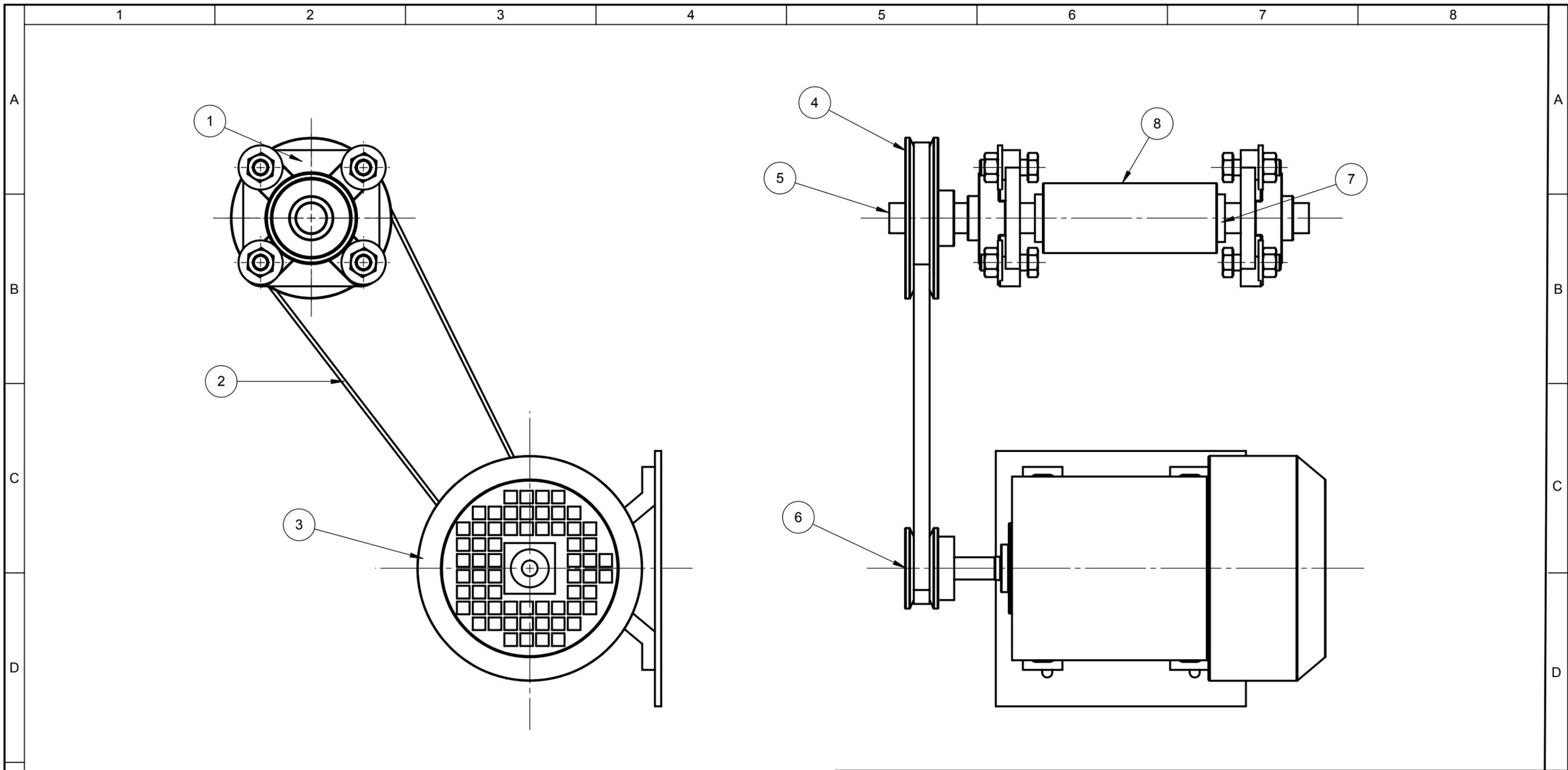
E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0.866 Kg	Tubo Estructural Cuadrado ASTM A304 (20 X1 mm)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó	08/08/14	Paucar D.		
			Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:5
				UTA		Número del dibujo: 15	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)	

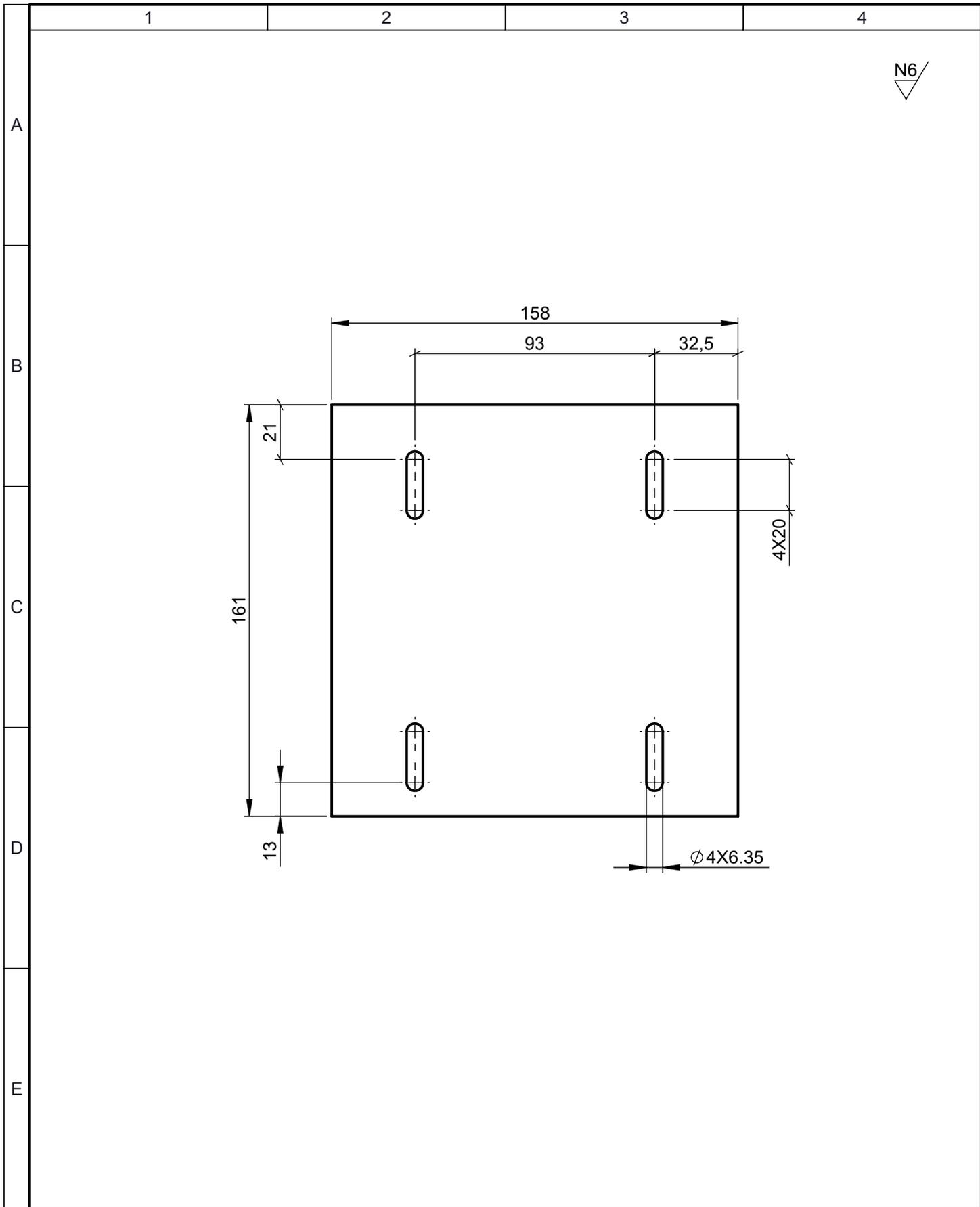
BRAZO DE SUJECIÓN



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0.07636 Kg	ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (Ø 1/4 pulg)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó	08/08/14	Paucar D.		
			Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:2
				UTA		Número del dibujo:	
				Ingeniería Mecánica		16	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

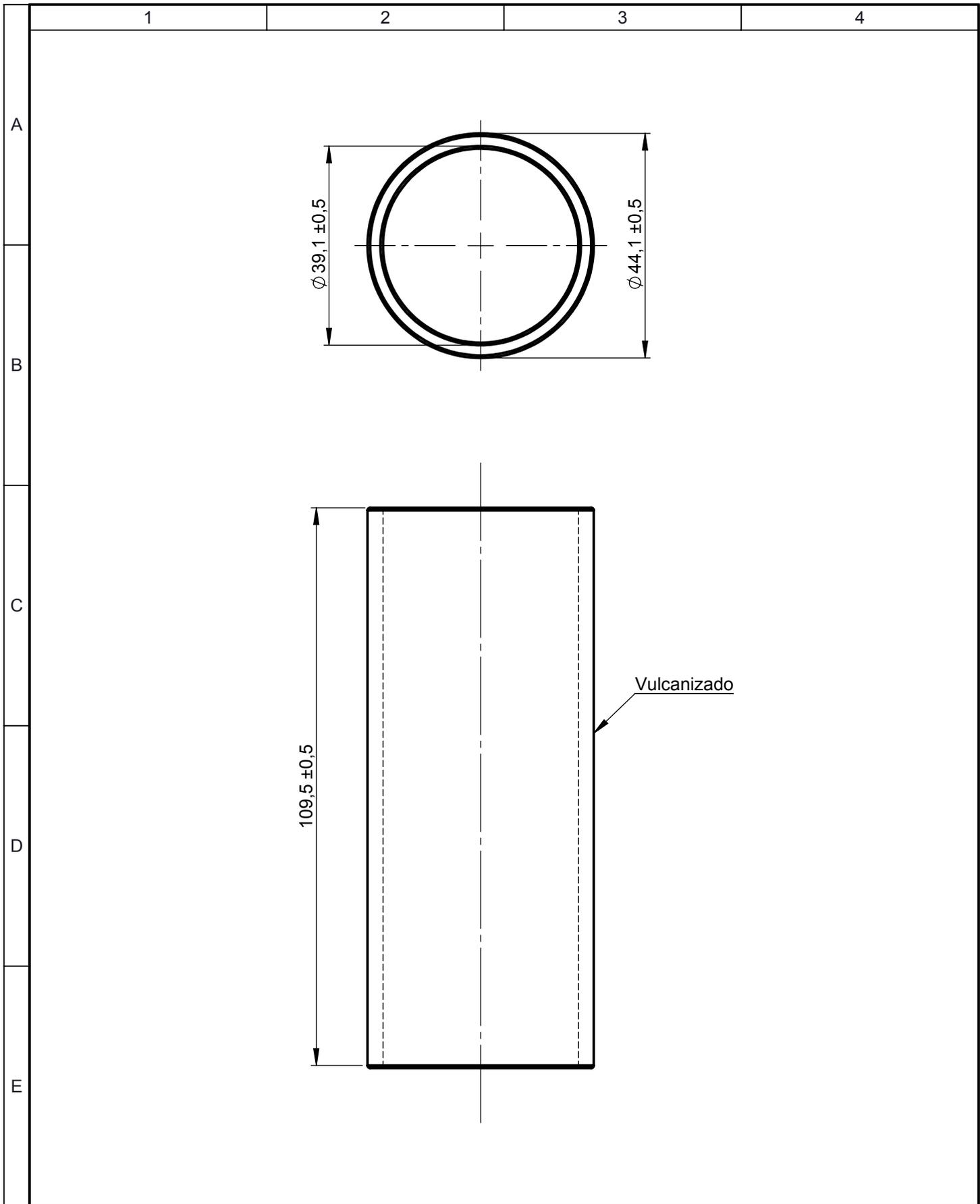


1	Recubrimiento		Caucho vulcanizado	08		Comprado
1	Rodillo		Nylon de 1.5 pulg.	07		Comprado/Torneado/Taladrado
1	Polea de 4 pulg.		Aluminio	06		Comprado
	Eje Motriz	ASTM A36 - AISI 1018	Acero de transmición	05		Comprado
1	Polea de 2 pulg		Aluminio	04		Comprado
1	Motor de 1/4 Hp		Hierro Fundido	03		Comprado
1	Banda			02		Comprado
1	Chumacera tipo brida		Hierro Fundido	01	0.325	Comprado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
			±0,5	10.87 Kg	VARIOS	
			Fecha	Nombre	Denominación:	
			Dibujó 08/08/14	Paucar D.	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
			Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	Escala:	
			Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:2.5	
			UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	17
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)

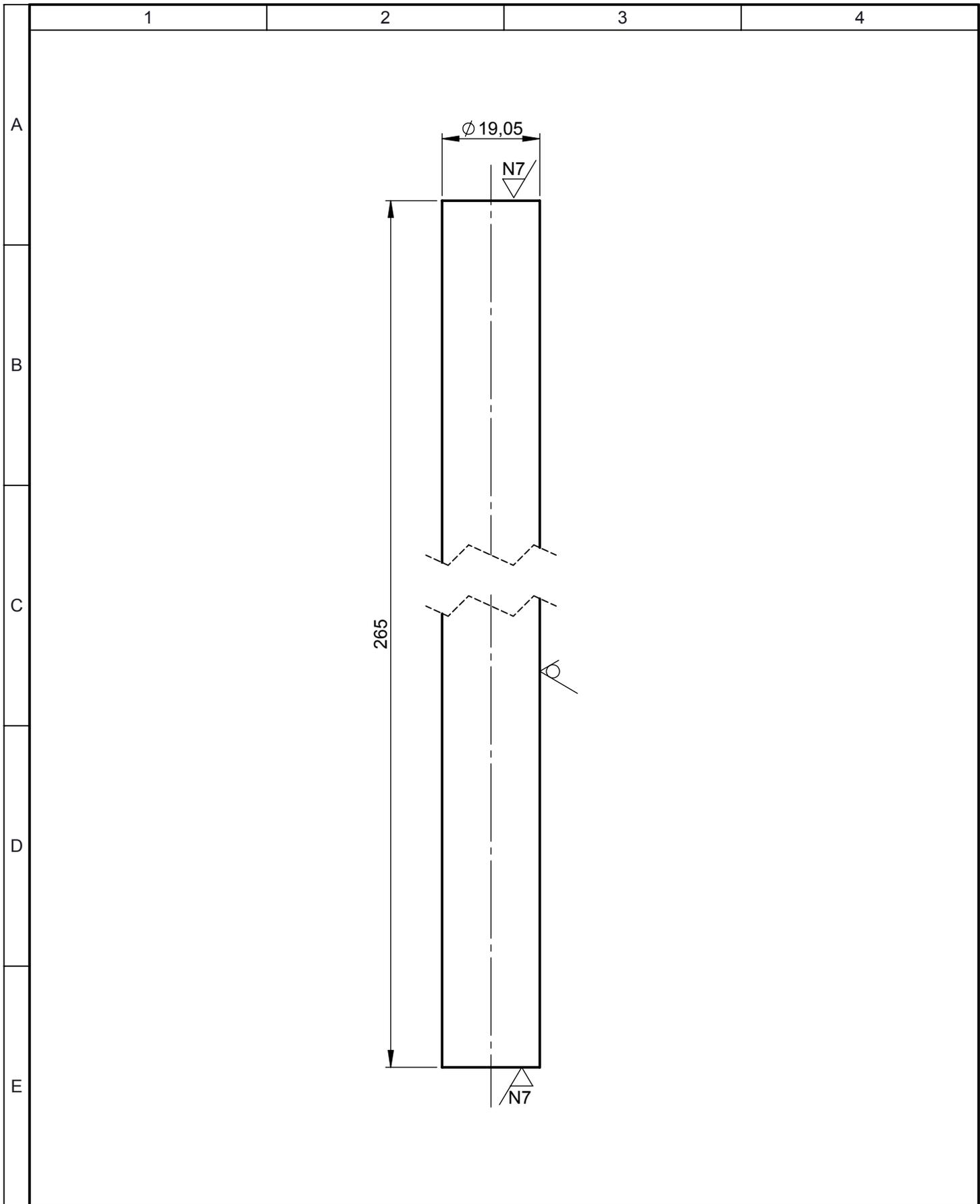


N6

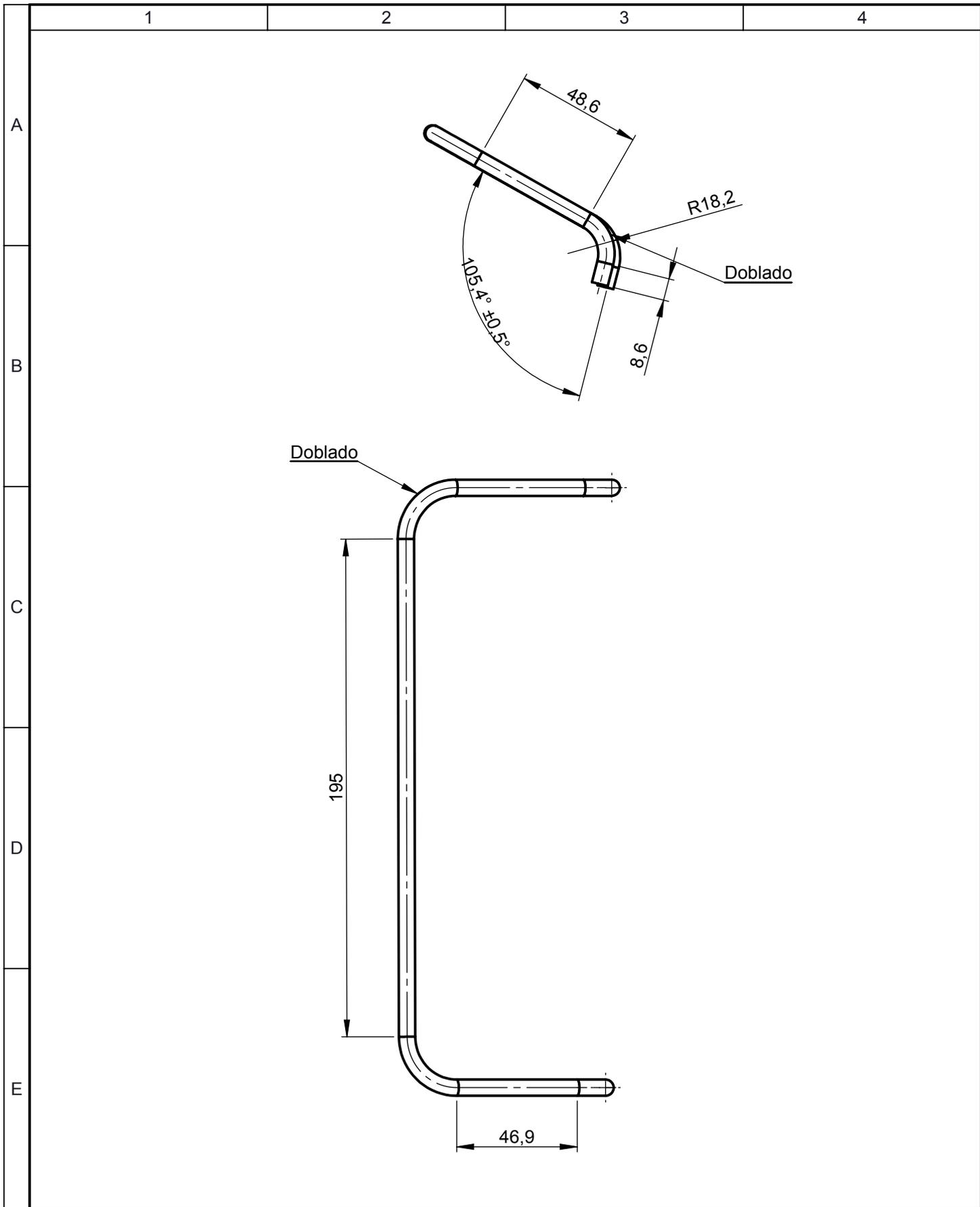
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0.779 Kg	ASTM A36 (PL de 3/16 pulg. de espesor)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó 08/08/14	Paucar D.		
				Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	<h1 style="text-align: center;">BASE MOTOR</h1>	1:2
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



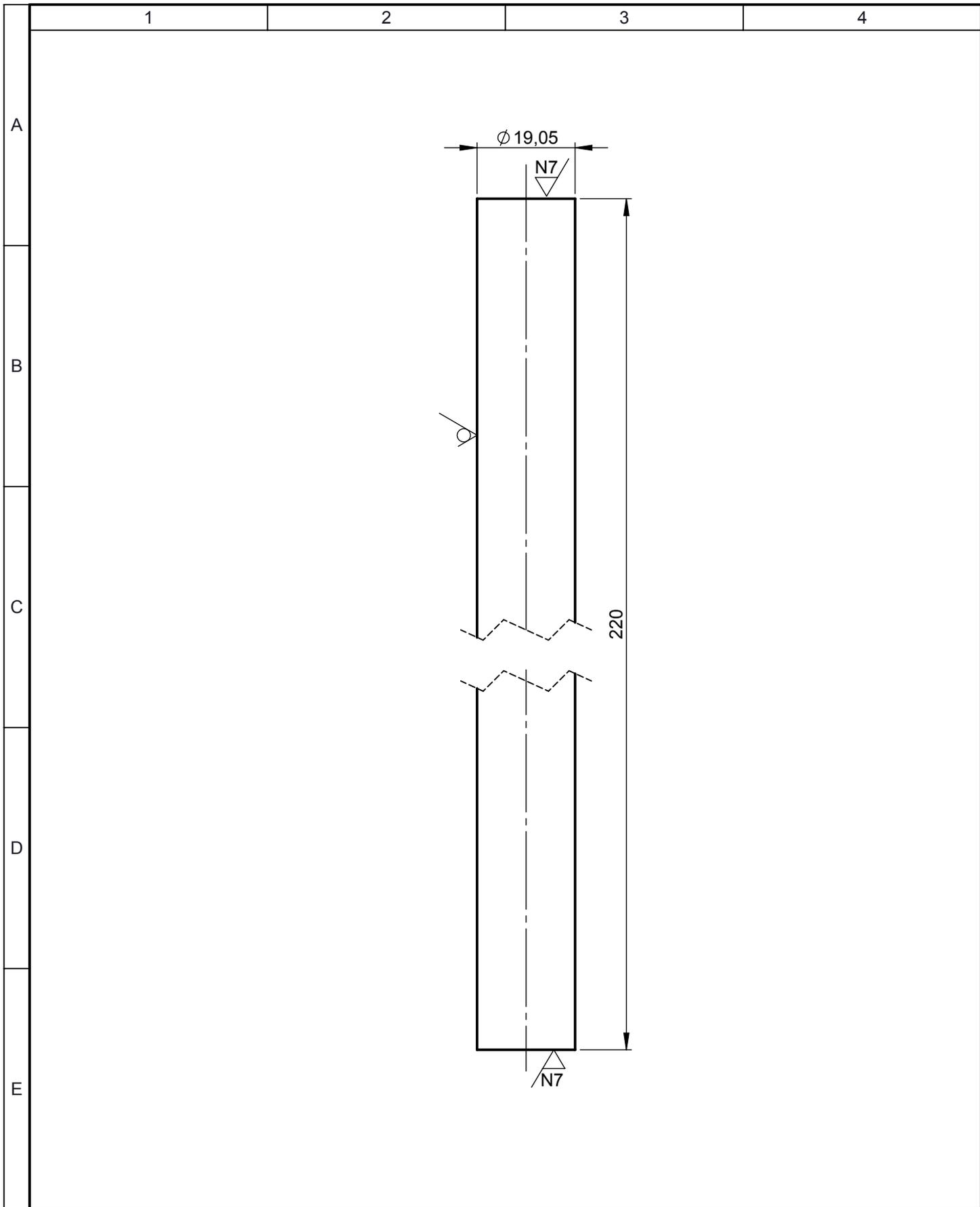
				Tolerancia	(Peso)	Materiales: CAUCHO VULCANIZADO		
				±0,5	0.052 Kg			
				Fecha	Nombre	Denominación: RECUBRIMIENTO		Escala: 1:1
				Dibujó 08/08/14	Paucar D.			
				Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.			
				Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 19		
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica				



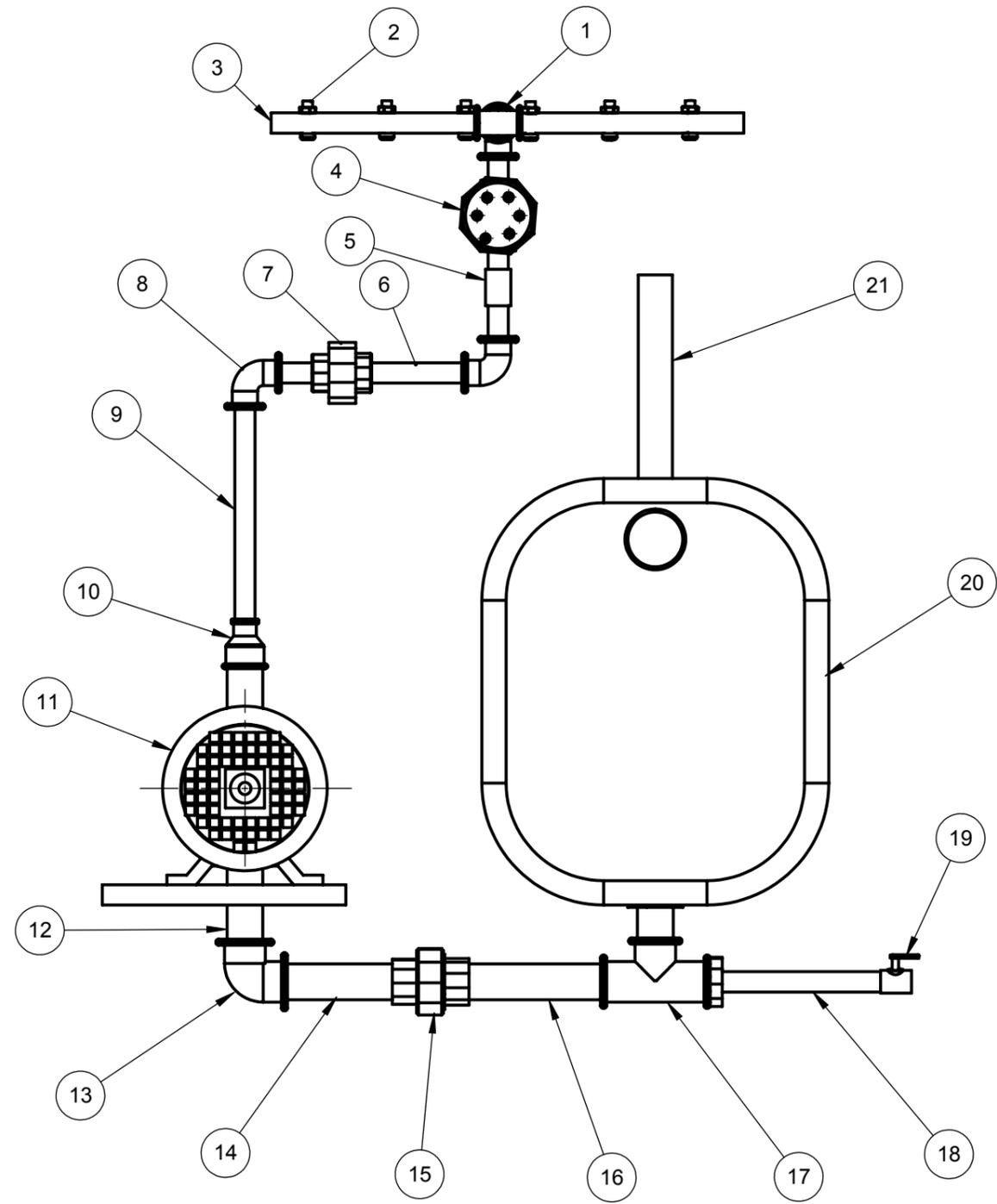
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	0.594 Kg	ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 ($\varnothing 3/4$ pulg)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó 08/08/14	Paucar D.		
				Revisó 08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó 08/08/14	Ing. Carrillo M.	EJE MOTRIZ	1:1
				UTA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)	



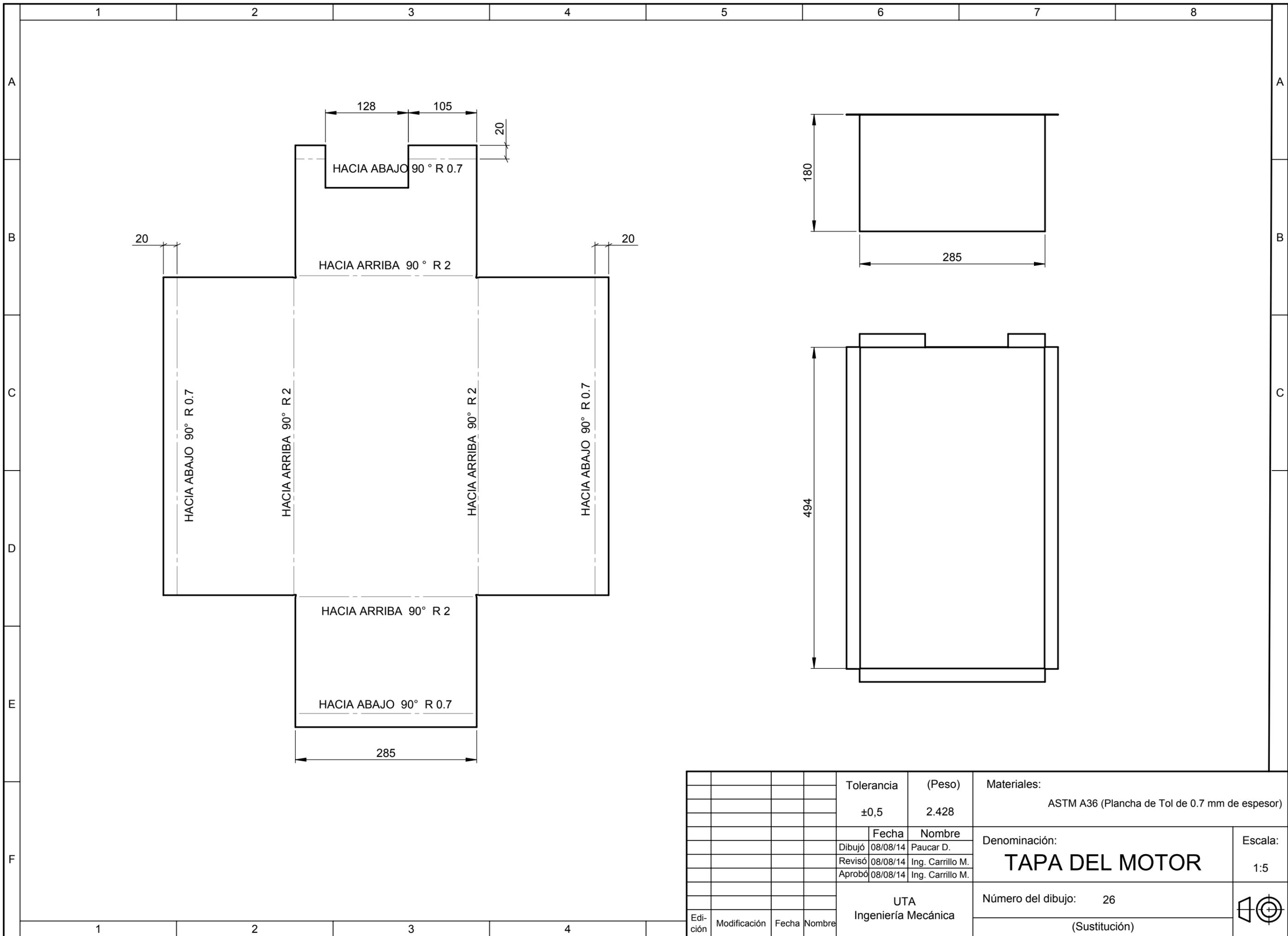
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0.1049 Kg	ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (Ø 1/4 pulg)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó	08/08/14	Paucar D.		
			Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:2
				UTA		Número del dibujo:	
				Ingeniería Mecánica		23	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0.493 Kg	ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (Ø 3/4 pulg)	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó	08/08/14	Paucar D.		
			Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.		
				Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	1:1
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		24	
						(Sustitución)	



1	Neplo de (1 x 4)pulg.		PVC Rigido	21		Comprado
1	Tanque de 50 lts.		PVC Rigido	20		Comprado
1	Llave de bola de medio giro		Acero	19		Comprado
1	Neplo de (1 x 7)pulg.		PVC Rigido	18		Comprado
1	Te de 1 pulg.		PVC Rigido	17		Comprado
1	Neplo de (1 X 6)pulg.		PVC Rigido	16		Comprado
1	Universal de 1 pulg.		PVC Rigido	15		Comprado
1	Neplo de (1x 4) pulg.		PVC Rigido	14		Comprado
1	Codo de 1 pulg.		PVC Rigido	13		Comprado
1	Neplo de (1 X 3) pulg.		PVC Rigido	12		Comprado
1	Bomba Eléctrica de 1/2 Hp		Hierro Fundido	11		Comprado
1	Reducción(1 a 1/2)pulg.		PVC Rigido	10		Comprado
1	Neplo de (1/2 X 7) pulg.		PVC Rigido	09		Comprado
3	Codo de 1/2 pulg		PVC Rigido	08		Comprado
1	Universal de 1/2 pulg.		PVC Rigido	07		Comprado
1	Neplo de (1/2 x 4) pulg.		PVC Rigido	06		Comprado
1	Acople de 1/2 pulg.	ASTM A304	AceroINOX	05		Comprado
1	Distribuidor de agua		PVC Rigido	04		Comprado/Taladrado
2	Flauta		PVC Rigido	03		Comprado/Taladrado
6	Aspersores		Acero	02		Comprado
1	Te 1/2 pulg.		PVC Rigido	01		Comprado
No. de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso kg/pz	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales: VARIOS	
			±0,5	10.87 Kg		
			Fecha	Nombre	Denominación:	
			Dibujó 02/09/13	Paucar D.	SISTEMA DE ASPERSIÓN	
			Revisó 02/09/13	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5	
			Aprobó 02/09/13	Ing. Carrillo M.		
			UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 25	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)		



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	2.428	ASTM A36 (Plancha de Tol de 0.7 mm de espesor)	
					Fecha	Nombre	Denominación: TAPA DEL MOTOR
				Dibujó	08/08/14	Paucar D.	
				Revisó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	
				Aprobó	08/08/14	Ing. Carrillo M.	Escala: 1:5
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 26	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	