



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE SOPLADO DE TERMOPLÁSTICOS”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electromecánica

Autores:

Aymara Montaguano Jonathan Javier

Chamba Nieto Cristhian Efren

Tutor:

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

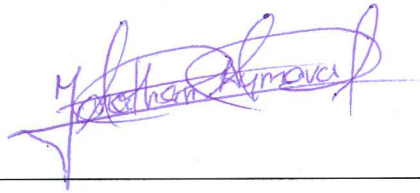
Latacunga – Ecuador

Febrero 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Aymara Montaguano Jonathan Javier y Chamba Nieto Cristhian Efren declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE SOPLADO DE TERMOPLÁSTICOS”**, siendo el Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Aymara Montaguano Jonathan Javier

C.I. 1727640284



Chamba Nieto Cristhian Efren

C.I. 1724179146

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE SOPLADO DE TERMOPLÁSTICOS”, de Aymara Montaguano Jonathan Javier, Chamba Nieto Cristhian Efrén, de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, 2020



El Tutor
Ing. Msc. Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

CC: 050215089-9

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica ; por cuanto, el o los postulantes: Aymara Montaguano Jonathan Javier, Chamba Nieto Cristhian Efrén, el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE SOPLADO DE TERMOPLÁSTICOS”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

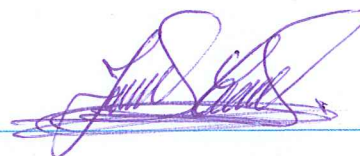
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 06 de febrero del 2020

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Ing. Msc Navarrete López Luis Miguel
180374728-4



Lector 2
Ing. Msc Segundo Ángel Cevallos Betún
0501782437



Lector 3
Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis Dr. C.
175836725-2

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme para alcanzar mis objetivos y metas, con sabiduría, confianza y perseverancia, por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por estar apoyándome en cada decisión importante en mi vida, a mi padre Manuel por confiar en mí y aconsejarme en cada instancia de mi vida, a mi madre Mary, por su cariño y comprensión ante cualquier situación y adversidad, a mi amigo y compañero tesista Cristhian, por el apoyo académico y moral a lo largo de la carrera universitaria, al Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA, por brindarnos sus conocimientos, experiencia y apoyo moral que permitió culminar con éxito este trabajo, a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirnos obtener conocimientos, experiencias y darme la oportunidad de culminar mis estudios superiores, a mis amigos y familiares quienes a través de sus consejos y sugerencias motivaron el deseo de cumplir mis metas y objetivos dentro de la universidad.

Jonathan Javier

AGRADECIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial a mis padres Efren y Azucena que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De igual forma, agradezco infinitamente a mi Hermano Ronmel que con sus palabras me hacía sentir orgulloso de lo que soy y de lo que le puedo enseñar. Espero un día yo me convierta en esa fuerza para que pueda seguir avanzando en su camino.

Agradezco a mi Tutor, Ingeniero Raúl Reinoso MBA., que con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en todo el proceso para culminar este proyecto. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

A mis amigos con los que compartí dentro y fuera de las aulas, aquellos que hoy se convierten en amigos de vida y gracias por todo su apoyo, motivación y cariño. De manera especial a Jonathan mi compañero en este proyecto, con esfuerzo y perseverancia hemos logrado finalizar nuestro trabajo.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Cristhian Efren

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, a mis padres, por todo su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por su educación, consejos, paciencia, por su confianza he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Me siento orgulloso y privilegiado de ser su hijo, son los mejores padres. A mis hermanos Wendy y Anthony, por su cariño, apoyo y confianza, facilitando todos los obstáculos que se presentan en mi vida.

A mis familiares y amigos, que estuvieron al pendiente de mi carrera universitaria, con sus palabras de apoyo y motivación y voto de confianza pusieron su granito de arena para lograr mis objetivos académicos.

Jonathan Javier

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo final principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Efren y Azucena quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mi hermano Ronmel por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad gracias, siempre los llevo en mi corazón.

Cristhian Efren

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE SOPLADO DE TERMOPLÁSTICOS”

Autores:

Aymara Montaguano Jonathan Javier

Chamba Nieto Cristhian Efren

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar una máquina de soplado de HDPE con el tema se propuso generar una fuente de investigación validada por software computacional a disposición de los estudiantes e industrias, y la posibilidad de abordar estudios de simulación por método de elementos finitos, en un tema el cual está cobrando mayor importancia en la industria plástica. El proyecto utiliza metodología cualitativa la que considera las especificaciones técnicas del diseño, comparando entre si las diferentes alternativas con los criterios, el análisis funcional y la solución más adecuada para el diseño. Se realiza el diseño mecánico del tornillo extrusor basado en el libro POLYMER EXTRUSION de Pierre G. Lafleur y Bruno Vergnes, utilizando softwares AUTODESK INVENTOR y AUTODESK NASTRAN se obtuvo estudios térmicos, estáticos de los elementos más críticos de la máquina: husillo extrusor, cabezal de extrusión y además un estudio de tensión de la estructura del diseño. Se simula el proceso de moldeo por soplado de un envase de 100 ml de HDPE en la simulación se hace uso de la herramienta computacional ANSYS POLYFLOW, donde se representó el cierre del molde y el proceso de inyección de aire a través de la implementación de un modelo viscoelástico (parison) en condiciones isotérmicas, con la simulación se obtuvieron resultados de la distribución de espesores en las paredes del envase. Para la selección del sistema eléctrico y neumático se usó CADE SIMU y FLUID SIM. Se presenta el trabajo como una solución computacional a los principales problemas del soplado (rebabas, fundido insuficiente, presión inadecuada).

Palabras clave: Máquina de soplado, presión de soplado, temperatura de procesamiento de soplado problemas de soplado, elementos finitos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITLE: “DESIGN OF A THERMOPLASTIC BLOWING MACHINE”

Authors:

Aymara Montaguano Jonathan Javier

Chamba Nieto Cristhian Efren

ABSTRACT

This project aims to design an HDPE blowing machine the subject aimed to generate a source of validated research by software computational available to students and industries, and the possibility to tackle simulation studies by finite element method, on a topic that is becoming more important in plastics industry. The project uses qualitative methodology which considers technical specifications of the design, comparing each other the different alternatives with the criteria, the functional analysis and the most suitable solution for the design. The mechanical design of the extruder screw is carried out based on the book POLYMER EXTRUSION by Pierre G. Lafleur and Bruno Vergnes, using AUTODESK INVENTOR and AUTODESK NASTRAN software's, thermal static studies were obtained from the most critical elements of the machine: Extruder spindle, extrusion head and also a stress study of the design structure. Is simulated blow molding process of a 100 ml container of HDPE in the simulation is made use of computational tool ANSYS POLYFLOW, where the closure of the mold and the air injection process was represented through the implementation of a viscoelastic model (parison) under isothermal conditions, with the simulation results of distribution thicknesses in container walls were obtained. CADE SIMU and FLUID SIM were used for electrical selection and pneumatic system. Work is presented as a computational solution to the main problems of blowing (burrs, insufficient melting, inadequate pressure).

Keywords: Blowing machine, blowing pressure, blowing processing temperature, blowing problems, finite element.




AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores: Aymara Montaguano Jonathan Javier, Chamba Nieto Cristhian Efren, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa “**DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE SOPLADO DE TERMOPLÁSTICOS**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero 2020

Atentamente



Lcdo. MSc. Edison Marcelo Pacheco Pruna.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C: 0502617350



INDICE GENERAL

PORTADA	
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	x
INDICE GENERAL.....	xi
INDICE DE FIGURAS	xv
INDICE DE TABLAS.....	xvii
1 INFORMACIÓN BÁSICA	1
2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.1 Título de la propuesta Tecnológica.....	3
2.2 Tipo de alcance	3
2.3 Área del conocimiento	3
2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica	3
2.5 Objeto de estudio y campo de acción	4
2.5.1 Objeto de estudio.....	4
2.5.2 Campo de acción	4
2.5.3 Beneficiarios.....	4
2.5.4 Palabras Clave	4
2.6 Situación problemática y problema	5
2.6.1 Situación problemática	5
2.6.2 Problema.....	6
2.6.3 Matriz de Identificación de problema.....	6

2.7	OBJETIVO(S)	7
2.7.1	Objetivo General.....	7
2.7.2	Objetivos específicos	7
2.7.3	Tareas por objetivos.....	7
3	PROCESO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN Y SOPLADO....	8
3.1	INTRODUCCIÓN	8
3.2	ANÁLISIS DE TRABAJOS PRECEDENTES	8
3.2.1	Introducción en el Proceso de Extrusión-Soplado.....	8
3.2.2	Materiales termoplásticos en la producción de envases activos para alimentos.....	9
3.2.3	Extrusión – soplado	9
3.2.4	Diseño de un molde extrusión- soplado para botellas de polietileno de baja densidad.....	9
3.2.5	Diseño, construcción y prueba de un extrusor horizontal de tornillo sencillo para polietileno de baja densidad.....	9
3.2.6	Diseño de una máquina inyectora de termoplásticos de baja y alta densidad	9
3.2.7	Moldeos por soplado	10
3.2.8	Descripción del sistema Extrusión – Soplo	10
3.2.9	Soplado de Termoplásticos.....	11
3.3	DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	11
3.3.1	Polímeros.....	11
3.3.2	Densidad del Termoplástico	12
3.3.3	Polietileno de alta densidad (HDPE).....	13
3.3.4	Propiedades del HDPE	14
3.4	Principio de funcionamiento del prototipo de máquina de soplado.....	14
3.4.1	Elaboración del parison	15
3.4.2	Componentes del sistema de extrusión.....	16
3.4.3	Sistema mecánico	16
3.4.4	El tornillo de extrusión	16
3.4.5	Barril de extrusión	17
3.4.6	Temperatura de extrusión	17
3.4.7	Tolva de alimentación	17
3.4.8	Cabezal de extrusión y boquilla	18

3.4.9	Tipos de cabezales de extrusión	18
3.4.10	Sistema de potencia	19
3.4.11	Sistema Eléctrico	20
3.4.12	Resistencia Eléctrica con forma de abrazadera.	20
3.4.13	Molde de soplado	20
3.4.14	Sistema Neumático	20
3.4.15	El Perno de Soplado	21
3.4.16	Posicionamiento del molde.....	22
3.4.17	Cierre del Molde.....	22
3.4.18	Temperatura del molde.....	22
4	METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA DE SOPLADO.....	23
4.1	Introducción	23
4.2	Diseño mecánico.....	23
4.2.1	Metodología para diseño de husillo de extrusión	24
4.2.2	Metodología para selección de barril de extrusión	26
4.2.3	Diseño de cabezal de extrusión y soplado	27
4.2.4	Selección del tipo de Rodamiento	28
4.2.5	Diseño de la estructura	28
4.2.6	Ecuación del volumen de la tolva de alimentación	29
4.3	Sistema eléctrico.....	29
4.3.1	Metodología para selección de motor.....	30
4.3.2	Metodología para selección de reductor.....	31
4.3.3	Metodología para selección de resistencia de calentamiento	31
4.3.4	Metodología para selección de Ventiladores.....	32
4.3.5	Metodología para selección de aparata eléctrica	32
4.3.6	Metodología para selección de Controlador.....	33
4.4	Sistema neumático	33
4.4.1	Metodología para selección del tipo de Cilindro Neumático	33
4.5	Diseño del envase plástico de HDPE.....	34
4.6	Validación por ingeniería asistida por computadora	34
4.6.1	Validación del sistema mecánico	34
4.6.2	Validación del sistema eléctrico	34
4.6.3	Validación del sistema neumático	34

4.6.4	Validación mediante software de máquina de soplado	35
	Método de los elementos finitos.....	35
	Etapas de la simulación de la dinámica de fluidos computacional.....	35
4.7	Método para determinar el tiempo y la pérdida de material del parison	36
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
5.1	Introducción	37
5.2	Ensayo por el método de elementos finito FEM/FEA	38
5.2.1	Elemento de ensayo	38
5.2.2	Etapa de pre procesamiento.....	38
5.2.3	Resultados de la etapa de post procesamiento.....	40
5.3	Sistema Mecánico	42
5.3.1	Diseño del tornillo	42
5.3.2	Selección de cilindro de extrusión.....	43
5.3.3	Diseño de la Tolva.....	43
5.3.4	Diseño de Cabezal de extrusión y soplado	43
5.4	Sistema Eléctrico	44
5.4.1	Selección del motor	44
5.4.2	Selección del motor y protecciones	45
5.4.3	Selección del reductor de velocidad	45
5.4.4	Selección de variador de Frecuencia	46
5.4.5	Selección de las resistencias eléctricas.....	46
5.4.6	Selección de Ventiladores	47
5.4.7	Sistema de control	48
5.5	Sistema Neumático	49
5.5.1	Selección de tipo de elementos del sistema neumático	50
5.5.2	Selección de Cilindros neumáticos.....	50
5.5.3	Selección de Electroválvulas y dispositivo neumáticos	51
5.6	Tiempo de proceso y la pérdida de material del parison	51
5.7	Tiempo de proceso de la máquina	51
6	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	52
6.1	Análisis de Costos.....	52
6.1.1	Cálculo del VAN y la TIR.....	54
6.2	Análisis de impacto.....	54
6.3	Resultados de simulación en tornillo de extrusión	55

6.4	Resultados de simulación en cabezal de extrusión	56
6.5	Resultados de simulación en estructura	57
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
8	REFERENCIAS	59
	ANEXOS	66
	PLANOS.....	243

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Matriz Causa – Efecto.....	6
Figura 3.1.	Tipos de polímeros.....	12
Figura 3.2	Diagrama del principio de funcionamiento.....	14
Figura 3.3.	Elementos de la máquina de soplado a) (derecha) máquina de soplado b) (izquierda) cabezal de extrusión	15
Figura 3.4.	Proceso continuo a) (derecha) Moldes móviles b) (izquierda) Moldes fijos.	15
Figura 3.5.	a) Zonas del tornillo. b) Tornillo de extrusión.	17
Figura 3.6.	Cilindro de extrusión.....	17
Figura 3.7.	Tipos de Tolva.	18
Figura 3.8.	Estructura del cabezal de extrusión.....	18
Figura 3.9	Comparación de cabezales de extrusión.	19
Figura 3.10	Efectos de la presión en el cabezal.....	19
Figura 3.11	Proceso del sistema de potencia.....	19
Figura 3.12	Tipos de moldes según el material.....	20

Figura 3.13 comparación de tipo de soplados.	21
Figura 3.14. Sistema de cierre de dos pistones.....	22
Figura 4.1 Partes de sistema de extrusión de la máquina de soplado.....	23
Figura 4.2. Geometría del tornillo.	24
Figura 4.3. Medidas en tornillo y cilindro.....	27
Figura 4.4. Diagrama de funcionamiento del sistema eléctrico.	30
Figura 4.5 Método de simulación para máquina de soplado.....	35
Figura 4.6 Etapas de simulación para máquina de soplado.....	36
Figura 5.1. Características de la botella.....	38
Figura 5.2. Mallado para simulación.....	39
Figura 5.3. Tornillo y Cilindro en Inventor 2019 Pro	42
Figura 5.4. Dimensiones de la tolva de alimentación.....	43
Figura 5.5. A la izquierda (referencia de cabezal de soplado), a la derecha (cabezal diseñado).....	44
Figura 5.6. Cabezal diseñado.....	44
Figura 5.7. Rangos de velocidad y par del reductor	45
Figura 5.8. Sistema de control de máquina de soplado	48
Figura 5.9. Diagrama Ladder	48
Figura 5.10. Animación del circuito de potencia	49
Figura 5.11. Diagrama del sistema neumático	50
Figura 6.1. Análisis de impactos	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Rango de densidades para polietileno.	12
Tabla 3.2. Tabla de comparación de procesos de extrusión.	15
Tabla 3.3. Tabla de comparación de husillos.	16
Tabla 3.4. Tabla de comparación de husillos	21
Tabla 3.5. Tabla de Posicionamiento de molde.....	22
Tabla 4.1. Dimensiones típicas de una extrusora de plástico convencional.....	23
Tabla 4.2 Selección del tornillo	24
Tabla 4.3. Selección del barril de extrusión	26
Tabla 4.4. Selección de del tipo de cabezal de extrusión	28
Tabla 4.5. Selección de tipo de Rodamientos.....	28
Tabla 4.6. Selección de del tipo de estructura	29
Tabla 4.7 Selección del tipo de Motor.....	30
Tabla 4.8. Selección del tipo de resistencia de calentamiento.....	32
Tabla 4.9. Selección del tipo de controlador	33
Tabla 4.10 Selección de Cilindro Neumático [33]	33
Tabla 5.1. Propiedades térmicas del polietileno de alta densidad	37
Tabla 5.2. Diseño del parison y molde para simulación.....	38
Tabla 5.3. Condiciones de contorno	39
Tabla 5.4. Simulación de presión para moldeo por soplado.....	40
Tabla 5.5. Simulación para establece mejor calidad de envase.	41
Tabla 5.6. Dimensiones típicas de una extrusora de plástico	42

Tabla 5.7. Dimensiones del tornillo.....	42
Tabla 5.8. Dimensiones del tornillo.....	42
Tabla 5.9. Resultados del método para el análisis del movimiento del HDPE la extrusora	43
Tabla 5.10. Resultados del método para el análisis del movimiento del HDPE la extrusora	43
Tabla 5.11. Características de la tolva de alimentación.....	43
Tabla 5.12. Especificaciones del cabezal de extrusión.....	44
Tabla 5.13. Variables del motor	44
Tabla 5.14. Selección de los equipos del sistema de potencia.....	45
Tabla 5.15. Resultados de los cálculos para selección del reductor	45
Tabla 5.16. Resultados de los cálculos para selección de resistencias térmicas.....	46
Tabla 5.17. Parametros normalizadas para resistencias herméticas	46
Tabla 5.18. Especificaciones para resistencias tipo abrazadera herméticas	46
Tabla 5.19. Selección para Resistencias tipo Abrazadera	47
Tabla 5.20. Caudal de aire necesario para los ventiladores	47
Tabla 5.21. Especificaciones para Resistencias tipo Abrazadera	47
Tabla 5.22. Diagrama ladder del sistema de control	48
Tabla 5.23. Elementos del sistema de control	49
Tabla 5.24. Elementos del sistema neumático.....	50
Tabla 5.25. Parámetros para el cilindro neumático	50
Tabla 5.26. Selección de cilindro neumático.....	51

Tabla 5.27. Selección de los equipos del sistema de potencia.....	51
Tabla 5.28. Intensidad de la protección del sistema completo	51
Tabla 5.29. Intensidad de la protección del sistema completo	51
Tabla 5.30. Tiempo del proceso para producción de un envase.....	52
Tabla 6.1. Costos de Construcción	52
Tabla 6.2. Flujo de caja mensual	53
Tabla 6.3. Flujo de caja anual.....	53
Tabla 6.4. Análisis de impacto de máquina de soplado de HDPE	54
Tabla 6.5. Simulación de tornillo de extrusión.....	55
Tabla 6.6. Simulación de cabezal de extrusión	56
Tabla 6.7. Simulación de estructura de la máquina de soplado.....	57

1 INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por

Aymara Montaguano Jonathan Javier

Chamba Nieto Cristhian Efren

Tema aprobado

Diseño de una máquina de soplado de termoplásticos

Carrera

Ingeniería en Electromecánica

Director del proyecto de titulación

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

Equipo de trabajo

Tutor

Nombres: Héctor Raúl

Apellidos: Reinoso Peñaherrera

Cedula de identidad: 0502150899

Correo electrónico: hector.reinoso@utc.edu.ec

Coordinador 1:

Nombre: Aymara Montaguano Jonathan Javier

Cédula de Ciudadanía: 1727640284

Correo electrónico: jonathan.aymara0284@utc.edu.ec

Dirección: Parroquia Machachi, Mejía, Pichincha.

Coordinador 2:

Nombre: Chamba Nieto Cristhian Efren

Cédula de Ciudadanía: 1724179146

Correo electrónico: cristhian.chamba9146@utc.edu.ec

Dirección: Parroquia Quitumbe, Quito, Pichincha

Lugar de ejecución

Universidad Técnica de Cotopaxi, Provincia de Cotopaxi, Catón Latacunga, Parroquia San Felipe.

Tiempo de duración del proyecto

2019 - 2020

Fecha de entrega

Febrero - 2020

Línea de investigación

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la línea de investigación del presente proyecto es procesos industriales.

Sub línea de investigación

El proyecto de investigación se acoge a la sub línea de investigación: diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 Título de la propuesta Tecnológica

Diseño de una máquina de soplado de termoplásticos.

2.2 Tipo de alcance

Análisis computarizado por método de elementos finitos (MEF).

2.3 Área del conocimiento

Según la norma CINE – UNESCO establece las áreas y sub áreas de estudio [1], en el caso del presente proyecto de propuesta tecnológica, está ligado al sector de estudio de “Ingeniería, industria y construcción”, a la sub área de Ingeniería (Dibujo técnico, mecánica, electricidad, electrónica, energía, ingeniería de procesos) y a la sub área de Industria y producción (Plástico).

2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar una máquina de soplado de HDPE con el tema se propuso generar una fuente de investigación validada por software computacional a disposición de los estudiantes e industrias, y la posibilidad de abordar estudios de simulación por método de elementos finitos, en un tema el cual está cobrando mayor importancia en la industria plástica. El proyecto utiliza metodología cualitativa la que considera las especificaciones técnicas del diseño, comparando entre si las diferentes alternativas con los criterios, el análisis funcional y la solución más adecuada para el diseño. Se realiza el diseño mecánico del tornillo extrusor basado en el libro POLYMER EXTRUSION de Pierre G. Lafleur y Bruno Vergnes, utilizando softwares AUTODESK INVENTOR y AUTODESK NASTRAN se obtuvo estudios térmicos, estáticos de los elementos más críticos de la máquina: husillo extrusor, cabezal de extrusión y además un estudio de tensión de la estructura del diseño. Se simula el proceso de moldeo por soplado de un envase de 100 ml de HDPE en la simulación se hace uso de la herramienta computacional ANSYS POLYFLOW, donde se representó el cierre del molde y el proceso de inyección de aire a través de la implementación de un modelo viscoelástico (parison) en condiciones isotérmicas, con la simulación se obtuvieron resultados de la distribución de espesores en las paredes del envase. Para la selección del sistema eléctrico y neumático se usó CADE SIMU y FLUID SIM. Se presenta el trabajo como una solución computacional a los principales problemas del soplado (rebabas, fundido insuficiente, presión inadecuada).

2.5 Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1 Objeto de estudio

Máquina de soplado de HDPE.

2.5.2 Campo de acción

Diseño de una máquina de soplado de HDPE.

2.5.3 Beneficiarios

Se pretende proporcionar un diseño de máquina de soplado que permita suministrar información, tanto para el desarrollo en el proceso de soplado, como para la construcción por parte de estudiantes de la Universidad técnica de Cotopaxi u otras personas interesadas.

2.5.4 Palabras Clave

Máquina de soplado, presión de soplado, temperatura de procesamiento de soplado problemas de soplado, elementos finitos.

2.6 Situación problemática y problema

2.6.1 Situación problemática

En la actualidad, el Ecuador está pasando por un proceso de desarrollo tecnológico a nivel industrial el cual implica un incremento en la producción, rentabilidad para la empresa, e eficiencia, generando un valor agregado con respecto a la competencia.

En la actual constitución de 2008 para el fortalecimiento y desarrollo de la economía, reconoce la importancia del flujo económico interno (arts. 283, 304.6 y 336.2). “No obstante, prioriza el desarrollo de la producción nacional (arts. 304 y 319.2) y de los pequeños y medianos productores (art. 306) mediante políticas de promoción a las exportaciones y desincentivos específicos a las importaciones, así como políticas de precios que protejan la competencia (art. 335)” [2]. En el Art. 293. Que plantea la formulación y la ejecución del Presupuesto General del Estado se sujetarán al Plan Nacional de Desarrollo. Por tanto, se considera los objetivos estratégicos del Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021 (Toda una vida) son el sustento al momento de generar proyectos en el país, en el Objetivo 5 para un mayor flujo económico y un crecimiento industrial, se plantea impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.

En la actualidad los plásticos cumplen un papel importante en la sociedad debido a sus propiedades y versatilidad, más aún, los aplicados en envases de almacenamiento debido a su presentación y fácil manejo, por tanto, el proyecto se centró en el diseño de una máquina de soplado de HDPE, que trate de manera adecuada las variables de producción, determine cada uno de los parámetros que condicionan el acabado y calidad de un producto, los cuales están regulados bajo estándares y normas.

Existen numerosos problemas debido a la mala aplicación de variables de proceso del HDPE, que afectan a la producción y calidad del producto manufacturado, estas adversidades suelen presentarse como: “envases incompletos, rebabas (exceso de material), soplado de aire a presión excesiva, volumen desigual del envase” [3], entre otros, por tanto, un mal proceso de fabricación conduce a una mala coordinación de variables que tiene como consecuencia daños en el producto, pérdida de producción y dinero.

2.6.2 Problema

El problema está definido acorde a la situación problemática, que exalta la importancia del diseño de una máquina para soplado de HDPE

¿Cuáles son las configuraciones adecuadas de una máquina de soplado que determinan la calidad de un envase de HDPE?

2.6.3 Matriz de Identificación de problema

Para el diagrama de Ishikawa se consideran las principales perdidas en el proceso de soplado para la fabricación de envases de HDPE, analizadas en el diagrama Pareto.

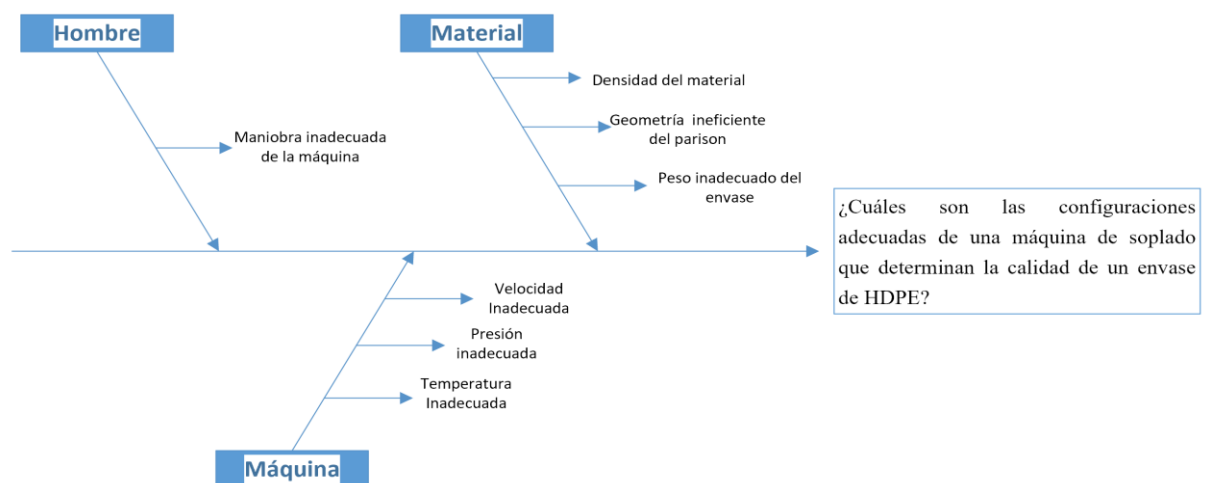


Figura 2.1. Matriz Causa – Efecto.

2.7 OBJETIVO(S)

2.7.1 Objetivo General

Diseñar una máquina de soplado de HDPE.

2.7.2 Objetivos específicos

- Identificar el régimen de trabajo y de proceso para una máquina sopladora de HDPE.
- Configurar las condiciones de contorno (simular) del proceso de soplado por el método de elementos finitos para determinar los valores óptimos de las variables de proceso.
- Generar un diseño conceptual y detalle para una maquina sopladora de HDPE.

2.7.3 Tareas por objetivos

Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad
Identificar el régimen de trabajo y de proceso para una máquina sopladora de termoplásticos.	<ul style="list-style-type: none"> -Identificación de los termoplásticos y su aprovechamiento en el proceso de extrusión y soplado -Revisión de trabajos precedentes acorde al tema del proyecto -Estudio del principio de funcionamiento, operación, producción y mantenimiento de las máquinas de soplado de termoplásticos. -Visitas a las principales empresas locales procesadoras de plásticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Informe acerca de los materiales que intervienen en el proceso de soplado. -Seleccionar la configuración de los sistemas que conforman la máquina de soplado de termoplásticos. -Informe de visita 	Investigación documental y de campo.
Configurar las condiciones de contorno (simular) del proceso de soplado por el método de elementos finitos para determinar los valores óptimos de las variables de proceso.	<ul style="list-style-type: none"> - Exploración del software computacional ideal para la obtención de variables del proceso -Manejo de software FEM/FEA para determinar el comportamiento del fluido al fin del ciclo de extrusión y soplado. - Obtención de las variables para el proceso de extrusión y soplado de termoplásticos 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar el software apropiado para el manejo de las variables de proceso. -Simulación a través del software computacional. -Parámetros ideales de las variables de proceso de soplado de termoplásticos: presión, velocidad y temperatura. 	Investigación documental -Utilización del software FEM/FEA
Generar un diseño conceptual y detalle para una máquina de soplado de termoplásticos.	Delimitación de los requerimientos de funcionamiento, operación y económicos, de una máquina de soplado, para establecer un diseño detallado de la máquina.	Diagrama de función global y solución a sistemas de la maquina mediante alternativas	Investigación documental de la casa de la calidad QFD
	Uso de ecuaciones y modelos matemático para dimensionar cada uno de los sistemas de la máquina.	El alcance productivo y características técnicas de la máquina.	Memoria de cálculo y uso de software CAD

3 PROCESO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN Y SOPLADO.

3.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el Ecuador la mayor parte de empresas de manufactura de termoplásticos se ha visto obligada a importar maquinaria, necesaria para los procesos que en estos conllevan, adquiriendo un gasto por aranceles muy elevado, por tanto, resulta beneficioso el diseño y construcción de prototipo de máquinas de extrusión y soplado de materiales termoplásticos en el país, así como el control de variables de producción (presión, temperatura y velocidad) para minimizar las fallas que puedan ocurrir en el polímero, para esto, es necesario utilizar los equipos adecuados que logren un diseño y construcción de la máquina como también revisar artículos referenciados al proceso de soplado, polímeros, control de variables para termoplásticos, simuladores y otros

Por lo anteriormente mencionado el objetivo de la sección fue el identificar el tipo y funcionamiento de cada uno de los componentes del prototipo y softwares computacionales mediante una investigación bibliográfica para conseguir las condiciones de las variables necesarias para obtener un provechoso termoplástico.

3.2 ANÁLISIS DE TRABAJOS PRECEDENTES

3.2.1 Introducción en el Proceso de Extrusión-Soplado

El documento indica las pautas básicas para el proceso y soplado, comenzando con el tipo adecuado para el proceso como el policloruro de vinilo (PVC), el policarbonato (PC) o las mezclas ABC/PC y los termoplásticos semi cristalinos como el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y la poliamida (PA). Considera también la importancia del grado de viscosidad y la temperatura de transformación para las apropiadas características del material, a la vez define las etapas básicas del proceso de extrusión soplado y la estructura de la máquina de soplado incluyendo procesos especiales e innovaciones en las transformaciones de termoplásticos finalmente trata el diseño de moldes y su reciclaje, estableciéndose como un libro con vocación práctica ideal para todos aquellos que se inician en el proceso de extrusión soplado y también, para los que quieran perfeccionar el proceso de fabricación [4].

3.2.2 Materiales termoplásticos en la producción de envases activos para alimentos.

La investigación realizada por instituto tecnológico superior de plástico en Murcia, el cual hace referencia a la importancia del plástico en la industria alimenticia considerando su composición, aditivos, ventajas e inconvenientes.

Muestra las imágenes después que se han logrado colocar las características correspondientes resultando así un producto de calidad [5].

3.2.3 Extrusión – soplado

En el documento se evidencia los distintos componentes de una máquina de extrusión y soplado como también algunas variables de operación según el uso de cada uno de los componentes como el usillo la superficie del molde y otros.

Refleja también las etapas del proceso de extrusión-soplado y los tipos de extrusión y las propiedades de cada uno de estos elementos generando posibilidades adecuadas para la construcción del prototipo.

Este documento posee la información suficiente para formar las bases del diseño y construcción del prototipo [6].

3.2.4 Diseño de un molde extrusión- soplado para botellas de polietileno de baja densidad

El estudio de polietileno de baja densidad es considerado importante para el proyecto, por tanto, en la presente tesis a través del diseño del molde, investiga, los procesos de fabricación de botellas como también el análisis de las propiedades físicas del polietileno de baja densidad (PEBD), finalizando con el diseño del molde [7].

3.2.5 Diseño, construcción y prueba de un extrusor horizontal de tornillo sencillo para polietileno de baja densidad

Este proyecto tiene como objetivo dar a conocer el diseño, construcción y las pruebas de una maquina extrusora para polietileno de baja densidad en forma de pellets. El equipo permite ilustrar el proceso productivo desde la materia prima hasta la obtención de un producto completamente terminado, el cual tiene forma de barra circular. La velocidad de producción del sistema es de 6 kg/h [8].

3.2.6 Diseño de una máquina inyectora de termoplásticos de baja y alta densidad

El presente trabajo de titulación perteneciente a estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi tiene como fin, el diseño de la máquina inyectora de termoplásticos a través del

método de elemento finito (MEF), y con ANSYS, el control de variables para un acabado ideal.

Mediante el software se obtiene las características del producto generado en este caso engranajes de baja y alta densidad, considerando como servible a los de alta densidad para su respectivo objetivo, los valores generados sirven de base para el diseño y construcción de la máquina inyectora de termoplásticos. En el documento se analiza las propiedades del elemento termoplástico para un mejor uso, considerándose una fuente confiable de información que nos servirá para el futuro proyecto [10].

3.2.7 Moldeos por soplado

En el moldeo por soplado se muestra como un proceso en el que se obtienen piezas de plástico huecas por medio de una presión neumática, existe dos tipos de moldeo por soplado, la inyección – soplado, o del parison que resulta ser extrusión – soplado.

El moldeo llamado parison tiene la capacidad de obtener contenedores de hasta 10.000 litros de capacidad mientras el moldeo por inyección y soplado permite usar preformas, en efecto puede inyectar y almacenar generando diferentes colores y tamaños, finalmente el moldeo de coextrusión soplado consigue productos multicapa.

También hace referencia al tipo de material necesario para cada proceso y a las geometrías obtenidas en las piezas. Toda la información obtenida en el artículo es necesaria pues ayuda a escoger el tipo de moldeo por soplado más conveniente [11].

3.2.8 Descripción del sistema Extrusión – Soplo

El documento cita la importancia tipo de moldeo por soplando, considerando que está en crecimiento, se refiere al proceso de extrusión – soplo en el cual aparece el termino parison definiéndolo como la forma de un tubo del termoplástico procesado. Recalca también la importancia de otro aspecto como es el enfriamiento del moldeo para obtener una mayor eficiencia, en el método de extrusión se puede distinguir el método continuo y discontinuo con la diferencia que el parison en método continuo es cortado y transportado hacia el molde y en método discontinuo no es constante. Los métodos para el soplo se dividen en soplo por aguja y por mandril resultando el más adecuado el de mandril calibrado que remueve el exceso de material en la parte superior.

Los datos recolectados en el artículo ayudan a tomar decisiones en cuanto a los componentes para la construcción de la maquina es importante considerar cada uno de ellos para obtener el más beneficioso [12].

3.2.9 Soplado de Termoplásticos

Se conoce el proceso de producción y a las partes de la máquina que en el proceso de soplado de termoplásticos interviene, como la obtención del precursor que determinara el espesor de la pared, resalta que las resinas empleadas deben tener una alta viscosidad y el fundido debe producirse por una resistencia elevada, el perno de soplado es otro elemento principal para una óptima producción, por tanto, se ha considerado un tamaño óptimo del orificio de entrada de aire. Otro factor de gran relevancia es la humedad en el aire de soplado que puede provocar marcas sobre la superficie de la pieza.

Este documento posee datos de dimensionamiento de piezas pertenecientes a la máquina de extrusión – soplado por tanto se debe tomar en cuenta las consideraciones que se recalca en el documento [13].

3.3 DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

Dado que la mira central del proyecto es el procesado del termoplástico se aborda ciertos parámetros, que sirvan de bases conceptuales sobre los cuales sustentarse al resolver el problema del proyecto. Para empezar, se debe obtener características, comportamiento de los termoplásticos, parámetros para obtener el análisis, así como, el principio de funcionamiento y partes de la máquina para el procesado del HDPE

3.3.1 Polímeros

Los polímeros se producen por la polimerización, este fenómeno se desarrolla al unir moléculas pequeñas para crear moléculas gigantes o macromolécula en cadena, con pesos moleculares desde 10,000 hasta más de 1,000,000g/mol obteniendo así materiales de baja densidad, bajo costo, fácil conformado, más resistentes a la corrosión, versátiles y otras características que repercuten en su aceptación en la industria, al ser tan diversos se presentan como plásticos, caucho y adhesivos, que se utilizan en un sin número de aplicaciones, como en la industria automotriz, alimenticia, farmacéutica, pinturas, envases, adhesivos y otros [14]. Son compuestos orgánicos basados en cadenas de carbono, C, en combinación principalmente con el hidrogeno, H, y también, con otros elementos como el oxígeno, O, nitrógeno, N, cloro, Cl, flúor, F, bromo, Br y azufre, S. Algunos polímeros se basan en cadenas que alternan átomos de silicio, Si, y de oxígeno, reciben el nombre de siliconas [15].

3.3.1.1 Clasificación de los polímeros

Para el objeto de estudio se clasifica en función de su comportamiento mecánico y térmico.

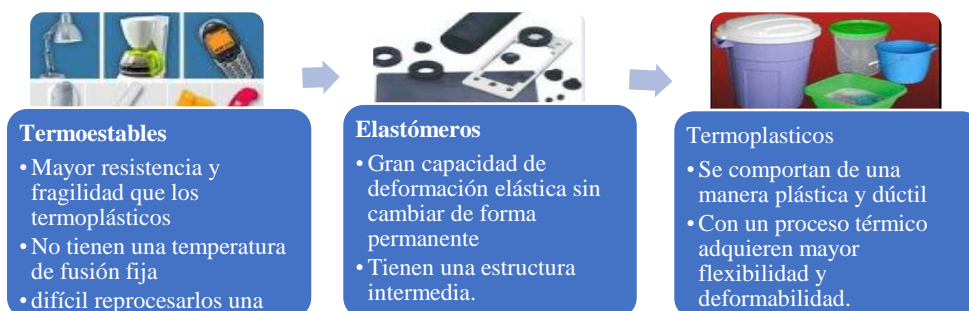


Figura 3.1.Tipos de polímeros

3.3.1.2 Deformación y falla de los polímeros termoplásticos

Al aplicar una cierta fuerza sobre el material, ocurre una deformación elástica y plástica, el comportamiento mecánico, está en función de la carga aplicada y movimiento que produce entre las cadenas del polímero. El proceso de deformación depende del tiempo y la rapidez de aplicación de la carga en el anexo II. Figura II.1. Se puede evidenciar la curva de tensión deformación del HDPE Y LDPE.

3.3.2 Densidad del Termoplástico

“La densidad se puede tomar como una medida de la cristalinidad. Como la ramificación de la cadena macromolecular afecta la estructura de estado sólido o la cristalinidad, la densidad también es un indicador de la ramificación de la cadena. En esta relación, tenemos que diferenciar entre la ramificación de cadena corta y la ramificación de cadena larga. Las ramas de cadena larga están presentes principalmente en polímeros de baja densidad, por lo que las ramas de cadena corta predominan en alta densidad. El rango de densidad para polietilenos puede clasificarse como se muestra a continuación en cuatro categorías de acuerdo con ASTM D-1248” [10]:

Tabla 3.1 Rango de densidades para polietileno.

Tipo	Descripción	Densidad g / cm^3
I	Baja densidad	0,910 – 0,925
II	Media densidad	0,926 – 0,940
III	Alta densidad	0,941 – 0,959
IV	Muy alta densidad	0,960 – 0,995

Fuente: [10]

La densidad del polímero forma una parte fundamental para el producto, por tanto, se debe considerar debido a la aplicación que se requiera, vasos, envases, botellas y otros. Para una mejor calidad en los materiales termoplásticos procesados se establece el uso de normativas para ensayos no destructivos y destructivos dependiendo del proceso, en este caso, en el proceso de soplado de cuerpos huecos, para determinar la apariencia se considera la normativa DIN 5093, para el color y la transparencia la norma DIN 6164 y para verificaciones de dimensiones y tolerancias de botellas se maneja bajo la norma ASTM D2911.

Para precautelar aspectos relacionados con la seguridad, la salud de la vida humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente y la protección del consumidor contra prácticas engañosas, se considera el uso de la reglamentación técnica RTE INEN 100 “materiales y artículos plásticos destinados a estar en contacto con los alimentos” en el que establece, los materiales y artículos plásticos destinados a estar en contacto con los alimentos no deben transferir sus componentes a los productos alimenticios en cantidades superiores a 10 miligramos por decímetro cuadrado de superficie de los materiales o artículos, y conjuntamente con la norma NTE INEN 1186 Se verificará el cumplimiento de los requisitos establecidos mediante ensayos en simuladores. [16]

Según el RTE INEN 100 “materiales y artículos plásticos destinados a estar en contacto con los alimentos”. Identifica los siguientes tipos de materiales termoplásticos para artículos y envases. Ver Anexo II. Tabla II.2.

3.3.3 Polietileno de alta densidad (HDPE)

Dado a su fácil procesado, versatilidad y a no desprender toxinas, son aplicables para la fabricación de cualquier tipo de envase ya sea alimenticio o industrial. es un polímero de cadena lineal no ramificada, ver en el anexo II. Figura II.2 por lo cual su densidad es alta y las fuerzas intermoleculares también. [17]

El HDPE se usa habitualmente en contenedores para leche y jugos, botellas de vinagre y de mantequilla para exprimir y recipientes de jarabe de chocolate, además de las bolsas de compras.

Según la SPI (Sociedad de Industrias de Plástico) “El plástico de polietileno de alta densidad (HDPE) es un material seguro, ya que no emite químicos dañinos. Se usa comúnmente para hacer recipientes para champú, detergentes y aceite de motor, pero cuando se recicla, se puede usar para madera plástica, cercas o materiales de partición de baño.” [17]

3.3.4 Propiedades del HDPE

El HDPE es un material termoplástico parcialmente amorfo y parcialmente cristalino. El grado de cristalinidad depende del peso molecular, de la cantidad de monómero presente y del tratamiento térmico aplicado. Presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) y mejor resistencia química y térmica que el polietileno de baja densidad, debido a su mayor densidad. Además, es resistente a las bajas temperaturas, impermeable, inerte (al contenido), con poca estabilidad dimensional y no tóxico. Presenta un fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos. Las tablas de propiedades físicas, mecánicas y térmicas se presentan en el anexo II. Tabla II.3, Tabla II.4, Tabla II.5. Respectivamente [18].

Para la obtención de envases plásticos es necesario un proceso de soplado por lo cual se requiere una maquina capaz de generar envases a partir de pellets de termoplástico, a continuación, se obtiene información del principio de funcionamiento y los componentes de la máquina soplado.

3.4 Principio de funcionamiento del prototipo de máquina de soplado.

Para iniciar el proceso se requiere una materia prima específica, en este caso pellets o granulado de termoplástico, la máquina de extrusión y soplado funde el granulado del termoplástico a partir de las variables de presión, velocidad, temperatura mediante el proceso de extrusión, generando parison para su posterior moldeo mediante el soplo abastecido por una presión de aire.

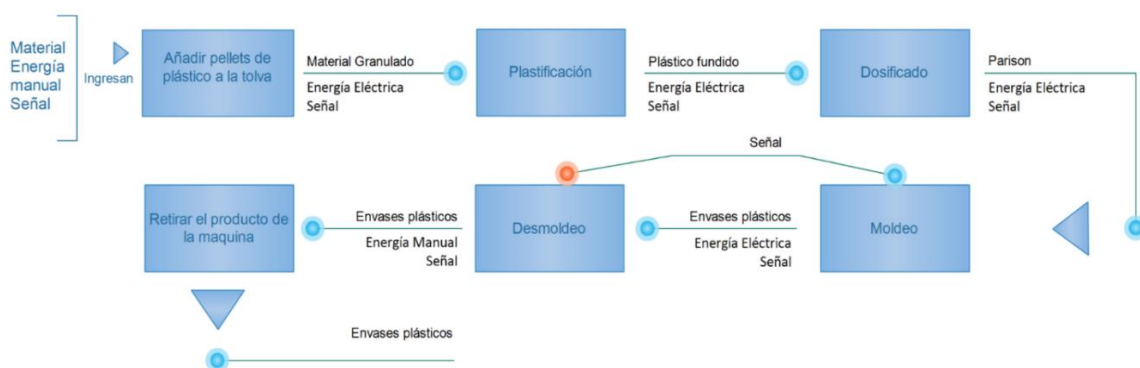


Figura 3.2 Diagrama del principio de funcionamiento.

En la figura 3.5. se representa el dibujo conceptual típico de una máquina de extrusión y soplado, sin embargo, al ser un proyecto técnico – ingenieril se debe fundamentar en información verídicas y en normativas que garanticen un proyecto de calidad, cumpliendo los parámetros establecidos para el tipo de máquina que se requiere.

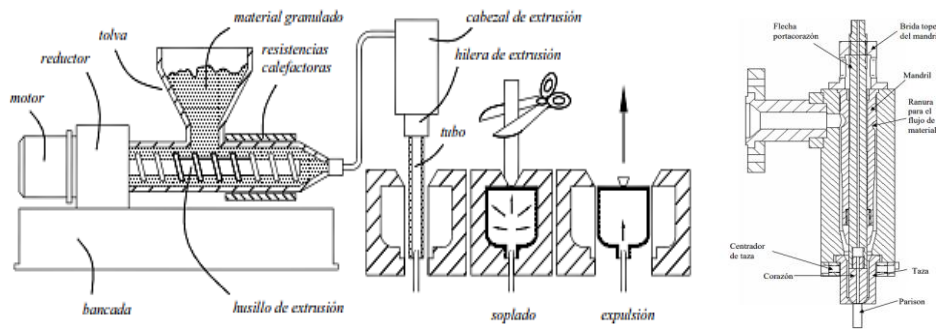


Figura 3.3.Elementos de la máquina de soplado a) (derecha) máquina de soplado b) (izquierda) cabezal de extrusión

Fuente: [19]

3.4.1 Elaboración del parison

Para la obtención del parison es necesario un proceso de extrusión, el cual implica una serie de componentes y procesos, desde la alimentación en la tolva hasta la salida del proceso. Las condiciones y características del termoplástico procesado en forma tubular, estarán afectadas en base a las variables del proceso, como temperatura y velocidad. Principalmente para la obtención del parison hay dos tipos de procesos de extrusión:

Tabla 3.2.Tabla de comparación de procesos de extrusión.

Proceso de extrusión continua	Proceso de extrusión discontinua
Velocidad de extrusión constante, por ende, una producción continua del parison.	La generación del parison está establecida por rangos de tiempos.
Se corta el parison y transporta hacia el molde (Figura 2.9 a). El molde toma el parison, lo corta y se transporta a la unidad de soplado, obteniendo así un rango de tiempo para que parison tome la longitud necesaria para el siguiente proceso y posee un costo relativamente menor. (Figura 2.9 b)	Se detiene el funcionamiento del tornillo. El tornillo se retrae y acumula material en la punta del extrusor, una vez que se necesita generar parison el tornillo se mueve hacia la punta del extrusor, expulsando el material acumulado.

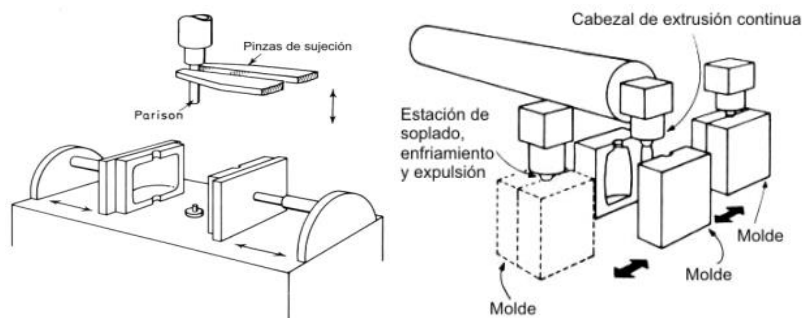


Figura 3.4.Proceso continuo a) (derecha) Moldes móviles b) (izquierda) Moldes fijos.

Fuente: [20]

3.4.2 Componentes del sistema de extrusión

El sistema de extrusión consta de un sistema mecánico, en el que principalmente se encuentra la tolva, el husillo, el cilindro, el cabezal de extrusión, en el sistema eléctrico se encuentra el motor, las resistencias eléctricas, el sistema de mando y control, el sistema neumático para el posicionamiento del molde, corte del parison y sistema de sople.

Con la normativa nacional NEC Capítulo 15 Instalaciones electromecánicas, se obtiene bases técnicas que sustenten las instalaciones y procesos para un mejor diseño e implementación.

3.4.3 Sistema mecánico

La máquina consta principalmente de un sistema mecánico en el que se incluye estudios, térmicos, análisis del fluido en movimiento, diseño de elementos de máquina, análisis de esfuerzos que permiten un mejor dimensionamiento y diseño para la máquina, se toma como punto inicial el dimensionamiento del tornillo, por ser el primer elemento en procesar el termoplástico.

3.4.4 El tornillo de extrusión

“El tornillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal (figura 3.6). considerado como el más importante, realiza funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. Dependiendo de la aplicación se puede identificar dos tipos principalmente de tornillo el mono husillo y doble husillo.

Tabla 3.3.Tabla de comparación de husillos.

Mono husillo	Doble husillo
Ideal para procesos de extrusión que no conlleven una gran producción, por su bajo costo y eficiencia energética.	Generan una mayor fuerza de cizalla, una buena capacidad de mezclado y desgasificación, y un buen control del tiempo de residencia y de su distribución.

En todo tornillo de extrusión se puede identificar 3 zonas, junto con la presurización a lo largo del tonillo, la zona de alimentación recibe la materia prima de la tolva, la compacta y la transporta hacia la siguiente zona a una velocidad adecuada. En la zona de transición el material se compacta y se funde, consiguiente, llega a la zona de dosificado, el material fundido es homogeneizado y presurizado para forzarlo a atravesar a presión la boquilla de conformado. En todo este proceso la profundidad del canal disminuye de manera gradual. Ver figura 3.5

La estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen en gran medida del diseño del tornillo. Los parámetros más importantes en el diseño del tornillo son su longitud (L), diámetro (D), el ángulo del filete (θ) y el paso de rosca (w)” [21].

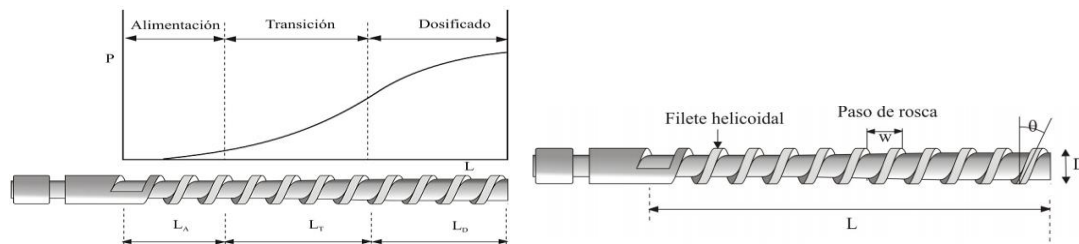


Figura 3.5. a) Zonas del tornillo. b) Tornillo de extrusión.

Fuente: [21]

3.4.5 Barril de extrusión

El cilindro de extrusión alberga en su interior al tornillo. La superficie del cilindro debe ser muy rugosa para aumentar las fuerzas de cizalla que soportará el material y permitir así que éste fluya a lo largo de la extrusora. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo, ya que éste es mucho más fácil de reemplazar. [21]



Figura 3.6. Cilindro de extrusión.

Fuente: [21]

3.4.6 Temperatura de extrusión

“Es la temperatura a la que se calienta el material para introducirlo en el interior del molde. La temperatura del material aumenta gradualmente desde que entra por la tolva hasta que se encuentra preparado para ser extruido” [10].

3.4.7 Tolva de alimentación

La tolva es el contenedor que se utiliza para introducir el material en la máquina, esta debe estar ensamblada con la garganta de alimentación y boquilla de entrada, diseñadas de manera que proporcionen un flujo constante de material. Esto se consigue más fácilmente con tolvas de sección circular, aunque son más caras y difíciles de construir

que las de sección rectangular. Se diseñan con un volumen que permita albergar material para 2 horas de trabajo. [21]

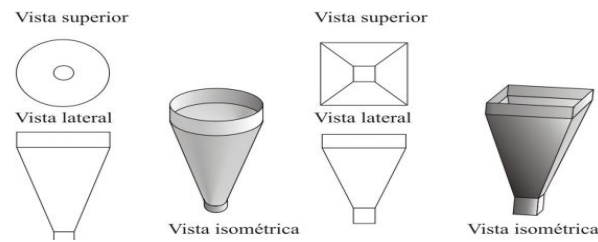


Figura 3.7. Tipos de Tolva.

Fuente: [21]

3.4.8 Cabecial de extrusión y boquilla

El cabezal de extrusión tiene como función el generar la forma final del parison, la cual es un tubo hueco con las medidas requeridas para el tipo de envase a producir. Está situada al final del cilindro, que se encuentra atornillado al cilindro, sujetando la boquilla y por lo general manteniendo el plato rompedor. El perfil interno del cabezal debe facilitar lo más posible el flujo del material hacia la boquilla, el espesor de la pared del parison dependerá del tamaño de la boquilla y el mandril de la máquina, por lo que, el diseño de estas partes debe ser muy preciso en el caso de que los extremos de la boquilla y del mandril central sean regulables, se puede modificar el diámetro interno del precursor, y por tanto su espesor.

<p>Figura 3.8. Estructura del cabezal de extrusión</p> <p>Fuente:[19]</p>	<p>“Existen otras posibilidades para modificar el espesor del parison, y por tanto de conseguir una distribución de espesores más uniforme de la pieza moldeada, como, por ejemplo” [12].</p> <p>Variar la velocidad de extrusión</p> <p>Variar la presión en la extrusora</p> <p>Modificar el tamaño de la boquilla manteniendo constante el tamaño del mandril</p>
---	--

3.4.9 Tipos de cabezales de extrusión

Existen diferentes tipos de cabezales de extrusión, el diseño cambia de acuerdo al material a utilizar y la forma del parison requerida para que se puedan hacer las botellas con la mejor calidad y sin tanto desperdicio de material. Existen básicamente dos tipos de diseño de cabezal para el proceso de extrusión continua, los cuales son:

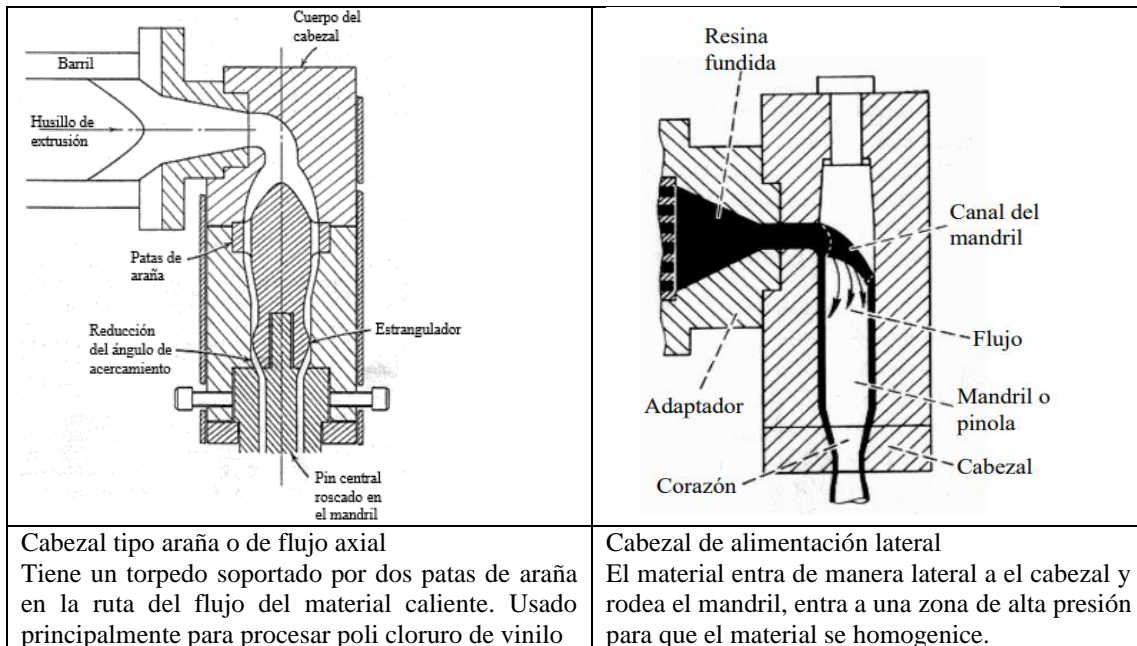


Figura 3.9 Comparación de cabezales de extrusión.

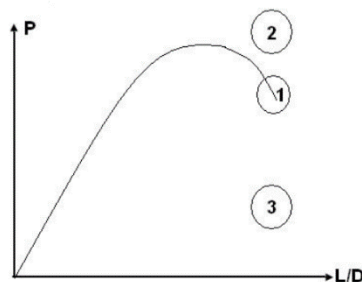


Figura 3.10 Efectos de la presión en el cabezal

Fuente: [22]

En la figura 4.3 se observa una zona 1 donde se determina la situación donde la presión del cabezal es menor que la desarrollada por el tornillo, siendo este el caso ideal, si se obtuviera una presión superior a la del tornillo como es el caso de la zona 2, el material no lograría fluir a través del cabezal; en el caso de la zona 3 se estaría malgastando la presión alcanzada y por ende la potencia utilizada en la máquina.

3.4.10 Sistema de potencia

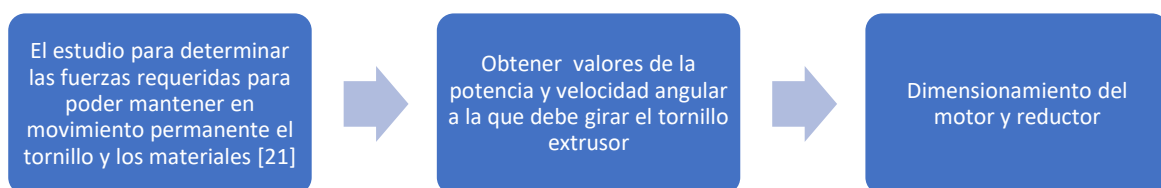


Figura 3.11 Proceso del sistema de potencia.

3.4.11 Sistema Eléctrico

Está compuesto principalmente por las resistencias eléctricas que generan el calor necesario, para el proceso, sin embargo, también se considera algunos componentes como el motor controlador, reguladores, termocuplas, tablero de mando y control y necesarios para el funcionamiento de la máquina.

3.4.12 Resistencia Eléctrica con forma de abrazadera.

Son las responsables de suministrar la temperatura necesaria para el fundido del material, se encuentran ubicadas sobre el barril de extrusión. “Todas estas resistencias con forma de abrazadera se diferencian esencialmente en el material de su aislamiento, que puede ser de mica o de cerámica, sobre todo, y que se aplican dependiendo del tipo de plástico con el que va a trabajar la extrusora. De todos modos, también existen otros tipos de resistencia, como las de abrazadera con tubular blindada y las micro tubulares helicoidales. Es necesario tener en cuenta el modelo de máquina extrusora y el tipo de plástico con el que se va a trabajar para elegir la mejor opción en cada caso” [23].

Un resistor de espiral es ensamblado dentro de un núcleo cerámico. Estos, son cubiertos con acero inoxidable y comprimidos en una operación de estampado.

3.4.13 Molde de soplado

Se los realiza acorde a las dimensiones del envase a procesar, puesto que los moldes en soplado no tienen que soportar elevadas presiones la cantidad de materiales disponibles para su construcción es grande. Ver figura 3.12.

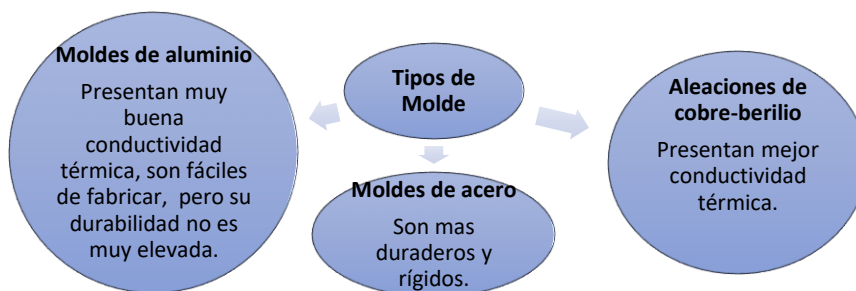


Figura 3.12 Tipos de moldes según el material.

3.4.14 Sistema Neumático

En la máquina de extrusión se evidencia, un sistema neumático que permite la movilidad del molde, corte del parison y el suministro de aire a presión para el proceso de soplo.

3.4.15 El Perno de Soplado

“En el moldeo por soplado, el aire se introduce a presión dentro del parison, de modo que éste se expande contra las paredes del molde con tal presión que capta los pormenores de la superficie del molde. Se considera un adecuado del orificio de entrada del aire ya que, si el canal de entrada es demasiado pequeño, el tiempo de soplado requerido será excesivamente largo, o la presión ejercida sobre el precursor no será adecuada para reproducir los detalles de la superficie del molde. Para evitar esto, se han establecido unas reglas generales en la determinación del tamaño óptimo del orificio de entrada de aire, en función del tamaño de la pieza”, como se muestra en la tabla 3.4 [12].

Normalmente, la presión del aire que se emplea para el soplo está comprendida entre 250 y 1000 kg/cm². Existen principalmente dos tipos de soplo.

Tabla 3.4.Tabla de comparación de husillos

Diámetro del orificio (mm)	Capacidad de la pieza (L)
1,6	1
4	1 - 4
13	4 - 200

El proceso de soplado determina la calidad del producto, según su aplicación se divide

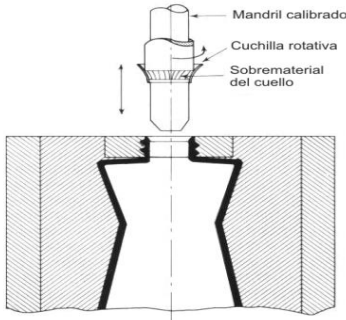
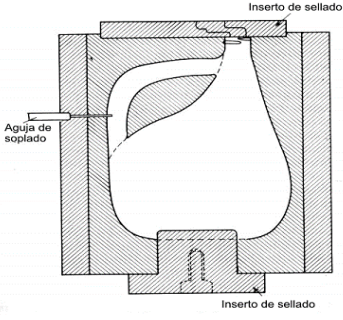
	
<p>Soplado por Mandril El mandril entra por la parte superior del molde e inyecta el aire a presión. Usado cuando se utiliza una tapa que va a sellar con la parte interior del cuello de la botella. Remueve el exceso de material en la parte superior. [19]</p>	<p>Soplado por aguja Se utiliza una aguja hipodérmica o una barra hueca de diámetro pequeño para introducir el aire. [19] Se utiliza cuando el parison se encuentra sujeto por el molde y perfectamente sellado.</p>

Figura 3.13 comparación de tipo de soplados.

3.4.16 Posicionamiento del molde

Se establece dos sistemas principales para posicionar el molde.

Tabla 3.5. Tabla de Posicionamiento de molde.

Posicionamiento Neumático	Posicionamiento electro neumático
<ul style="list-style-type: none"> - Obtiene la energía a través de la presión de un caudal de aire comprimido - La diferencia de energía entre la consumida y la producida en el movimiento se traduce directamente en pérdidas [24] 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor rapidez y velocidad en los procesos. - Utiliza válvulas eléctricas para controlar el flujo de aire o la presión y mover un actuador. - Mayor productividad, mejor capacidad de reparación y menor coste. - Flexible en su colocación y diseño para una tarea concreta. [25]

3.4.17 Cierre del Molde

Las máquinas más modernas utilizan, para los movimientos rápidos de avance y retroceso del pistón principal, otros pistones auxiliares que son de pequeño diámetro y van situados paralelamente al pistón principal o incluidos centralmente en él. La fuerza total de cierre la da el pistón principal mientras que los pistones auxiliares sólo sirven para conseguir movimientos más rápidos del sistema. En la figura 3.14 se representa el sistema de cierre anteriormente planteado.

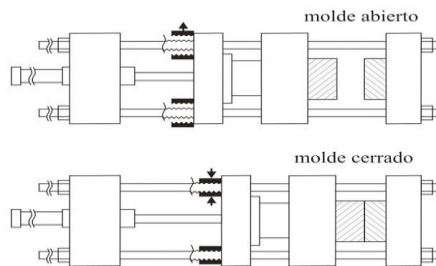


Figura 3.14. Sistema de cierre de dos pistones.

Entre las principales ventajas de los sistemas hidráulicos de cierre se encuentra que la fuerza de cierre puede ser monitorizada y cambiada en cualquier momento durante el ciclo, y lo mismo ocurre con la velocidad a la que se mueve el pistón a lo largo de su recorrido.

3.4.18 Temperatura del molde

“Es la temperatura a la que se encuentra la superficie de la cavidad de moldeo. Debe ser lo suficientemente baja para enfriar el material fundido y conseguir que solidifique” [10]. Con un enfriamiento rápido, se reduce el costo y aumenta la producción, se disminuye problemas de encogimiento, esfuerzos congelados y extracción de la pieza. En el Anexo III. Tabla III. 1. Se identifica valores previos de temperatura de enfriamiento de moldes.

4 METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA DE SOPLADO

4.1 Introducción

El diseño de la máquina se fundamentó en metodologías, métodos e instrumentos que permitan un diseño ingenieril electromecánico, en base a modelos matemáticos, herramientas computacionales de modelado, análisis y simulación. Para la validación del procedimiento de la máquina es necesario el análisis de los parámetros ideales de las variables de proceso como presión, temperatura y velocidad a través del método de elementos finitos para obtención del comportamiento ideal del HDPE al ser procesado. La información obtenida por trabajos precedentes, herramientas computacionales y libros forman un sustento en el diseño del prototipo.

4.2 Diseño mecánico

Como condición de inicio se estableció un valor comercial para un diámetro de husillo de 38 mm, por tanto, se procede a utilizar la tabla de dimensiones típicas de una sopladora de plástico convencional perteneciente al libro Polymer Extrusión” de Pierre G [26]

Tabla 4.1. Dimensiones típicas de una extrusora de plástico convencional.

DESCRIPCIÓN	MÍNIMO	MÁXIMO	VALOR TÍPICO
Longitud total (L)	20 D	30 D	24 D
Diámetro de tornillo (D)	2 cm	90 cm	
Paso de tornillo (p)			1 D
Longitud en la zona de alimentación (La)	4 D	8 D	4 D
Longitud en la zona de transición (Lt)	6 D	10 D	10 D
Longitud en la zona de dosificación (Ld)	6 D	10 D	10 D
Ancho de filete del tornillo (t)	0,1 D	0,1 D5	0.1 D
Angulo del filete con la vertical (φ)	15°	30°	
Profundidad zona de alimentación (h_1)	0,1 D	0,2 D	
Profundidad zona de dosificación (h_2)	0,05 D	0,1 D	
Relación de compresión (h_1/h_2)	2	4	
Holgura entre el cañón y el filete (δ)	0,0025 D	0,0035 D	
Revoluciones del tornillo por min (N)	50	150	
Flujo másico de producción (m_D)	10 kg/h	1000 kg/h	

Fuente: [26]

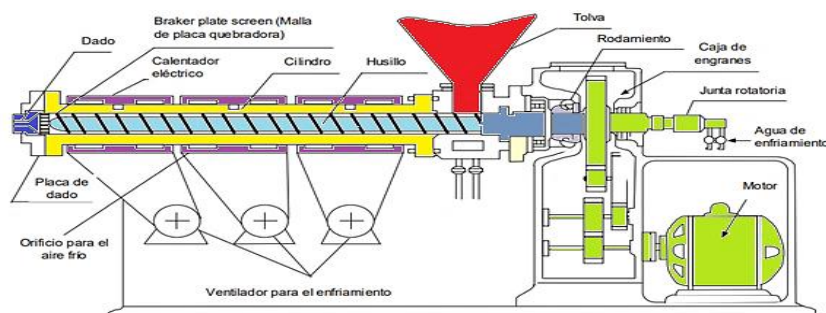


Figura 4.1 Partes de sistema de extrusión de la máquina de soplado

Fuente: [27]

4.2.1 Metodología para diseño de husillo de extrusión

Como información inicial, se estableció el tipo de elemento, mediante una metodología cualitativa. Las consideraciones para el uso de la metodología y la valoración se encuentran en el anexo IV.

Tabla 4.2 Selección del tornillo

	Husillo simple	Doble husillo
Operación	10	5
Consumo de energía	10	5
Mantenimiento	20	5
Capacidad de producción	5	20
Costo	10	5
TOTAL	55	40

Se determinó el husillo simple como mejor opción y se establece como condición inicial para el dimensionamiento.

Método para geometría del tornillo de extrusión

Para el método de diseño del tornillo, se especificó las propiedades del material a procesar, así como, la metodología presente en el libro “Extruder Principles and Operation” de JA Covas y MJ Stevens [28]

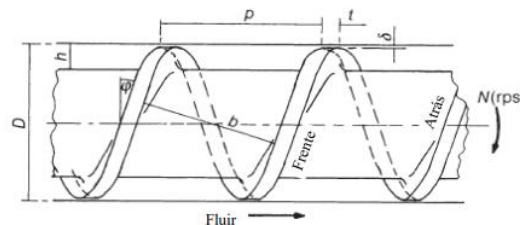


Figura 4.2. Geometría del tornillo.

Fuente: [28]

El tornillo tiene como su función principal extruir HDPE para la fabricación de parison para envases por soplado, la estabilidad del proceso y calidad del producto vienen dadas por el diseño del tornillo. La figura 4.2. muestra el diseño del tornillo.

Ecuación para determinar el ángulo del filete de la hélice del tornillo con la vertical

$$\varphi = \tan^{-1} \cdot \left(\frac{P}{\pi \cdot D} \right) \quad (4.1)$$

φ = Ángulo de filete de la hélice del tornillo (°)

p = Paso del tornillo (m)

D = Diámetro del tornillo (m)

Ecuación para determinar el ancho del canal (b)

Se encuentra en dirección normal al filete del tornillo, viene dado por:

$$b = (p - t) \cdot \cos \varphi \quad (4.2)$$

b= Ancho del canal (m)

p= Paso del tornillo (m)

t= Ancho del filete del tornillo (m)

La relación de compresión es la relación volumétrica de las vueltas del filete en las zonas de alimentación y de dosificado, se encuentra en rangos típicos que oscila entre 2.0 y 4.0

$$CR = \frac{h_1}{h_2} \quad (4.3)$$

CR= Relación de compresión

h_1 = Profundidad zona de alimentación (m)

h_2 = Profundidad zona de dosificación (m)

Método para el análisis del movimiento de HDPE en la extrusora

Para conocer las variables con las que trabajara el sistema en torno al material, se consideró al comportamiento del HDPE fundido como newtoniano e incomprensible y al canal de tornillo como de sección rectangular [26].

Los valores necesarios para el cálculo de las siguientes ecuaciones vienen determinados por formulas complementarias dispuestas en el anexo V tabla V.2

Ecuación para determinar la presión del polímero

La presión necesaria para que circule el polímero a través de la boquilla al final de la extrusora viene dada por:

$$P = \frac{4 \cdot W \cdot \eta \cdot Z}{h_1^2} \quad (4.4)$$

P = Presión del polímero a través de la boquilla (Pa)

h_1 = Profundidad zona de alimentación (m)

η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido (N_s/m^2)

W= Componente longitudinal de la velocidad (m/s)

Z = Longitud total del canal (m)

Ecuación para determinar el flujo másico de polímero total

$$m_{Tot} = m_D - m_P \quad (4.5)$$

m_{Tot} = Flujo másico de polímero total (kg/h)

m_P = Flujo másico de presión (kg/h)

m_D = Flujo másico de polímero extruido (kg/h)

Ecuación para determinar la presión máxima de polímero

El diseño de la máquina debe considerar una falla extrema, en la cual se impone un caso de obstrucción en el extremo de la máquina evitando la salida del polímero y una presión máxima

$$P_{max} = \frac{6 \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot N \cdot \eta}{h_3^2 \cdot \tan \varphi} \quad (4.6)$$

P_{max} = Presión máxima del polímero (MPa)

η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido (N_s/m^2)

L = Longitud del tornillo (m)

h_3 = Profundidad promedio de la zona de transición (m)

D = Diámetro del tornillo (m)

N = Velocidad de giro del tornillo (rev/s)

Ecuación para determinar la potencia requerida por el tornillo de extrusión

El estudio de la potencia en cada zona por la que el termoplástico fluye, es la base principal para la obtención necesaria de la potencia que se necesita para que el fluido pueda procesarse. Ver formulas complementarias en anexo V tabla V.3

$$E_{Tot} = E_A + E_T + E_D \quad (4.7)$$

E_{Tot} = Potencia total absorbida por el tornillo (W)

E_A = Potencia total absorbida en la zona de alimentación (W)

E_T = Potencia total absorbida en la zona de transición (W)

E_D = Potencia total absorbida en la zona de dosificación (W)

4.2.2 Metodología para selección de barril de extrusión

Se consideró principalmente el espesor, que condiciona el esfuerzo permisible del material a una temperatura de operación dada. Ver anexo IV.

Tabla 4.3. Selección del barril de extrusión

	Tubería costura, cédula 80	sin costura, negra, cédula 80	Tubería costura, cédula 40	sin costura, negra, cédula 40	Tubería de acero inoxidable cédula 40
Temperatura	20		10		10
Adaptabilidad	10		10		10
Costo	5		10		5
TOTAL	35		30		25

La tubería sin costura negra, cédula 80 de 1 1/2 pulgada, establece las mejores condiciones para las necesidades térmicas y dimensiones de la máquina.

Método para determinar calor requerido en la extrusora

El flujo de calor máximo requerido para calentar el HDPE desde la temperatura ambiente (15°C) hasta la máxima temperatura del intervalo de procesamiento (260°C), se calcula en función del flujo másico total de polímero a ser extruido.

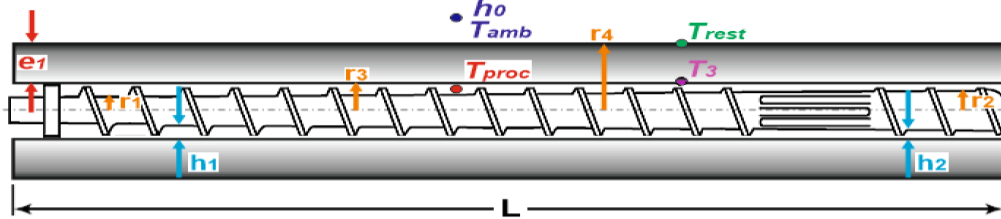


Figura 4.3. Medidas en tornillo y cilindro

Fuente: [29]

$$\dot{Q}_{req} = m_{Tot} \cdot C_{pHDPE} \cdot (T_{proc} - T_{amb}) \quad (4.8)$$

\dot{Q}_{req} = Calor requerido para fundir el HDPE a la temperatura de procesamiento (KW)

m_{Tot} = flujo másico de polímero total (kg/h)

C_{pHDPE} = Calor específico del HDPE (kJ/kg · K)

T_{amb} = Temperatura ambiente = 15°C (288°K) (K)

T_{proc} = Máxima temperatura procesamiento = 260°C (533°K) (K)

Método para determinar la potencia de calentamiento

La potencia es generada por medio de resistencias calefactoras iniere en el proceso de mantener estable la temperatura de procesamiento del HDPE, ver ecuaciones complementarias en anexo V tabla (V.6 – V.8)

$$Pot_{ter} = \dot{Q}_{req} + q_{conveccion} \quad (4.9)$$

Pot_{ter} = potencia total requerida (kW)

\dot{Q}_{req} = Calor requerido para fundir el HDPE a la temperatura de procesamiento (kW)

$q_{conveccion}$ = pérdidas de calor por convección (kW)

Para prevenir situaciones adversas se considera un factor de seguridad de 1.2

$$Pot_{cal} = 1.2 \cdot Pot_{ter} \quad (4.10)$$

Pot_{cal} = potencia total requerida (kW)

4.2.3 Diseño de cabezal de extrusión y soplado

El cabezal de extrusión tiene como objetivo generar la forma y espesor del parison con las medidas requeridas del envase, para posteriormente entrar en la parte de soplado.

Para la selección del cabezal se establece consideraciones en el anexo IV.

Tabla 4.4. Selección de del tipo de cabezal de extrusión

	Cabezal tipo araña o de flujo axial	Cabezal de alimentación lateral o flujo radial	Cabezal perfilador angular con mandril desplazable
Funcionamiento con el HDPE	5	20	10
Menor complejidad de construcción	5-	10	0
Menor costo de manufactura	10	10	0
Facilidad de calibración	10	10	20
Rapidez en el cambio color	5	5	10
TOTAL	35	55	40

El cabezal de alimentación lateral resulta el más adecuado para el proceso de extrusión y soplado, para su diseño se analiza los cabezales de soplado del libro de transformación de plásticos de Savgorodny [30]. El cabezal estará sometido a esfuerzos térmicos y corrosivos, por tanto, para la elección del material se considera estas variables y el libro selección de materiales en el diseño de máquinas de Carles Riba [31]

4.2.4 Selección del tipo de Rodamiento

Por lo general, son elementos mecánicos que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que actúa como apoyo facilitando el desplazamiento, para selecciona el tipo se considera el anexo IV.

Tabla 4.5. Selección de tipo de Rodamientos

	Rodamientos a bolas	Rodamientos de agujas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos axiales
Capacidad de carga	20	20	20	5
Velocidad	5	5	5	5
Vida nominal	10	5	10	10
Adaptabilidad	10	10	10	5
Disponibilidad	20	5	10	5
Costo	20	5	5	5
TOTAL	85	50	60	35

Fuente: [32]

Los rodamientos a bolas estarán ubicados en los extremos del cilindro y el husillo de extrusión para facilitar la sujeción a la estructura.

4.2.5 Diseño de la estructura

La estructura forma una parte importante en el sistema, donde soportan las cargas transmitidas por los demás elementos, para la metodología cualitativa la información previa se encuentra en el anexo IV.

Tabla 4.6. Selección de del tipo de estructura

	Estructura apernada	Estructura Soldada	Estructura masiva
<i>Cargas</i>	5	10	20
<i>Material</i>	5	10	5
<i>Transporte</i>	20	20	5
<i>Vida útil</i>	5	10	15
<i>Aplicabilidad</i>	15	20	10
<i>Disponibilidad</i>	15	15	5
<i>Costo</i>	10	5	5
TOTAL	75	90	65

Se consideró una estructura soldada convencional, por tanto, el sistema debe estar sometido a un análisis estructural para validar su diseño.

4.2.6 Ecuación del volumen de la tolva de alimentación

Para el cálculo del volumen de la tolva es recomendable una estructura prismática, por su construcción fácil, y una base cilíndrica para facilitar la caída del material por gravedad. Se consideró el volumen que necesita la tolva para evitar deficiencias como obstrucciones o exceso de material en la alimentación.

$$V = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2}) + A_1 \cdot H \quad (4.11)$$

V= volumen de la tolva (mm^2)

A_1 = Área mayor (mm^2)

A_2 = Área menor (mm^2)

h= Altura del tronco pirámide (mm)

H =Altura de sección recta (mm)

4.3 Sistema eléctrico.

El sistema eléctrico suministra energía para el control de la máquina, está compuesto de un sistema de potencia y un sistema control, se valida los sistemas por medio de un programa de simulación eléctrica

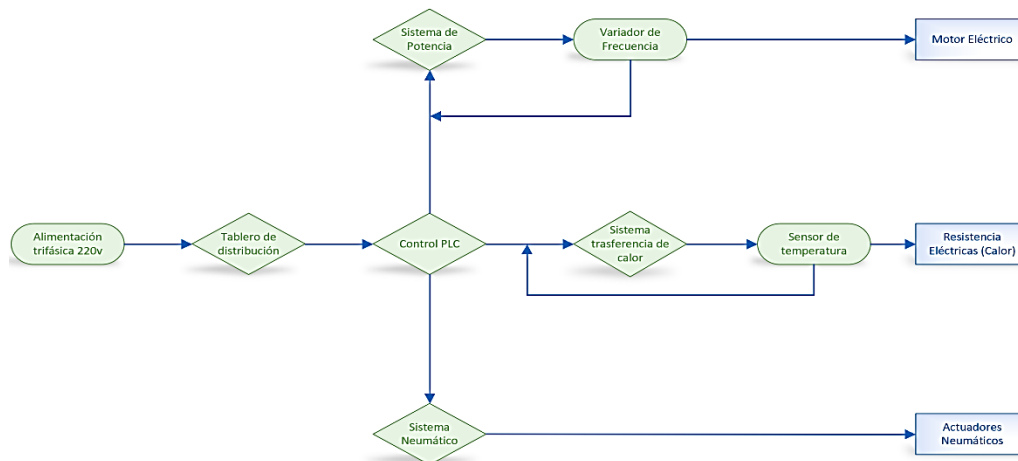


Figura 4.4. Diagrama de funcionamiento del sistema eléctrico.

En el diagrama se presenta de forma gráfica los elementos que componen el sistema eléctrico, así como la relación de funcionamiento entre ellos.

4.3.1 Metodología para selección de motor

La potencia necesaria para el movimiento y torque del tornillo, es suministrada por un motor eléctrico, debido a su versatilidad y fácil acceso, ver anexo IV.

Tabla 4.7 Selección del tipo de Motor

	Motores con anillos rozantes	Motores con colector	Motores con jaula de ardilla	Motor en derivación o motor Shunt
Red	20	20	20	5
Velocidad	5	5	10	10
Par	10	10	20	20
Disponibilidad	10	10	20	10
Rendimiento	5	5	10	10
Adaptabilidad	5	20	20	10
Costo	10	5	10	5
TOTAL	65	75	110	70

Fuente: [33]

Para conocer la carga que se ejercerá sobre el tornillo es necesario el dimensionamiento del motor y reductor para la obtención del torque transmitido al tornillo, por tanto, se utiliza el resultado de la ecuación (4.6) y un 0,7 de eficiencia del sistema tomando en cuenta la eficiencia del motor, la trasmisión y el reductor de velocidad

Ecuación de potencia real del motor

$$Pot_{mot} = \frac{E_{Tot}}{0,7} \quad (4.12)$$

Pot_{mot} = Potencia real del motor (W)

E_{Tot} = Potencia total absorbida por el tornillo (W)

Ecuación para el torque mínimo requerido en el eje del motor

$$T_{\text{mot}} = \frac{\text{Pot}}{W_{\text{mot}}} \quad (4.13)$$

T_{mot} = El torque mínimo requerido en el eje del motor ($N \cdot m$)

Pot = Potencia requerida (W)

W_{mot} = Velocidad nominal de giro del motor eléctrico (rev/min)

4.3.2 Metodología para selección de reductor

Se estableció las variables para la selección del reductor, según las siguientes ecuaciones

Ecuación para relación de transmisión total requerida

$$i_T = \frac{\omega_{\text{mot}}}{\omega_{\text{tor}}} \quad (4.14)$$

i_T = Relación de transmisión total requerida

ω_{mot} = Velocidad motor (rev/min)

ω_{tor} = Velocidad del tornillo (rev/min)

Ecuación para la velocidad de giro a la entrada del reductor de velocidad

$$\omega_{\text{red}} = i_{\text{red}} \cdot \omega_{\text{tor}} \quad (4.15)$$

i_{red} = Relación de transmisión del reductor

ω_{red} = Velocidad del reductor (rev/min)

ω_{tor} = Velocidad del tornillo (rev/min)

Ecuación para el torque transmitido al tornillo extrusor

$$T_{\text{tor}} = \frac{\omega_{\text{mot}}}{\omega_{\text{tor}}} \cdot T_{\text{mot}} \quad (4.16)$$

T_{tor} = Torque transmitido al tornillo ($N \cdot m$)

T_{mot} = Torque del motor ($N \cdot m$)

ω_{mot} = Velocidad del tornillo (rev/min)

ω_{mot} = Velocidad motor (rev/min)

4.3.3 Metodología para selección de resistencia de calentamiento

La selección de la resistencia de calentamiento se basa en los datos obtenidos de la metodología del cálculo del calor requerido en las tres zonas. Se establece una metodología cualitativa para conocer la mejor opción, ver anexo IV.

Tabla 4.8. Selección del tipo de resistencia de calentamiento

	Resistencia plana cerámica	Resistencia plana mica	Resistencia abrazadera cerámica	Resistencia abrazadera inox
Temperatura	20	10	20	20
Adaptabilidad	5	5	10	20
Función	10	10	10	10
Costo	5	10	5	10
TOTAL	40	35	45	60

Las de mayor impacto en el ámbito de manufactura del plástico son las resistencias de abrazadera tipo mica, ubicadas en toda la longitud del cilindro de extrusión, empleadas a diferente temperatura dependiendo de la zona de aplicación.

4.3.4 Metodología para selección de Ventiladores

El exceso de temperatura provocado por el movimiento de tornillo y condiciones externas, provoca ineficiencia en el sistema, para contrarrestar y facilitar el control se selecciona un ventilador centrífugo en cada zona del tornillo, ver ecuaciones complementarias en anexo V tabla V.12.

Ecuación para caudal de aire necesario

$$Q_{ca} = \frac{0,77 \cdot 10^{-3} \cdot P_{cal}}{\Delta T_{cal}} \quad (4.17)$$

Q_{ca} = Caudal de Aire (m^3/s)

P_{cal} = Potencia calorífica (W)

ΔT_{cal} = Temperatura de calentamiento del aire de refrigeración ($^{\circ}C$)

4.3.5 Metodología para selección de aparamenta eléctrica

En el ámbito eléctrico las variables de selección giran en torno al voltaje, corriente, potencia (contactores, fusibles, protecciones) de cada equipo y temperatura del sistema (termocuplas), sin embargo, es necesario aplicar normativas de la NEC (art. 215.2, 215.3, 220.18) [34] para la selección de protecciones la cual considera que los alimentadores y disyuntores deben tener una ampacidad permisible no inferior al 125% en cargas continuas.

$$I_p = 1,25 \cdot I_N \quad (4.18)$$

I_p = Intensidad de protección (A)

I_N = Intensidad nominal (A)

Para una mejor eficiencia se establece las selecciones de marcas conocidas en el mercado (siemens, Schneider electric, ABB).

4.3.6 Metodología para selección de Controlador

En la selección del controlador se tiene como opciones trabajar con PLC, Logo y Arduino por lo cual se debe considerar, las entradas y salidas necesarias para el proceso, la economía y duración del dispositivo, ver anexo IV.

Tabla 4.9. Selección del tipo de controlador

	Plc simatic	Plc Logo	Arduino
Facil Programacion	15	15	15
Adaptabilidad	15	20	5
Función (rapidez de procesamiento)	20	20	10
Costo	5	10	20
TOTAL	55	65	50

El PLC logo cumple con la calidad y exigencias para el control de la máquina de soplado. También se considera el uso de controladores de temperatura que complementen la operación del PLC Logo, así como, relés de estado sólido y termocuplas.

4.4 Sistema neumático

Se estableció un sistema neumático básico el cual permite el soplado para la botella, así como, el desplazamiento del molde.

4.4.1 Metodología para selección del tipo de Cilindro Neumático

Debido a la abundancia en el mercado de cilindros neumáticos se impone una metodología cualitativa para seleccionar la mejor opción, ver anexo IV.

Tabla 4.10 Selección de Cilindro Neumático [33]

	Cilindro de simple efecto de émbolo	Cilindro de simple efecto de membrana arrollable	Cilindro de doble efecto	Cilindro de doble vástago
Carrera	5	5	10	5
Fuerza	5	5	20	5
Vida nominal	10	5	10	10
Aplicabilidad	5	5	20	5
Disponibilidad	10	10	10	5
Costo	10	5	5	5
TOTAL	45	35	75	35

Fuente: [33]

Para complementar el sistema neumático se fijó la selección de electroválvulas para el control de los cilindros, las variables del sistema neumático fueron validadas por software computacionales como la presión de soplado, el tiempo de soplado.

Ecuación para fuerza de avance

Permite obtener la fuerza que soporta el cilindro en el avance las ecuaciones suplementarias se encuentran en el anexo V tabla V.11

$$F_A = \pi \frac{D^2}{4} \cdot \frac{P}{10} \quad (4.19)$$

FA= Fuerza de Avance (*N*)

D= Diámetro del vástago (*mm*)

P= Presión (*bar*)

Ecuación para fuerza de retroceso

$$F_R = \pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot \frac{P}{10} \quad (4.20)$$

F_R= Fuerza de retroceso (*N*)

D= Diámetro del vástago (*mm*²)

P= Presión (*bar*)

d= Diámetro del vástago (*mm*)

4.5 Diseño del envase plástico de HDPE

Para el diseño del envase plástico se tomó en cuenta la capacidad del producto en mililitros (ml) el uso que se la va a dar y la norma estándar de boquillas de envases.

4.6 Validación por ingeniería asistida por computadora

Para sustentar las actividades de diseño, fue necesario verificar y validar los procesos tanto mecánicos, eléctricos y neumáticos,

4.6.1 Validación del sistema mecánico

El programa Inventor profesional 2019 dispone de una versión sin costo para estudiantes, proporcionan funciones de diseño avanzado de ingeniería mecánica. El proceso para la validación virtual se observa en la figura 4.5

4.6.2 Validación del sistema eléctrico

Para elaborar los esquemas de control y potencia de la máquina de soplado se consideró el software libre CADe_simu, el cual, permite simular el funcionamiento del diagrama elaborado mediante una interfaz gráfica bastante intuitiva.

4.6.3 Validación del sistema neumático

Se consideró el programa Fluid Sim nos permite el diseño, estudio y simulación del sistema neumático.

4.6.4 Validación mediante software de máquina de soplado

Los softwares computacionales sustentan el funcionamiento y eficiencia del proceso, se estableció un método de simulación para cada sistema, para el análisis del sistema mecánico, se utiliza softwares de versión estudiantil, como inventor pro 2019, Nastram y ANSYS, para el sistema eléctrico y neumático se simuló mediante software libre, CAdE_SIMU y Fluid Sim. Ver anexo VI tabla (VI.11 - VI.12)

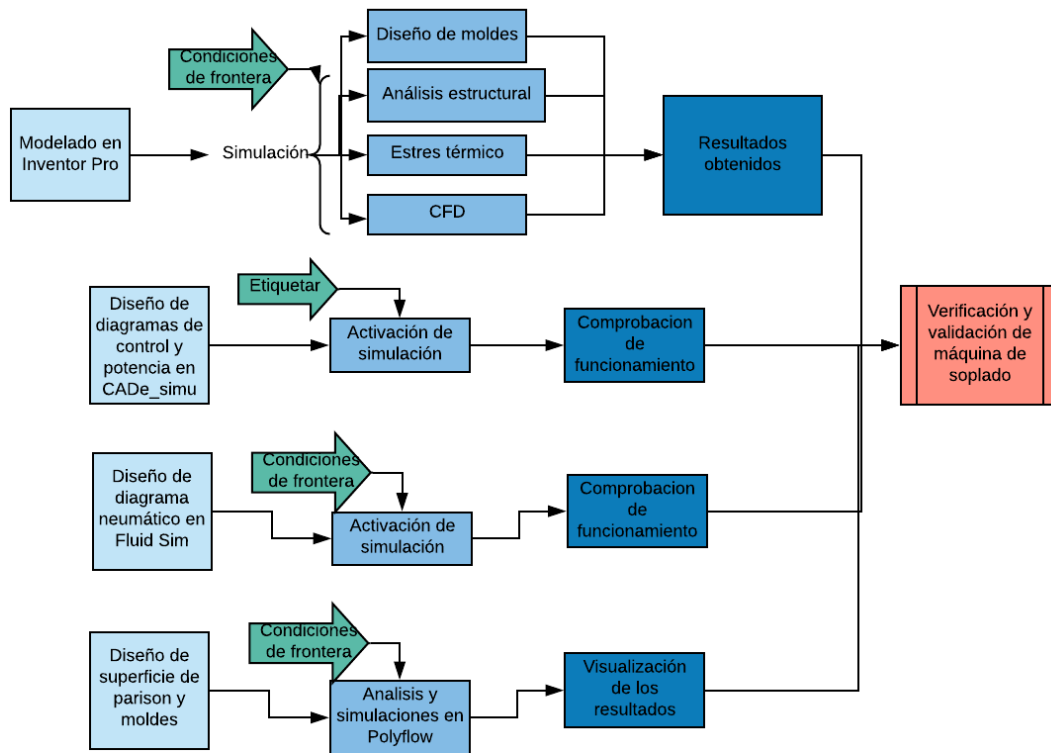


Figura 4.5 Método de simulación para máquina de soplado.

Método de los elementos finitos

Para obtener las variables ideales para el proceso de soplado se considera el software computacional ANSYS Polyflow, mediante el cual, se obtiene la presión ideal y reducir la variación de espesor para mejorar la calidad del producto

Etapas de la simulación de la dinámica de fluidos computacional

La simulación se llevó a cabo en tres etapas, las cuales detalla a continuación:

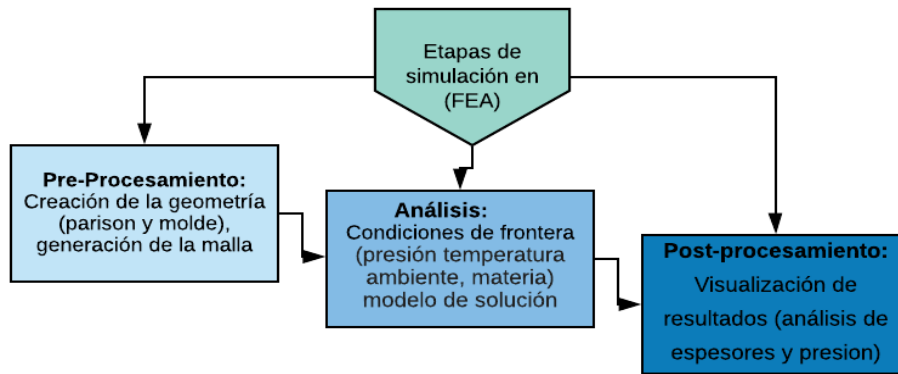


Figura 4.6 Etapas de simulación para máquina de soplado

4.7 Método para determinar el tiempo y la pérdida de material del parison

Se consideró una regla de tres simples debido a la uniformidad del parison

Ecuación para determinar la pérdida de material en el parison

Se estableció una pérdida de 5mm de longitud para el cerrado de molde

$$P_m = \frac{L_{pp} + P_p}{L_p} \quad (4.21)$$

P_m = Pérdida de material (g)

L_{pp} = Longitud de pérdida de parison (mm)

P_p = Peso del parison (g)

L_p = Longitud de pérdida (mm)

Ecuación para determinar el peso real del parison

$$P_R = P_B + P_m \quad (4.22)$$

P_R = Peso real del parison (g)

P_B = Peso de la botella (g)

Ecuación para determinar el tiempo de salida del parison

El tiempo de salida está conforme al flujo másico total y al peso real del parison,

$$T_p = \frac{P_R + t_s}{m_{Tot}} \quad (4.23)$$

T_p = Tiempo de salida del parison (g)

t_s = tiempo respecto al flujo másico total (s)

P_R = Peso de la botella (g)

m_{Tot} = Flujo masico total (kg/s)

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Introducción

Una vez conocido el procedimiento ideal para el dimensionamiento de la máquina de extrusión y soplado, se seleccionaron los materiales con características similares a las que se encuentran en el mercado, las características establecidas deben ser fundamentadas en base a cálculo ingenieril y softwares computacionales que permitieron la obtención de parámetros de comportamiento de las piezas, así como las características técnicas del mismo. Por tanto, el objetivo del presente capítulo fue analizar los componentes de la máquina de extrusión y soplado mediante software computacional para una mejor selección.

La materia prima para el proceso de soplado de botella de 100ml es el polietileno de alta densidad (HDPE), por consiguiente, se debe establecer las propiedades del material para un mejor dimensionamiento.

Tabla 5.1. Propiedades térmicas del polietileno de alta densidad

Polietileno de alta densidad (HDPE)		
Densidad del HDPE	965 kg/m ³	(ρ_{HDPE})
Calor específico del HDPE	2,2 kJ/kg K	(c_{pHDPE})
Conductividad térmica del HDPE	0,25 W/m K	(k_{HDPE})
Intervalo de temperatura de fusión	(130 – 137) °C	(T_{fus})
Intervalo de temperatura de procesamiento	(177 – 260) °C	(T_{proc})
Viscosidad cinemática del HDPE fundido	800 N s/m ²	(η)

5.2 Ensayo por el método de elementos finito FEM/FEA

En el presente punto se describe los elementos y materiales para el ensayo, como también, las características y configuraciones de simulación.

5.2.1 Elemento de ensayo

Las características que posee el envase plástico se describen en la siguiente tabla.

Descripción de la pieza		
Nombre	Botella HDPE	
Volumen	100 ml	
Peso	12 g	
Material	HDPE	
Aplicación	Envase de Alcohol	

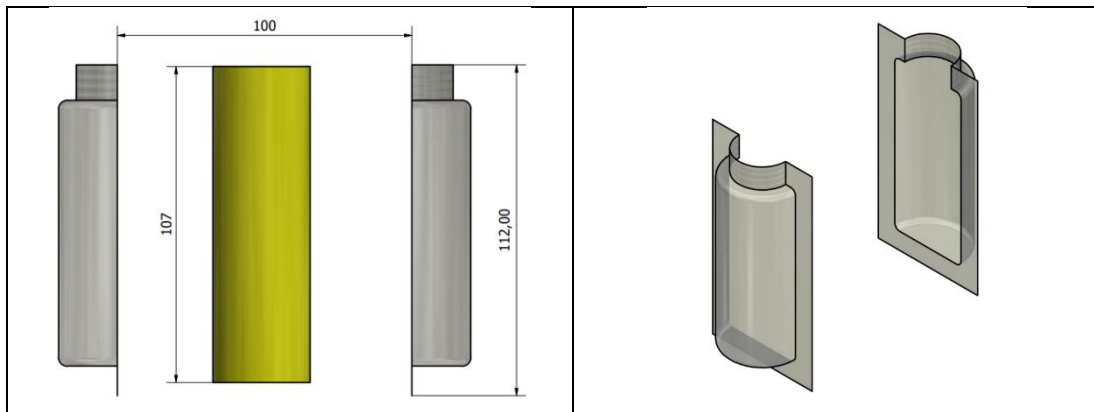
Figura 5.1. Características de la botella

5.2.2 Etapa de pre procesamiento

5.2.2.1 Modelado geométrico

Se puede observar el diseño de la pieza en el software CAD en 3D

Tabla 5.2. Diseño del parison y molde para simulación



5.2.2.2 Mallado del elemento a ensayar “Envase de Alcohol”

La pieza a simular presenta complejidad geométrica ya que cuenta con varios elementos de simetría curva.

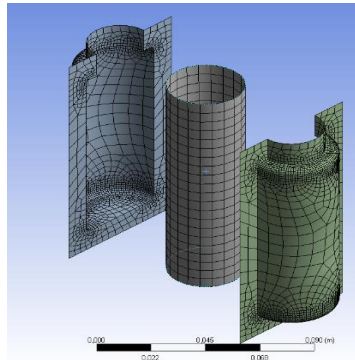


Figura 5.2. Mallado para simulación

Se tomó como superficie el diseño a ensayar, Para generar el mallado se tomó de simetría de región las aristas del parison.

Condición de superficie, Molde derecho – Solido, Molde Izquierdo – Solido, Parison-Fluido.

El fluido se tomó como un fluido Isotérmico viscoelástico.

El sistema de transferencia de calor al molde es un Sistema adiabático

Bajo estas condiciones malla cumple con los requerimientos adecuados para iniciar la simulación obteniendo resultados de alta fiabilidad.

5.2.2.3 Configuración de las Condiciones iniciales y de frontera

Se configuraron las condiciones para el movimiento y de los moldes y condiciones de frontera de del parison.

Tabla 5.3. Condiciones de contorno

Movimiento del molde Se configuro con una velocidad 0,5 m/s	<p style="text-align: center;">Mold motion</p> <p>Actual motion of the mold is enabled The mold is moving with a prescribed velocity. Translation velocity : (-5.000E-01, 0.000E+00, 0.000E+00)</p>
La configuración para el desplazamiento Se configuro 0,1 segundos para desplazarse 50 mm	<p style="text-align: center;">Time dependence of the velocity-x</p> <p>the velocity-x = value * f(t)</p> <p>Current choice : f(t) = Ramp function</p> <p>a = 0.1000000E+00 b = 0.1000000E+01 c = 0.1000100E+00 d = 0.0000000E+00</p>
La configuración del tiempo de soplado Se configuro 0,4001 segundos después de haber iniciado el movimiento del molde.	<p style="text-align: center;">Time dependence of inflation pressure</p> <p>inflation pressure = value * f(t)</p> <p>Current choice : f(t) = Ramp function</p> <p>a = 0.1000000E+00 b = 0.0000000E+00 c = 0.4000000E+00 d = 0.1000000E+01</p>

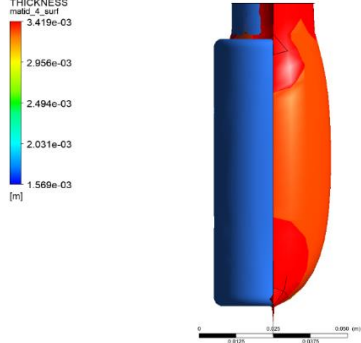
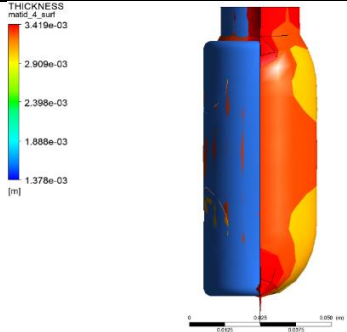
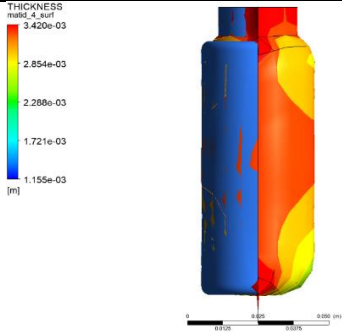
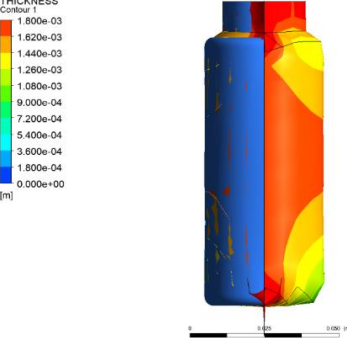
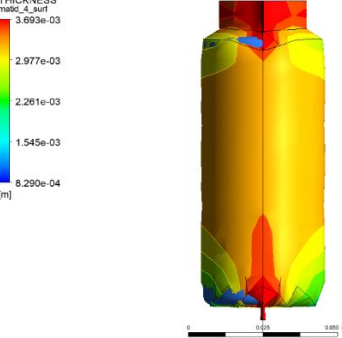
5.2.3 Resultados de la etapa de post procesamiento

En este punto se detalló los resultados obtenidos de la simulación del proceso de soplado

5.2.3.1 Simulación de la Presión de Soplado

En la siguiente tabla se muestra la simulación para encontrar la presión indicada para el soplado del envase de 100ml

Tabla 5.4. Simulación de presión para moldeo por soplado

Simulación de la Presión de Soplado	
<p>Parámetros para la simulación:</p> <p>Diámetro del parison: 33mm Espesor del parison: 2mm Longitud del parison: 107mm Temperatura: Sin transferencia de calor al molde Presión: Pascales</p> <p><i>Para la simulación de la presión se toma como condición de inicio los casos críticos para el soplado tomando un parison de 2mm de espesor y un diámetro mínimo de 33mm</i></p> <p>Ver ANEXO 10</p>	 <p>Simulación 1</p> <p>Presión: 500 Pa Presión insuficiente para generar una deformación adecuada del parison</p>
 <p>Simulación 2</p> <p>Presión: 1000 Pa Presión genera deformación, pero no logra el llenado adecuado.</p>	 <p>Simulación 3</p> <p>Presión: 3000 Pa Presión genera deformación, pero no logra el llenado adecuado.</p>
 <p>Simulación 4</p> <p>Presión: 5000 Pa Presión genera deformación, aun presenta puntos vacíos.</p>	 <p>Simulación 5</p> <p>Presión: 1e6 Pa Presión genera deformación, garantiza el llenado adecuado del envase</p>
<p>La presión de aire necesaria para garantizar el llenado completo del envase de 100 ml es de 10 bar (1e6p), tomamos en cuenta que a partir de los 5000 Pa se presentó variaciones mínimas en el llenado, bajo este análisis tomamos 10 bar de presión como una presión constante para las simulaciones del proceso de soplado para envases de 100 ml</p>	

5.2.3.2 Simulación del espesor y diámetro del parison

Discusión de los resultados de la simulación del proceso de soplado del material termoplástico de alta densidad para un envase de 100ml

Tabla 5.5. Simulación para establecer mejor calidad de envase.

Envase de HDPE 100ml 463 k					
Variables del proceso ensayadas Diámetro del parison (mm) 33		Variables del proceso ensayadas Diámetro del parison (mm)35mm		Variables del proceso ensayadas Diámetro del parison (mm)38mm	
Presión de aire (Pa)	1e6 Pa	Presión de aire (Pa)	1e6 Pa	Presión de aire (Pa)	1e6 Pa
Espesor del parison (mm)	1,5mm	Espesor del parison (mm)	1,5mm	Espesor del parison (mm)	0,8mm
Numero de Simulación	4	Numero de Simulación	4	Numero de Simulación	2
Resultados		Resultados		Resultados	
Tiempo de Soplado (s)	0.4	Tiempo de Soplado (s)	0.4	Tiempo de Soplado (s)	0.4
Calidad de llenado	Insuficiente	Calidad de llenado	Inadecuado	Calidad de llenado	Optimo
Peso	4.9gg	Peso	8.43g	Peso	11.88g
	<p>Conclusión: No cumple con los estándares de calidad de mercado, presenta un alto porcentaje de irregularidades en la superficie ocasionando inestabilidad en el diseño.</p>		<p>Conclusión: Incremento su masa, pero sigue siendo insuficiente para cumplir con los estándares de calidad de mercado, presenta un alto porcentaje de irregularidades en la superficie ocasionando inestabilidad en el diseño.</p>		<p>Conclusión: Muestra simetría en la superficie, cumple con los estándares de mercado (Peso, calidad, presión), es manufacturarle optimizando el uso de material</p>
<p>Análisis de resultados Se determinó que el parison 10 mm mayor que el pico del envase, es adecuado para la manufactura debido a que presenta superficies más simétricas, cumpliendo con el gramaje correcto según el protocolo para el control de calidad de envases plásticos. Simulación Parison 38 mm dentro del ensayo se realizó la variación del espesor del parison teniendo como resultado la simulación 2 Ver ANEXO X La simulación 2 dispone de 12g (+/- 1.5) para envases de 100 ml según el protocolo para el control de calidad de envases plásticos La simulación 2 se acerca más a los estándares en el mercado, presenta una mayor uniformidad en la superficie garantizando la estabilidad del envase La simulación 2 muestra un ahorro del 6.1% de material con respecto a la Simulación 3.</p>					

Tiempo de Soplado (s): Tiempo que se inyecta el aire al molde, Calidad de llenado: Uniformidad en la superficie del envase

5.3 Sistema Mecánico

En el sistema mecánico se estableció tanto el diseño de piezas como el dimensionamiento y selección de equipos y materiales conforme a la disponibilidad del mercado nacional.

Los materiales seleccionados de las diferentes piezas están considerados según el libro “selección de materiales en el diseño de máquinas de Carles Riba” [31]

Los parámetros típicos iniciales para el dimensionamiento de la máquina de soplado vienen dados por el diámetro del husillo de 38mm.

Tabla 5.6. Dimensiones típicas de una extrusora de plástico

Temperatura ambiente	Tamb 15 °C	
Material para extruir	Polietileno de alta densidad	(HDPE)
Longitud total del tornillo (L)	0,912 m	(L)
Diámetro del cañón (D_C)	0,0381 m	(DC)
Diámetro del tornillo (D)	0,0380 m	(D)
Paso del tornillo (p)	0,0380 m	(p)
Longitud de la zona de alimentación (L_A)	0,152 m	(LA)
Longitud de la zona de transición (L_T)	0,380 m	(LT)
Longitud de la zona de dosificación (L_D)	0,380 m	(LD)
Ancho del filete del tornillo (t)	0,00435 m	(t)
Profundidad zona de alimentación (h_1)	0,007 m	(h1)
Profundidad zona de dosificación (h_2)	0,002m	(h2)
Holgura entre el cañón y el filete (δ)	0,0001 m	(δ)
Velocidad de giro del tornillo (N)	105 rpm (1,75 r/s)	(N)
Flujo Másico de producción (m_p)	30,14 kg/h	(MD)
Factor de seguridad recomendado	2,0	

5.3.1 Diseño del tornillo


Para el diseño del tornillo se consideró la resolución del método para geometría del tornillo de extrusión.

Tabla 5.7. Dimensiones del tornillo

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Ángulo del filete de la hélice del tornillo con la vertical	ϕ	(4.1)	17,66°
El ancho del canal	b	(4.2)	0,03206 m
La relación de compresión (entre 2 y 4)	CR	(4.3)	3,5

Se generó el diseño en el software Autodesk Inventor Professional.

Tabla 5.8. Dimensiones del tornillo

 <p>Figura 5.3. Tornillo y Cilindro en Inventor 2019 Pro</p>	Software	Inventor Professional 2019
	Modelo	Husillo de extrusión
	Material	Acero AISI 4140 Normalizado [35]
	Tratamiento térmico	Superficial de cromado o nitruración iónica
	Referencias (medidas)	(Anexo VII Figura VII.3).

5.3.2 Selección de cilindro de extrusión

Para el cilindro de extrusión se consideró el tubo sin costura, negra, cedula 80 de calidad ASTM A53 / A106 / API-5L [36] utilizada en la industria petrolera al manejar altas temperaturas y presiones. Para más detalles ver (Anexo VII Figura VII.5)

En la tabla 5.9 se muestra el análisis del polímero dentro del sistema de extrusión.

Tabla 5.9. Resultados del método para el análisis del movimiento del HDPE la extrusora

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Presión del polímero a través de la boquilla	P	(4.4)	39,18 MPa
Flujo másico de polímero	m_{Tot}	(4.5)	25,85 kg/h
Presión máxima del polímero	P_{max}	(4.6)	141,86 MPa
Potencia total absorbida por el tornillo de extrusión	E_{Tot}	(4.7)	2615,9 W

En la tabla 5.10 se muestra el resultado de la potencia de calentamiento.

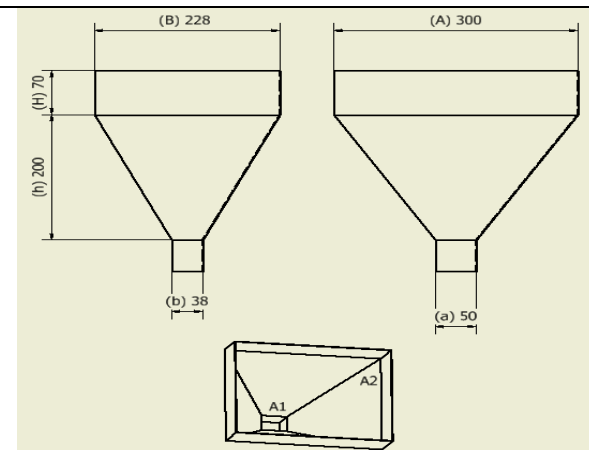
Tabla 5.10. Resultados del método para el análisis del movimiento del HDPE la extrusora

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Calor requerido para fundir el HDPE	\dot{Q}_{req}	(4.8)	3,87 kW
Potencia requerida	Pot_{Ter}	(4.9)	4 kW
Potencia total requerida	Pot_{cal}	(4.10)	5,2 kW

5.3.3 Diseño de la Tolva

Para el diseño se considera una estructura prismática con las siguientes medidas y volumen:

Tabla 5.11. Características de la tolva de alimentación

Software	Inventor Professional 2019		
Modelo	Tolva de alimentación		
Material	Plancha de acero galvanizada ASTM A36 - 2 mm de espesor. [37]		
Longitud de abertura (a)	50 mm		
Ancho de abertura (b)	38 mm		
Longitud exterior (A)	300 mm		
Ancho exterior (B)	228 mm		
Altura del tronco pirámide (h)	200 mm		
Altura de sección recta (H)	70 mm		
Ficha técnica de material:	Anexos VI: Tabla VII.1 Figura VII.10		
Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Volumen de la tolva	V	(4.11)	10234,94 cm ³

5.3.4 Diseño de Cabezal de extrusión y soplado

Para el método de soplado se optó por el cabezal perfilador angular de flujo lateral con mandril desplazable axialmente del libro de transformación de plásticos. [30]. Para conocer las especificaciones en (Anexo VII Figura VII.12). El material seleccionado es Ramax es un

acero inoxidable aleado al cromo de la empresa Iván Bohman [38] [31]. Ver (Anexo VII Figura VII.11).

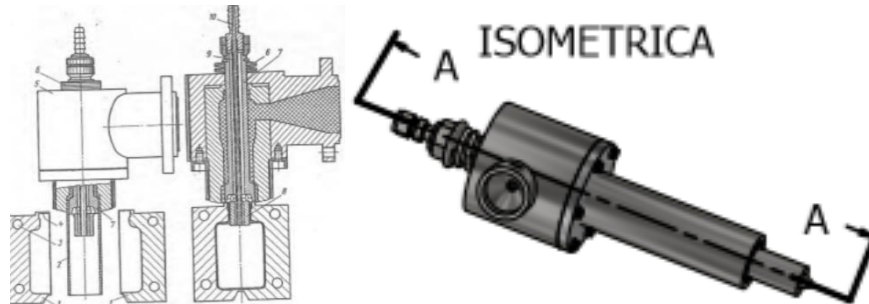


Figura 5.5. A la izquierda (referencia de cabezal de soplado), a la derecha (cabezal diseñado).

En la tabla 5.12 se detalla las piezas para conformar el cabezal de extrusión y soplado

Tabla 5.12. Especificaciones del cabezal de extrusión

Software		Inventor Professional 2019	Cabezal diseñado
Modelo		Cabezal de extrusión	
Material		Acero inoxidable aleado al cromo (Ramax)	
Revestimiento		cromado o nitruración iónica	
Lista de piezas			
Elem	Ctdad	Elemento	
1	1	Perno de soplado	
2	1	Mandril	
3	1	Cuerpo	
4	1	Carcaza	
5	1	Núcleo	
6	1	Sujetador o tasa	
7	1	Conexión de cilindro	
8	1	Muelle de compresión	
9	1	ISO 4161-M20 (tuerca hexagonal)	
10	1	Rosca cónica macho A-Lok - Tubo métrico de Parker M10 x 1/8	
11	6	ISO 4162 - M5 x 25 (Perno hexagonal)	
Ficha técnica de material: Anexo VII Tabla VII.2 Figura VII.11			Anexos: Anexos VII Figura VII.12

Figura 5.6. Cabezal diseñado

5.4 Sistema Eléctrico

En el sistema eléctrico se consideró el dimensionamiento de la a paramenta eléctrica y la selección de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.

5.4.1 Selección del motor

Las variables principales para la selección del motor vienen dadas en la tabla 5.13

Tabla 5.13. Variables del motor

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Potencia real del motor	Pot_{mot}	(4.12)	3737 W
Torque mínimo requerido en el eje del motor	T_{mot}	(4.13)	14,52 Nm

5.4.2 Selección del motor y protecciones

Con la información obtenida a través de la metodología desarrollada, se consideró un voltaje trifásico de 220 V AC y la carga ocasionada por el motor se establece los equipos seleccionados para el circuito eléctrico de potencia de la máquina de soplado.

Tabla 5.14. Selección de los equipos del sistema de potencia

Equipo	Código	Anexo
Motor Eléctrico	SIEMENS de serie 1LE0142-1AB86-4AA4-Z IEC 5hp, 1800 rpm con un torque nominal 20,6 Nm.	Los datos técnicos son provistos por la empresa IMPROSELEC S.A [39]. Revise Figura VII.3 El sistema de mando y protección del motor se encuentra dimensionado en el (Anexo VIII Tabla VIII.2). Para conocer los datos técnicos revise el Anexo VIII (Figura VIII.5 - Figura VIII.8)
Protección térmica [40]	LRD21 Relé de sobrecarga térmica para motor TeSys - 12-18 A - clase 10 ^a	
Contactador Principal [41]	LC1D18MD Contactador 3 polos - 18A – 24 V CC - NANC	
Interruptor termo magnético [42]	EZ9F56320 Miniature circuit breaker, Easy9, 3P, 20 A, C curve	
Conductor [43]	CABLES TTU 600V y 2000V 75°C 12 AWG Capacidad de corriente 25 A	

5.4.3 Selección del reductor de velocidad

Para lograr el torque requerido es necesario un reductor de velocidad por tanto se establece los resultados para la selección del mismo.

Tabla 5.15. Resultados de los cálculos para selección del reductor

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Relación de transmisión total requerida	i_T	(4.14)	16,38
Velocidad de giro a la entrada del reductor	ω_{red}	(4.15)	1114,1 <i>rev/min</i>
Torque transmitido al tornillo extrusor	T_{tor}	(4.16)	237,85 <i>Nm</i>

Se seleccionó el reductor de ejes paralelos SK3282ASH-IEC100 de la empresa NORD [44], que proporciona un software para la configuración del producto ver el Anexo VIII Figura VIII.12

Los resultados originados por el software online, indican la velocidad y al par de salida en función de la velocidad de entrada al reductor.

Trenes de engranajes	2 :1
Velocidad de salida (n2_05)	105 1/min
Par máx. (Ma_05)	841 Nm
Velocidad de entrada (05)	1750 1/min
Potencia máx. (05)	9.2 kW
Velocidad de entrada (04)	1150 1/min
Velocidad de salida (n2_04)	69 1/min
Par máx. (Ma_04)	841 Nm
Potencia máx. (04)	6.07 kW
Velocidad de entrada (03)	875 1/min
Velocidad de salida (n2_03)	52 1/min
Par máx. (Ma_03)	841 Nm
Potencia máx. (03)	4.6 kW

Figura 5.7. Rangos de velocidad y par del reductor

5.4.4 Selección de variador de Frecuencia

Para el control de la variable velocidad es necesario la utilización de un variador. Se estableció una red trifásica con una potencia de 5 HP y una corriente de 13A. Con los datos obtenidos se seleccionó al variador SIEMENS MICROMASTER 420 como el más adaptable, sin embargo, con un precio excesivo. [45], ver ficha técnica en anexo VIII, Figura VIII.16

5.4.5 Selección de las resistencias eléctricas

El análisis térmico se lo realiza de acuerdo a las zonas del husillo utilizando las ecuaciones del cálculo térmico. Ver anexo VIII. Tabla (VIII.4 – VIII6)

Tabla 5.16. Resultados de los cálculos para selección de resistencias térmicas

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Zona de alimentación			
Calor requerido para fundir el HDPE	\dot{Q}_{req}	(4.8)	2,93 kW
Potencia total requerida	Pot_{cal}	(4.10)	3,7 kW
Zona de transición			
Calor requerido para fundir el HDPE	\dot{Q}_{req}	(4.8)	2,297 kW
Potencia total requerida	Pot_{cal}	(4.10)	2,9 kW
Zona de dosificación			
Calor requerido para fundir el HDPE	\dot{Q}_{req}	(4.8)	0,794 kW
Potencia total requerida	Pot_{cal}	(4.10)	1,025 kW

Se tomó como referencia modelos normalizados que especifican parámetros de fabricación [46]. Ver el anexo VIII. Figura VIII.17

Tabla 5.17. Parametros normalizadas para resistencias herméticas

Código	Diámetro interior	Ancho	Wattios	peso
RCAH30 – 45X48-II	45	48	400	0,13g

Con las referencias normalizadas se determina las características para las resistencias de la máquina de soplado.

Tabla 5.18. Especificaciones para resistencias tipo abrazadera herméticas

Tipo de resistencia	Abrazadera
Material	Acero inoxidable hermética.
Diámetro interior de la resistencia	0,045 m
Ancho de la resistencia	0,048 m
Área de resistencia	100 mm ²
Carga superficial mínima	4w/cm ²
Potencia de la resistencia	$P = 400 W$
Voltaje	220V
Temp. requerida en zona de alimentación	$T_{Rest} = 522,75 \text{ } ^\circ\text{C}$
Potencia requerida den la zona de alimentación	$Pot_{cal} = 3,722kW$

El número mínimo de resistencias requeridas	$N_{calent} = \frac{3722}{400} = 9,3 \neq 9$
Temp. requerida en zona de transición	$T_{Rest} = 279,73 \text{ } ^\circ\text{C}$
Potencia requerida den la zona de transición	$Pot_{cal} = 2,859 \text{ kW}$
El número mínimo de resistencias requeridas	$N_{calent} = \frac{2859}{400} = 7,14 \neq 7$
Temp. requerida en zona de dosificación	$T_{Rest} = 201,63 \text{ } ^\circ\text{C}$
Potencia requerida den la zona de dosificación	$Pot_{cal} = 1,025 \text{ kW}$
El número mínimo de resistencias requeridas	$N_{calent} = \frac{1025}{400} = 2,6 \neq 3$
Interruptor Termo magnético	$25\text{A} + 20\text{A} + 10\text{A} = 55 \text{ A}$

Las resistencias requieren protecciones contra sobre corriente con un factor de 1.25, en la tabla 5.19 se muestra las resistencias seleccionadas.

Tabla 5.19. Selección para Resistencias tipo Abrazadera

Resistencia tipo Abrazadera						
Cantidad	Potencia	Temperatura requerida	Carga superficial	I nom	Conductor	Fusible
10	400 W	$T_{Rest} = 522,75 \text{ } ^\circ\text{C}$	7 w/cm ²	18,2 A	12 AWG	25 A
7	400 W	$T_{Rest} = 279,73 \text{ } ^\circ\text{C}$	4 w/cm ²	12,7 A	12 AWG	20 A
3	400 W	$T_{Rest} = 201,63 \text{ } ^\circ\text{C}$	4 w/cm ²	5,5 A	12 AWG	10 A

El proveedor seleccionado es la Empresa Resistencias eléctricas Quito [47], puesto que fabrican resistencias de acuerdo a la necesidad.

Las protecciones del sistema están compuestas por fusibles tipo cerámico para cada zona y un interruptor termo magnético de 60A para todo el circuito. Ver Figura VIII.21 [48].

5.4.6 Selección de Ventiladores

Se selecciona un ventilador centrífugo en cada zona del tornillo según el caudal requerido, ver anexo VIII tabla VIII.8

Tabla 5.20. Caudal de aire necesario para los ventiladores

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Caudal de Aire	Q	(4.17)	14,96 m^3/h

El resultado es el caudal máximo dentro de las tres zonas, sin embargo, está por debajo de los caudales nominales en el mercado, se toma en consideración el valor para los 3 ventiladores ver ficha técnica en anexo VIII Figura VIII.20

Tabla 5.21. Especificaciones para Resistencias tipo Abrazadera

Cantidad	Potencia	Ventilador	I nom	I total	Fusible
3	243 W	CA146-100T [49]	0,6 A	1,8 A	3x1A

Los fusibles son de vidrio con una porta fusible cada uno y para su seccionamiento se considera un interruptor termo magnético de 6 A para todo el circuito.

5.4.7 Sistema de control

El software CADe_SIMU permite simular, verificar y validar el diseño eléctrico propuesto, se considera un sistema automatizado con PLC logo que permita controlar el molde, motor, soplado mediante una condición dada por la temperatura de la zona de dosificación. El sistema de control referenciado en la figura 5.8 muestra el cableado y equipos necesarios para el sistema.

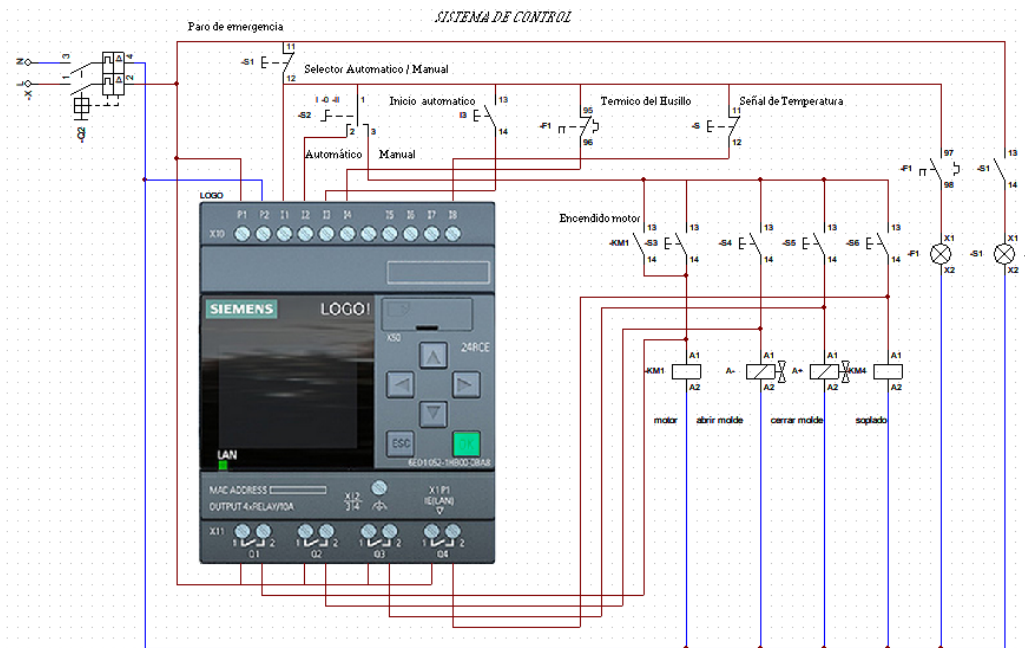


Figura 5.8. Sistema de control de máquina de soplado

El diagrama ladder está configurado para el inicio automático ver Tabla 5.13

Tabla 5.22. Diagrama ladder del sistema de control

<p>El diagrama Ladder consta de 3 contactos abiertos perteneciente al pulsador de emergencia (I1), selector automático (I2) y la protección térmica (I4) del husillo que condicionan la alimentación eléctrica de la máquina.</p>	
<p>Para activar el inicio automático, debe estar activada la entrada analógica (I8) perteneciente a la señal de la temperatura. El inicio automático comienza con la activación del motor y abertura del molde para la caída del parison, posteriormente se activa un temporizador que permite el cierre del molde y la inyección de aire para el soplado.</p>	
<p>En inicio manual, se controla cada uno de las salidas mediante pulsadores</p>	

Figura 5.9. Diagrama Ladder

CADe_SIMU cuenta con animaciones de pistones y motores, necesarios para verificar y validar el sistema de control.

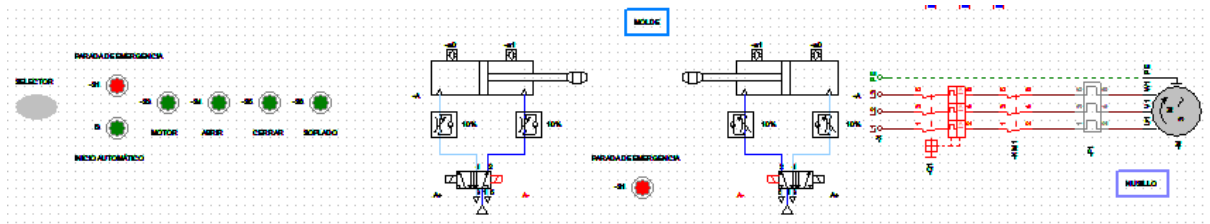


Figura 5.10. Animación del circuito de potencia

Con la verificación del programa eléctrico se selecciona la aparamenta eléctrica necesaria para el sistema de control.

Tabla 5.23. Elementos del sistema de control

Sistema de Control			
Cantidad	Componente	Código	Anexo VII
1	PLC	LOGO! 12/24RCE [50]	Tabla VIII.8
1	Fuente de alimentación	LOGO!POWER 24 V/1.3 A [50]	Tabla VIII.8
1	Controlador de temperatura	RKC REX C100 SSR [51]	Tabla VIII.8
1	Contacto de relé solido	SSR 240 D 25 R [52]	Tabla VIII.8
1	Sensor de temperatura	Termocupla tipo J [53]	Tabla VIII.8
1	Pulsador de emergencia	3SB3500 [54]	Tabla VIII.8
6	Pulsador NA	3SU1000-0AA10-0AA0 [55]	Tabla VIII.8
1	Interruptor Rotativo de 2 posiciones	XB4BD21 [56]	Tabla VIII.8
3	Interruptor Rotativo de 3 posiciones	XB4BD53 [56]	Tabla VIII.8
5	Luces piloto	XB7EV03BP [56]	Tabla VIII.8
1	Termo magnético para control PLC	A9F03106 [57]	Tabla VIII.8
1	Termo magnético para control resistencia	A9F77210 [57]	Tabla VIII.8

5.5 Sistema Neumático

Se estableció un diseño básico, que permita una presión para los cilindros y el soplado del proceso. Se sustenta el funcionamiento mediante el software Fluid sim.

Simulación del sistema neumático en Fluid Sim

El sistema neumático consta de un suministro de aire comprimido generado por un compresor, el fluido pasa por una unidad de mantenimiento para controlar y limpiar las impurezas presentes el sistema se divide mediante dos reguladores de presión que alimentan las electroválvulas (controladas por el PLC logo) que condicionan el funcionamiento de los pistones.

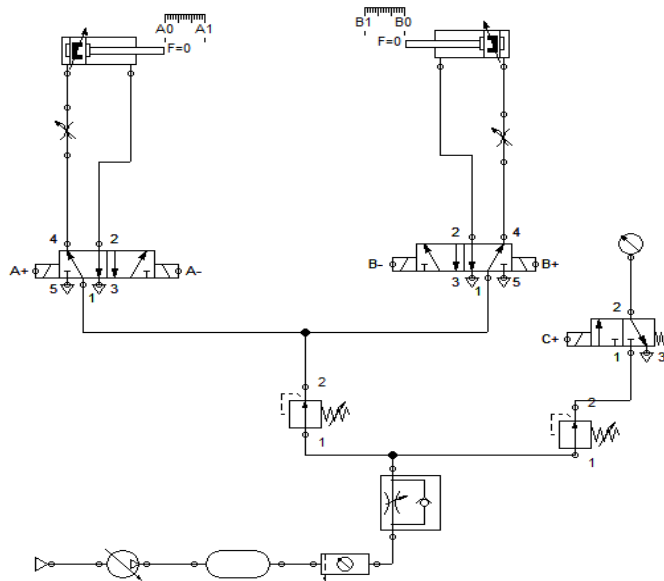


Figura 5.11. Diagrama del sistema neumático

5.5.1 Selección de tipo de elementos del sistema neumático

Para una mayor eficiencia se tomó como marca principal Festo debido a su alta demanda en la industria.

Tabla 5.24. Elementos del sistema neumático

Selección del Sistema Neumático			
Elemento	Selección	Características	Anexo
Cilindro Neumático	Cilindro de doble efecto (5/2) y (3/2)	Como primera instancia se considera un sistema neumático, que abastece al cilindro neumático en este caso de doble efecto, obteniendo la carrera y fuerza necesaria para la boquilla de la sopladora, estos cilindros son de alta comercialización y se apega a las condiciones de la máquina. [58]	Ver Anexo IX. figura IX.1
Válvulas	Electroválvulas	Se considera la selección de electroválvulas por la rapidez de operación y un mayor control en el proceso generando una mayor eficiencia en el sistema. [59]	Ver Anexo IX. figura IX.2

5.5.2 Selección de Cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos se dimensionan en base a la carga (peso del molde y porta molde), obtenidas en la ecuación (4.18) y (4.19), los parámetros indicados se indica en la tabla

Tabla 5.25. Parámetros para el cilindro neumático

Cilindro doble efecto	
Diámetro cilindro (Dcilin)	50 mm
Diámetro embolo (demb)	20 mm
Presión	8 bares
Fuerza de Rozamiento	10 %
Velocidad	0,5 m/s
Carga	80,27 kg
Fuerza de Avance	108,07 Kgf
Fuerza de Retroceso	90,8 Kgf

Tabla 5.26. Selección de cilindro neumático

Cantidad	Equipo	Código	Anexo
2	Cilindro neumático	DNC 50 -50- PPV	Anexo IX. figura IX.1

5.5.3 Selección de Electroválvulas y dispositivo neumáticos

Para la conocer y seleccionar los dispositivos del sistema neumático se realizó una simulación en el software computacional fluid sim y el software de selección de propiedades de Festo, se establece un sistema básico para conexiones de 1/8.

Tabla 5.27. Selección de los equipos del sistema de potencia

Cantidad	Equipo	Código	Anexo
3	Electroválvulas (5/2), (3/2)	VSVA-B-M52-AZH-A1-1AC1 [59]	Anexo IX. figura IX.2
1	Unidad de Mantenimiento	MSB4/MSB6-FRC [60]	Anexo IX. figura IX.3
1	Regulador de Presión	LRS-x-D-7-MINI [61]	Anexo IX. figura IX.4
1	Compresor	B3800/2M/100C SIL	Anexo IX. figura IX.5

Para el seccionamiento del sistema y protección del compresor se selecciona un interruptor termo magnético de 10 A.

La protección principal, está dada por la suma del valor de cada interruptor termo magnético seleccionado

Tabla 5.28. Intensidad de la protección del sistema completo

P. motor + P. resistencias + P. ventiladores + P. compresor + P. sistema de control + P. control de resistencias) = P total	(20A + 60A +6A + 10A + 10A + 6A) = 112A Intensidad de Protección = 125A
---	--

Se seleccionó un termo magnético de caja moldeada [62] ver Anexo IX. figura IX.6

5.6 Tiempo de proceso y la pérdida de material del parison

Para la resolución se considera el resultado más eficiente del peso de la botella

Tabla 5.29. Intensidad de la protección del sistema completo

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Perdida de HDPE por parison	P_p	(4.21)	0,56 g
Peso real del parison	P_R	(4.22)	12,44 g
Tiempo de salida del parison	T_s	(4.23)	1,8 s

5.7 Tiempo de proceso de la máquina

El proceso de la máquina de soplado, inicia con el encendido automático, la extrusión del HDPE, la generación del parison, y termina con el moldeo por soplado.

Tabla 5.30. Tiempo del proceso para producción de un envase

Tiempo del proceso	
Tiempo de salida del parison	1,73 s
Tiempo abertura del molde	0,2 s
Tiempo de cierre de molde	0,1 s
Tiempo de soplado	0,4 s
Tiempo total del proceso	2.43 s

El tiempo del proceso de cada botella es de 2.4 segundos, por consiguiente, la maquina producirá 1480 botella de 100ml por hora.

6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1 Análisis de Costos

El análisis de costos se consideró de los elementos más importantes tomando en cuenta equipos de la mejor calidad.

Tabla 6.1.Costos de Construcción

Cantidad	Elementos	Precio Unit	Costo
1	Motor eléctrico de 5 Hp	410 \$	410 \$
1	Variador MICROMASTER 420	571 \$	571 \$
2	Resistencias eléctricas de 700 W	60 \$	120 \$
18	Resistencias eléctricas de 400 W	40 \$	720 \$
3	Ventiladores	100 \$	300 \$
			2121\$
Sistema de Control			
1	PLC LOGO	180 \$	180 \$
1	Fuente de alimentación	60 \$	60 \$
3	Controlador de temperatura	30 \$	90 \$
5	Contacto de relé solido	10 \$	50 \$
3	Termocupla tipo J	9 \$	27 \$
2	Pulsador de emergencia	2.5 \$	5 \$
6	Pulsador NA	1.5 \$	9 \$
3	Interruptor Rotativo de 2 posiciones	8.8 \$	26.4 \$
2	Interruptor Rotativo de 2 posiciones	5.2 \$	10.4 \$
1	Interruptor Rotativo de 3 posiciones	2.8 \$	2.8 \$
3	Luces piloto	7.5 \$	22.5 \$
			1374.1
Sistema Neumático			
2	Cilindro neumático	60 \$	120 \$
2	Electroválvulas 5/2	60 \$	120 \$
1	Electroválvulas 3/2	40 \$	40 \$
1	Unidad de Mantenimiento	70 \$	70 \$
1	Regulador de Presión	46 \$	46 \$
1	Compresor	250 \$	250 \$
			646
Protecciones Eléctricas			
7	Termo magnético	440 \$	440 \$
3	Fusibles Cerámicos	0.5 \$	1.5 \$
2	Fusibles de Vidrio	0.25 \$	0.5 \$
1	Protección térmica	36 \$	36 \$

1	Contactador Principal (Motor)	20 \$	20 \$
5	Porta fusibles	2.5 \$	12.5 \$
			510.5
Materiales			
1	Eje acero AISI 4140 D=50mm,	40 \$	40 \$
1	Cilindro AISI 4140 D=80mm,	30 \$	35 \$
1	Ramax es un acero inoxidable aleado al cromo D=102mm,	50 \$	30 \$
1	Plancha de Acero laminado ASTM A36, 2mm L=4m	22 \$	88 \$
1	Mesa metálica (estructura)	150 \$	100 \$
1	Otros materiales	200 \$	200 \$
1	Cabezal de extrusora	300 \$	300 \$
1	Tornillo extrusor	200 \$	500 \$
1	Protector de cañón	30 \$	30 \$
1	Técnicos y mano de obra	1500 \$	1500 \$
1	Molde base Futaba	500 \$	1000 \$
			3022 \$
total			7673 \$

Para un análisis financiero se estima una producción mensual de 100000 envases de 12 gramos de HDPE, con un valor de 0,05 por unidad con un ingreso mensual de 5000\$ y un gasto energético de la máquina de 240 \$ (Anexo X Tabla X.1). Para los egresos se toma en cuenta consumo de servicios básicos (agua, luz, teléfono, internet), así como, los diferentes tipos de mantenimiento previsto semestralmente para la máquina, y el sueldo de un operador. A continuación, se muestre un estimado de flujos de caja mensuales.

Tabla 6.2. Flujo de caja mensual

Flujo de caja Mensual			
Mes	Ingreso	Egreso	Flujo Neto
1	1200	800	400
2	1200	800	400
3	1500	900	600
4	2800	1200	1600
5	3000	1200	1800
6	3000	1800	1200
7	2500	1200	1300
8	2000	1400	600
9	3000	1200	1800
10	3000	1400	1600
11	4000	1500	2500
12	3000	1800	1200
TOTAL	30200	15200	15000

Tabla 6.3. Flujo de caja anual

Flujo de caja Anual			
Año	Ingreso	Egreso	Flujo Neto
			-7000
1	30200	15200	15000
2	35000	14000	21000
3	33000	12000	21000
4	38000	15000	23000
5	42000	16000	26000
6	48000	16500	31500
7	52000	17000	35000
8	50000	20000	30000
9	48000	16000	32000
10	45000	17000	28000
TOTAL	243000	86500	156500

6.1.1 Cálculo del VAN y la TIR

Para el presente cálculo está proyectado para 10 años se considera una tasa de descuento del 15,20% considerando la inversión y los flujos de caja anteriormente planteados.

Con la ayuda de métodos financieros, se determina que el proyecto es factible y se obtiene una ganancia de 145052,33\$ en los 10 años

6.2 Análisis de impacto

Tabla 6.4. Análisis de impacto de máquina de soplado de HDPE

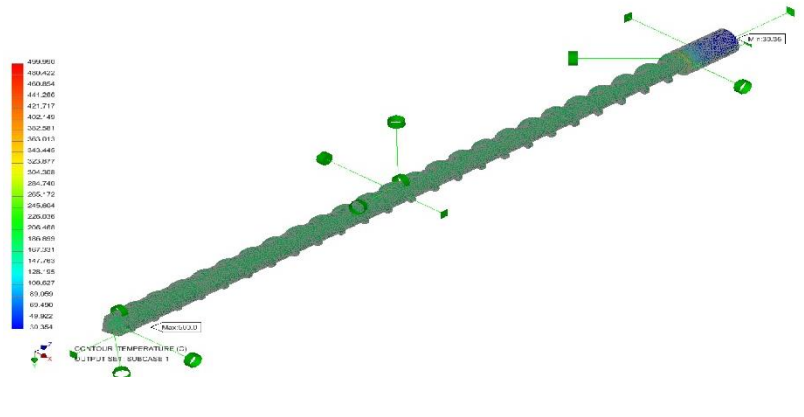
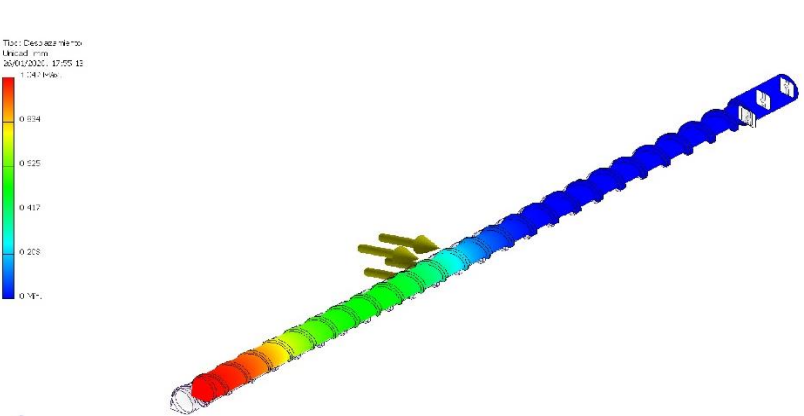
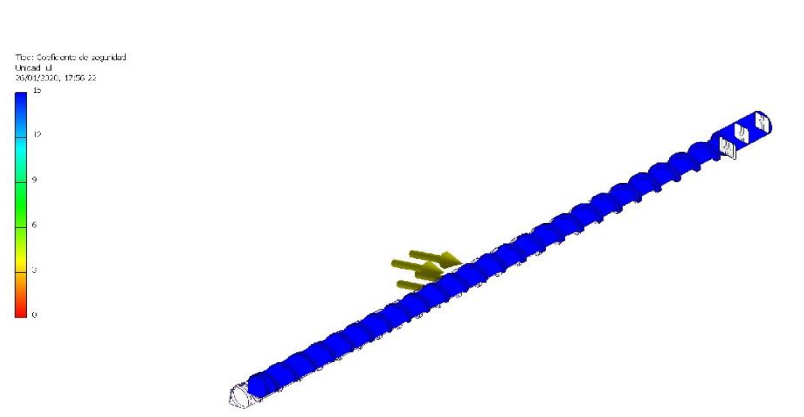
<table border="1"> <tr> <th>Variación</th> <th>Valoración</th> </tr> <tr> <td>Relevante positiva</td> <td>+20</td> </tr> <tr> <td>Positiva</td> <td>+10</td> </tr> <tr> <td>Neutra</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Negativa</td> <td>-10</td> </tr> <tr> <td>Relevante negativa</td> <td>-20</td> </tr> </table>		Variación	Valoración	Relevante positiva	+20	Positiva	+10	Neutra	0	Negativa	-10	Relevante negativa	-20	<p>El análisis de impacto se valorará de acuerdo con la variación con respecto al diseño tradicional de una máquina de extrusión y soplado dando las siguientes valoraciones:</p>	
Variación	Valoración														
Relevante positiva	+20														
Positiva	+10														
Neutra	0														
Negativa	-10														
Relevante negativa	-20														
Análisis de impacto del diseño de una máquina de extrusión y soplado de HDPE															
Tipo impacto	Descripción	Variación	Valoración												
Impacto tecnológico	Conocimientos de mecánica, transferencia de calor, análisis de fluidos, control y automatización son necesarios para el diseño de la maquina	El diseño está basado en conocimientos de ingeniería para su correcto dimensionamiento.	+10												
	Diseño tradicional por el método de ensayo error.	El diseño computarizado, facilita el análisis de variables, reduciendo el costo de fabricación de la máquina.	+10												
		El método de elementos finitos nos permite detectar los errores de diseño antes de la construcción disminuyendo significativamente el costo y reduciendo las fallas.	+10												
Impacto epistemológico	El diseño de una máquina de extrusión y soplado potencia en conocimiento en el área de ingeniería.	El diseño por el método de elementos finitos potencia el área de simulación, diseño computarizado además del área de ingeniería abriendo un campo nuevo de conocimiento como es uso de softwares para el diseño de máquinas.	+20												
		<p>El diseño por el método de elementos finitos tiene un gran impacto tecnológico, por un proceso por el cual se logra detectar las fallas antes de su fabricación con gran precisión y control total del entorno de simulación, el área de conocimiento del software de simulación para el diseño de máquinas cada vez es más versátil para las necesidades de la creciente producción. El método de elementos finitos ayuda a reducir el costo de fabricación y aumentar la calidad del producto.</p>													

Figura 6.1. Análisis de impactos

6.3 Resultados de simulación en tornillo de extrusión

Las simulaciones de las piezas críticas de la máquina de soplado, se desarrollaron a través de una licencia estudiantil de programas pertenecientes a Autodesk

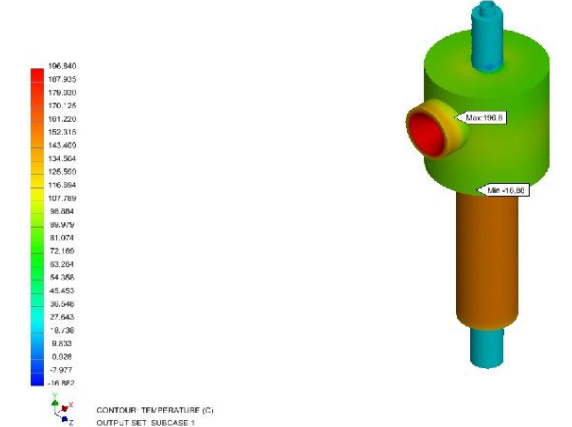
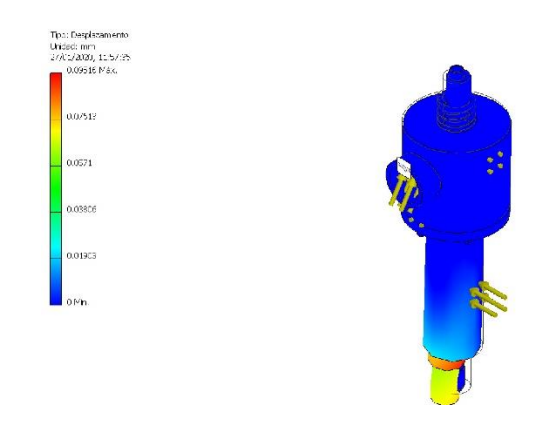
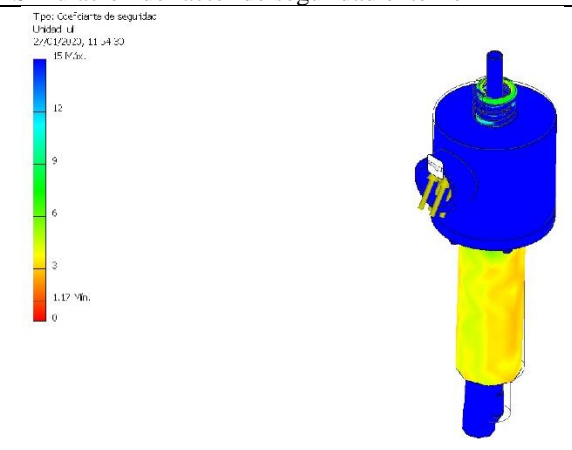
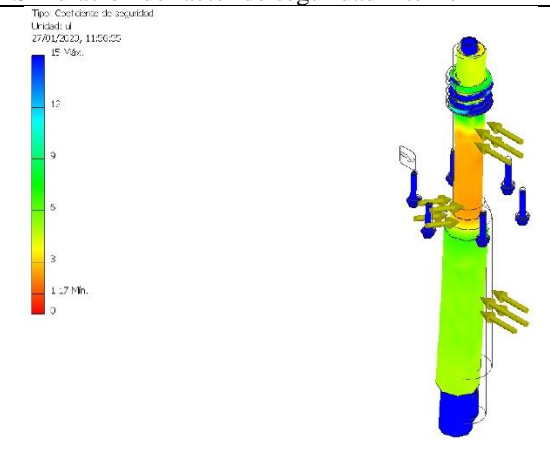
Tabla 6.5. Simulación de tornillo de extrusión

Tornillo de extrusión	Material Tornillo: Acero AISI 4140	Temperatura amb: 25 °C
Simulación de estrés térmico (Nastran)		Material cilindro: ASTM A53 / A106 / API-5L
		Temperatura critica: 500 °C
		<p>Para el analisis de stres termico se consideró el tornillo a temperatura ambiente y al cilindro con una temperatura de 500 °C</p> <p>La temperatura maxima que recibe el tornillo por conduccion y conveccion es de 226 °C evitando la deformacion del mismo</p>
Simulación de desplazamiento: Inventor PRO 2019	Presión aplicada 40 MPa	
		<p>Para el análisis de tensión se estimó una presión nominal, aplicada a lo largo del tornillo de 40 MPa, su desplazamiento máximo 1.04 mm en la parte final del tornillo de extrusión</p>
Simulación de factor de seguridad: Inventor PRO 2019		
		<p>La simulación fue analizada a partir de las condiciones del material, el coeficiente de seguridad mínimo está alrededor de 15, el cual satisface las necesidades de la máquina.</p>

6.4 Resultados de simulación en cabezal de extrusión

Representa una pieza crítica debido a su importancia en el proceso tanto de extrusión como de soplado, se desarrollaron análisis de estrés térmico como tensión y factor de seguridad. Las simulaciones se desarrollaron en el software Inventor y Nastran versión estudiantil.

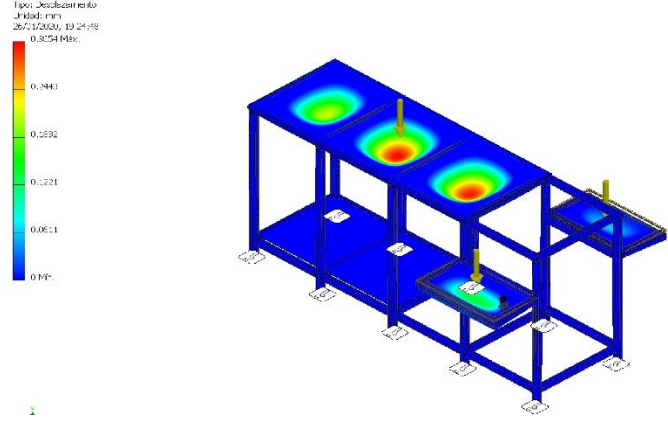
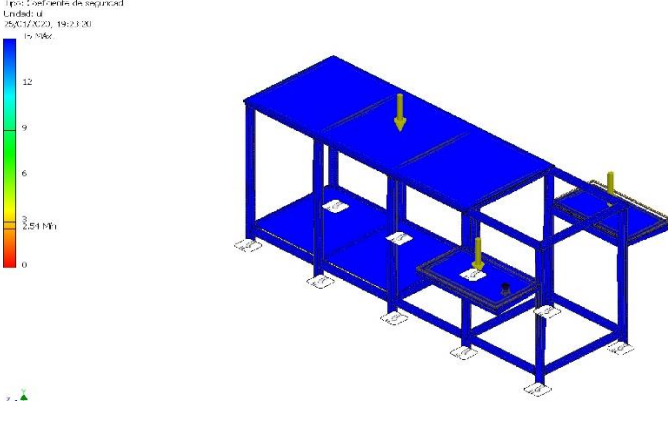
Tabla 6.6. Simulación de cabezal de extrusión

Cabezal de extrusión			
Material:	Mandril y cuerpo: Acero, cromado	Otras piezas: Acero AISI 4140	
Simulación de estrés térmico (Nastran)	T=200 °C	Simulación de desplazamiento	P= 40 MPa
		<p>La temperatura máxima que recibe el cabezal por convección es de 196 °C , la pieza no presentó deformación por estrés termica.</p>	<p>La presión de alimentación del cabezal es de 40 Mpa, provocó un desplazamiento máximo 0.075 mm</p>
Simulación de factor de seguridad externo	Simulación de factor de seguridad interno		
			
<p>El cabezal de extrusión presentó un coeficiente de seguridad mínimo de 3 en la parte externa del cuerpo, cumpliendo con las necesidades de la pieza</p>	<p>El cuerpo y mandril (piezas del cabezal) están en contacto con la presión del fluido, el factor de seguridad mínimo es de 2 mm y se encuentra en el mandril en la parte que recibe la presión,</p>		

6.5 Resultados de simulación en estructura

La estructura estará sometida a diferentes cargas al soportar todo el peso de la máquina, es necesario validar la resistencia de la estructura.

Tabla 6.7. Simulación de estructura de la máquina de soplado

Estructura de máquina de soplado	ANSI AISC HSS (CUADRADO)
Simulación de desplazamiento: Inventor PRO 2019	Carga aplicada 401,8 N y 787,18 N
Material estructura: Acero	Plancha acero galvanizada ASTM A36 - 4 mm
 <p>El desplazamiento máximo es de 0.3 mm y se puntúa bajo la carga del motor, el molde provoca un desplazamiento de 0.15 mm, por tanto, se consideró que la estructura no sufrirá una deformación relevante.</p>	
Simulación de factor de seguridad: Inventor PRO 2019	
 <p>La estructura de la máquina de soplado posee un coeficiente de seguridad de 15, la cual cumple con las necesidades y condiciones de la máquina de soplado.</p>	

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se concluyó que el diseño de la máquina de soplado está condicionado por la geometría del tornillo de extrusión, siendo esta la parte más importante de la máquina, limita el alcance de producción y tiempo del proceso.
- Bajo la metodología establecida en el libro “ Extruder Principles and Operation” de JA Covas y MJ Stevens, se establece las dimensiones típicas de la máquina de soplado, considerando como base al diámetro del tornillo (38 mm) y una relación con la longitud de 24 D (0,912 mm) se obtiene un flujo másico total 25,85kg/h, la temperatura máxima de las resistencias de 773,15 k y una velocidad del husillo de 105 rpm con un tiempo total de proceso de 2,5 s.
- Para la calidad del soplado de un envase del HDPE de 100ml se determinó las siguientes configuraciones, el comportamiento del HDPE determinó que la temperatura de procesamiento ideal es de 463k, la presión interna para generar una deformación correcta es de 10 bar, las dimensiones del parison adecuadas es de 38mm de diámetro y 0,8 mm , su resultado fue un peso 11,88g se encuentra dentro del rango permitido para envases de 100 ml según el protocolo para el control de calidad de envases plásticos generando un ahorro del 6,1% de material con respecto a otras configuraciones.
- La simulación por el método de elementos finitos ahorra costos en el moldeo por soplado, el software, permite estudiar el efecto de cambios en el diseño, en los parámetros de los materiales y en los parámetros de proceso, de tal forma que se pueda lograr un diseño liviano, usando la menor cantidad de material posible.

8 REFERENCIAS

- [1] O. I. d. E. d. I. UNESCO, «Unesco,» 07 1996. [En línea]. Available: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000105765_spa. [Último acceso: 12 06 2019].
- [2] R. Torres, «LA REFORMA, DEMOCRATIZACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DEL ESTADO,» *El sentido de lo común. Pensamiento Latinoamericano*, vol. Primera edición, p. 290, 2018.
- [3] Á. Urbina, «10 Problemas comunes en moldeo por soplado y como solucionarlo,» *Plásticos*, vol. 34, pp. 26-29, Febrero 2019.
- [4] M. Thielen, *Introducción al proceso de Extrusión y Soplado*, 1 ed., E. Fiorentino, Ed., Publicaciones técnicas, 2003, p. 128.
- [5] F. Martí, «AIMPLAS (Instituto tecnológico de plástico),» 11 Noviembre 2009. [En línea]. Available: https://www.ctnc.es/recursos/publico/Ponencias%20CEIDEA/100210Murcia_AIMPLAS.pdf.
- [6] M. B. -. A. Marcilla, «Tecnología de los polímeros,» 22 03 2012. [En línea]. Available: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/extrusion-soplado.html>.
- [7] R. S. Jesus Salazar, «Diseño de un molde extrusión- soplado para botellas de polietileno de baja densidad,» 2010.
- [8] D. G. Jorge Rubio, «Diseño, construcción y prueba de una extrusora horizontal de tornillo sencillo para polietileno de baja densidad,» Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2009.
- [9] L. Alcaraz, «Análisis del comportamiento estructural de una caja de plástico reciclado para champiñones,» 2015.
- [10] W. Pallo, «DISEÑO DE UNA MÁQUINA INYECTORA DE TERMOPLÁSTICOS DE BAJA Y ALTA DENSIDAD,» Latacunga, 2018.
- [11] «Calderas del Norte S.A,» Steam Boiler, 2008. [En línea]. [Último acceso: 08 Noviembre 2018].
- [12] «Descripción del sistema de extrusión por Soplo,» 8 11 2018. [En línea].
- [13] M. Beltran, «Soplado de Termoplásticos,» *Tecnología de los Polímeros*, vol. 1, p. 276, 2012.
- [14] D. R. Askeland, «Polímeros,» de *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Tercera Edición ed., Mexico, Séneca: International Thomson Editores S.A., 2004, pp. 449-451.

- [15] C. Riba Romeva, «Estructura Molecular de los polímeros,» de *Selección de materiales*, Primera Edición ed., S. Universitat Politècnica de Catalunya, Ed., Catalunya, Barcelona, 2008, p. 170.
- [16] H. d. p. Barrezueta, «Caircb,» 10 10 2014. [En línea]. Available: <http://www.caircb.com/Portals/0/369.pdf>. [Último acceso: 15 05 2019].
- [17] «Productos Scranton,» [En línea]. Available: <https://www.scrantonproducts.com/different-types-of-plastics-and-the-spi-codes/>. [Último acceso: 9 05 2019].
- [18] Plastiductos, «Polietileno de Alta densidad (HDPE),» 2017. [En línea]. Available: <https://plastiductos.com.mx/specs/tabla-de-resistencias-mecanicas.pdf>. [Último acceso: 10 05 2019].
- [19] V. R. Tello Carrera, «Diseño de una máquina de soplado automática para hacer botellas de polietileno de alta densidad (HDPE), con una capacidad máxima de 1 litro y un ciclo máximo de 12 segundos,» Puebla, 2005.
- [20] D. V. Rosato, A. V. Rosato y D. P. DiMattia, *Blow Molding Handbook*, Hanser, 2004.
- [21] M. Beltran y A. Marcilla Gomez, *Tecnología de los polimeros*, 2012.
- [22] P. A. Gutiérrez Morales y J. F. Bornacelli Castillo, «Metodología para el diseño de tornillos de maquina de extrusión monohusillo,» *Universidad Autónoma de Occidente*, vol. 1, pp. 88,89, 06 2008.
- [23] J. Martinez, «Fabricantes de Resistencias Electricas Industriales,» 15 07 2018. [En línea].
- [24] K. L. E.Ind., «Sistemas inteligentes de control y manejo para inyectoras,» Interempresas, 11 12 2012. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/103441-Sistemas-inteligentes-de-control-y-manejo-para-inyectoras.html>. [Último acceso: 07 07 2019].
- [25] Sidex, «Sistemas de posicionamiento,» Sidex (suministros industriales y navales), 13 11 2017. [En línea]. Available: <http://www.sidex.es/es/sistemas-de-posicionamiento/>. [Último acceso: 07 07 2019].
- [26] P. G. L. B. Vergnes, *Polymer Extrusion*, London, [England] Hoboken, New Jersey ISTE Ltd John Wiley & Sons, 2014. ©2014, 2014.
- [27] «Manual de la Tecnología de Produccion del CIQA,» 12 06 2010. [En línea]. [Último acceso: 14 06 2019].
- [28] M. S. JA Covas, *Extruder Principles and Operation*, 2ª ed ed., C. y. Hall, Ed., Londres, 1995.

- [29] E. G. Xavier Masapanta, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIDÁCTICO DE MAQUINA SOPLADORA DE PLASTICO,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/10103>. [Último acceso: 26 Noviembre 2018].
- [30] V. K. Savgorodny, Transformacion de plasticos, Barcelona: Gustavo Gili, S. A., 1973.
- [31] C. R. Romeva, Selección de materiales en el diseño de máquinas, Primera ed., Jordi Girona Salgado 1-3, 08034, Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya,, 2010, p. 227.
- [32] C. L. d. Reductores, «Rodamientos,» 23 05 2016. [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/tipos-de-rodamientos-accionamientos/>. [Último acceso: 21 01 2019].
- [33] «Actuadores neumáticos.,» 26 08 2017. [En línea]. [Último acceso: 20 01 2019].
- [34] C. d. C. E. Nacional, NFPA 70 Código eléctrico nacional, I. Á. Estévez, Ed., Quincy, Massachusetts, 2018.
- [35] I. B. C.A., «AISI 4140,» Ivan Bohman C.A., 06 09 2019. [En línea]. Available: <https://www.ivanbohman.com.ec/product-detail/709-42-crmo4-aisi-4140/>. [Último acceso: 05 01 2020].
- [36] Dismetal, «TUBERÍA SIN COSTURA, NEGRA, CÉDULA 80,» Dismetal, 2015. [En línea]. Available: <https://dismetal.ec/productos/tuberias/sin-costura-negra/cedula-80>. [Último acceso: 05 01 2019].
- [37] Dismetal, «PLANCHAS DE ACERO 1220 x 2440,» Dismetal, 2015. [En línea]. Available: <https://dismetal.ec/productos/planchas/laminadas-en-caliente/1220-x-2440>. [Último acceso: 05 01 2019].
- [38] I. Bohman, «Ramax,» Ivan Bohman, 06 09 2019. [En línea]. Available: <https://www.bohman.com.ec/product-detail/ramax/>. [Último acceso: 07 01 2020].
- [39] I. S.A., «MOTOR SIEMENS IEC 5HP 1800RPM,» 2019. [En línea]. Available: <https://improselec.com/producto/motor-siemens-iec-5hp-1800rpm/>. [Último acceso: 30 12 2019].
- [40] S. Electric, «LRD21,» Schneider Electric, [En línea]. Available: <https://www.se.com/co/es/product/LRD21/re%3%A9-de-sobrecarga-t%3%A9rmica-para-motor-tesys---12-18-a---clase-10a/>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [41] S. Electric, «Contactor de 3 polos Schneider Electric - 18 A, bobina de 24 V CC, TeSys D, 3NO,» Schníder Electric, 2019. [En línea]. Available: <https://www.se.com/cl/es/product/LC1D18BD/contactor-3-polos---18a---24v-dc---nanc/>. [Último acceso: 08 01 2020].

- [42] S. Electric, «EZ9F56320,» Schneider Electric, 2020. [En línea]. Available: <https://www.se.com/my/en/product/EZ9F56320/easy9-miniature-circuit-breaker--3p---20-a---c-curve---6000-a---400-v/>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [43] Centelsa, «CABLES PARA BAJA TENSIÓN,» Centelsa, 2020. [En línea]. Available: <http://www.centelsa.com/cables-para-baja-tension/>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [44] Nord, «Proyecto WJUUVH:,» Nord, 2015. [En línea]. Available: https://www.nord.com/cms/es/mynord/product_selection/product_configurator/cp_product_configurator.jsp#/configurator/6e5b9ee8-5be7-40b3-8c2f-db68de20d322. [Último acceso: 02 01 2020].
- [45] SIEMENS, «MICROMASTER 420,» SIEMENS, 10 200. [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/704/6515704/att_95840/v1/opspa.PDF. [Último acceso: 02 01 2020].
- [46] Brototermic, «RESISTENCIAS ELÉCTRICAS CALEFACTORAS,» Brototermic, [En línea]. Available: <http://www.brototermic.com/docs/catalogo-resistencias-calefactoras.pdf>. [Último acceso: 05 01 2020].
- [47] R. E. Quito, Resistencias Electricas Quito, 2002. [En línea]. Available: <https://www.resistenciaselectricasquito.com/>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [48] S. Electric, «QO260,» Schneider Electric, 2019. [En línea]. Available: <https://www.se.com/mx/es/product/QO260/int.-termomag.-qo-2p.-60-a./>. [Último acceso: 10 01 2020].
- [49] taiwantrade, «Soplador de Aire Centrifugo,» taiwantrade, 2002. [En línea]. Available: <https://es.taiwantrade.com/product/soplador-de-aire-centrifugo-482075.html#>. [Último acceso: 12 01 2020].
- [50] Siemens, «LOGO! Logic Modules,» Siemens, 2019. [En línea]. Available: <https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/catalog/en/simatic-st70-chap02-english-2019.pdf>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [51] eeinsa, «Temperatura,» eeinsa, 2019. [En línea]. Available: <http://www.eeinsa.com/2.php>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [52] M. Electronics, «“Hockey Puck”,» Mouser Electronics, 2019. [En línea]. Available: https://www.mouser.ec/Optoelectronics/Optocouplers-Photocouplers/Solid-State-Relays/Solid-State-Relays-Industrial-Mount/_/N-b6nf9?Keyword=Mgsystem+Ssr+25a+Solid+State+Relay&OrgTerm=Mgsystem+Ssr+25a+Rele+De+Estado+Solido&NewSearch=1&FS=True. [Último acceso: 02 01 2020].
- [53] Eeinsa, «TEMPERATURA,» Eeinsa, [En línea]. Available: <http://www.eeinsa.com/2.php>. [Último acceso: 02 01 2020].

- [54] rs, «Seta emergencia Siemens 3SB3500-1HA20, 22mm, Girar para restablecer, IP67, Rojo, Seta, Signum,» rs, [En línea]. Available: <https://es.rs-online.com/web/p/botones-pulsadores-de-parada-de-emergencia/4533100/>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [55] Siemens, «Actuadores e indicadores,» Siemens, 2019. [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10216936>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [56] S. Electric, «XB4BD53,» Schneider Electric, [En línea]. Available: <https://www.se.com/es/es/product/XB4BD53/selector-negro-%C3%B8-22---3-posiciones-con-retorno---2na/>. [Último acceso: 02 01 2020].
- [57] S. Electric, «A9F77210,» Schneider Electric, 2019. [En línea]. Available: <https://www.se.com/cl/es/product/A9F77210/interruptor-termomagnetico-ic60n-2p-10a-curva-c-50ka/>. [Último acceso: 10 01 2020].
- [58] FESTO, «Cilindros normalizados DNC, ISO 15552,» FESTO, 02 2018. [En línea]. Available: https://www.festo.com/cat/eng_gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/DNC_ES.PDF. [Último acceso: 08 01 2020].
- [59] FESTO, «Electroválvulas / Válvulas neumáticas, ISO 15407-1,» FESTO, 06 2019. [En línea]. Available: https://www.festo.com/cat/eng_gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/ISO15407VSVA_ES.PDF. [Último acceso: 08 01 2020].
- [60] FESTO, «Unidades de mantenimiento combinadas,» FESTO, 2020. [En línea]. Available: https://www.festo.com/cat/es_loc/products_030100. [Último acceso: 10 01 2020].
- [61] FESTO, «Reguladores de presión LR/LRS, serie D, ejecución metálica,» FESTO, 10 2018. [En línea]. Available: https://www.festo.com/cat/eng_gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/D-REGULATORS_ES.PDF. [Último acceso: 10 01 2020].
- [62] S. Electric, «POWERPACT H-FRAME, CIRCUIT BREAKER, THERMAL-MAGNETIC, 125A, 3P, 600V, 14kA,» Schneider Electric, 2020. [En línea]. Available: <https://www.se.com/cr/es/product/HDL36125/powerpact-h-frame%2C-circuit-breaker%2C-thermal-magnetic%2C-125a%2C-3p%2C-600v%2C-14ka/?range=60181-interruptores-powerpact-h>. [Último acceso: 10 01 2020].
- [63] «EcuRed,» 11 12 2013. [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/Termopl%C3%A1stico>.
- [64] E. G. Xavier Masapanta, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIDÁCTICO DE MAQUINA SOPLADORA DE PLASTICO,» 2015. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Jonathan/Documents/UNIVERSIDAD/octavo%20ciclo/proyecto%](file:///C:/Users/Jonathan/Documents/UNIVERSIDAD/octavo%20ciclo/proyecto%20)

202/proyecto/trabajos%20precedentes/T-ESPEL-EMI-0292.pdf. [Último acceso: 36 Noviembre 2018].

- [65] G. Mirlisenna, «ESSS,» 16 06 2016. [En línea]. Available: <https://www.esss.co/blog/es/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>.

- [66] P. y. R. Tecnología, «Mecanismos de transmisión circular,» Departamento de Tecnología. , 04 02 2012. [En línea]. Available: <http://www.tecnofulio.com/1eso/2012/02/04/mecanismos-de-transmision-circular/>. [Último acceso: 21 01 2019].

- [67] C. L. d. Reductores, «Motores de corriente continua y alterna: estudio y selección,» 05 02 2016. [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/motores-corriente-continua-alterna-seleccion/>. [Último acceso: 21 01 2019].

Firma: _____

Aymara Montaguano Jonathan Javier

Proponente 1

Email: jonathan.aymara0284@utc.edu.ec

Telf.: 0969348710

Firma: _____

Chamba Nieto Cristhian Efren

Proponente 2

Email: cristhian.chamba9146@utc.edu.ec

Telf.: 0979100145

Firma: _____

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

PROFESOR TUTOR

Email: hector.reinoso@utc.edu.ec

Telf.: 0987294435

ANEXOS

Anexos I Situación Problemática

Tabla I.1. Perdidas en el proceso de extrusión y soplado.

Proceso	Aspecto	Observación
Alimentación de la Tolva	Abastecer de forma manual los pellets de plástico a la tolva.	Al alimentar de forma manual (Perdida tiempo en la producción).
	Cantidad de pellets variable.	Variación de la producción en función de la cantidad de materia prima. (Desperdicio de materia prima).
Plastificación.	Desperdicio de energía eléctrica.	Al dejar la maquina encendida sin producción.
	Punto de transición vítrea inadecuado.	Baja fluidez del polietileno al no tener la temperatura adecuada.
	Temperatura alta	Al no mantener un control sobre la temperatura calentamiento se quema el producto. (Desperdicio de materia prima).
	Baja presión en la zona de plastificación.	Fusión del termoplástico inadecuada.
	Velocidad Baja en el husillo de extrusión.	Fusión temprana del termoplástico no alcanza la presión adecuada. (Producto quemado) (Desperdicio de materia prima).
	Velocidad Alta en el husillo de extrusión.	No se llega a la fusión de termoplástico. Paro de la producción.
	Sobredimensionamiento en el motor del husillo.	Desperdicio de energía eléctrica.

Tabla I.1. Perdidas en el proceso de extrusión y soplado.

Proceso	Aspecto	Observación
Dosificado.	Desperdicio de energía eléctrica.	Al dejar la maquina encendida sin producción.
	Temperatura alta	Al no mantener un control sobre la temperatura calentamiento se quema el producto. No logra enfriarse antes de entrar a la etapa de moldeo. (Desperdicio de materia prima).
	Baja presión en la zona de dosificado.	Extrusión de forma desigual y discontinua. (Desperdicio de materia prima)
	Velocidad Baja en el husillo de extrusión.	Al alimentar de forma manual (Perdida tiempo en la producción).
Moldeo.	Baja presión del aire inyectado.	El producto se enfría antes de ser moldeado (Desperdicio de materia prima).
	Deficiencia en el diseño del molde.	Exceso de rebaba. (Desperdicio de materia prima).

Fuente: [3]

Tabla I.2. Diagrama de Pareto

DIAGRAMA DE PARETO				
N.	Aspecto	Valoración	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Temperatura alta	8	15%	15%
2	Velocidad Baja en el husillo de extrusión.	7	13%	28%
3	Baja presión en la zona de dosificado.	7	13%	41%
4	Baja presión del aire inyectado.	6	11%	52%
5	Baja presión en la zona de plastificación.	5	9%	61%
6	Cantidad de pellets variable.	5	9%	70%
7	Abastecer de forma manual los pellets de plástico a la tolva.	4	7%	78%
8	Desperdicio de energía eléctrica.	4	7%	85%
9	Sobredimensionamiento en el motor del husillo.	4	7%	93%
10	Deficiencia en el diseño del molde.	4	7%	100%
	Total	54	100%	

Tabla I.3. Matriz de operacionalización de variables

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Temperatura	Parámetros de producción.	Calor generado por las resistencias del sistema.	Grados K (Kelvin) $^{\circ}C$ (Celsius)	Medición (Simulación).	Software Termocupla
Presión		Presión del fluido generada por el tornillo de extrusión.	Pa (Pascal) $\frac{N}{m^2}$	Medición (Simulación).	Software Manómetros.
Velocidad		Velocidad de giro del tornillo extrusor.	RPM (revoluciones por minuto.)	Medición (Simulación).	Software Tacómetro.
Voltaje	Parámetros de funcionamiento.	Voltaje de alimentación.	Voltios (V).	Medición (Simulación).	Software Voltímetro.
Amperaje		Amperaje consumido por la máquina.	Amperios (A).	Medición (Simulación).	Software Amperímetro.

Anexos II. Termoplásticos

Tabla II.1. Temperaturas de fusión transición vítrea de termoplásticos

Polímero	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_g(^{\circ}\text{C})$
Polímeros por adición		
Poliétileno de baja densidad (LD)	115	-120
Poliétileno de alta densidad (HD)	137	-120
Cloruro de polivinilo	175-212	87
Polipropileno	168-176	-16
Poliestireno	240	85-125
Poliacrilonitrilo	320	107
Politetrafluoroétileno (teflón)	327	
Policlorotrifluoroétileno	220	
Polimetilmetacrilato (acrílico)		90-105
ABS		88-125

Fuente: [12]

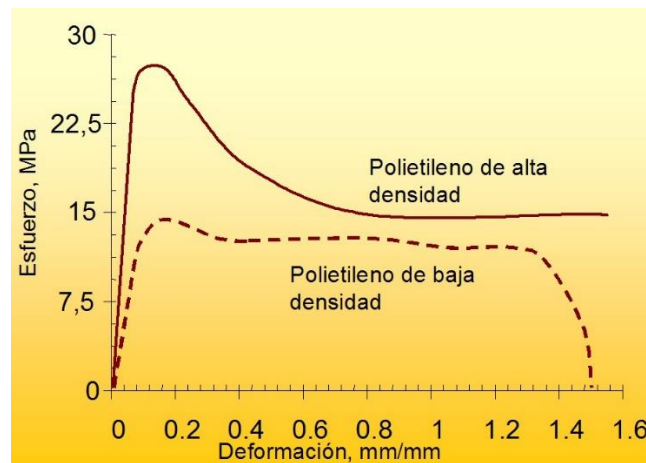









Figura II.1. Curva de esfuerzo deformación del HDPE Y LDPE.

Fuente: [16]

Tabla II.2. Tipos de materiales termoplásticos

CARACTERÍSTICAS	IDENTIFICACIÓN
Tereftalato de polietileno (PET o PETE). Envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, punto al centro del fondo del envase: para bebidas, aceite comestible, agua purificada, alimentos y aderezos, medicinas, agroquímicos, etc.; bolsas de hervir ahí mismo el alimento congelado y bandejas para comidas calentadas en microondas.	 PET
Polietileno de alta densidad (HDPE). Envases opacos, gruesos, de diversos colores, rígidos, con una línea a lo largo y fondo del cuerpo: de cloro, suavizantes, leche, cubetas, envases alimentos, bolsas para basura, botellas para detergente o blanqueadores, y botellas para aspirinas, etc.	 HDPE
Vinilo (Cloruro de polivinilo o PVC). Envases transparentes, semidelgados, con asa y una línea a lo largo y fondo del envase: de shampoo, agua purificada, etc. También usado para mangueras, juguetes, tapetes, empaques para carnes, etc.	 PVC
Polietileno de baja densidad (LDPE) PEBD. Principalmente usado para película y bolsas, de tipo transparente, aunque se puede pigmentar, de diversos calibres y también se usa para tubería, bolsas para vegetales en supermercados, bolsas para pan, envolturas de alimentos y otros.	 LDPE
Polipropileno (PP). Plástico opaco, traslúcido o pigmentado, empleado para hacer película o bolsas, envases, jeringas, cordones, rafia para costales y sacos, incluye envases para yogurt, botellas para champú, potes, botellas para almíbar, recipientes para margarina, etc.	 PP
Poliestireno (PS). Hay dos versiones, el expansible o espumado (unicel o nieve seca) y el Cristal, empleado para fabricar cajas, envases y vasos transparentes pero rígidos. Incluye tazas para bebidas calientes, envase para comidas rápidas, cartones para huevos y bandejas para carnes.	 PS
Otros. Todas las demás resinas de plástico o mezclas de las indicadas arriba en un mismo producto. Estos plásticos representan aproximadamente el 4% de todos los plásticos. Recipientes de plástico (agua, leche, jabón, jugo, etc.).	 OTROS

Fuente: [15]

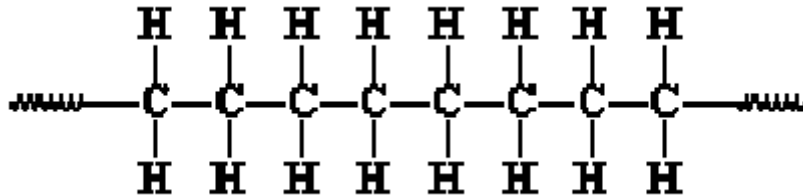
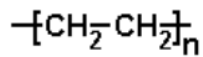


Figura II.2. cadena lineal no ramificada del HDPE

Fuente: [15]



Unidad Repetitiva

HDPE

Abreviación



Código

Figura II.3. Símbolo y abreviación del HDPE

Fuente: [15]

Tabla II.3. Propiedades Físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	
Absorción de agua en 24h (%)	< 0,01
Densidad (g/cm ³)	0,94-0,97
Índice refractivo	1,54
Resistencia a la radiación	Aceptable
Resistencia al ultra-violeta	Mala
Coefficiente de expansión lineal (K ⁻¹)	2 x 10 ⁻⁴
Grado de cristalinidad (%)	60-80

Fuente: [16]

Tabla II.4. Propiedades Mecánicas

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo elástico E (N/mm ²)	1000
Coefficiente de fricción	0,29
Módulo de tracción (GPa)	0,5-1,2
Relación de Poisson	0,46
Resistencia a tracción (MPa)	15-40
Esfuerzo de rotura (N/mm ²)	20-30
Elongación a ruptura (%)	12

Fuente: [16]



Tabla II.5. Propiedades Térmicas

PROPIEDADES TÉRMICAS	
Calor específico ($\text{J K}^{-1} \text{Kg}^{-1}$)	1900
Coefficiente de expansión ($\times 10^6 \text{K}^{-1}$)	100-200
Conductividad térmica a 23 °C (W/mK)	0,45-0,52
Temperatura máxima de utilización (°C)	55-120
Temperatura de reblandecimiento (°C)	140
Temperatura de cristalización (°C)	130-135

Fuente: [16]

Anexos III. Proceso de diseño de la máquina de extrusión y soplado.

Figura III.1. Principio de Funcionamiento





Tabla III.1. Tabla de contenido de calor para termoplásticos.

MATERIAL	TEMP.FUNDIDO (°C)	TEMP.MOLDE (°C)	ΔT	CALOR ESPECIFICO $Jkg^{-1}k^{-1}$	CALOR A REMOVED J/g
CA	210	50	160	1700	272
PET	240	60	180	1570	283
PMMA	240	60	180	1900	342
PC	300	90	115	3000	345
ABS	240	60	180	1968	364
PS	220	20	200	1970	394
PA6	250	80	170	3060	520
PA66	280	80	200	3075	615
LDPE	210	30	180	3180	572
HDPE	240	20	220	3640	801
PP	240	50	190	2790	670

Fuente: [41]

Anexos IV. Consideraciones para metodología cualitativa aplicada a la máquina de soplado



Anexos IV.

Tabla IV.1. Metodología cualitativa

Es un método de investigación que genera un enfoque interpretativo, tiene como característica principal el análisis de objetos o materiales, a partir de experiencias, conocimientos y contextos que, muchas veces, se nos escapan de nuestro control. Permitiendo así una mayor efectividad al momento de seleccionar objetos, equipos, herramientas, materiales. A veces, la matriz causa-efecto tiene una connotación muy cualitativa.

Para una mayor facilidad se plantea el uso de tablas, que permitan mediante una valoración numérica -y parámetros de comportamiento en torno al objeto, interpretar la mejor opción aplicable al proyecto. En la primera fila se plantea cada una de las opciones que se desea analizar, estas pueden ser (objeto, equipo, material u otros). Tabla 4.2.

En la primera columna se enlista los indicadores de comportamiento que condicionan al objeto, para su valoración. Tabla 4.2.

El número de opciones y parámetros, se establecen según el criterio del investigador.

Tabla 0.1.Matriz de decisión

	<i>Opción A</i>	<i>Opción B</i>	<i>Opción C</i>	<i>Opción D</i>
<i>Indicador 1</i>				
<i>Indicador 2</i>				
<i>TOTAL</i>				

Para la valoración, se establece un rango de 0 – 20 que condiciona la aplicabilidad del objeto en el proyecto en la tabla 4.3 se observa la clasificación de este rango de valores

Tabla 0.2.Rangos de valoración .

<i>CLASIFICACIÓN</i>	<i>CONDICIÓN</i>	<i>PUNTAJE</i>
<i>Muy baja</i>	<i>No es aplicable al proyecto</i>	<i>0</i>
<i>Baja</i>	<i>Posee grandes falencias, solo se toma en cuenta en casos especiales</i>	<i>5</i>
<i>Media</i>	<i>Posee algunas anomalías, sin embargo es aplicable al proyecto</i>	<i>10</i>
<i>Alta</i>	<i>Aplica al proyecto</i>	<i>20</i>

La tabla planteada, establecida por la metodología cualitativa es aplicable a diferentes a campos del proyecto, por tanto, se considera como una herramienta de decisión para los sistemas del diseño.



Anexos IV.

Tabla IV.2 Consideraciones para selección del tornillo de extrusión

Selección del Tornillo de extrusión

Se toma en cuenta el husillo simple y al doble husillo como objetos de análisis, los parámetros de selección tomadas en cuenta son: *la operación*, es la facilidad con la que le tornillo puede ser operado por un sistema simple o complejo, *consumo de energía*, la complejidad del *mantenimiento*, *capacidad de producción*, y *el costo de fabricación*. El tornillo tiene como su función principal extruir HDPE para la fabricación de parison para envases por soplado.

Tabla IV.3 Consideraciones para selección barril de extrusión

Selección del barril de extrusión

Para la selección del cilindro, se establece conocimientos previos establecidos por la metodología del cálculo e investigación, las opciones están dadas en función de la cédula de la tubería en este caso (cédula 80 y 40) que condiciona la *presión interna del tubo*, el *Esfuerzo permisible del material a una temperatura de operación*, *la corrosión*, entre más delgada sea la pared del tubo, más susceptible es a desgastarse, *la adaptabilidad* es la forma que se adapta al sistema y el *costo*



Anexos IV.

Tabla IV.4 Consideraciones para selección del tipo de Rodamiento

Selección del tipo de Rodamiento

Al diseñar caja de engranajes o reductores, se debe considerar el uso de rodamientos adecuados a las exigencias y aplicaciones dadas, de estos depende la eficiencia, fiabilidad y durabilidad del sistema, por tanto, es importante seleccionar el rodamiento idóneo para la máquina de extrusión y soplado, se toma en consideración los diferentes tipos de rodamiento como: *rodamientos de bolas, de agujas, de rodillos y axiales*, en este caso se considera como *indicadores a la capacidad de carga, la velocidad, vida útil, adaptabilidad, disponibilidad, costo*, por tanto para el análisis de selección de rodamientos, se necesita un conocimiento previo y datos obtenidos en el método de cálculo.

Tabla IV.5 Consideraciones para selección de sistema de transmisión

Selección del tipo de Sistema de transmisión

Para el sistema de transmisión, se establece que el tornillo debe generar un movimiento circular lento, y un par estable previamente dimensionados, por tanto, se considera las 4 mejores opciones para el tipo de transmisión (*sistema poleas con correa, de ruedas de fricción, de engranajes y tornillo sin fin - corona*), es importante considerar como indicador, *el costo del sistema de aplicación por la gran variación que puede existir, la transmisión de potencia, disponibilidad, eficiencia, adaptabilidad*.



Anexos IV.

Tabla IV.6 Consideraciones para selección del tipo de cabezal de extrusión

Selección del tipo de cabezal de extrusión

Al diseñar caja de engranajes o reductores, se debe considerar el uso de rodamientos adecuados a las exigencias y aplicaciones dadas, de estos depende la eficiencia, fiabilidad y durabilidad del sistema, por tanto, es importante seleccionar el rodamiento idóneo para la máquina de extrusión y soplado, se toma en consideración los diferentes tipos de rodamiento como: *rodamientos de bolas, de agujas, de rodillos y axiales*, en este caso se considera como *indicadores a la capacidad de carga, la velocidad, vida útil, adaptabilidad, disponibilidad, costo*, por tanto para el análisis de selección de rodamientos, se necesita un conocimiento previo y datos obtenidos en el método de cálculo.

Tabla IV.7 Consideraciones para selección del tipo de estructura

Selección del tipo de estructura

La estructura de una maquina forma la parte donde reposan los demás elementos, soportando el peso de todos los componentes y transmitiéndolos a los puntos donde se apoyan con el fin de tener una resistencia y estabilidad eficiente. Si se considera una estructura que tiene como base perfiles cuadrados o tubos se debe considerar las uniones entre piezas o el ensamble como parte fundamental. Por tanto, para la tabla de selección se *evalúa la estructura pernada, soldada y estructura masiva* y los criterios de selección son las *cargas que soportaran, el material, forma de transportarse, vida útil, aplicabilidad, disponibilidad y costo*



Anexos IV.

Tabla IV.8 Consideraciones para selección del tipo de motor

Selección del tipo de motor

En la selección de motor, tiene como opciones, *el motor con anillos rozantes, con colector, con jaula de ardilla y el motor shunt*, por tanto, se debe considerar la aplicación y lugar de la instalación, así como la normativa sobre la que recae en el motor, por lo general en la industria y maquinaria se utiliza la red trifásica, respecto a las consideraciones anteriores los parámetros de evaluación considerados son *la red, velocidad, par, disponibilidad, rendimiento, adaptabilidad, costo*.

Tabla IV.9 Consideraciones para selección del tipo de resistencia de calentamiento

Selección del tipo de resistencia de calentamiento

La selección de la resistencia de calentamiento se basa en los datos obtenidos de la metodología del cálculo del calor requerido en la tabla. Por tanto, se establece las mejores opciones que son *las resistencias planas cerámicas, planas de mica, abrazaderas cerámicas, abrazaderas mica*, con parámetros de valoración como: *temperatura, adaptabilidad, función y costo*.



Anexos IV.

Tabla IV.10 Consideraciones para selección del tipo de cabezal de extrusión

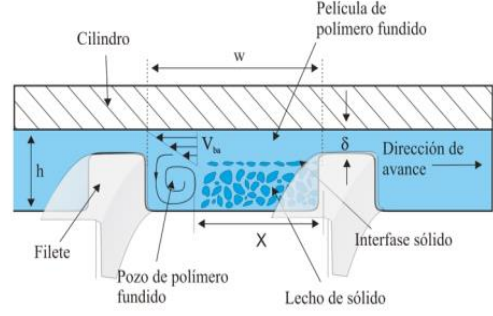
Selección del tipo de cilindros neumático

Es importante considerar cada uno de los tipos de cilindros para generar una mayor eficiencia en uno de los procesos importantes de la máquina, como es el corte del parison y soplado para el movimiento de la boquilla, se considera el *cilindro de simple efecto de émbolo y de membrana arrollable, el Cilindro de doble efecto y el de doble vástago, los indicadores son los que generalmente se utilizan en los cilindros como carrera, fuerza vida nominal, aplicabilidad, disponibilidad y costo.*

**Anexos V. Metodología para el diseño de
máquina de soplado.**

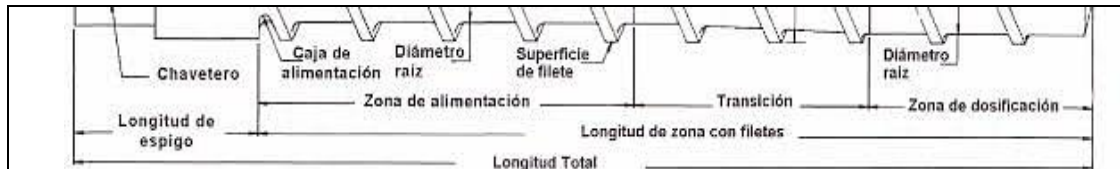
Anexos V.

Tabla V.1. Método para el dimensionamiento del tornillo de extrusión.

<p>En este caso el tornillo simple es el indicado para el prototipo, al ser el más fácil de construir y predominante en las maquinas extrusoras, también es aplicable para las condiciones que tendrá el termoplástico procesado, el uso de fórmulas se considera para cada una de las características de este elemento como, longitud y ancho del canal, análisis del movimiento del polímero y otros que interferirá en la calidad de la pieza.</p>				
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
<p>Ángulo del filete de la hélice del tornillo con la vertical</p>	$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{P}{\pi \cdot D} \right)$	<p>φ= Ángulo de filete de la hélice del tornillo</p>	<p>[°]</p>	<p>(4.1)</p>
		<p>p= Paso del tornillo</p>	<p>[m]</p>	
		<p>D= Diámetro del tornillo</p>	<p>[m]</p>	
<p>El ancho del canal</p>	$b = (p - t) \cdot \cos \varphi$	<p>b= Ancho del canal</p>	<p>[m]</p>	<p>(4.2)</p>
		<p>p= Paso del tornillo</p>	<p>[m]</p>	
		<p>t= Ancho del filete del tornillo</p>	<p>[m]</p>	
<p>La longitud total del canal</p>	$Z = \frac{L}{\sin \varphi}$	<p>Z= Longitud total del canal</p>	<p>[m]</p>	
		<p>L= Longitud del tornillo</p>	<p>[m]</p>	
		<p>φ= Ángulo de filete de la hélice del tornillo</p>	<p>[°]</p>	
<p>La relación de compresión (El rango de relaciones de compresión típicas que oscila entre 2.0 y 4.0.)</p>	$CR = \frac{h1}{h2}$	<p>CR= Relación de compresión</p>		<p>(4.3)</p>
		<p>h1 = Profundidad zona de alimentación</p>	<p>[m]</p>	
		<p>h2 = Profundidad zona de dosificación</p>	<p>[m]</p>	

Anexos V.

Tabla V.2 Análisis del movimiento del polímero en la extrusora



Para el diseño del prototipo se debe considerar la forma como actúa el termoplástico cuando es procesado como su movimiento longitudinal como transversal, la cantidad que se va a procesar, la presión con cual se genera y las potencia que es necesaria para la manufactura, para evitar posibles anomalías

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
La componente longitudinal de la velocidad	$W = \pi \cdot D \cdot N \cdot \cos \varphi$	W= Componente longitudinal de la velocidad	[m/s]	
		D= Diámetro del tornillo	[m]	
		N= Velocidad de giro del tornillo	[rpm]	
		φ = Ángulo de filete de la hélice del tornillo	[°]	
La componente transversal de la velocidad	$U = \pi \cdot D \cdot N \cdot \sin \varphi$	U = Componente transversal de la velocidad	[m/s]	
		h1= Profundidad zona de alimentación	[m]	
		h2= Profundidad zona de dosificación	[m]	
Cantidad de polímero extruido en la zona de alimentación	$\gamma A = \frac{W}{h1}$	γA = Flujo de corte en la zona de alimentación	[s ⁻¹]	
		W= Componente longitudinal de la velocidad	[m/s]	
		h1= Profundidad zona de alimentación	[m]	



Anexos V.

Tabla V.2 Análisis del movimiento del polímero en la extrusora

Cantidad de polímero extruido en la zona de transición	$\gamma^T = \frac{W}{h_3}$	γ^T = Flujo de corte en la zona de transición	[s ⁻¹]	
		W= Componente longitudinal de la velocidad	[m/s]	
		h ₃ = Profundidad promedio de la zona de transición	[m]	
Profundidad promedio de la zona de transición	$h_3 = \frac{h_1 + h_2}{2}$	h ₃ = Profundidad promedio de la zona de transición	[m]	
		h ₁ = Profundidad zona de alimentación	[m]	
		h ₂ = Profundidad zona de dosificación	[m]	
En la zona de dosificación	$\gamma^D = \frac{W}{h_2}$	γ^D = Flujo de corte en la zona de dosificación	[s ⁻¹]	
		W= Componente longitudinal de la velocidad	[m/s]	
		h ₂ = Profundidad zona de dosificación	[m]	
El flujo volumétrico de polímero	$QD = \frac{W}{2} \cdot b \cdot h_1$	QD= Flujo de arrastre	[m ³ /s]	
		W = Componente longitudinal de la velocidad	[m/s]	
		h ₁ = Profundidad zona de alimentación	[m]	
		b = Ancho del canal	[m]	
Flujo másico de polímero extruido	$mD = \rho \cdot QD$	mD= Flujo másico de polímero extruido	[Kg/h]	
		QD= Flujo de arrastre	[m ³ /s]	
		ρ = Densidad del HDPE	[kg/m ³]	



Anexos V.

Tabla V.2. Análisis del movimiento del polímero en la extrusora

Presión del polímero	$P = \frac{4 \cdot W \cdot \eta \cdot Z}{h_1^2}$	P = Presión del polímero a través de la boquilla	[MPa]	(4.4)
		h1= Profundidad zona de alimentación	[m]	
		η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido	[Ns/m ²]	
		W= Componente longitudinal de la velocidad	[m/s]	
		Z = Longitud total del canal		
Flujo volumétrico de presión	$Qp = \frac{b \cdot h_1^3}{12 \cdot \eta} \cdot \frac{P}{Z}$	QP= Flujo de presión o retroceso	[m ³ /s]	
		b = Ancho del canal	[m]	
		h1= Profundidad zona de alimentación	[m]	
		η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido	[Ns/m ²]	
		P = Presión del polímero a través de la boquilla	[MPa]	
		Z = Longitud total del canal		
Flujo másico de presión	$mP = \rho \cdot QP$	mP= Flujo másico de presión	[Kg/h]	
		QP= Flujo de presión o retroceso	[m ³ /s]	
		ρ = Densidad del HDPE	[kg/m ³]	



Anexos V

Tabla V .2Análisis del movimiento del polímero en la extrusora

flujo másico de polímero total	$m_{Tot} = mD - mP$	mTot= Flujo másico de polímero total	[Kg/h]	(4.5)
		mP = Flujo másico de presión	[Kg/h]	
		mD = Flujo másico de polímero extruido	[Kg/h]	
Presión máxima del polímero	$P_{max} = \frac{6 \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot N \cdot \eta}{h_3^2 \cdot \tan \varphi}$	Pmax= Presión máxima del polímero	[MPa]	(4.6)
		η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido	[Ns/m ²]	
		L = Longitud del tornillo	[m]	
		h3 = Profundidad promedio de la zona de transición	[m]	
		D = Diámetro del tornillo	[m]	
		N = Velocidad de giro del tornillo	[rps]	

Anexos V.

Tabla V.3. Potencia requerida por el tornillo

<p>Al tener los parámetros de dimensionamiento del tornillo, se pretende conseguir la potencia del mismo para lo cual se dimensiona a partir de las zonas del husillo, por tanto, los cálculos realizados son tomados del libro “Extruder Principles and Operation” de JA Covas y MJ Stevens [15]</p>	
---	--

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
<p>Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de alimentación</p> $E_{dzA} = \frac{\eta \cdot W^2 \cdot b \cdot z}{h_1} \left[4(1 + \tan^2 \varphi) - \frac{6 \cdot Q_p}{W \cdot b \cdot h_1} \right] + \frac{\eta \cdot W^2 \cdot t \cdot z}{\delta \cos \varphi}$		EdzA= Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de alimentación	[W/vuelta]	
		η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido	[Ns/m ²]	
		h1 = Profundidad zona de alimentación	[m]	
		φ = Ángulo de filete de la hélice del tornillo	[°]	
		W = Componente longitudinal de la velocidad	[m/s]	
		b = Ancho del canal	[m]	
		z = Longitud del canal por vuelta	[m/vuelta]	
		QP = Flujo de presión o retroceso	[m ³ /s]	
		t = Ancho del filete del tornillo	[m]	
		δ = Holgura entre el cañón y el filete	[m]	



Anexos V.

Tabla V.3 Potencia requerida por el tornillo

Potencia de arrastre requerida en la zona de alimentación $E_{stA} = \eta \cdot \dot{\gamma}_A^2 \cdot V_A$	EstA= Potencia de arrastre requerida en la zona de alimentación	[W/vuelta]	
	η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido	[Ns/m ²]	
	VA = Volumen del canal del tornillo en la zona de alimentación	[m ³]	
	$\dot{\gamma}_A$ = Flujo de corte en la zona de alimentación	[s ⁻¹]	
Potencia total absorbida por el tornillo en la zona de alimentación $E_A = 4 \cdot (E_{dzA} + E_{stA})$	EA = potencia total absorbida por el tornillo en la zona de alimentación	[W/vuelta]	
	EdzA= Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de alimentación	[W/vuelta]	
	EstA= Potencia de arrastre requerida en la zona de alimentación	[W/vuelta]	

Anexos V.

Pág.

Tabla V.3. Potencia requerida por el tornillo

<p>Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de transición.</p> $E_{dzT} = \frac{\eta \cdot W^2 \cdot b \cdot z}{h_3} \left[4(1 + \tan^2 \varphi) - \frac{6 \cdot Q_p}{W \cdot b \cdot h_3} \right] + \frac{\eta \cdot W^2 \cdot t \cdot z}{\delta \cos \varphi}$	EdzT= Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de transición	[W/vuelta]
	η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido	[Ns/m ²]
	h ₃ = Profundidad promedio de la zona de transición	[m]
	φ = Ángulo de filete de la hélice del tornillo	[°]
	W = Componente longitudinal de la velocidad	[m/s]
	b = Ancho del canal	[m]
	z = Longitud del canal por vuelta	[m/vuelta]
	QP = Flujo de presión o retroceso	[m ³ /s]
	t = Ancho del filete del tornillo	[m]
δ = Holgura entre el cañón y el filete	[m]	
<p>Potencia de arrastre requerida en la zona de transición</p> $E_{stT} = \eta \cdot \dot{\gamma}_T \cdot V_T$	EstT= Potencia de arrastre requerida en la zona de transición	[W/vuelta]
	η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido	[Ns/m ²]
	VT = Volumen del canal del tornillo en la z zona de transición	[m ³]
	$\dot{\gamma}_T$ = Flujo de corte en la zona de transición	[s ⁻¹]



Anexos V.

Tabla V.3. Potencia requerida por el tornillo.

<p>potencia total absorbida por el tornillo en la zona de transición</p> $E_T = 10 \cdot (E_{dzT} + E_{stT})$	<p>ET = potencia total absorbida por el tornillo en la zona de transición</p>	[W/vuelta]	
	<p>EdzT= Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de transición</p>	[W/vuelta]	
	<p>EstT= Potencia de arrastre requerida en la zona de transición</p>	[W/vuelta]	
<p>Potencia total absorbida por cada vuelta de la hélice en la zona de dosificación`</p> $E_{dzD} = \frac{\eta \cdot W^2 \cdot b \cdot z}{h_2} \left[4(1 + \tan^2 \varphi) - \frac{6 \cdot Q_p}{W \cdot b \cdot h_2} \right] + \frac{\eta \cdot W^2 \cdot t \cdot z}{\delta \cos \varphi}$	<p>EdzD= Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de Dosificación</p>	[W/vuelta]	
	<p>η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido</p>	[Ns/m ²]	
	<p>h₂ = Profundidad zona de dosificación</p>	[m]	
	<p>φ = Ángulo de filete de la hélice del tornillo</p>	[°]	
	<p>W = Componente longitudinal de la velocidad</p>	[m/s]	
	<p>b = Ancho del canal</p>	[m]	
	<p>z = Longitud del canal por vuelta</p>	[m/vuelta]	
	<p>QP = Flujo de presión o retroceso</p>	[m ³ /s]	
	<p>t = Ancho del filete del tornillo</p>	[m]	
<p>δ = Holgura entre el cañón y el filete</p>	[m]		



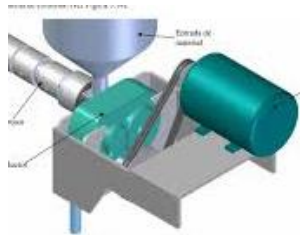
Anexos V.

Tabla V.3 Potencia requerida por el tornillo.

Potencia de arrastre requerida en la zona de dosificación del tornillo $E_{stD} = \eta \cdot \dot{\gamma}_{A^2} \cdot V_D$	EstD= Potencia de arrastre requerida en la zona de dosificación	[W/vuelta]	
	η = Viscosidad cinemática del HDPE fundido	[Ns/m ²]	
	VA = Volumen del canal del tornillo en la zona de dosificación	[m ³]	
	EstA= Potencia de arrastre requerida en la zona de dosificación	[W/vuelta]	
Potencia total absorbida por el tornillo en la zona de dosificación $E_D = 10 \cdot (E_{dzD} + E_{stD})$	ED = potencia total absorbida por el tornillo en la zona de dosificación	[W/vuelta]	
	EdzT= Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de dosificación	[W/vuelta]	
	EstT= Potencia de arrastre requerida en la zona de dosificación	[W/vuelta]	
Potencia total absorbida por el tornillo de extrusión $E_{Tot} = E_A + E_T + E_D$	ETot= Potencia total absorbida por el tornillo	[W]	(4.7)
	EA= Potencia total absorbida en la zona de alimentación	[W]	
	ET= Potencia total absorbida en la zona de transición	[W]	
	ED= Potencia total absorbida en la zona de dosificación	[W]	

Anexos V

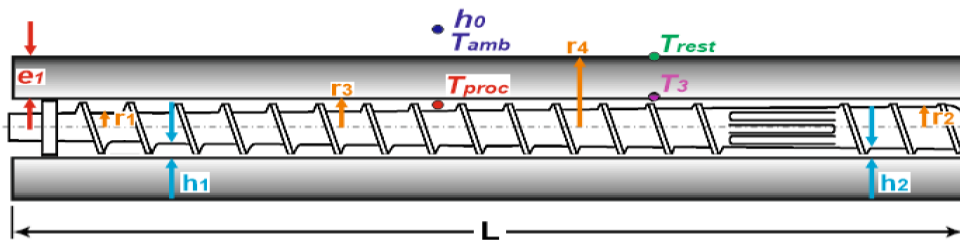
Tabla V.4. Método para el dimensionamiento del motor



Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
El torque mínimo requerido en el eje del motor	$T_{mot} = \frac{Pot}{W_{mot}}$	Tmot = El torque mínimo requerido en el eje del motor	[Nm]	(4.13)
		Pot = Potencia requerida	[W]	
		Wmot = Velocidad nominal de giro del motor eléctrico	[rpm]	
Selección del reductor de velocidad	$Pot_{mot} = \frac{Pot}{0,7}$	Pot = Potencia requerida	[m]	(4.12)
		Pot mot= Potencia real del motor	[m]	
Selección del reductor de velocidad	$i_T = \frac{\omega_{mot}}{\omega_{tor}}$	iT = Relación de transmisión total requerida	[m]	(4.14)
		ωmot= Velocidad motor	[rpm]	
		ωtor = Velocidad del tornillo	[rpm]	
La velocidad de giro a la entrada del reductor de velocidad	$\omega_{red} = i_{red} \cdot \omega_{tor}$	ired = Relación de transmisión del reductor		(4.15)
		ωtor= Velocidad del tornillo	[rpm]	
		ωred= Velocidad del reductor	[rpm]	
Torque transmitido al tornillo extrusor	$T_{tor} = \frac{\omega_{mot}}{\omega_{tor}} \cdot T_{mot}$	Ttor = Torque transmitido al tornillo	[Nm]	(4.16)
		Tmot= Torque del motor	[Nm]	
		ωtor= Velocidad del tornillo	[rpm]	
		ωred= Velocidad del reductor	[rpm]	

Anexos V

Tabla V.5 Método para cálculo del calor requerido en la extrusora



El flujo de calor máximo requerido para calentar el HDPE desde la temperatura ambiente (15°C) hasta la máxima temperatura del intervalo de procesamiento (260°C), se calcula en función del flujo másico total de polímero a ser extruido.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Calor requerido para fundir el HDPE	$\dot{Q}_{req} = m_{Tot} \cdot C_{pHDPE} \cdot (T_{proc} - T_{amb})$	\dot{Q}_{req} = Calor requerido para fundir el HDPE a la temperatura de procesamiento	[kW]	(4.8)
		m_{Tot} = flujo másico de polímero total	[Kg/h]	
		C_{pHDPE} = Calor específico del HDPE = 2,2	kJ/kg K	
		T_{amb} = Temperatura ambiente = 15°C (288°K)	K	
		T_{proc} = Máxima temperatura procesamiento = 260°C (533°K)	K	



Anexos V

Tabla V.6 Flujo de calor a través del cañón de la extrusora

El flujo de calor se transmite por conducción a través de las paredes del cañón desde los calentadores eléctricos ubicados en el exterior hasta el flujo de HDPE en contacto con el tornillo extrusor	$r_3 = \frac{Dc}{2}$	Dc = diámetro del cañón	[m]	
		r3 = radio en la parte final del tornillo	[m]	
	$r_1 = r_3 - h_1$	r1 = radio del tornillo en la zona de alimentación	[m]	
	$r_2 = r_3 - h_2$	r2 = radio del tornillo en la zona de transición	[m]	
	$r_4 = r_3 + e_1$	r4 = radio del tornillo en la zona de dosificado	[m]	
		e1 = espesor del cañón = ¼ plg = 0,0195 m	[m]	
$r_m = \frac{r_1 + r_2}{2}$	rm = radio medio del tornillo	[m]		

Anexos V

Tabla V.7 Método para determinar el flujo de calor.

<p>El proceso de transferencia de calor a través de las paredes compuestas de la extrusora puede expresarse en forma análoga a un circuito eléctrico mediante la serie de resistencias térmicas mostradas en la figura</p>	<p>Figura Flujo de calor unidimensional a través de las secciones circulares cilíndricas</p>			
<p>Parámetros</p>	<p>Ecuación</p>	<p>Descripción</p>	<p>Unidad</p>	<p>N°</p>
<p>El flujo de calor total del sistema</p>	$q = \frac{T_{rest} - T_{proc}}{\frac{\ln \cdot (r_3/r_m)}{2 \cdot \pi \cdot K_{HDPE} \cdot L} + \frac{\ln \cdot (r_4/r_3)}{2 \cdot \pi \cdot K_{AC} \cdot L}}$	<p>q = flujo de calor total. [W]</p> <p>T_{proc} = temperatura de procesamiento. [°C]</p> <p>r₃ = radio en la parte final del tornillo [m]</p> <p>r₄ = radio del tornillo en la zona de dosificado [m]</p> <p>r_m = radio medio del tornillo [m]</p> <p>k_{HDPE} = conductividad térmica del HDPE= 0,25 [W/m°C]</p> <p>k_{AC} = conductividad térmica del acero = 45 W/m °C (Holman J. , 2010) [W/m °C]</p> <p>T_{rest} = temperatura de las resistencias térmicas [°C]</p> <p>L= longitud total del tornillo [m]</p>		

Anexos V

Tabla V.8 Pérdidas de calor en la extrusora

Estas pérdidas se producen como resultado del movimiento del flujo de aire sobre las resistencias eléctricas. Debido a que los calentadores eléctricos sobre el cañón de la extrusora se encuentra protegido por una cubierta metálica, la velocidad de circulación del aire contenido entre el cañón y la cubierta es mínima, por lo que se toma el valor más bajo del rango de coeficientes de transferencia de calor por convección para gases en convección libre (Cengel, 2007).

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
coeficientes de transferencia de calor por convección para gases	$h = 2 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	h= coeficientes de transferencia de calor por convección para gases en convección libre.	W/m ² ·°C	
las pérdidas de calor por convección en la superficie exterior del cañón de la extrusora	$q_{convección} = h \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_4 \cdot L \cdot (T_{rest} - T_{amb})$	q_convección = pérdidas de calor por convección	[W]	
		T _{rest} = temperatura de las resistencias térmicas	[°C]	
		T _{rest} = temperatura de las resistencias térmicas	[°C]	
		h= coeficientes de transferencia de calor por convección para gases en convección libre.	2W/m ² · °C	
		r ₄ = radio del tornillo en la zona de dosificado	[m]	
		L= longitud total del tornillo	[m]	



Anexos V

Tabla V.9 Cálculo de la potencia de calentamiento.

La temperatura requerida en los calentadores eléctricos se obtiene igualando las dos ecuaciones 2.41 y 2.43 debido a la cantidad de calor que entra, igual a la cantidad de calor que sale

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
La potencia total requerida para mantener el HDPE a la temperatura máxima de procesamiento de 260°C.	$Pot_{ter} = \dot{Q}_{req} + q_{conveccion}$	Potter = potencia total requerida	[kW]	(4.9)
		\dot{Q}_{req} = Calor requerido para fundir el HDPE a la temperatura de procesamiento	[kW]	
		qconvección = pérdidas de calor por convección	[°C]	

El valor de referencia del sobredimensionamiento fue tomado de (Cifuentes ,2011).

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Factor de sobredimensionamiento	$Pot_{cal} = 1,3 \cdot Pot_{ter}$	Potter = potencia total requerida	[kW]	(4.10)
		Potcal = potencia calculada	[kW]	



Anexos V

Tabla V.10 Calculo del volumen de la tolva de alimentación

Volumen de la Tolva				
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
<i>Volumen de la Tolva</i>	$V = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2}) + A_1 \cdot H$	<i>Longitud de abertura (a)</i>	<i>mm</i>	<i>(4.11)</i>
		<i>Ancho de abertura (b)</i>	<i>mm</i>	
		<i>Longitud exterior (A)</i>	<i>mm</i>	
		<i>Ancho exterior (B)</i>	<i>mm</i>	
		<i>Altura del tronco pirámide (h)</i>	<i>mm</i>	
		<i>Altura de sección recta (H)</i>	<i>mm</i>	



Anexos V

Tabla V.11 Calculo para el cilindro neumático

Cilindro neumático				
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Área de Avance	$A_A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$	Área de avance (A_A)	mm^2	
		Diámetro cilindro (D)	mm	
Área de Retroceso	$A_R = \pi \frac{D^2 - d^2}{4}$	Área de Retroceso (A_R)	mm^2	
		Diámetro cilindro (D)	mm	
		Diámetro del vástago (d)	mm	
Fuerza de Avance	$F_A = \pi \frac{D^2}{4} \cdot \frac{P}{10}$	Fuerza de Avance (F_A)	N	(4.19)
		Diámetro del vástago (D)	mm^2	
		Presión (P)	bar	
Fuerza de Retroceso	$F_R = \pi \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot \frac{P}{10}$	Fuerza de Avance (F_A)	N	(4.20)
		Diámetro del vástago (D)	mm	
		Presión (P)	bar	
		Diámetro del vástago (d)	mm	

Nota: se considera que las pérdidas por rozamiento oscilan entre el 4% y 10%

$$1 \text{ bar} = 0,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Tabla V.12 Calculo de caudal de aire para ventiladores

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Potencia calorífica	$P_{cal} = \frac{PT_{cal}}{2}$	PT _{cal} = Potencia total calorífica	[W]	
Temperatura de calentamiento del aire de refrigeración	$\Delta T_{cal} = T_{rest} - T_{amb}$	T _{rest} = Temperatura de Resistencia	[°C]	
		T _{amb} = Temperatura ambiente		
Caudal de aire	$Q_{caudal\ aire} = \frac{0.77 \cdot 10^{-3} \cdot P_{cal}}{\Delta T_{cal}}$	Q = Caudal de Aire	[m3/s]	(4.17)
		P _{cal} = Potencia calorífica	[W]	
		ΔT _{cal} =	[°C]	

Anexos VI.
Solución de ecuaciones planteadas en el
anexo V



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Ingeniería
Electromecánica

Anexos VI.

Tabla VI.1 Solución de tabla V.1

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Ángulo del filete de la hélice del tornillo con la vertical	φ	(4.1)	17,66°
El ancho del canal	b	(4.2)	0,0320 m
La relación de compresión (entre 2 y 4)	CR	(4.3)	3,5
La longitud total del canal	Z		3 m



Anexos VI.

Figura VI.2 Solución de tabla V.2

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
La componente longitudinal de la velocidad	W		$0,200 \frac{m}{s}$
La componente transversal de la velocidad	U		$0,063 \frac{m}{s}$
Flujo de corte en la zona de alimentación	$\gamma \dot{A}$		$28,57 s^{-1}$
Flujo de corte en la zona de transición	$\gamma \dot{T}$		$44,44 s^{-1}$
Profundidad promedio de la zona de transición	$h3$		$0,0045 m$
Flujo de corte en la zona de dosificación	$\gamma \dot{D}$		$100 s^{-1}$
El flujo de arrastre	QD		$2,24 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$
Flujo másico de polímero extruido	mD		$77,82 \frac{Kg}{h}$
Presión del polímero a través de la boquilla	P	(4.4)	$39,18 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}$
Flujo volumétrico de presión	Qp		$14,96 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{s}$
Flujo másico de presión	mP		$51,97 \frac{Kg}{h}$
Flujo másico de polímero total	$mTot$	(4.5)	$25,85 \frac{Kg}{h}$
Presión máxima del polímero	P_{max}	(4.6)	$141,86 MPa$



Anexos VI.

Figura VI.3 Solución de tabla V.3

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de alimentación	E_{dzA}		$137,5 \frac{W}{vuelta}$
Potencia de arrastre requerida en la zona de alimentación	E_{stA}		$17,49 \frac{W}{vuelta}$
Potencia total absorbida por el tornillo en la zona de alimentación	E_A		$620 W$
Potencia total absorbida por el canal y el filete del tornillo en la zona de transición.	E_{dzT}		$80,8 \frac{W}{vuelta}$
Potencia de arrastre requerida en la zona de transición	E_{stT}		$27,21 \frac{W}{vuelta}$
Potencia total absorbida por el tornillo en la zona de transición	E_T		$1080,11 W$
Potencia total absorbida por cada vuelta de la hélice en la zona de dosificación`	E_{dzD}		$30,28 \frac{W}{vuelta}$
Potencia de arrastre requerida en la zona de dosificación del tornillo	E_{stD}		$61,3 \frac{W}{vuelta}$
Potencia total absorbida por el tornillo en la zona de dosificación	E_D		$915,8 \frac{W}{vuelta}$
Potencia total absorbida por el tornillo de extrusión	E_{Tot}	(4.7)	$2615,9 W$

Anexos VI.

Tabla VI.4 Solución de la tabla V.4

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
El torque mínimo requerido en el eje del motor	T_{mot}	(4.13)	14,52 Nm
Selección del reductor de velocidad	i_T	(4.14)	16,38
Relación de transmisión del reductor	i_{Red}		10,61
La velocidad de giro a la entrada del reductor de velocidad	ω_{red}	(4.15)	1114,1 rpm
Torque transmitido al tornillo extrusor	T_{tor}	(4.16)	237,85 Nm



Anexos VI.

Tabla VI.5 Solución de la tabla V.5

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Calor requerido para fundir el HDPE	\dot{Q}_{req}	(4.8)	3737 W

Tabla VI.6 Solución de la tabla V.6

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Radio en la parte final del tornillo	r_3		0,01905 m
Radio del tornillo en la zona de alimentación	r_1		0,01205 m
Radio del tornillo en la zona de transición	r_2		0,01705 m
Radio del tornillo en la zona de dosificado	r_4		0,03855 m
Radio medio del tornillo	r_m		0,01455 m

Tabla VI.7 Solución de la tabla V.7

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
El flujo de calor total del sistema	q		0,118 Kw

Tabla VI.8 Solución de la tabla V.8

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Pérdidas de calor por convección en la superficie exterior del cañón de la extrusora	$q_{convección}$		0,118 Kw

Tabla VI.9 Solución de la tabla V.9

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Potencia requerida	Pot_{Ter}	(4.9)	4 kW
Potencia total requerida	Pot_{cal}	(4.10)	5,2 kW



Anexos VI.

Tabla VI.10 Solución de la tabla V.10

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Volumen de la tolva	V	(4.11)	10234,94 cm^3

Tabla VI.11 Solución de la tabla V.11

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Área de avance	A_A		1963,5 mm^2
Área de retroceso	A_R		1649,34 mm^2
Fuerza de avance	F_A	(4.18)	108,07 Kgf
Fuerza de retroceso	F_R	(4.19)	90,8 Kgf

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Potencia calorífica	P_{cal}		2600 W
Temperatura de calentamiento del aire de refrigeración	ΔT_{cal}		267,45 °C
Caudal de Aire	Q	(4.17)	14,96 m^3/h



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Ingeniería
Electromecánica

Anexos VI.

Tabla VI.12 Software computacional Autodesk.

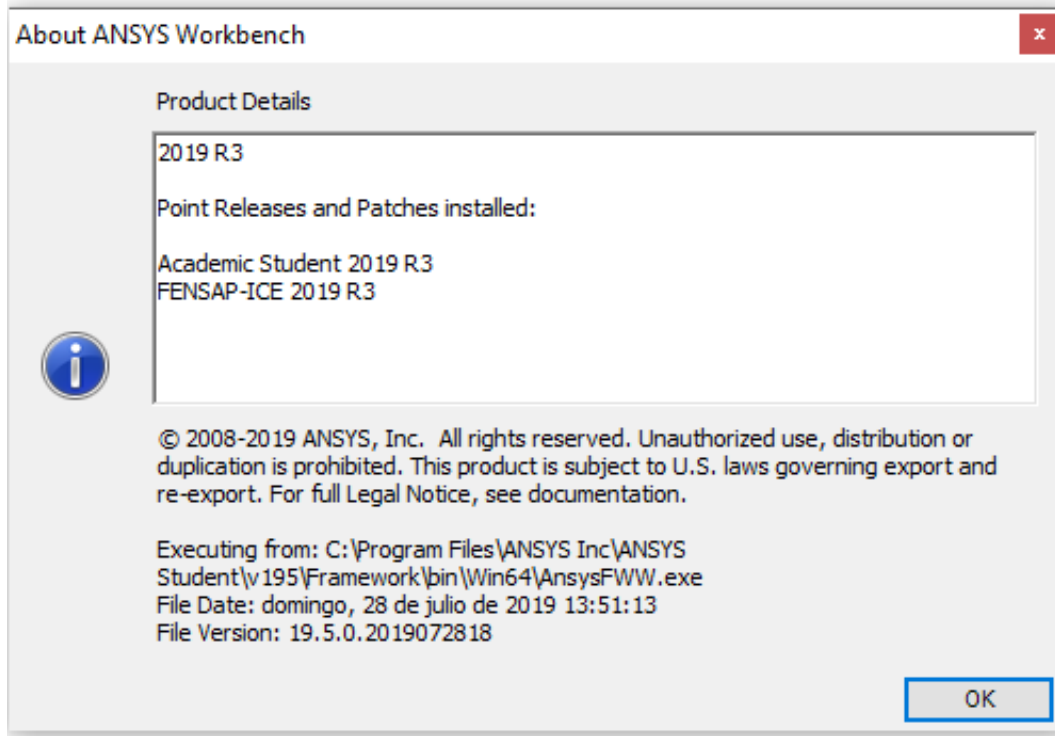
Autodesk.		
Programa	Licencia	Clave / Nro de serie
AutoCAD 2019		001K1 / 901-51024832
Inventor Professional 2019		797K1 / 901-51024832
CFD Ultimate 2019	educativa	811K1 / 901-51024832



Anexos VI.

Tabla VI.11 Software computacional ANSYS

ANSYS	
Nombre del paquete unificado	R195RC2P00
Paquete unificado creado	201908070852P00



Anexos VII.

Diseño de piezas en el sistema mecánico de la máquina de soplado.



Anexos VII.

Cód. IBCA: 709 42 CrMo4 AISI 4140

709 es un acero aleado para construcción de maquinaria, que posee una alta resistencia especialmente en medidas pequeñas y medianas. Como norma, el 709 es suministrado templado y revenido (temple tenaz bonificado), por lo que no se requeriría un tratamiento térmico posterior, a no ser que así lo exija la aplicación y en ese caso, se templaría en aceite para obtener propiedades mecánicas más elevadas.

709 es apropiado para templarse por flama e inducción y susceptible de nitrurar.

Análisis típico %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
42CrMo4	0,38 - 0,45	< 0,30	0,60 - 0,90	0,025	0,025	0,90 - 1,20	0,15 - 0,30
AISI 4140	0,38 - 0,43	0,15 - 0,35	0,75 - 1,00	0,030	0,040	0,80 - 1,10	0,15 - 0,25
Código de color	Dorado / Verde						
Equivalencias	AISI / SAE (4140) Din (42CrMo4)		W.Nr (1.7225) JIS (SCM4)		AFNOR (42CD4)		

Aplicaciones

- 1.- Industria Automotriz**
Ejes, bielas, árboles de transmisión, cigüeñales, etc.
- 2.- Maquinaria**
Engranajes de temple por llama, inducción o nitruración, partes de bombas, ejes de reductores, árboles de turbinas a vapor, tornillería de alta resistencia.
- 3.- Industria petrolera**
Taladros, brocas, barrenos, cuerpos de escariadores, vástagos de pistón.

Propiedades mecánicas

En condición de suministro

Resistencia a la tracción	90 - 105 kg/mm ²
Esfuerzo de cedencia	70 kg/mm ²
Elongación, A5	min 12 %
Reducción de área, Z	min 50 %
Resistencia al impacto, KU	aprox. 25 J
Dureza	275 - 320 HB

Nota: Estas propiedades mecánicas se dan hasta ϕ 100 mm. Medidas mayores, favor consultar.

Tratamiento térmico

Recocido blando

(680 - 720 °C): Mantener a la temperatura por 2 horas. Enfriar en el horno con una velocidad de 15 °C/h hasta los 600 °C y luego libremente al aire.

Alivio de tensiones

(450 - 650 °C): El acero templado tenaz deberá ser calentado hasta aproximadamente 50 °C por debajo de la temperatura usada para el revenido (como standard el 709 es suministrado revenido a 600 °C). Mantenerlo a esta temperatura durante 1/2 a 2 horas. Enfriar en el horno hasta los 450 °C y luego libremente al aire.

Temple

(830 - 850 °C), Con enfriamiento en aceite: El tiempo de mantenimiento en minutos cuando ha alcanzado la temperatura de temple es 0.7 x espesor o diámetro en milímetros. Interrumpir el enfriamiento a los 125 °C y luego revenir inmediatamente.

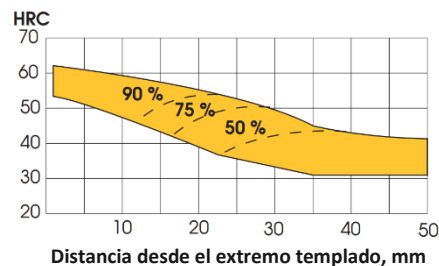


Figura VII.1 Información de material AISI 4140 para tornillo de extrusión

Fuente: [35]



Anexos VII.

Propiedades	Tratamiento térmico
<p>Nitruración</p> <p>(500 - 700 °C): El tiempo de mantenimiento a la temperatura de revenido podría ser de 1 - 2 horas luego de que la pieza ha llegado a la temperatura escogida.</p> <p>HRC</p> <p>Temperatura del revenido °C</p>	<p>Nitruración</p> <p>Se pueden lograr durezas, con este proceso de alrededor de 53 - 55 HRC.</p>

Medidas en stock			
Redondo			
Diámetro (mm)	Peso (kg/m)	Diámetro (mm)	Peso (kg/m)
25	3,9	85	45,5
28	4,9	90	51,0
32	6,5	95	56,9
35	7,7	100	63,0
38	9,1	105	69,5
40	10,1	120	90,7
45	12,8	125	98,4
50	15,8	130	106,5
55	19,1	140	123,5
60	22,7	155	151,4
65	26,6	160	161,3
70	30,9	170	182,1
75	35,4	180	204,1
80	40,3	200	252,0

* Medidas y pesos son teóricos IVAN BOHMAN C.A. facturará al peso del material una vez efectuado el corte

Figura VII.2 Medidas de material AISI 4140

Fuente: [35]

Anexos VII.

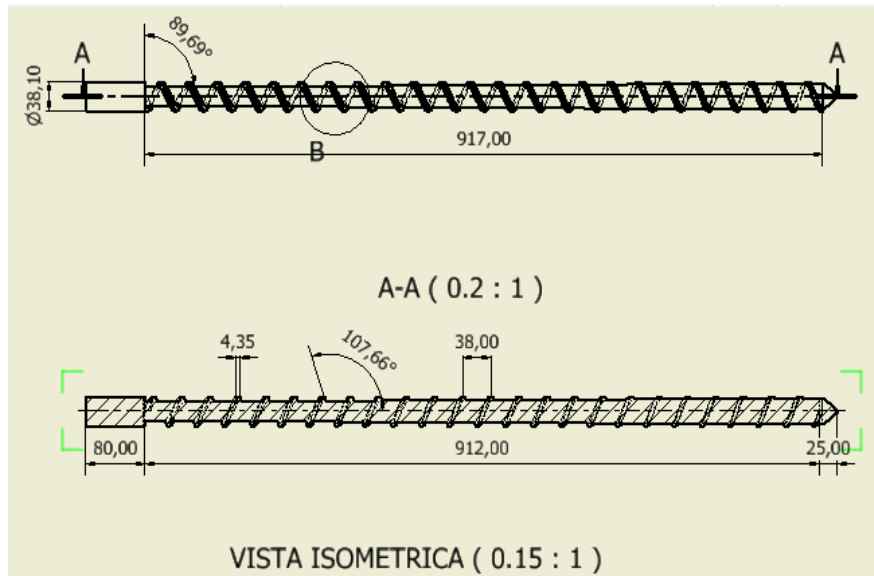


Figura VII.3 Husillo para máquina de extrusión y soplado

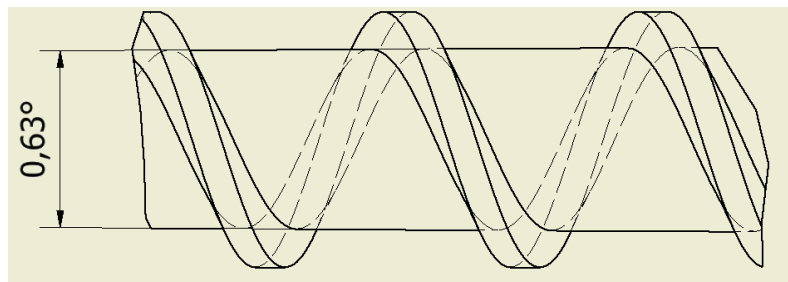


Figura VII.4 Filete para Husillo de máquina de extrusión y soplado

Nota: Para conocer de manera más detallada se recomienda examinar los planos mecánicos de la máquina de extrusión y soplado.

Anexos VII.

ASTM A53 / A106 / API-5L

Tubería sin costura cédula 80

Tubería de acero ideal para conducción de fluidos y gases en minería, petroquímica, pesca en general. Tubos para industria petrolera. Tubos para servicio a altas temperaturas. Disponible en acero negro y galvanizado



Especificaciones Generales:

ASTM A 53 GRB:
Conducción fluidos y gases en minería, petroquímica, pesca y en general.

API 5L: Tubos para industria petrolera

ASTM A 106: Tubos para servicio a altas temperaturas

Recubrimiento: Negro o Galvanizado

Largo Normal: 6.00m

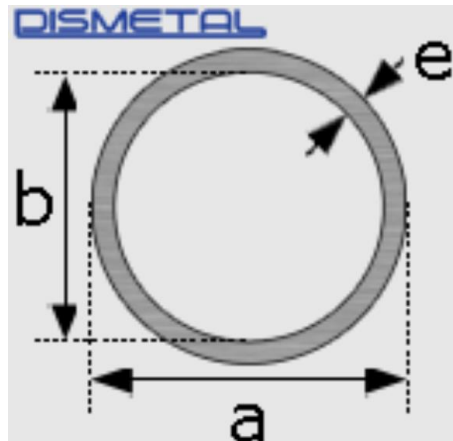
Otros Largos: Previa Consulta

Acabado: Acero negro y previa consulta

Figura VII.5 Tubería para cilindro de extrusión de calidad ASTM A53 / A106 / API-5L

Fuente: [36]

Anexos VII.



CED. 80		DIMENSIONES			PESO
NOMINAL INTERIOR		a	b	e	kg/m
		mm	mm	mm	
1/2"	CED. 80	21.30	13.84	3.73	1.62
3/4"	CED. 80	26.70	18.88	3.91	2.20
1"	CED. 80	33.40	24.30	4.55	3.24
1 1/4"	CED. 80	42.20	32.50	4.85	4.47
1 1/2"	CED. 80	48.43	38.27	5.08	5.43
2"	CED. 80	60.30	49.22	5.54	7.48
2 1/2"	CED. 80	73.00	58.98	7.01	11.41
3"	CED. 80	88.90	73.66	7.62	15.27
4"	CED. 80	114.30	97.18	8.56	22.32
5"	CED. 80	141.30	122.26	9.52	30.94
6"	CED. 80	168.30	146.36	10.97	42.56
8"	CED. 80	219.10	193.70	12.70	64.64
10"	CED. 80	273.00	242.82	15.09	95.98
12"	CED. 80	323.80	288.84	17.48	132.05

Figura VII.6 Tabla de medidas de tubería para cilindro de extrusión.

Fuente:[36]

Anexos VII.

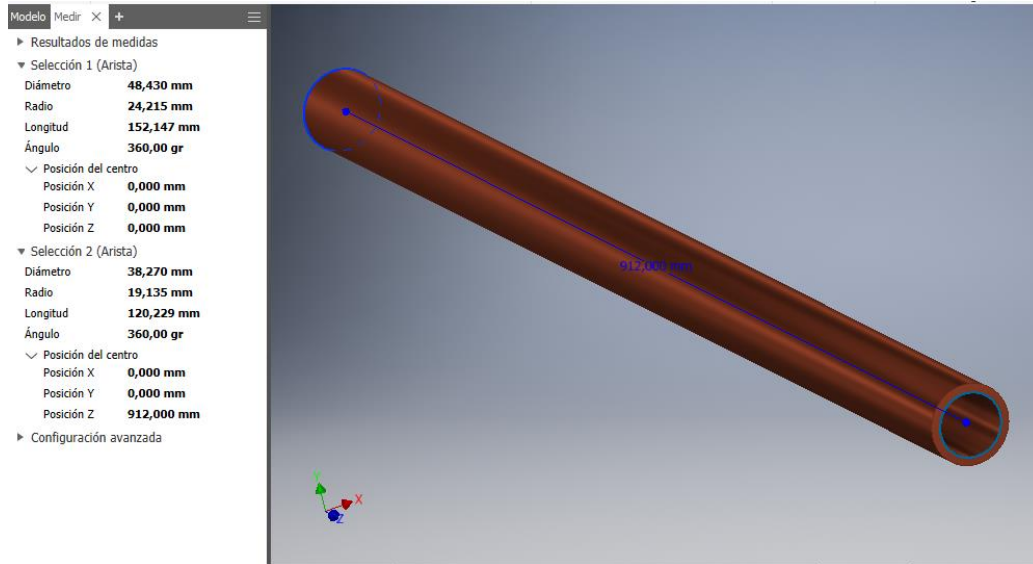


Figura VII.7 Cilindro de extrusión de calidad ASTM A53 / A106 / API-5L

Nota: Para conocer de manera más detallada se recomienda examinar los planos mecánicos de la máquina de extrusión y soplado.



Anexos VII.

PLANCHAS DE ACERO

Calidad: ASTM A36

Otras calidades: previa consulta

Formato: 1220 x 2244

Acabados: natural

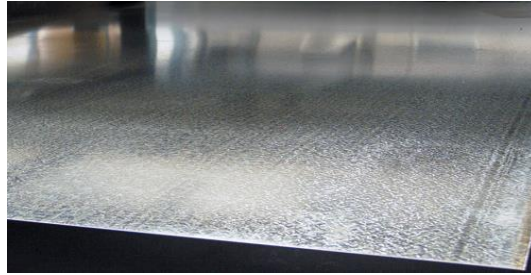


Figura VII.8 Lamina de hacer para tolva de Alimentación

Fuente:[37]

ESPESOR	DIMENSIONES		PESO
	ancho	largo	
mm	mm	mm	kg.
2	1220	2440	46.74
3	1220	2440	70.11
4	1220	2440	93.48
5	1220	2440	116.85
6	1220	2440	140.22
8	1220	2440	186.96
9	1220	2440	210.33
10	1220	2440	233.70
12	1220	2440	280.44
15	1220	2440	350.55
18	1220	2440	420.66
20	1220	2440	467.40
22	1220	2440	514.14
25	1220	2440	584.25
30	1220	2440	701.10
38	1220	2440	888.06
50	1220	2440	1168.50

Figura VII.9 Tabla de medidas de lámina para tolva de Alimentación

Fuente:[37]



Anexos VII.

Tabla VII.1 Volumen de tolva de alimentación

Parámetros de la tolva	
Longitud de abertura (a)	50 mm
Ancho de abertura (b)	38 mm
Longitud exterior (A)	300 mm
Ancho exterior (B)	228 mm
Altura del tronco pirámide (h)	200 mm
Altura de sección recta (H)	70 mm

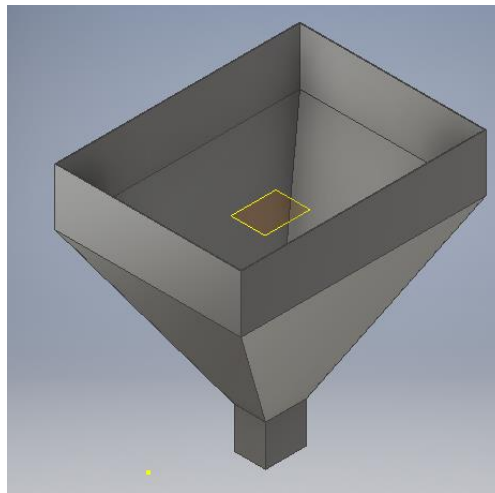
$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2}) + A_1 * H$$
$$V = \frac{200mm}{3} (68400mm + 1900mm + \sqrt{68400mm * 1900mm}) + 68400mm * 70mm$$
$$V = 10234939 \text{ mm}^3$$
$$V = 10234,94 \text{ cm}^3$$


Figura VII.10 Tolva de Alimentación

Nota: Para conocer de manera más detallada se recomienda examinar los planos mecánicos de la máquina de extrusión y soplado.

Anexos VII.

Según el Libro Selección de materiales en el diseño de máquinas [36]. Las principales exigencias en los aceros de herramientas para moldes de plástico son: buena maquinabilidad y aptitud para el pulido, estabilidad dimensional en el temple, gran resistencia a compresión, elevada resistencia al desgaste, buena tenacidad, posibilidad de tratamientos superficiales (nitruración, cromado duro) y, en determinados casos, una adecuada resistencia a la corrosión.

40CrMnNiMo8-6-4 (1.2302; AISI P20)

Acero para moldes de plástico, de bajo coste y buena maquinabilidad (se suministra bonificado a una dureza de 280÷325 HB). Tiene una excelente aptitud para el pulido y la texturización.

X40Cr14 (1.2083; ~AISI 420)

Se usa para moldes, husillos de extrusión y componentes en contacto con plásticos corrosivos. También se suministra bonificado a una dureza de unos 300 HB.

Ramax

Los materiales seleccionados se encuentran en stock en la empresa IVAN BOHMAN C.A.[35]. Sin embargo, se considera el acero inoxidable aleado al cromo Ramax debido a sus mejores propiedades respecto a los seleccionados.



Tabla VII.2 Selección del material para cabezal de soplado

Anexos VII.

Acero para moldes plásticos

ACEROS

► Cód. IBCA: Ramax



Información general

Ramax es un acero inoxidable aleado al cromo para placas soporte que se suministra en condición de temple y revenido.

Ramax se caracteriza por:

- Buena capacidad de mecanizado.
- Buena resistencia a la corrosión.
- Dureza uniforme incluso en dimensiones grandes.
- Buena resistencia a la indentación.

Estas propiedades se combinan para que el acero aporte un excelente rendimiento en producción. Los beneficios prácticos de una buena resistencia a la corrosión en un acero para placas soporte, puede resumirse de la siguiente forma:

- Reducción de los costes de mantenimiento del molde.
- Menores costes de producción, puesto que los canales de refrigeración por agua no se ven afectados por la corrosión, asegurando así un ciclo de producción constante.

Los beneficios prácticos de una relativa alta dureza para una calidad pretratada pueden sintetizarse como sigue:

- menores indentaciones
- menos desgaste lo cual resulta en unos costes de mantenimiento inferiores y una mayor vida del molde.

Análisis típico %	Aleación Cr-Ni-Mo-V + Azufre
Suministros	Templado y revenido a 340 HB
Código de color	Negro / Marrón con una línea blanca transversal

Aplicaciones

- Placas soporte para moldes de plástico.
- Moldes de inyección de plástico y caucho con pocos requisitos de pulido.
- Matrices para extrusión de plástico.
- Componentes y piezas estructurales.



Propiedades

Características físicas

Templado y revenido a ~340 HB. Valores a temperatura ambiente y a temperaturas elevadas.

Temperatura	20 ° C	200 ° C
Densidad kg/m ³	7 700	--
Módulo de elasticidad MPa	215 000	205 000
Coefficiente de expansión térmica por °C a partir de 20 °C	---	10,8 x 10 ⁻⁶
Conductibilidad térmica W/m °C	--	24
Calor específico J/Kg °C	460	---

Resistencia a la tensión

Valores aproximados. La probetas fueron tomadas de una barra de 255 x 60 mm en sentido longitudinal. Dureza: ~340 HB

Temperatura de prueba	20 ° C	200 ° C
Resistencia a la tensión Rm MPa	1 140	1 020
Límite de Elasticidad Rp0,2 MPa	990	920
Reducción de área Z %	46	48
Alargamiento A5 %	12	10

Nota: El alto contenido en azufre hace disminuir las propiedades mecánicas en sentido transversal en comparación con el longitudinal.

Características físicas

Las placas soporte realizadas con Ramax HH contarán con una buena resistencia a la corrosión creada por las condiciones de trabajo y de almacenamiento húmedas y al trabajar con plásticos corrosivos en condiciones de producción normales.

En el gráfico siguiente los valores de las curvas de polarización potenciodinámica han sido evaluados para mostrar la diferencia de resistencia a la corrosión en general entre Ramax y W.-Nr. 1.2085.

Dimensiones de la probeta: 20 x 15 x 3 mm.

Resistencia a la corrosión relativa %

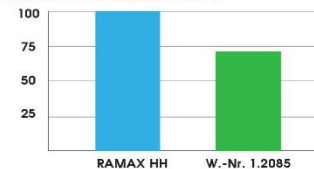


Figura VII.11 Ficha Técnica de Material para cabezal de extrusión.

Fuente: [38]

Anexos VII.

ACEROS

Acero para moldes plásticos

► Cód. IBCA: Ramax



Tratamiento térmico

Ramax ha sido en principio fabricada para utilizarse en su estado de suministro es decir, templado y revenido a ~340 HB. Cuando deba tratarse el acero a durezas superiores, deberán seguirse la siguientes instrucciones. Hay que tener en cuenta que una dureza más alta aportará una menor tenacidad.

Recocido blando

Proteger el acero y calentarlo en toda su masa hasta alcanzar los 740 °C. Enfriar 15 °C por hora hasta alcanzar los 550 °C, después libremente al aire.

Liberación de tensiones - estabilizado

Una vez realizado el mecanizado de desbaste se recomienda realizar una liberación de tensiones, calentar hasta alcanzar máximo los 530 °C, mantener la temperatura durante 2 horas y luego enfriar libremente al aire.

Temple

Nota: el acero debe estar en estado de recocido antes del temple.

Temperatura de precalentamiento: 500 - 600 °C.

Temperatura de austenización: 980 - 1020 °C.

El acero deberá calentarse completamente hasta alcanzar la temperatura de austenización y mantenerse a esta temperatura durante 30 minutos.

Proteger el utillaje contra la decarburación y oxidación durante el proceso de temple.

Medios de enfriamiento

- Aceite
- Lecho fluidizado o baño de sales a 250 - 550 °C, seguido por enfriamiento al aire
- Vacío con suficiente presión positiva
- Gas a alta velocidad / atmósfera circulante

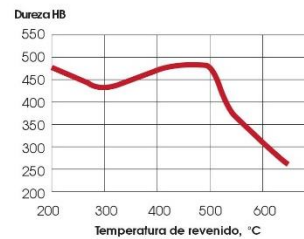
A fin de obtener las propiedades óptimas, la velocidad de enfriamiento deberá ser tan rápida como sea posible, teniendo en cuenta la distorsión. Revenir el utillaje tan pronto su temperatura alcance los 50 - 70 °C

Medios de enfriamiento

Seleccionar la temperatura de revenido de acuerdo con la dureza requerida, empleando como guía el gráfico de revenido que se muestra a continuación. Revenir dos veces con un enfriamiento intermedio a temperatura ambiente. La temperatura mínima de revenido es de 250 °C. El tiempo mínimo de mantenimiento a temperatura deberá ser al menos de 2 horas.

Temperatura de austenización: 1000 °C, 30 min.

Tiempo de mantenimiento: 2 + 2 h



Medidas en stock

Redondo

Diámetro (mm)	Peso aprox. (kg/m)
50,8	16,3
102	65,5
127	101,6
153	147,5
203	259,6

* Medidas y pesos son teóricos IVAN BOHMAN C.A. facturará al peso del material una vez efectuado el corte

Figura VII.11 Ficha Técnica de Material para cabezal de extrusión.

Fuente: [38]

Anexos VII.

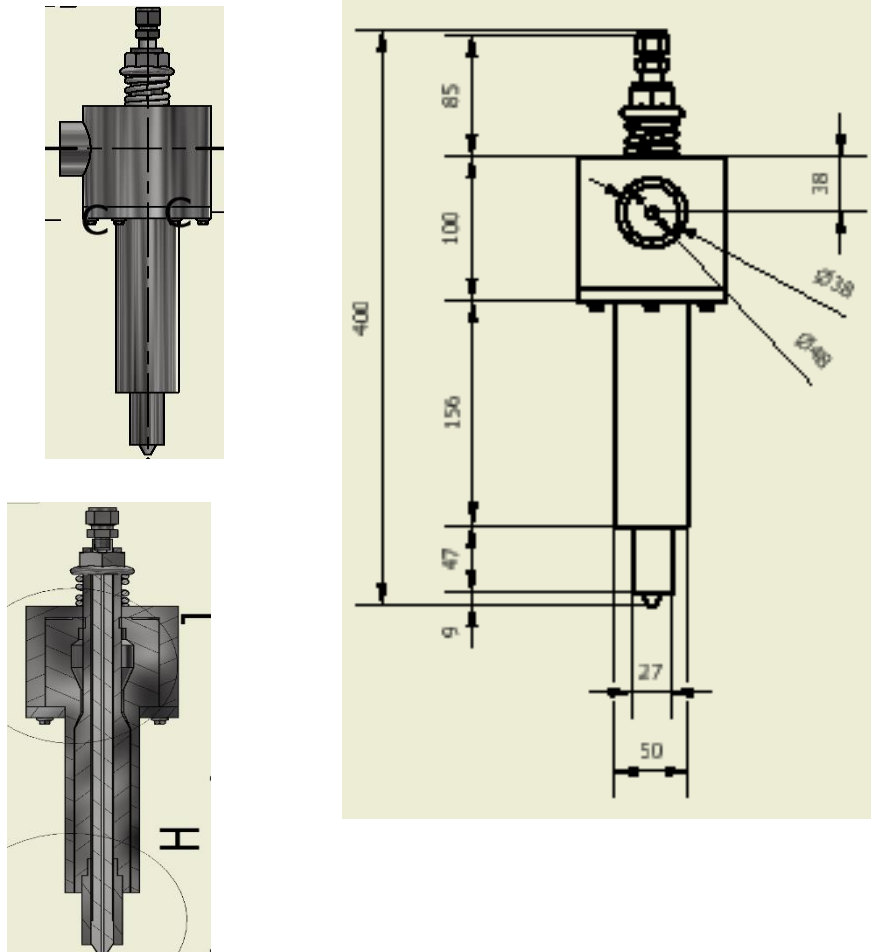


Figura VII.12 Especificaciones de Cabezal de extrusión y soplado

Nota: Para conocer de manera más detallada se recomienda examinar los planos mecánicos de la máquina de extrusión y soplado.

Anexos VIII.

Dimensionamiento y selección de los equipos del sistema eléctrico de la máquina de soplado.

Anexos VIII.

Forma Constructiva IM B3 AH100

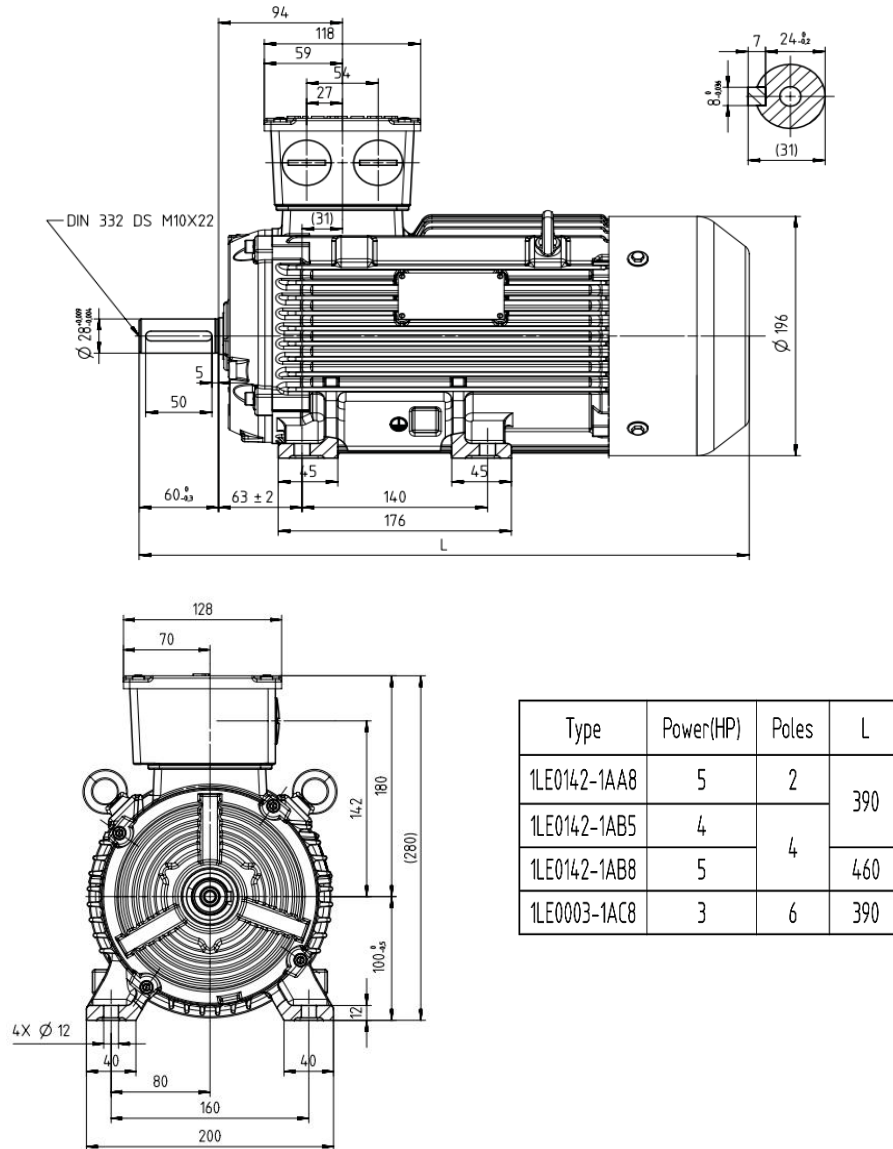


Figura VIII.1 Motor Serie 1LE0142

Fuente:[39]



Anexos VII.

Tabla VIII.1. Ficha técnica del Motor Serie 1LE0142

Potencia (HP)	Referencia Motor	Factor de Servicio	Tamaño de Construcción	Velocidad (rpm)	Torque (Nm)	Corriente Nominal			Eficiencia 100%	Datos de arranque			Peso Neto		
						220 VDD A	380 VYY A	440 VD A		Factor de Pot	Corriente xInom	Torque xTn		ro- Roda mientos AS / BS B3	
Datos Eléctricos motores serie 1LE0142 IE1 4 polos (1800 rpm)															
0,75	1LE0142-0DB26-4AA4-Z D80	1,15	80 M	1.735	3,0	2,60	1,49	1,29	0,77	74,0	6,0	2,0	2,7	6204 2RZ C3	14,5
1	1LE0142-0DB36-4AA4-Z D80	1,15	80 M	1.720	4,2	3,30	1,91	1,65	0,77	77,0	6,0	2,0	2,7	6204 2RZ C3	15,0
1,5	1LE0142-0DB86-4AA4-Z D80	1,15	80 M	1.720	6,1	4,85	2,80	2,40	0,77	79,0	6,0	2,0	2,7	6204 2RZ C3	15,5
2	1LE0142-0EB46-4AA4-Z D80	1,15	90 L	1.725	8,3	6,20	3,55	3,10	0,78	81,5	6,5	2,1	2,7	6205 2RZ C3	21,0
3	1LE0142-0EB86-4AA4-Z D80	1,15	90 L	1.735	12,1	8,70	5,10	4,35	0,81	83,0	6,5	2,1	3,0	6205 2RZ C3	27,0
4	1LE0142-1AB56-4AA4-Z D80	1,15	100 L	1.730	16,6	11,10	6,40	5,50	0,83	85,0	7,3	2,5	3,1	6206 2RZ C3	33,0
5	1LE0142-1AB86-4AA4-Z D80	1,15	100 L	1.715	20,6	13,90	8,00	6,90	0,83	85,0	6,8	2,3	3,0	6206 2RZ C3	41,0
8	1LE0142-1BB86-4AA4-Z D80	1,15	112 M	1.740	30,2	21,50	12,40	10,70	0,79	87,0	7,0	2,5	3,8	6206 2RZ C3	47,0
10	1LE0142-1CB26-4AA4-Z D80	1,15	132 M	1.750	40,9	27,50	15,80	13,60	0,82	87,5	7,4	2,3	2,9	6208 2RZ C3	66,0
15	1LE0142-1CB86-4AA4-Z D80	1,15	132 M	1.750	60,1	40,50	23,50	20,00	0,82	88,5	7,4	2,3	3,5	6208 2RZ C3	78,0
20	1LE0142-1DB46-4AA4-Z D80	1,15	160 L	1.760	81,4	52,00	30,00	26,00	0,84	89,5	8,0	2,2	2,7	6209 2RZ C3	123,0
25	1LE0142-1DB86-4AA4-Z D80	1,15	160 M	1.760	100,0	64,00	37,50	32,00	0,84	90,5	8,0	2,2	3,8	6209 2RZ C3	108,0
30	1LE0142-1EB46-4AA4-Z D80	1,15	180 L	1.765	119,0	77,00	44,50	38,50	0,84	91,0	8,0	2,2	2,7	6210 RZ C3	169,0
40	1LE0142-1EB86-4AA4-Z D80	1,15	180 L	1.765	162,0	100,00	58,00	50,00	0,85	91,7	8,0	2,2	3,4	6210 RZ C3	190,0
50	1LE0142-2AB86-4AA4-Z D80	1,15	200 L	1.770	200,0	128,00	74,00	64,00	0,83	92,4	7,5	2,7	3,4	6212 RZ C3	250,0
60	1LE0142-2BB26-4AA4-Z D80	1,15	225 M	1.770	243,0	145,00	84,00	73,00	0,87	93,0	7,5	2,4	3,0	6213 RZ C3	310,0

Fuente:[39]

Anexos VIII.

SIEMENS								(H)
Made in P.R.China SIEMENS STANDARD MOTORS LTD.								(21)
3~MOT.1LE0142-1AA46-4AA4				100L	IMB3	IP55	LMH-1008 / 800003888993 / 001	
V	Hz	HP	A	EFF.	cos ϕ	r/min	EFF.Cl.	
220/380 $\Delta\Delta/YY$	60	4	12.6/7.3	84.5 %	0.85	3420	IE1	
440 Δ	60	4	6.3	84.5 %	0.85	3420	IE1	
BRG DE 6206 ZZ C3			BRG NOE 6206 ZZ C3			Th. Cl. 155(F)	AMB 40°C	
OCV1104A		IEC60034		Net:		33	kg	

Figura VIII.3 Placas de Características Serie 1LE0142

Fuente:[39]

Descripción	
1.	Motor trifásico
2.	Referencia
3.	Número serial
4.	Tipo de construcción
5.	Grado de protección
6.	Rango de tensión
7.	Frecuencia (Hz)
8.	Potencia (HP)
9.	Corriente nominal (A)
10.	Factor de Potencia
11.	Valor de eficiencia
12.	Velocidad nominal
13.	Peso motor (kg)
14.	Norma de fabricación
15.	Clase térmica
16.	Tamaño constructivo
17.	Temperatura amb max.
18.	Tipo rodamientos lado accionamiento
19.	Tipo rodamientos lado no accionamiento
20.	Clase de eficiencia
21.	Método de balanceo

Anexos VIII.






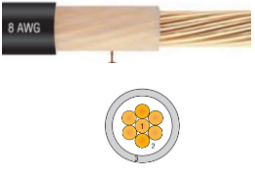
Figura VIII.4 Características generales del motor Serie 1LE0142

Fuente:[39]



Anexos VIII.

Tabla VIII.2. Dimensionamiento y selección de protecciones eléctricas

Protecciones para Motor		
Método de Selección	Código	Equipo
<p>Interruptor Termo magnético</p> <p>La NEC 2017, recomiendan que las protecciones eléctricas, breakers o disyuntores se dimensionen al 100% de la carga no continua + el 125% de la carga continua.</p> $I_p = 1.25 \cdot 13.9A = 17 \cdot 37A$	<p>EZ9F56320</p> <p>Miniature circuit breaker, Easy9, 3P, 20 A, C curve, 10000 A.</p> <p>(Hoja técnica Anexo VIII Figura VIII.5)</p>	
<p>Contactador de Potencia</p> <p>Según C. E. I (Comité Electrotécnico Internacional). Se considera el uso de contactor tipo AC-4 Para motores de jaula: Arranque, marcha a impulsos y frenado por inversión. Con una corriente de 13.9 A</p>	<p>LC1D18MD</p> <p>Contactor 3 polos - 18A - 24V DC - NANC</p> <p>(Hoja técnica Anexo VIII Figura VIII.6)</p>	
<p>Relé Térmico</p> <p>El relé térmico se seleccionó con un amperaje cercano al nominal y de clase 10 para un mejor tiempo de disparo.</p>	<p>LRD21</p> <p>Relé de sobrecarga térmica para motor TeSys - 12-18 A - clase 10ª</p> <p>(Hoja técnica Anexo VIII Figura VIII.7)</p>	
<p>Conductor</p> <p>Para el dimensionamiento del conductor se considera un factor del 125%</p> $I_c = 1.25 \cdot 13,9A = 17 \cdot 37A$	<p>CABLES TTU 600V y 2000V 75°C</p> <p>12 AWG Capacidad de corriente 25 A</p> <p>(Hoja técnica Anexo VII Figura VII.8)</p>	

Anexos VIII.

Ficha técnica del producto
Características

EZ9F56320

Miniature circuit breaker, Easy9, 3P, 20 A, C
curve, 10000 A



Principal

Gama	Easy9
Aplicación del dispositivo	Distribución
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	Easy9 MCB
Poles	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal (In)	20 A
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	10000 A Icn en 220 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1 6000 A Icn en 400 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1
Apto para seccionamiento	Si acorde a IEC 60898-1

Complementario

Frecuencia de red	50 Hz
[Ue] tensión asignada de empleo	220 V CA 50/60 Hz 400 V CA 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6 kA 100 % Icn en 400 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1
[Ui] tensión asignada de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV acorde a IEC 60898-1
Indicador de posición del contacto	Si
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Sin
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Tipo de montaje	Carril DIN

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

Figura VIII.5 Ficha Técnica de EZ9F56320

Fuente: [40]



Anexos VIII.

Pasos de 9 mm	6
Altura	81 mm
Anchura	54 mm
Profundidad	66,5 mm
Color	Gris - tipo de cable: RAL 7035)
Endurancia mecánica	10000 cycles
Durabilidad eléctrica	4000 cycles
Conexiones - terminales	Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm ² rígido Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm ² Flexible
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Segmento de mercado	Residencial

Entorno

Normas	IEC 60898-1
Certificaciones de producto	CE VDE
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	2
Tropicalización	2
Humedad relativa	95 % en -5...60 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Si
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Si
Sin mercurio	Si
Información sobre exenciones de RoHS	Si
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	No se necesitan operaciones de reciclaje específicas
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 Meses
---------------------	----------

Figura VIII.5 Ficha Técnica de EZ9F56320

Fuente: [40]

Anexos VIII.

Ficha técnica del producto
Características

LC1D18BD
Contactor 3 polos - 18A - 24V DC - NANC



Principal

Gama	TeSys
Nombre del producto	TeSys D
Tipo de producto o componente	Conector
Nombre corto del dispositivo	LC1D
Aplicación del contactor	Control del motor Carga resistiva
Categoría de empleo	AC-4 AC-1 AC-3
Descripción de los polos	3P
Power pole contact composition	3 NA
[Ue] tensión de funcionamiento nominal	Circuito de alimentación <= 690 V AC 25...400 Hz Circuito de alimentación <= 300 V CC
[Ie] intensidad de funcionamiento nominal	18 A 60 °C) a <= 440 V AC AC-3 para circuito de alimentación 32 A 60 °C) a <= 440 V AC AC-1 para circuito de alimentación
Potencia del motor en kW	4 kW a 220...230 V AC 50/60 Hz AC-3) 7,5 kW a 380...400 V AC 50/60 Hz AC-3) 9 kW a 415...440 V AC 50/60 Hz AC-3) 10 kW a 500 V AC 50/60 Hz AC-3) 10 kW a 660...690 V AC 50/60 Hz AC-3) 4 kW a 400 V AC 50/60 Hz AC-4)
Motor power HP (UL / CSA)	1 hp a 115 V AC 50/60 Hz para 1 fase 3 hp a 230/240 V AC 50/60 Hz para 1 fase 5 hp a 200/208 V AC 50/60 Hz para 3 fases 5 hp a 230/240 V AC 50/60 Hz para 3 fases 10 hp a 460/480 V AC 50/60 Hz para 3 fases 15 hp a 575/600 V AC 50/60 Hz para 3 fases
Tipo de circuito de control	DC estándar
[Uc] tensión del circuito de control	24 V CC
Composición de los contactos auxiliares	1 NA + 1 NC
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV conforme a IEC 60947
Categoría de sobretensión	III
[Ith] Corriente térmica convencional	10 A a <60 °C para circuito de señalización

Figura VIII.6 Ficha Técnica de LC1D18MD

Fuente: [41]



Anexos VIII.

	32 A a <60 °C para circuito de alimentación
Irms poder de conexión nominal	140 A AC para circuito de señalización conforme a IEC 60947-5-1 250 A CC para circuito de señalización conforme a IEC 60947-5-1 300 A a 440 V para circuito de alimentación conforme a IEC 60947
Poder de corte asignado	300 A a 440 V para circuito de alimentación conforme a IEC 60947
[Icw] Corriente temporal admisible	145 A a <40 °C - 10 s para circuito de alimentación 240 A a <40 °C - 1 s para circuito de alimentación 40 A a <40 °C - 10 min para circuito de alimentación 84 A a <40 °C - 1 mn para circuito de alimentación 100 A - 1 s para circuito de señalización 120 A - 500 ms para circuito de señalización 140 A - 100 ms para circuito de señalización
Fusible asociado	10 A gG para circuito de señalización conforme a IEC 60947-5-1 50 A gG a <= 690 V tipo 1 para circuito de alimentación 35 A gG a <= 690 V tipo 2 para circuito de alimentación
Impedancia media	2,5 mOhm - Ith 32 A 50 Hz para circuito de alimentación
[U] Tensión nominal de aislamiento	Circuito de alimentación 690 V conforme a IEC 60947-4-1 Circuito de alimentación 600 V CSA Circuito de alimentación 600 V UL Circuito de señalización 690 V conforme a IEC 60947-1 Circuito de señalización 600 V CSA Circuito de señalización 600 V UL
Durabilidad eléctrica	1,65 Mciclos 18 A AC-3 <= 440 V 1 Mciclos 32 A AC-1 <= 440 V
Potencia disipada por polo	2,5 W AC-1 0,8 W AC-3
Safety cover	Con
Soporte de montaje	Placa Raíl
Normas	CSA C22.2 No 14 EN 60947-4-1 EN 60947-5-1 IEC 60947-4-1 IEC 60947-5-1 UL 508
Certificaciones de producto	LROS (Lloyds Register of Shipping) DNV GL RINA BV CCC UL CSA GOST
Conexiones - terminales	Circuito de control Screw clamp terminals 1 1...4 mm²Flexible sem Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...4 mm²Flexible sem Circuito de control Screw clamp terminals 1 1...4 mm²Flexible con extremidad de cable Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...2,5 mm²Flexible con extremidad de cable Circuito de control Screw clamp terminals 1 1...4 mm²sólido sem Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...4 mm²sólido sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 1 1,5...6 mm²Flexible sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 2 1,5...6 mm²Flexible sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 1 1...6 mm²Flexible con extremidad de cable Circuito de alimentación Screw clamp terminals 2 1...4 mm²Flexible con extremidad de cable Circuito de alimentación Screw clamp terminals 1 1,5...6 mm²sólido sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 2 1,5...6 mm²sólido sem
Par de apriete	Circuito de alimentación 1,7 N.m Screw clamp terminals plano Ø 6 Circuito de alimentación 1,7 N.m Screw clamp terminals Philips nº 2 Circuito de control 1,7 N.m Screw clamp terminals plano Ø 6 Circuito de control 1,7 N.m Screw clamp terminals Philips nº 2
Duración de maniobra	53.55...72.45 ms cierre 16...24 ms apertura
Nivel de fiabilidad de seguridad	B10d = 1369863 Ciclos contactor con carga nominal conforme a EN/ISO 13849-1 B10d = 20000000 Ciclos contactor con carga mecánica conforme a EN/ISO 13849-1
Durabilidad mecánica	30 Mciclos
Rango de operación	3600 cyc/h a <60 °C

Figura VIII.6 Ficha Técnica de LC1D18MD

Fuente: [41]



Anexos VIII.

Complementos

Característica de la bobina	Con dispositivo antiparasitario integral
Límites de tensión del circuito de control	Caída 0.1...0.25 Uc CC 60 °C) Operativa 0.7...1.25 Uc CC 60 °C)
Constante de tiempo	28 ms
Consumo a la llamada en W	5,4 W 20 °C)
Consumo de mantenimiento en W	5,4 W a 20 °C
Tipo de contactos auxiliares	Unido mecánicamente 1 NA + 1 NC conforme a IEC 60947-5-1 Contacto espejo 1 NF conforme a IEC 60947-4-1
Frecuencia del circuito de señalización	25...400 Hz
Corriente mínima de conmutación	5 mA para circuito de señalización
Tensión mínima de conmutación	17 V para circuito de señalización
Tiempo de no superposición	1,5 ms en desexcitación entre contacto NA y NC 1,5 ms en excitación entre contacto NA y NC
Resistencia de aislamiento	> 10 MOhm para circuito de señalización

Ambiente

Grado de protección IP	IP20 frontal conforme a IEC 60529
Tratamiento de protección	TH conforme a IEC 60068-2-30
Grado de contaminación	3
Temperatura ambiente de trabajo	-5...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-60...80 °C
Temperatura ambiente admisible alrededor del dispositivo	-40...70 °C a Uc
Altitud máxima de funcionamiento	3000 m sem
Resistencia al fuego	850 °C conforme a IEC 60695-2-1
Resistencia a las llamas	V1 conforme a UL 94
Resistencia mecánica	Vibraciones contactor abierto2 Gn, 5...300 Hz Vibraciones conector cerrado4 Gn, 5...300 Hz Impactos contactor abierto10 Gn para 11 ms Impactos conector cerrado15 Gn para 11 ms
Alto	77 mm
Ancho	45 mm
Profundidad	95 mm
Peso del producto	0,49 kg

Oferta sustentable

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Figura VIII.6 Ficha Técnica de LC1D18MD

Fuente: [41]

Anexos VIII.

Ficha técnica del producto
Características

LRD21

relé de sobrecarga térmica para motor TeSys -
12-18 A - clase 10A



Principal

Gama	TeSys
Nombre del producto	TeSys LRD
Tipo de producto o componente	Reles de sobrecarga térmica diferencial
Nombre corto del dispositivo	LRD
Aplicación del relé	Protección del motor
Compatibilidad del producto	LC1D32 LC1D18 LC1D25 LC1D38
Tipo de red	CA DC
Rango de ajustes de protección térmica	12...18 A
[Ui] tensión asignada de aislamiento	Circuito de alimentación, estado 1 600 V acorde a CSA Circuito de alimentación, estado 1 600 V acorde a UL Circuito de alimentación, estado 1 690 V acorde a IEC 60947-4-1

Complementario

Frecuencia de red	0...400 Hz
Soporte de montaje	Placa, con accesorios específicos Carril, con accesorios específicos Bajo contactor
Umbral de disparo	1,14 +/- 0,06 I _r acorde a IEC 60947-4-1
[I _{th}] corriente térmica convencional	5 A para circuito de señalización
Corriente permitida	1,5 A en 240 V AC-15 para circuito de señalización 0,1 A en 250 V DC-13 para circuito de señalización
[U _e] tensión asignada de empleo	690 V CA 0...400 Hz
[U _{imp}] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV
Sensibilidad de fallo de fase	Corriente disparo 130% de I _r en de fases, la última a 0
Tipo de control	Rojo pulsador, estado 1 parada

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

Figura VIII.7 Ficha Técnica de LRD21

Fuente: [42]



Anexos VIII.

Compensación de temperatura	Azul pulsador, estado 1 Reajuste -20...60 °C
Conexiones - terminales	Circuito de control, estado 1 terminales de fijación por tornillo 2 cable(s) 1...2,5 mm ² Flexible sin extremidad de cable Circuito de control, estado 1 terminales de fijación por tornillo 2 cable(s) 1...2,5 mm ² Flexible con extremidad de cable Circuito de control, estado 1 terminales de fijación por tornillo 2 cable(s) 1...2,5 mm ² sólido sin extremidad de cable Circuito de alimentación, estado 1 terminales de fijación por tornillo 1 cable(s) 1,5...10 mm ² Flexible sin extremidad de cable Circuito de alimentación, estado 1 terminales de fijación por tornillo 1 cable(s) 1...4 mm ² Flexible con extremidad de cable Circuito de alimentación, estado 1 terminales de fijación por tornillo 1 cable(s) 1...6 mm ² sólido sin extremidad de cable
Par de apriete	Circuito de control, estado 1 1,7 N.m - en terminales de fijación por tornillo Circuito de alimentación, estado 1 2,5 N.m - en terminales de fijación por tornillo
Anchura	45 mm
Profundidad	70 mm
Peso del producto	0,124 kg

Entorno

Tratamiento de protección	TH acorde a IEC 60068
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529
Temperatura ambiente de funcionamiento	-20...60 °C sin disminución acorde a IEC 60947-4-1
Temperatura ambiente de almacenamiento	-60...70 °C
Resistencia a las llamas	V1 acorde a UL 94
Resistencia mecánica	Vibraciones, estado 1 6 Gn acorde a IEC 60068-2-6 Impactos, estado 1 15 Gn para 11 ms acorde a IEC 60068-2-7
Fuerza dieléctrica	6 kV en 50 Hz acorde a IEC 60255-5
Normas	UL 508 IEC 60947-4-1 ATEX D 94/9/CE IEC 60947-5-1 EN 60947-5-1 CSA C22.2 No 14 EN 60947-4-1
Certificaciones de producto	GOST RINA UL GL CCC BV LROS (Lloyds Register of Shipping) ATEX INERIS CSA DNV

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Si
Información sobre exenciones de RoHS	Si
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil

Figura VIII.7 Ficha Técnica de LRD21

Fuente: [42]

Anexos VIII.

Cables TTU

600V y 2000V 75°C



Construcción

- 1 Conductor de cobre suave cableado.
- 2 Aislamiento en Polietileno (PE), resistente a la abrasión, al calor y la humedad.
- 3 Chaqueta exterior en PVC retardante a la llama, resistente a la abrasión, al calor y la humedad.

Características

Temperatura de operación: 75°C.
Tensión de operación: 600V ó 2000V.
Color de chaqueta: Negro.

Aplicaciones

Los cables TTU **CENTELSA** son usados en instalaciones industriales, sistemas de distribución e iluminación. Instalación en sitios secos, húmedos o mojados y en canalizaciones.
Apto para enterrado directo en calibres 8 AWG y mayores, en lugares donde no exista tráfico pesado.

Especificaciones

Los cables TTU **CENTELSA** cumplen con el RETIE, con las normas ASTM aplicables, con ICEA S-95-658 "Standard for power cables rated 2000V or less for the distribution of electrical energy" y con NTC 1099-1 cables de potencia de 2000V o menos para distribución de energía eléctrica.

Opcionales

- Conductor en aluminio.
- Aislamiento en Polietileno Reticulado (XLPE) para 90°C.
- Libre de halógenos y baja emisión de humos.

Figura VIII.8 Información Conductor

Fuente: [43]

Anexos VIII.

600V y 2000V 75°C

Cables TTU

Certificaciones

Nota: Todos nuestros productos están certificados y cumplen con el RETIE. Para mayor información, comuníquese con el departamento de calidad de **CENTELSA** o escriba un correo a mercadeo.centelsa@centelsa.com.co



RETIE

1. Conductor			TTU 600 V				TTU 2000 V				Resistencia DC a 20°C	Capacidad de Corriente (*)
Calibre	No Hilos	Diámetro	2. Espesor Aislamiento	3. Espesor Chaqueta	Diámetro Exterior	Peso Total Aprox	2. Espesor Aislamiento	3. Espesor Chaqueta	Diámetro Exterior	Peso Total Aprox		
AWG/kcmil		mm	mm	mm	mm	kg/km	mm	mm	mm	kg/km	Ohm/km	A
14	7	1,79	0,76	0,38	4,23	33	1,14	0,38	5,0	38	8,44	20
12	7	2,26	0,76	0,38	4,70	46	1,14	0,38	5,48	52	5,31	25
10	7	2,85	0,76	0,38	5,29	66	1,14	0,38	6,07	73	3,34	35
8	7	3,59	1,14	0,38	6,81	106	1,40	0,76	8,11	125	2,10	50
6	7	4,53	1,14	0,76	8,51	171	1,40	0,76	9,05	178	1,32	65
4	7	5,71	1,14	0,76	9,69	252	1,40	0,76	10,2	260	0,832	85
2	7	7,20	1,14	0,76	11,2	377	1,40	0,76	11,7	387	0,523	115
1/0	19	8,93	1,40	1,14	14,2	604	1,65	1,14	14,8	615	0,329	150
2/0	19	10,02	1,40	1,14	15,3	742	1,65	1,14	15,8	754	0,261	175
3/0	19	11,25	1,40	1,14	16,6	914	1,65	1,14	17,0	927	0,207	200
4/0	19	12,64	1,40	1,14	18,0	1130	1,65	1,14	18,5	1145	0,164	230
250	37	14,18	1,65	1,14	20,0	1337	1,91	1,65	21,6	1404	0,139	255
350	37	16,78	1,65	1,65	23,7	1883	1,91	1,65	24,2	1901	0,0992	310
500	37	20,05	1,65	1,65	26,9	2618	1,91	1,65	27,5	2639	0,0694	380
750	61	24,59	2,03	1,65	32,2	3863	2,29	1,65	32,8	3888	0,0463	475
1000	61	28,40	2,03	1,65	36,0	5070	2,29	1,65	36,6	5097	0,0347	545

Notas:

- Los datos aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de fabricación y pueden ser modificados sin previo aviso.
 (*) No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrado, temperatura ambiente 30°C, temperatura conductor 75°C, acorde con la tabla 310,16 del NEC y de la NTC 2050.
 Otras configuraciones, calibres y colores no especificados en este catálogo están disponibles bajo pedido.

Figura VIII.8 Calibre Conducto

Fuente: [43]

Anexos VIII.

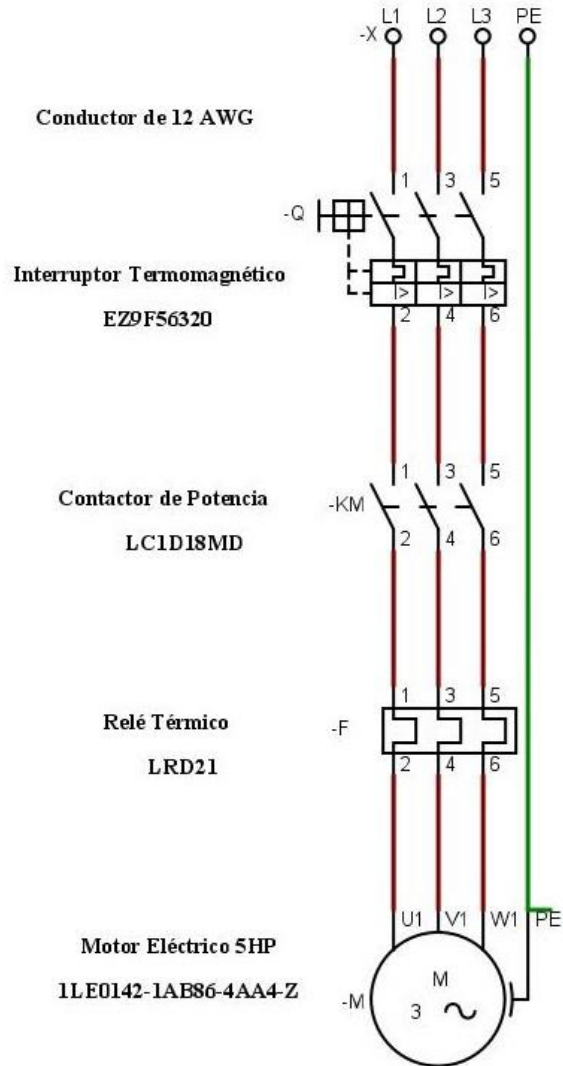


Figura VIII.9 Circuito de Potencia del Motor



Anexos VIII.



4,00 kW
5,50 kW

P ₁ [kW]	n ₂ [min ⁻¹]	M ₂ [Nm]	f _B	i _{ges}	F _R [kN]	F _A [kN]	F _{R VL} [kN]	F _{A VL} [kN]	Type	kg	mm			
4,00	35	1082	1,4	40,74	12,7	22,0	27,1	30,0	SK 4282 - 112 MP/4	90	D66			
	38	1017	2,0	38,31	12,4	22,0	26,6	30,0						
	39	977	1,4	36,81	12,4	22,0	26,5	30,0						
	40	965	1,4	36,40	12,2	22,0	26,1	30,0						
	45	850	2,1	32,04	12,1	22,0	25,5	30,0						
	54	709	2,3	26,72	11,6	22,0	24,4	30,0						
	55	701	2,6	26,43	11,8	22,0	24,5	30,0						
	64	594	2,9	22,39	11,3	21,5	23,5	30,0						
	67	569	3,0	21,45	11,3	21,3	23,3	30,0						
	79	482	3,7	18,18	10,8	20,2	22,3	30,0						
	95	403	4,5	15,20	10,4	19,1	21,3	30,0						
	34	1115	0,8	42,02	6,8	13,3	17,6	20,0				SK 3282 - 112 MP/4	76	D64
	38	1002	0,8	37,77	6,9	13,2	17,3	20,0						
45	846	1,0	31,93	7,0	13,4	16,9	20,0							
50	760	1,1	28,70	7,0	13,2	16,5	20,0							
56	686	1,2	25,88	7,0	13,1	16,2	20,0							
61	628	1,3	23,71	6,9	12,8	15,9	20,0							
64	595	1,3	22,45	6,9	12,9	15,8	20,0							
67	567	1,3	21,38	6,8	12,6	15,6	20,0							
71	534	1,5	20,18	6,8	12,6	15,4	20,0							
86	442	1,9	16,67	6,6	12,1	14,7	20,0							
102	374	2,3	14,11	6,4	11,8	14,2	20,0							
127	301	2,7	11,38	6,2	10,9	13,5	20,0							
147	259	3,2	9,80	6,0	10,5	13,0	19,6							
171	223	3,0	8,31	5,7	9,9	12,4	18,8							
213	180	3,4	6,70	5,5	9,3	11,7	17,9							
251	152	3,6	5,74	5,3	8,8	11,3	17,2							
317	120	3,8	4,48	4,9	8,1	10,5	16,2							

Figura VIII.10 Selección de reductor de eje ejes paralelos SK3282ASH - IEC100

Fuente:[44]

Anexos VIII.

Tabla VIII.3. Tabla de configuración de reductor SK3282ASH - IEC100

<p>Reductor de ejes paralelos con cilindro IEC 1 SK 3282ASH - IEC100</p> <p>La configuración aporta con valores exactos respecto a la velocidad y toque entrada y salida , los parámetros de entrada principales seleccionados se presenta a continuación</p>			
Reductor	SK 3282	Tipo de entrada	Reductor IEC
Carcasa del motor IEC	IEC 100	Reducción	16.67
Forma de Anclaje	Montado por el eje	Tipo de eje	Aro de contracción
Tipo de rodamiento	Rodamiento estándar	Tapón válvula	Tapón válvula de acero inoxidable
Opciones Reductor	Tapa disco contracción (H)	Posición de montaje	M1
Lubricante	Aceite sintético ISO VG 220	Tipo de Pintura	F3.0: para instalación en interiores y exteriores protegidos - C2 *

Fuente:[42]



Anexos VIII.

Trenes de engranajes	2 :1
Velocidad de salida (n2_05)	105 1/min
Par máx. (Ma_05)	841 Nm
Velocidad de entrada (05)	1750 1/min
Potencia máx. (05)	9.2 kW
Velocidad de entrada (04)	1150 1/min
Velocidad de salida (n2_04)	69 1/min
Par máx. (Ma_04)	841 Nm
Potencia máx. (04)	6.07 kW
Velocidad de entrada (03)	875 1/min
Velocidad de salida (n2_03)	52 1/min
Par máx. (Ma_03)	841 Nm
Potencia máx. (03)	4.6 kW
Velocidad de entrada (02)	580 1/min
Velocidad de salida (n2_02)	35 1/min
Par máx. (Ma_02)	841 Nm
Potencia máx. (02)	3.04 kW
Velocidad de entrada (01)	300 1/min
Velocidad de salida (n2_01)	18 1/min
Par máx. (Ma_01)	841 Nm
Potencia máx. (01)	1.58 kW
Cantidad de aceite reductor principal	2.8

Figura VIII.11 Datos del reductor de eje ejes paralelos SK3282ASH - IEC100

Fuente:[42]

Nota: La velocidad tanto de entrada como de salida coincide con los datos calculados la velocidad de salida es 105 rpm y el Par máx. es de 841 N.m, ideales para el sistema.



Anexos VIII.

GETRIEBEBAU NORD

Member of the NORD DRIVESYSTEMS Group



WJUUVH - Página 1 / 1

Getriebebau NORD GmbH & Co. KG, P.O.Box 1262, D-22941 Bargteheide

myNORD - Guest Global

Ficha de datos técnicos	
Número Fecha	WJUUVH.0 08/01/2020
Número de cliente	
creado por	
creado el	08/01/2020
Empleado del servicio	-
postventa	
Teléfono	+49(0)4532/289-0
Correo electrónico	info@nord.com

Pos.	Descripción	Material	Cantidad
1	Reductor de ejes paralelos con cilindro IEC SK 3282ASH - IEC100		1
	Nombre del producto	Ejes paralelos UNICASE	
	Relación de reducción	16.67	
	Par de salida máx. Ma máx.	841 Nm	
	Posición de montaje	M1	
	Trenes de engranajes	2 :1	
	Tipo de carcasa	Montado por el eje	
	Cilindro IEC	IEC100	
	Medida del eje de salida	Eje especial	
	Material del eje de salida	Estándar	
	Opciones de venteo del reductor	Tapón válvula abierto	
	Opción de reductor	Tapa disco contracción	
	Teniendo Diseño	Rodamientos estándar	
	Placa de características	Placa de características adicional	
	Tipo de lubricante	Aceite sintético ISO VG 220	
	Cantidad de lubricante	2,80 l	
	Tratamiento de superficies sellado	Sin conversión de sellado de la superficie	
	Tipo de pintura	F3.0: para instalación en interiores y exteriores protegidos - C2 *	
	Color	RAL 5010 Azul	
	Opción de pintura	Compensación de marcas de contorno	
	Peso	56 kg	
	Fecha de entrega requerida	estandard	

Figura VIII.12 Ficha técnica generada para reductor SK3282ASH - IEC100

Fuente:[42]

Anexos VIII.

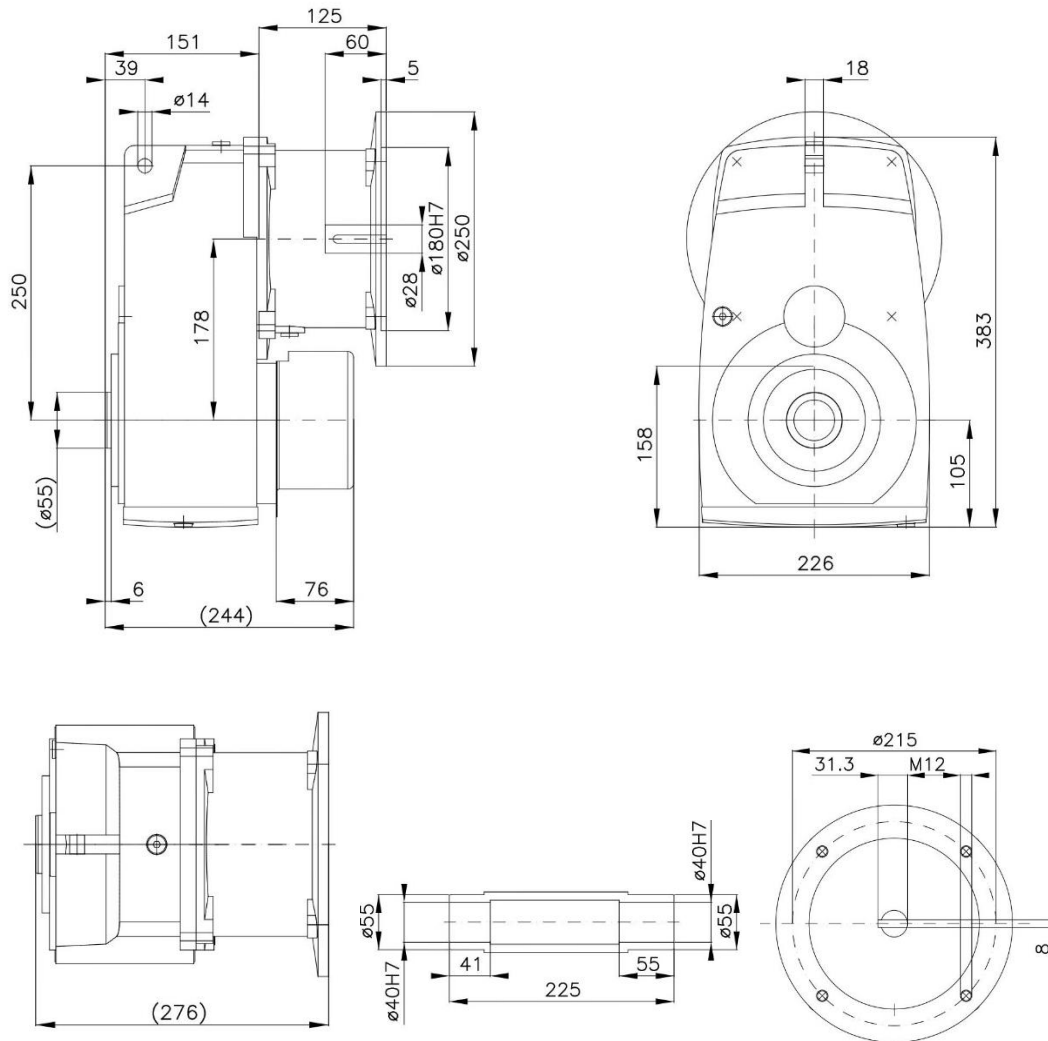


Figura VIII.13 Dimensiones de reductor SK3282ASH - IEC100

Fuente:[42]

Anexos VIII.



Figura VIII.14 MICROMASTER 420

Fuente: [45]

MICROMASTER MM420 ¹⁾								
	Tipo	Tamaño	Pot. del motor ²⁾		Corriente de Entrada (A)	Corriente de salida		
			Par cons. ³⁾ (HP)	Par var. ⁴⁾ (HP)		Par cons. (A)	Par var. (A)	
100024645	6SE6420-2UC15-5AA1	FSA	0.75	0.75	3.6	3.0	3.0	339,00
100024646	6SE6420-2UC17-5AA1	FSA	1	1	4.7	3.9	3.9	370,00
100024647	6SE6420-2UC21-1BA1	FSA	1.5	1.5	6.4	5.5	5.5	424,00
100024648	6SE6420-2UC21-5BA1	FSB	2	2	8.3	7.4	7.4	475,00
100024649	6SE6420-2UC22-2BA1	FSB	3	3	11.7	10.4	10.4	565,00
100024650	6SE6420-2UC23-0CA1	FSB	4	4	15.6	13.6	13.6	659,00
100024651	6SE6420-2UC24-0CA1	FSC	5	5	19.7	17.5	17.5	765,00
100024652	6SE6420-2UC25-5CA1	FSC	7.5	7.5	26.3	22.0	22.0	1.024,00

Figura VIII.15 Selección de MICROMASTER 420

Fuente: [45]



Anexos VIII.

Español

1. VISTA GENERAL

1.1 EI MICROMASTER 420

La serie MICROMASTER 420 es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. La gama de modelos disponible abarca de entrada monofásica de 120 W a entrada trifásica de 11 kW.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el MICROMASTER 420 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples. El MICROMASTER 420 puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros.

El MICROMASTER 420 puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización.

1.2 Características

Características principales

- ◆ Fácil de instalar, parametrizar y poner en servicio
- ◆ Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible
- ◆ Amplio número de parámetros que permiten configuraciones para cubrir una gran gama de aplicaciones
- ◆ Simple conexión de los cables
- ◆ Diseño modular para configuración extremadamente flexible
- ◆ Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- ◆ Opciones externas para comunicaciones por PC, panel BOP, panel AOP y tarjeta de comunicación Profibus

Características de prestaciones

- ◆ Flux Current Control (FCC) para respuesta dinámica y control de motor mejorados
- ◆ Fast Current Limitation (FCL) para funcionamiento con mecanismo exento de disparo
- ◆ Freno por inyección de corriente continua integrado
- ◆ Frenado combinado para mejorar el rendimiento del frenado
- ◆ Tiempos de aceleración/deceleración con redondeo de rampa programable
- ◆ Regulación usando función de lazo de regulación proporcional e integral (PI)

Características de protección

- ◆ Protección completa tanto para el motor como para el convertidor
- ◆ Protección de sobretensión/mínima tensión
- ◆ Protección de sobretemperatura para el convertidor
- ◆ Protección de defecto a tierra
- ◆ Protección de cortocircuito
- ◆ Protección térmica del motor por I^2t

Figura VIII.16 Ficha técnica de MICROMASTER 240

Fuente: [45]

Anexos VIII.

Español

2. INSTALACIÓN

2.3 Instalación mecánica

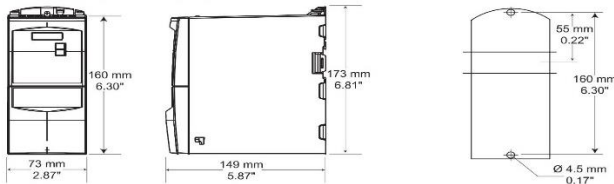


Advertencia

ESTE EQUIPO DEBE PONERSE A TIERRA.

- ◆ Para asegurar el funcionamiento correcto de este equipo, éste deberá instalarse y ponerse en servicio por parte de personal cualificado y cumpliendo plenamente las advertencias especificadas en estas Instrucciones.
- ◆ Considerar especialmente los reglamentos de instalación y seguridad generales y regionales relativos al trabajo en instalaciones con tensión peligrosa (p. ej. EN 50178), al igual que los reglamentos importantes relativos al uso correcto de herramientas y equipos de protección personal.
- ◆ La entrada de red y los bornes de DC y el motor pueden estar sometidos a tensiones peligrosas aunque no esté funcionando el convertidor; antes de efectuar ningún tipo de trabajo de instalación esperar **5 minutos** para permitir a la unidad descargarse tras su desconexión.

Dimensiones del tamaño A:

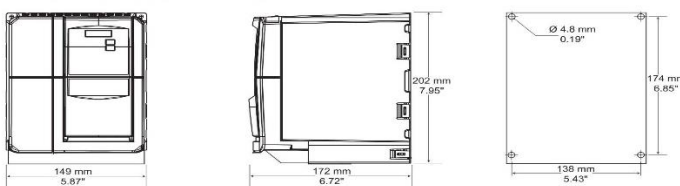


Fijar con
2 tornillos M4
2 tuercas M4
2 arandelas M4

Par de apriete (unidad a armario/caja) con arandelas puestas: 2,5 Nm

Conectar a perfil DIN

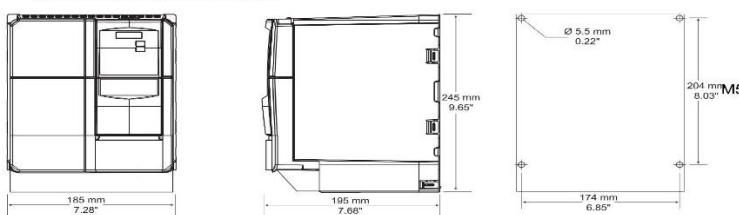
Dimensiones del tamaño B:



Fijar con
4 tornillos M4
4 tuercas M4
4 arandelas M4

Par de apriete (unidad a armario/caja) con arandelas puestas: 2,5 Nm

Dimensiones del tamaño C:



Fijar con
4 tornillos M5
4 tuercas M5
4 arandelas

Par de apriete (unidad a armario/caja) con arandelas puestas: 3 Nm

Figura 2-1 Patrones de taladros para MICROMASTER 420

Figura VIII.16 Ficha técnica de MICROMASTER 240

Fuente: [45]

Anexos VIII.

2. INSTALACIÓN

Español

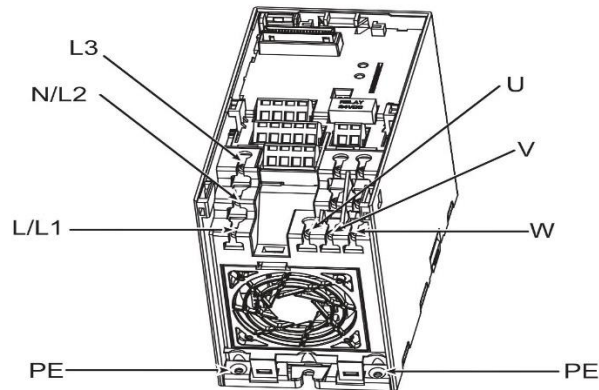


Figura 2-2 Bornes de conexión del MICROMASTER 420

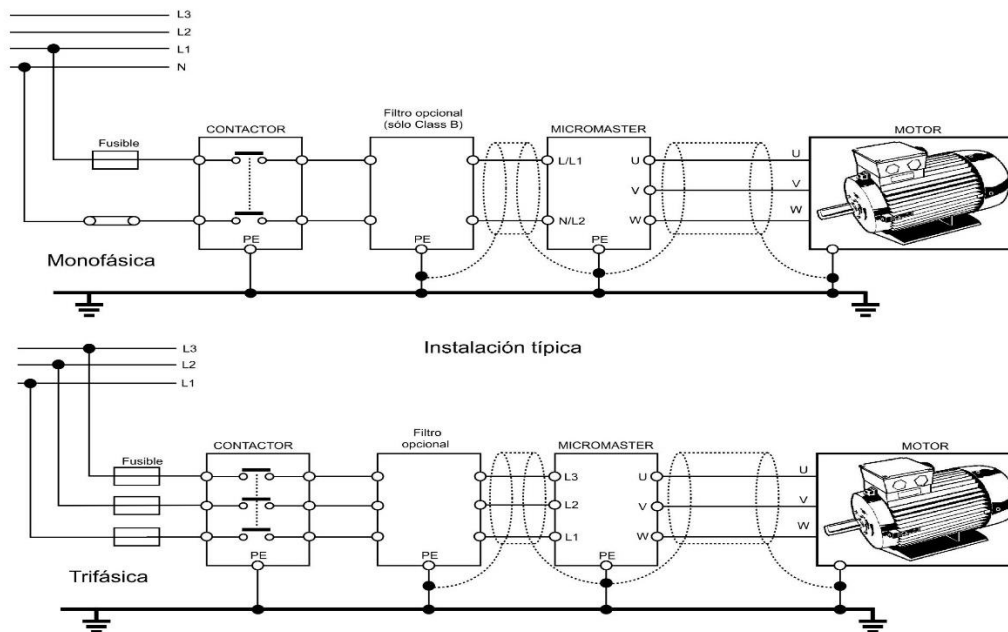


Figura VIII.16 Ficha técnica de MICROMASTER 240

Fuente: [45]

Anexos VIII.

Esquema de bloques

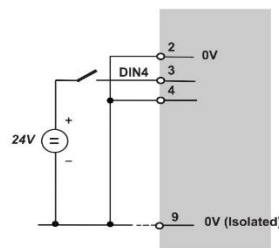
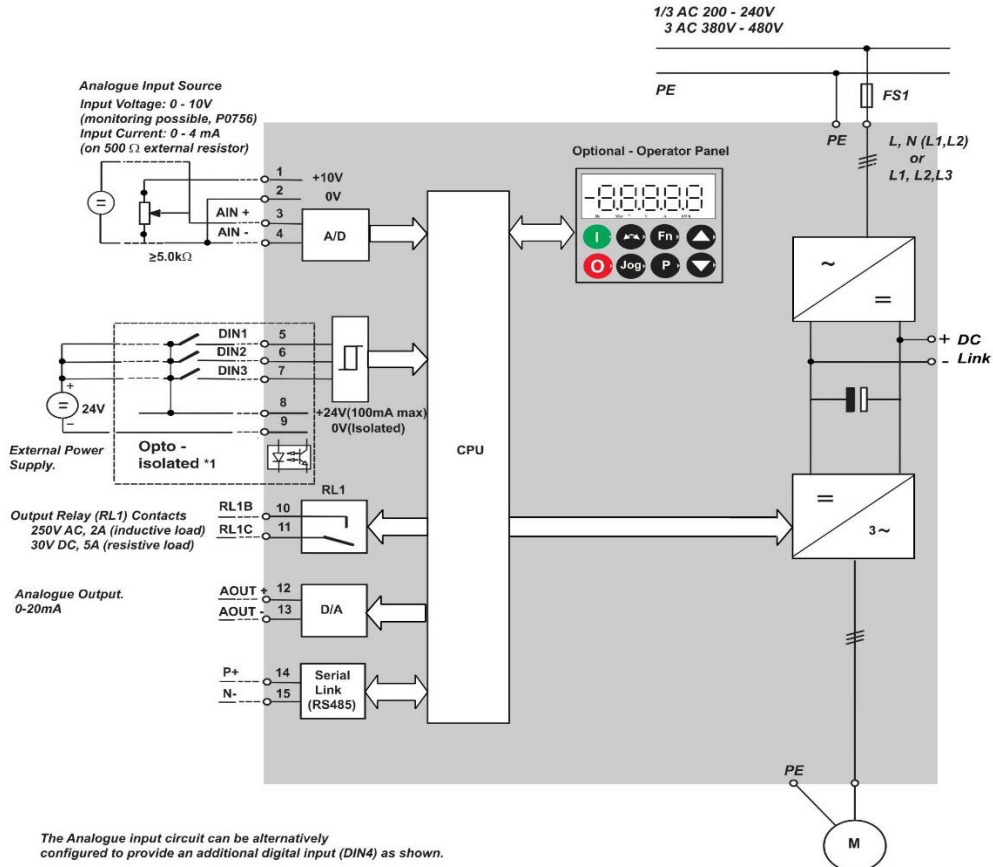


Figura 3-6 Esquema de bloques del convertidor

Figura VIII.16 Ficha técnica de MICROMASTER 240

Fuente: [45]

Anexos VIII.

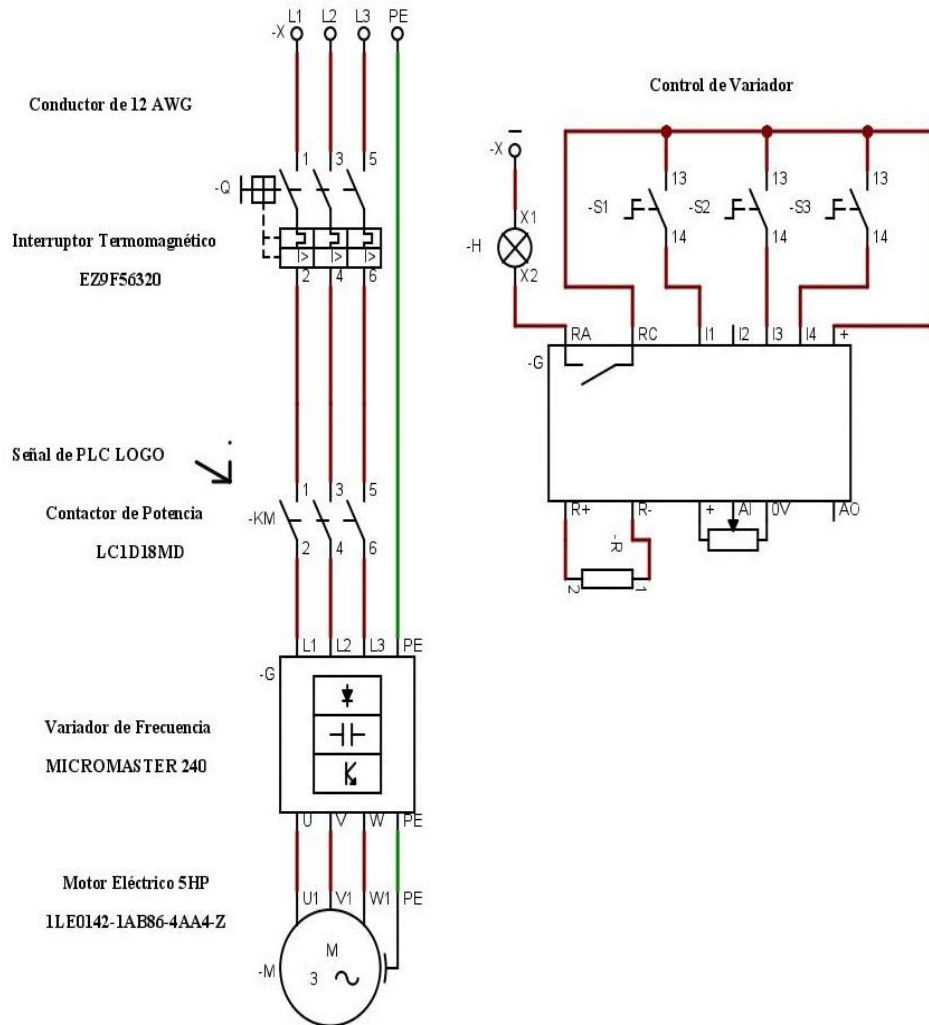


Figura VIII.16 Configuración con MICROMASTER 240



Anexos VIII.

Tabla VIII.4 Tabla para dimensionamiento de resistencias calefactoras

Debido a diferentes parámetros en las secciones del cilindro de extrusión se planteó realizar el cálculo de la potencia de calentamiento, por secciones. Se utilizó las ecuaciones planteadas en la tabla IV.2 ecuaciones (2.11-2.15) y las ecuaciones pertenecientes a las tablas (tabla IV.5 -tabla IV.9). A continuación se muestran las variables que permita la selección de las resistencias

Datos iniciales para la zona de alimentación

Longitud de la zona de alimentación (L_A)	0,152 m	Profundidad zona de alimentación (h_A)	0,007 m
La longitud total del canal (Z_A)	0,501 m	Radio en zona de Alimentación	0,0121 m

Zona de alimentación

Flujo de arrastre (QDA)	$2,24 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$	Flujo másico de presión (mPA)	$51,97 \frac{kg}{h}$
El flujo volumétrico de polímero (QPA)	$1,496 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$	Flujo másico de polímero total (mTotA)	$25,85 \frac{kg}{h}$
Flujo másico de polímero extruido (mDA)	$77,97 \frac{kg}{h}$	Calor requerido para fundir el HDPE (qreqAw)	2,93 kW
Presión del polímero (PAMPa)	6,54 MPa	Perdidas de calor	0,163 kW
Potencia total requerida	3,7 kW	Temp. en resistencia	522,75 °C



Anexos VIII.

Tabla VIII.5 Tabla para dimensionamiento de resistencias calefactoras

Debido a diferentes parámetros en las secciones del cilindro de extrusión se planteó realizar el cálculo de la potencia de calentamiento, por secciones. Se utilizó las ecuaciones planteadas en la tabla IV.2 ecuaciones (2.11-2.15) y las ecuaciones pertenecientes a las tablas (tabla IV.5 -tabla IV.9). A continuación se muestran las variables que permita la selección de las resistencias

Datos iniciales para la zona de Transición

Longitud de la zona de Transición (L_T)	0,38 m	Profundidad zona de Transición (h_T)	0,0045 m
La longitud total del canal (Z_T)	1,252 m	Radio en zona de Transición	0,0146 m

Zona de Transición

Flujo de arrastre (QDT)	$1,443 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$	Flujo másico de presión (mPT)	$33,41 \frac{Kg}{h}$
El flujo volumétrico de polímero (QPT)	$9,618 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$	Flujo másico de polímero total (mTotT)	$16,71 \frac{Kg}{h}$
Flujo másico de polímero extruido (mDT)	$50,119 \frac{Kg}{h}$	Calor requerido para fundir el HDPE (qreqTw)	2,297 kW
Presión del polímero (PTMPa)	39,58 MPa	Perdidas de calor (qT)	0,085 kW
Potencia total requerida	2,9 kW		



Anexos VIII.

Tabla VIII.6 Tabla para dimensionamiento de resistencias calefactoras

Debido a diferentes parámetros en las secciones del cilindro de extrusión se planteó realizar el cálculo de la potencia de calentamiento, por secciones. Se utilizó las ecuaciones planteadas en la tabla IV.2 ecuaciones (2.11-2.15) y las ecuaciones pertenecientes a las tablas (tabla IV.5 -tabla IV.9). A continuación se muestran las variables que permita la selección de las resistencias

Datos iniciales para la zona de Dosificación

Longitud de la zona de Dosificación (L_D)-	0,38 m	Profundidad zona de Dosificación (h_D)	0,002 m
La longitud total del canal (Z_D)	1,252 m	Radio en zona de Dosificación	0,0171 m

Zona de Dosificación

Flujo de arrastre (QDD)	$6,41 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$	Flujo másico de presión (mPD)	$14,85 \frac{Kg}{h}$
El flujo volumétrico de polímero (QPD)	$4,275 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$	Flujo másico de polímero total (mTotD)	$7,43 \frac{Kg}{h}$
Flujo másico de polímero extruido (mDD)	$22,28 \frac{kg}{h}$	Calor requerido para fundir el HDPE (qreqDw)	0,794 kW
Presión del polímero (PDMPa)	200,4 MPa	Perdidas de calor (qD)	0,06 kW
Potencia total requerida	1,025 kW		

Anexos VIII.

ABRAZADERAS HERMÉTICAS PARA BOQUILLA EN INOX
MODELOS RCAH30-I

Código	Dimensiones en mm		Wattios	Peso En kg
	Øinterior	Ancho		
RCAH30-24X34-I	Ø24	34	125	0,12
RCAH30-30X25-I	Ø30	25	140	0,11
RCAH30-30X30-I	Ø30	30	150	0,11
RCAH30-32X30-I	Ø32	30	150	0,13
RCAH30-32X38-I	Ø32	38	225	0,13
RCAH30-35X25-I	Ø35	25	160	0,12
RCAH30-35X30-I	Ø35	30	180	0,11
RCAH30-35X38-I	Ø35	38	250	0,12
RCAH30-35X48-I	Ø35	48	310	0,13
RCAH30-40X30-I	Ø40	30	250	0,14
RCAH30-40X38-I	Ø40	38	300	0,14
RCAH30-40X42-I	Ø40	42	325	0,11
RCAH30-45X30-I	Ø45	30	250	0,12
RCAH30-45X48-I	Ø45	48	400	0,13
RCAH30-50X30-I	Ø50	30	275	0,14
RCAH30-50X55-I	Ø50	55	490	0,15
RCAH30-55X25-I	Ø55	25	230	0,16
RCAH30-55X38-I	Ø55	38	400	0,12
RCAH30-55X48-I	Ø55	48	500	0,13
RCAH30-60X20-I	Ø60	20	210	0,14
RCAH30-60X38-I	Ø60	38	450	0,12
RCAH30-65X25-I	Ø65	25	290	0,13
RCAH30-65X42-I	Ø65	42	500	0,14
RCAH30-70X30-I	Ø70	30	400	0,13
RCAH30-70X38-I	Ø70	38	500	0,14
RCAH30-70X48-I	Ø70	48	650	0,15
RCAH30-80X30-I	Ø80	30	450	0,16
RCAH30-80X48-I	Ø80	48	750	0,15
RCAH30-90X30-I	Ø90	30	500	0,21
RCAH30-90X42-I	Ø90	42	800	0,16
RCAH30-100X30-I	Ø100	30	600	0,19

DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD C E

ELECTRICFOR, S. A. declara que los aparatos citados en este catálogo son conformes con las exigencias de la Directiva de Baja Tensión 2014/35/UE y la Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2014/30/UE, siempre que se respeten las condiciones de trabajo del producto. Para ello se aplican en el diseño y construcción de nuestros productos las normativas armonizadas en la CEE, destacando entre ellas:

- UNE-EU 60.335 Seguridad en los aparatos electrodomésticos y análogos - Requisitos generales
- UNE-EU 60.335-2-9 Seguridad en los aparatos electrodomésticos y análogos - Requisitos particulares para aparatos para tostadores de pan, parrillas, ollas y aparatos eléctricos análogos
- UNE-EU 60.335-2-15 Seguridad en los aparatos electrodomésticos y análogos - Requisitos particulares para aparatos para calentar líquidos.
- UNE-EU 60.335-2-30 Seguridad en los aparatos electrodomésticos y análogos - Requisitos particulares para aparatos de calefacción de locales
- UNE-EU 60.335-2-73 Seguridad en los aparatos electrodomésticos y análogos - Requisitos particulares para calentadores de inmersión fijos
- UNE-EU 60.335-2-89 Seguridad en los aparatos electrodomésticos y análogos - Requisitos particulares para aparatos de refrigeración para uso comercial con una unidad de condensación de fluido refrigerante o un compresor incorporado o a distancia
- UNE-EU 60.519 Seguridad en las instalaciones electrotérmicas
- EN 60.529 Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP)

Figura VIII.17 Referencias de Resistencias tipo abrazadera

Fuente: [46]



Anexos VIII.

Tabla VIII.7 Especificaciones para Resistencias tipo Abrazadera

Tipo de resistencia	Abrazadera
Diámetro interior de la resistencia	0,045 m
Ancho de la resistencia	0,048 m
Área de resistencia	100 mm ²
Carga superficial mínima	4w/cm ²
Potencia de la resistencia	$P = 400 W$
Voltaje	220V
Temp. requerida en zona de alimentación	$T_{Rest} = 522,75 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Potencia requerida den la zona de alimentación	$Pot_{cal} = 3,22kW$
El número mínimo de resistencias requeridas	$N_{Calent} = \frac{3722}{400} = 9,3 \neq 9$
Temp. requerida en zona de transición	$T_{Rest} = 279,73 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Potencia requerida den la zona de transición	$Pot_{cal} = 2,859 kW$
El número mínimo de resistencias requeridas	$N_{Calent} = \frac{2859}{400} = 7,14 \neq 7$
Temp. requerida en zona de dosificación	$T_{Rest} = 201,63 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Potencia requerida den la zona de dosificación	$Pot_{cal} = 1,025 kW$
El número mínimo de resistencias requeridas	$N_{Calent} = \frac{1025}{400} = 2,6 \neq 3$
Interruptor Termo magnético	25A + 20A +10A = 55 A



Figura VIII.18 Resistencia eléctrica tipo abrazadera

Fuente: [47]



Anexos VIII.

Axial Lead & Cartridge Fuses

3AB > Fast-Acting > 314/324 Series



314/324 Series Lead-free 3AB, Fast-Acting Fuse



Description

The 3AB Fast-Acting Fuse with ceramic body construction permits higher interrupting ratings and voltage ratings. Ideal for applications where high current loads are expected.

Features

- In accordance with UL Standard 248-14
- Available in cartridge and axial lead format and with various forming dimensions
- RoHS compliant and Lead-free

Applications

Used as supplementary protection in appliance or utilization equipment to provide individual protection for components or internal circuits.

Electrical Characteristics for Series

% of Ampere Rating	Ampere Rating	Opening Time
100%	0.375 - 40	4 hours, Minimum
135%	0.375 - 30	1 hour, Maximum
200%	0.375 - 12	15 secs., Maximum
	15 - 30	30 secs., Maximum
250%	40	30 secs., Maximum

Agency Approvals		
Agency	Agency File Number	Ampere Range
	E10480	0.375A - 15A
	29862	0.375A - 20A
	E10480	20A - 40A
	314 Series: NBK030805-E10480A NBK030805-E10480C NBK030805-E10480E NBK260106-JP1021A	1A - 3.5A 4A - 5A 6A - 15A 20A - 30A
	324 Series: NBK030805-E10480B NBK030805-E10480D NBK030805-E10480F NBK260106-JP1021B	1A - 3.5A 4A - 5A 6A - 15A 20A - 30A
	SU05001-6003	3A
	SU05001-6001	4-6A
	SU05001-7006	7-10A
	SU05001-8002	12-15A
	SU05001-8003	20A
SU05001-6002	25-30A	
	N/A	0.375A - 30A

Figura VIII.19 Fusible de Protección para resistencia tipo abrazadera

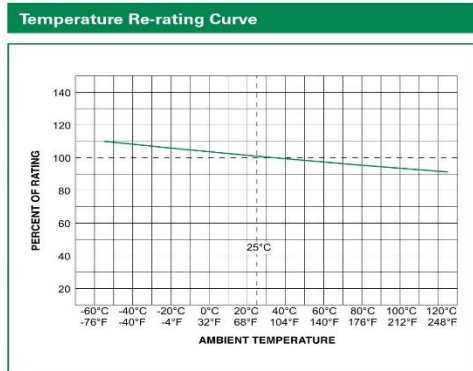
Fuente:



Anexos VIII.

Electrical Specification by Item							Agency Approvals				
Amp Code	Ampere Rating (A)	Voltage Rating (V)	Interrupting Rating	Nominal Cold Resistance (Ohms)	Nominal Melting I ² t (A ² sec)**	UL	SF	CCC	RUJIS	PS	CE
375	0.375	250	35 A @ 250 VAC	0.820	0.210	x	x				x
500	0.5	250	10 kA @ 125 VAC	0.500	0.639	x	x				x
750	0.75	250	10 kA @ 125 VDC	0.250	2.061	x	x				x
001.	1	250	100 A @ 250 VAC	0.189	0.690	x	x				x
002.	2	250	10 kA @ 125 VAC	0.0700	5.700	x	x				x
003.	3	250	10 kA @ 125 VDC	0.0432	14.6	x	x	x			x
004.	4	250		0.0470	10.4	x	x	x			x
005.	5	250		0.0300	26.0	x	x	x			x
006.	6	250		0.0240	45.0	x	x	x			x
007.	7	250		0.0187	71.0	x	x	x			x
008.	8	250	750 A @ 250 VAC	0.0153	105	x	x	x			x
010.	10	250	10 kA @ 125 VAC	0.0105	206	x	x	x			x
010.*	10	280	10 kA @ 125 VDC	0.0105	206				x		x
012.	12	250		0.00760	570	x	x	x			x
015.	15	250		0.00505	292	x	x	x			x
015.*	15	280		0.00505	292				x		x
020.	20	250	1000 A @ 250 VAC	0.00355	631		x	x	x		x
020.*	20	280	200 A @ 300 VAC	0.00355	631				x		x
025.	25	250	100 A @ 250 VAC	0.00235	1450			x	x		x
025.**	25	280	1000 A @ 75 VDC	0.00235	1450				x		x
030.	30	250	400 A @ 125 VAC	0.00182	2490			x	x		x
040.	40	250	1000 A @ 250 VAC	0.0014	22925				x		x
			400 A @ 150 VDC								

* 350A@280VAC interrupting rating available for 10A, 15A and 20A.
 ** 50A@280VAC for 25A. Add suffix '280'. Example: 0324020.MX280P.
 ***I²t test at 10x rated current



Note:
 Re-rating depicted in this curve is in addition to the standard derating of 25% for continuous operation.

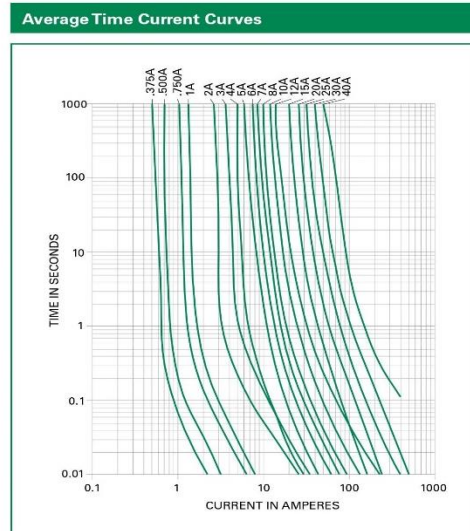


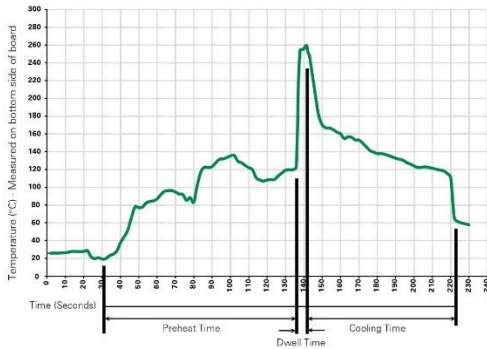
Figura VIII.19 Fusible de Protección para resistencia tipo abrazadera

Fuente:



Anexos VIII.

Soldering Parameters - Wave Soldering



Recommended Process Parameters:

Wave Parameter	Lead-Free Recommendation
Preheat: (Depends on Flux Activation Temperature) (Typical Industry Recommendation)	
Temperature Minimum:	100°C
Temperature Maximum:	150°C
Preheat Time:	60-180 seconds
Solder Pot Temperature:	260°C Maximum
Solder Dwell Time:	2-5 seconds

Recommended Hand-Solder Parameters:

Solder Iron Temperature: 350°C +/- 5°C
Heating Time: 5 seconds max.

Note: These devices are not recommended for IR or Convection Reflow process.

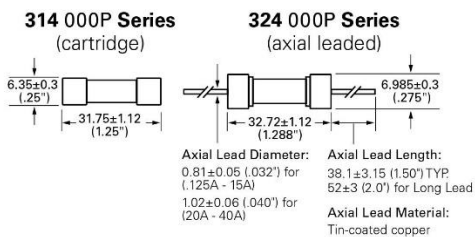
Product Characteristics

Materials	Body: Ceramic Cap: Nickel-plated Brass Leads: Tin-plated Copper
Terminal Strength	MIL-STD-202, Method 211, Test Condition A
Solderability	MIL-STD-202 Method 208
Product Marking	Cap1: Brand logo, current and voltage ratings Cap2: Series and agency approval marks

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Thermal Shock	MIL-STD-202, Method 107, Test Condition B (5 cycles, -65°C to +125°C)
Vibration	MIL-STD-202, Method 201
Humidity	MIL-STD-202, Method 103, Test Condition A (High RH (95%) and Elevated temperature (40°C) for 240 hours)
Salt Spray	MIL-STD-202, Method 101, Test Condition B

Dimensions

Measurements displayed in millimeters (inches)



Part Numbering System

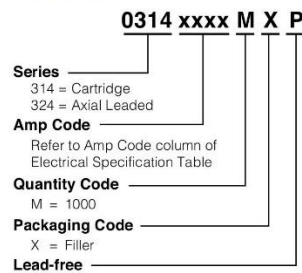


Figura VIII.19 Fusible de Protección para resistencia tipo abrazadera

Fuente:



Anexos VIII.

Tabla VIII.8 Especificaciones para Ventilador Centrifugo

Parámetro	Resultado	Ecuación
Zona de Alimentación		
Potencia Calorífica	1861 W	(2.53)
Temperatura de calentamiento del aire de refrigeración	507,75 °C	(2.54)
Caudal de aire necesario	10,16 $\frac{m^3}{h}$	(2.55)
Zona de Transición		
Potencia Calorífica	1429,5 W	(2.53)
Temperatura de calentamiento del aire de refrigeración	264,73 °C	(2.54)
Caudal de aire necesario	14,96 $\frac{m^3}{h}$	(2.55)
Zona de Dosificación		
Potencia Calorífica	512,5 W	(2.53)
Temperatura de calentamiento del aire de refrigeración	186,63 °C	(2.54)
Caudal de aire necesario	7,612 $\frac{m^3}{h}$	(2.55)

Anexos VIII.

Ø146x100mm CA146-100T Series AC Centrifugal Blower

Specification:

Air Flow	255 ~ 325CFM
Impeller	Die-cast Aluminum Housing Galvanised Sheet Steel Impeller
Motor	Capacitor-Run Induction and External Rotor Motor
Rotor	Black Paint
Bearing	Dual Ball Bearing, Permanently Lubricated
Operating Voltage Range	85VAC to 125VAC for 115V Type 185VAC to 245 VAC for 230V Type
Lead Wire	AWG# 18 UL
Insulation	Class "B" or "F"
Safety	Thermally Protected (Auto Restart)
Operating Temperature	-20°C to +60°C
Weight	2800g

Item Code	Rated Voltage	Frequency (Hz)	Rated Current(A)	Input Power(W)	Speed (RPM)	Air Flow (CFM)	Air Flow (m ³ /min)	Static Pressure (inch-H ₂ O)	Noise dB(A)	Capacitor (μF)
CA1V146-100T-FMG-B38-2C	115V	50/60	1.84/2.13	209/243	1930/2010	313/325	8.9/9.2	1.75/2.50	67/67	20μF 200VAC
CA2V146-100T-FMG-B38-2C	230V	50/60	0.93/1.06	211/242	1910/1950	314/320	8.9/9.1	1.75/2.50	67/67	5μF 400VAC
CA1V146-100T-FMG-B38-3C	115V	50/60	1.20/1.34	136/154	1680/1600	270/255	7.6/7.2	1.72/2.40	63/62	12μF 200VAC
CA2V146-100T-FMG-B38-3C	230V	50/60	0.60/0.66	138/153	1680/1600	270/255	7.6/7.2	1.72/2.40	63/62	3μF 400VAC

Characteristic Curves:

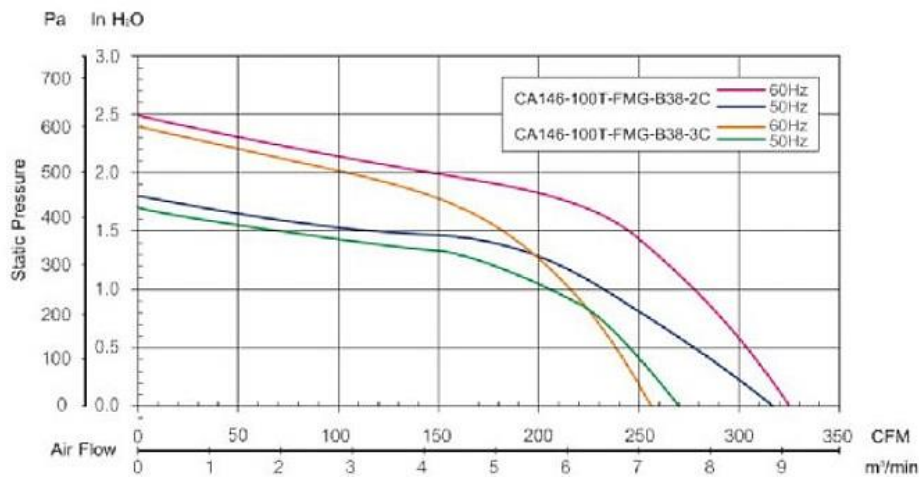


Figura VIII. 20 Ficha Técnica de Ventilador Centrifugo

Fuente: [49]

Anexos VIII.

Outline Drawing

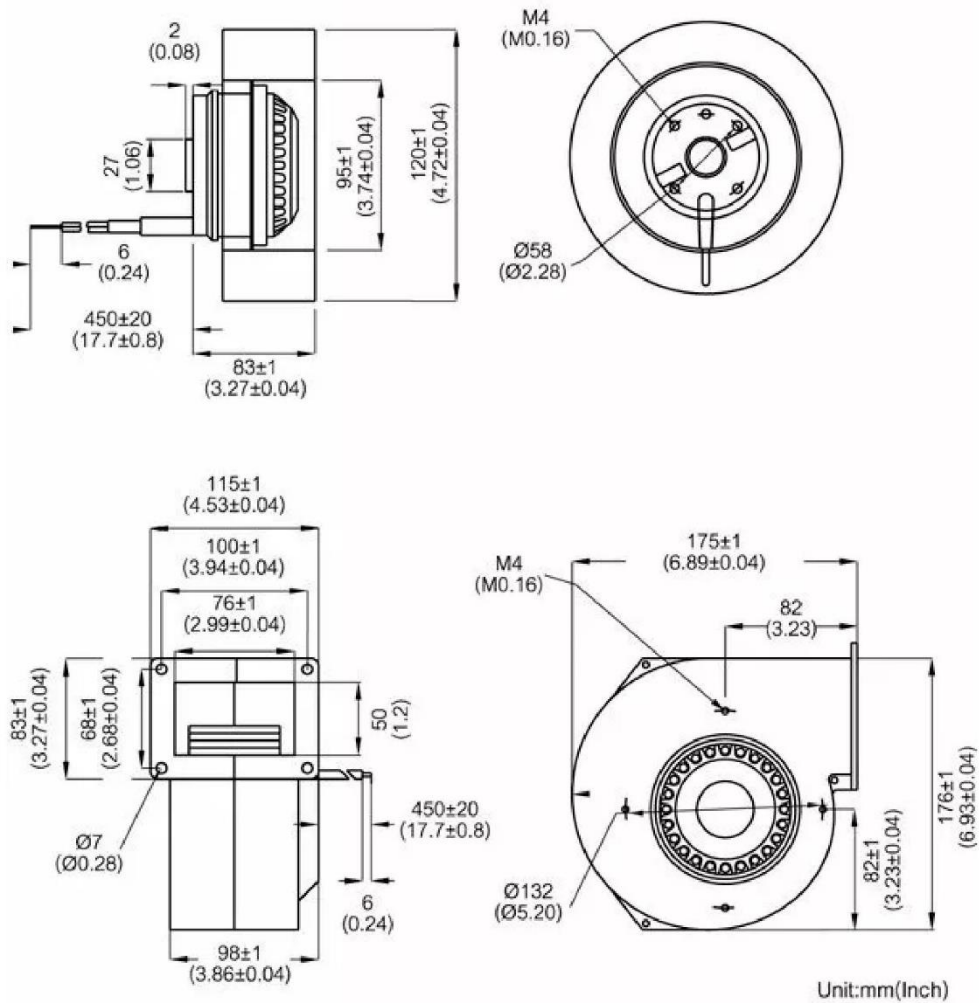


Figura VIII.20 Ficha Técnica de Ventilador Centrifugo

Fuente: [49]



Anexos VIII.

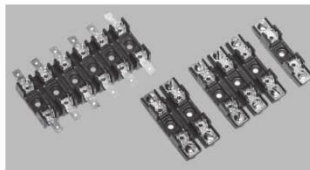
Technical Data **2101**

Effective June 2017
Supersedes December 2007

BUSSMANN
SERIES

S-8000

1/4" x 1 1/4" Fuse blocks



Product features

- For 1/4" x 1 1/4" (6.3 x 32mm) fuses
- Bolt-in and snap-in mounting available
- Tight cluster mounting
- All types of terminal configurations
- Clips made of bright tin-plated spring-bronze
- Anti-rotational pin provided
- Flame retardant thermoplastic meets UL 94V0

Agency information

- UL Recognized: E14853
- CSA Certified: 47235

Environmental data

- Relative Temperature Index (RTI)
 - Bolt-in 130°C
 - Snap-in 110°C

Ordering information

- Specify packaging, product, and option code

Bolt-in Mounting Example:
BK/S-8102-6-R

BK/	S-8	1	02	6	-	R
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
1	2	3	4	5		7

Snap-in Mounting Example:
BK/S-8001-1-SNP-R

BK/	S-8	0	01	-	1	-	SNP	-	R
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
1	2	3	4	5			6		7

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Packaging Code: | BK/ |
| 2. Series Number: | S-8 |
| 3. Type Terminal: | 0 = Solder
1 = 3/16" quick connect
2 = 1/4" quick connect
3 = Screw |
| 4. Terminal Angle: | 01 = Straight (0°)
02 = 40° Angle
03 = Side*
(1 - 12) |
| 5. Number of Poles: | 1X = One pole, No Mounting Stud |
| 6. Mounting Style: | SNP = Snap-in Mounting* |
| 7. RoHS Compliant Version | -R |

*Available only in single pole

Packaging Code	
Catalog Number Prefix	Description
Blank	Varies with number of poles. Contact customer service.
BK/	Varies with number of poles. Contact customer service.

Figura VIII.20 Porta fusible para 314/324 Series Lead-free 3AB, Fast-Acting Fuse

Fuente:

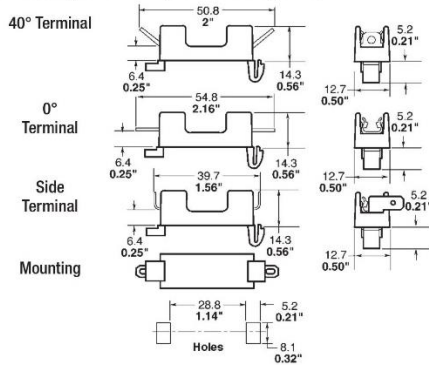
Anexos VIII.

Technical Data 2101
Effective June 2017

S-800t
1/4" x 1 1/4" Fuse block:

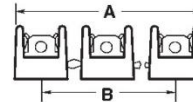
Specifications			
Series	Volts	UL Max Amps	CSA Max. Amps
S-8000	300Vac/dc	30	21
S-8100	300Vac/dc	20	13
S-8200	300Vac/dc	30	16
S-8300	300Vac/dc	30	25

Dimensions - mm/in.
S-8000 Single-Pole Snap-In Mounting Series



Component	Material
Clip	Spring-Bronze, Bright Tin-Plate
Body	Thermoplastic

Multiple Pole



No. of Poles	Inches		Millimeters	
	A	B	A	B
1	—	—	—	—
2	1 1/8"	5/8"	28.6	15.9
3	1 3/8"	1 1/4"	44.4	31.8
4	2 1/8"	1 7/8"	60.3	47.6
5	3"	2 1/2"	76.2	63.5
6	3 3/8"	3 1/8"	92.1	79.4
7	4 1/8"	3 3/4"	108.0	95.2
8	4 3/8"	4 3/8"	123.8	111.1
9	5 1/8"	5"	139.7	127.0
10	6 1/8"	5 3/8"	155.6	142.9
11	6 3/8"	6 1/4"	171.4	158.8
12	7 1/8"	6 7/8"	187.3	174.6

Dimensions - mm/in.
S-8000 Single-Pole Bolt-In Mounting Series

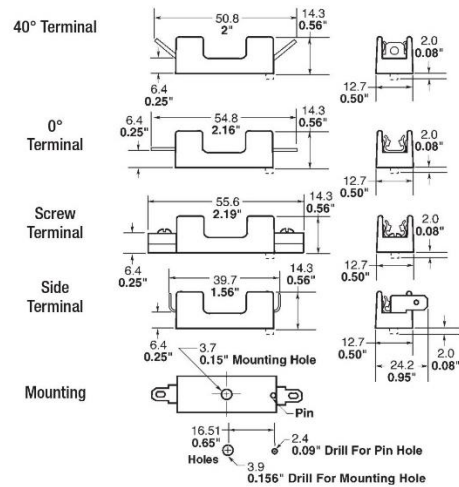


Figura VIII.20 Porta fusible para 314/324 Series Lead-free 3AB, Fast-Acting Fuse

Fuente:

Anexos VIII.

Ficha técnica del producto
Características

QO260
INT. TERMOMAG. QO 2P. 60 A.



Principal

Product	Interrupor automático en miniatura
Range	QO
Current Rating	60 A
Voltage Rating	120/240 V CA 120 V CA 48 V DC
Mounting Type	Conexión
Number of Poles	2P
Circuit Breaker Type	Standard (**)
Ratings	HACR rated (**)
Electrical Connection	Box lugs (**)

Complementario

Interrupt Rating	10 kA 120/240 V CA 50/60 Hz 10 kA 120 V CA 50/60 Hz 5 kA 48 V DC
Number of Panel Spaces	2
Wire Size	AWG 8...AWG 2 cobre o aluminio
Par de apriete	5 N.m 10...25 mm ² AWG 8...AWG 2
Altura	3.12 in
Profundidad	2.91 in
Anchura	1.5 in

Entorno

Certifications	Registrado por UL CSA
Ambient Rating	40 °C

Figura VIII.21 Ficha Técnica de Protección termo magnética QO260

Fuente: [48]

Anexos VIII.

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	No se necesitan operaciones de reciclaje específicas
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

Figura VIII.21 Ficha Técnica de Protección termo magnética QO260

Fuente: [48]

Anexos VIII.

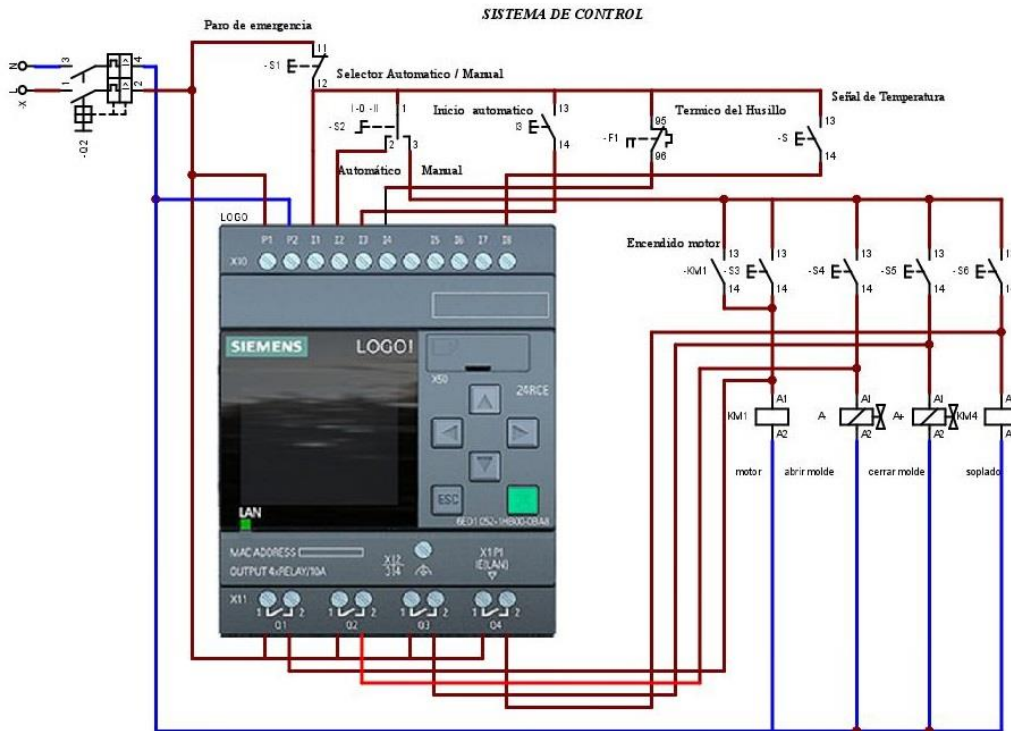


Figura VIII.22 Conexión de PLC logo en CAde_SIMU

Anexos VIII.

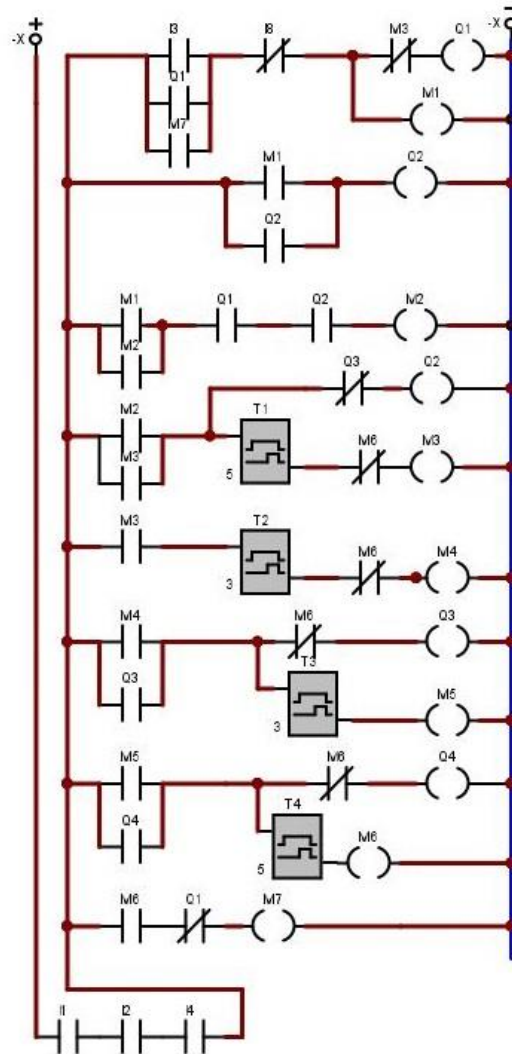








Figura VIII.22 Diagrama Ladder en CADe_SIMU

Anexos VIII.



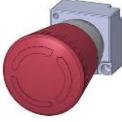


Tabla VIII.8 Componentes del sistema de control

Sistema de Control	
Dispositivo	Criterio de selección
PLC	LOGO! 12/24RCE (6ED1052-1MD08-0BA0)
	En una automatización básica es necesario un controlador básico programable, el PLC logo resulta un equipo flexible y versátil con un precio asequible, se alimenta de 24 VDC contiene 8 DI (4AI)/4DO (las entradas analógicas permiten interactuar con la variable de la temperatura del sistema), y 4 salidas tipo relé necesarias para la potencia del sistema. Ver Anexo VIII Figura VIII.23
Fuente de Alimentación	LOGO!POWER 24 V/1.3 A (6EP3331-6SB00-0AY0)
	Para el PLC LOGO 12/24RCE es necesario una fuente de alimentación con un voltaje de entrada de 240V VAC y un voltaje de salida 24 VDC Ver Anexo VIII Figura VIII.24
Controlador Temperatura	REX C100 SSR
	El control de las resistencias calefactoras es un aspecto que regula la calidad del producto, El controlador RKC posee consideraciones aptas para el proyecto, tiene un rango de temperatura de 0 hasta 1375 grados Celsius, 1 alarma y salida SSR. Ver Anexo VIII Figura VIII.25
Contacto de relé solido	SSR 240 D 25 R
	Para conectar las resistencias y ventiladores al controlador se requiere de un contacto de relé solido que permita la conmutación del sistema, el relé seleccionado es para la salida de 25 A / 240 V ideal para las resistencias seleccionadas. Ver Anexo VIII Figura VIII.26
Sensor de temperatura	Termocupla tipo J
	Para medir la temperatura y obtener la señal para el controlador se utiliza un termopar tipo J por su aplicación en la industria del plástico y abarca mediciones de hasta 700 grados centígrados. Ver Anexo VIII Figura VIII.27
Proteccion de sist de control	A9F03106
	La protección y seccionamiento del sistema de control se encuentra bajo las recomendaciones de la fuente de alimentación LOGO!POWER 24 V/1.3 A , la protección seleccionada es (iC60N - miniature circuit breaker - 1P - 6A – curve B)



Anexos VIII.

Tabla VIII.8 Componentes del sistema de control

Sistema de Control	
Dispositivo	Criterio de selección
Prot. de control de calentamiento	A9F77210
	El sistema de control de calentamiento esta seccionado y controlado por el interruptor electro magnético iC60N 2P 10A curva C 50kA.
Pulsadores NC y NA	3SU1000-0AA10-0AA0
	Para las entradas del PLC LOGO se selecciona 1 pulsador para poner en marcha el sistema automático y 4 pulsadores para el mando manual los colores se escogen según la norma establecida
Pulsador de emergencia	3SB3500
	Un pulsador de emergencia es necesario para interrumpir el funcionamiento previo a cualquier anomalía en la máquina y para precautelar la seguridad del personal
Interruptor Rotativo	XB4BD21
	Se selecciona 5 interruptores rotativos de dos posiciones que permitan el control de la resistencia calefactora y de los ventiladores, 1 interruptor rotativo de tres posiciones para seleccionar el tipo de control (automático y manual).
Luce Piloto	XB7EV03
	Las lámparas de señalización permiten un control visual del proceso de la máquina. Los colores se encuentran bajo parámetros estandarizados

Anexos VIII.

SIEMENS

Data sheet

6ED1052-1MD08-0BA0

LOGO! 12/24RCE, logic module, disp PS//O: 12/24VDC/relay, 8 DI (4AI)/4DO, memory 400 blocks, modular expandable, Ethernet, integr. web server, data log, user-defined Web pages, standard microSD card for LOGO! Soft Comfort V8 or higher, older projects executable



Figure similar

Display	
with display	Yes
Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 12 V DC	Yes
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	10.8 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Time of day	
Time switching clocks	
• Number	400; Max. 400, function-specific
• Power reserve	480 h
Digital inputs	
Number of digital inputs	8; Of which 4 can be used in analog mode (0 to 10 V)

Figura VIII.23 Ficha Técnica de PLC LOGO! 12/24RCE

Fuente: [50]



Anexos VIII.

Digital outputs	
Number of digital outputs	4; Relays
Short-circuit protection	No; external fusing necessary
Output current	
<ul style="list-style-type: none"> for signal "1" permissible range for 0 to 55 °C, max. 	10 A
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	3 A
— with resistive load, max.	10 A
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
<ul style="list-style-type: none"> Limit class B, for use in residential areas 	Yes
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	
<ul style="list-style-type: none"> IP20 	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
according to VDE 0631	Yes
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
<ul style="list-style-type: none"> min. max. 	-20 °C; No condensation 55 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
<ul style="list-style-type: none"> min. max. 	-40 °C 70 °C
Dimensions	
Width	71.5 mm
Height	90 mm
Depth	60 mm
last modified:	01/03/2020

Figura VIII.23 Ficha Técnica de PLC LOGO! 12/24RCE

Fuente: [50]

Anexos VIII.

SIEMENS

Data sheet

6EP3331-6SB00-0AY0

LOGO!POWER 24 V/1.3 A
LOGO!POWER 24 V / 1.3 A Stabilized power supply input: 100-240
V AC output: DC 24 V / 1.3 A



Input	
Input	1-phase AC or DC
Rated voltage value V_{in} rated	100 ... 240 V
Voltage range AC	85 ... 264 V
Input voltage	
• at DC	110 ... 300 V
Wide-range input	Yes
Oversvoltage resistance	300 V AC for 1 s
Mains buffering	at $V_{in} = 187$ V
Mains buffering at I_{out} rated, min.	40 ms; at $V_{in} = 187$ V
Rated line frequency 1	50 Hz
Rated line frequency 2	60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
Input current	
• at rated input voltage 120 V	0.7 A
• at rated input voltage 230 V	0.35 A
Switch-on current limiting (+25 °C), max.	25 A
I^2t , max.	0.8 A ² ·s
Built-in incoming fuse	internal

Figura VIII.24 Fuente de Alimentación

Fuente: [50]



Anexos VIII.

Enduring short circuit current RMS value	
• maximum	1.7 A
Overcurrent overload capability in normal operation	overload capability 150% lout rated typ. 200 ms
Overload/short-circuit indicator	-
measuring point for output current	50 mV =^ 1.3 A
Overcurrent overload capability when switching on	150% lout rated typ. 200 ms
Safety	
Primary/secondary isolation	Yes
Galvanic isolation	Safety extra-low output voltage Uout acc. to EN 60950-1 and EN 50178
Protection class	Class II (without protective conductor)
Degree of protection (EN 60529)	IP20
Approvals	
CE mark	Yes
UL/cUL (CSA) approval	cULus-Listed (UL 508, CSA C22.2 No. 107.1), File E197259; cURus-Recognized (UL 60950, CSA C22.2 No. 60950), File E151273, NEC class 2 (acc. to UL 1310)
Explosion protection	ATEX (EX) II 3G Ex nA IIC T3; cULus Class I Div. 2 (ANSI/ISA-12.12.01, CSA C22.2 No. 213) Group ABCD, T4, File E488866
FM approval	Class I, Div. 2, Group ABCD, T4
CB approval	Yes
Marine approval	ABS, BV, DNV GL, LRS
EMC	
Emitted interference	EN 55022 Class B
Supply harmonics limitation	not applicable
Noise immunity	EN 61000-6-2
environmental conditions	
Ambient temperature	
• during operation	-25 ... +70 °C
— Note	with natural convection
• during transport	-40 ... +85 °C
• during storage	-40 ... +85 °C
Humidity class according to EN 60721	Climate class 3K3, 5 ... 95% no condensation
Mechanics	
Connection technology	screw-type terminals
Connections	
• Supply input	L, N: 1 screw terminal each for 0.5 ... 2.5 mm ² single-core/finely stranded
• Output	+, -: 1 screw terminal each for 0.5 ... 2.5 mm ²
• Auxiliary	-
Width of the enclosure	36 mm
Height of the enclosure	90 mm

Figura VIII.24 Fuente de Alimentación LOGO! POWER 24 V/1.3 A

Fuente: [50]

Anexos VIII.

Protection in the mains power input (IEC 898) Recommended miniature circuit breaker: from 6 A characteristic B or from 2 A characteristic C

Output	
Output	Controlled, isolated DC voltage
Rated voltage Vout DC	24 V
Total tolerance, static ±	3 %
Static mains compensation, approx.	0.1 %
Static load balancing, approx.	0.1 %
Residual ripple peak-peak, max.	200 mV
Residual ripple peak-peak, typ.	30 mV
Spikes peak-peak, max. (bandwidth: 20 MHz)	300 mV
Spikes peak-peak, typ. (bandwidth: 20 MHz)	50 mV
Adjustment range	22.2 ... 26.4 V
Product function Output voltage adjustable	Yes
Output voltage setting	via potentiometer
Status display	Green LED for output voltage OK
On/off behavior	No overshoot of Vout (soft start)
Startup delay, max.	0.5 s
Voltage rise, typ.	100 ms
Rated current value Iout rated	1.3 A
Current range	0 ... 1.3 A
• Note	+55 ... +70 °C: Derating 2%/K
Supplied active power typical	31.2 W
Parallel switching for enhanced performance	Yes
Numbers of parallel switchable units for enhanced performance	2
Efficiency	
Efficiency at Vout rated, Iout rated, approx.	86 %
Power loss at Vout rated, Iout rated, approx.	5 W
Power loss [W] during no-load operation maximum	0.3 W
Closed-loop control	
Dynamic mains compensation (Vin rated ±15 %), max.	0.2 %
Dynamic load smoothing (Iout: 10/90/10 %), Uout ± typ.	1 %
Load step setting time 10 to 90%, typ.	1 ms
Load step setting time 90 to 10%, typ.	1 ms
Protection and monitoring	
Output overvoltage protection	Yes, according to EN 60950-1
Current limitation, typ.	1.7 A
Property of the output Short-circuit proof	Yes
Short-circuit protection	Constant current characteristic

Figura VII.24 Fuente de Alimentación LOGO! POWER 24 V/1.3 A

Fuente: [50]

Anexos VIII.

Product datasheet
Characteristics

A9F03106

iC60N - miniature circuit breaker - 1P - 6A - B
curve



Main

Device application	Distribution
Range	Acti 9
Product name	Acti 9 iC60
Product or component type	Miniature circuit-breaker
Device short name	IC60N
Poles description	1P
Number of protected poles	1
[In] rated current	6 A
Network type	AC DC
Trip unit technology	Thermal-magnetic
Curve code	B
Breaking capacity	6000 A Icn at 230 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60898-1 10 kA Icu at 60...72 V DC conforming to EN/IEC 60947-2 15 kA Icu at 12...60 V DC conforming to EN/IEC 60947-2 10 kA Icu at 220...240 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 36 kA Icu at 12...60 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2 20 kA Icu at 100...133 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2
Utilisation category	Category A conforming to EN 60898-1 Category A conforming to IEC 60898-1
Suitability for isolation	Yes conforming to EN 60898-1 Yes conforming to EN 60947-2 Yes conforming to IEC 60898-1 Yes conforming to IEC 60947-2
Standards	EN 60947-2 IEC 60898-1 EN 60898-1 IEC 60947-2

Figura VIII.25 Ficha Técnica de Interruptor Termo magnética A9F03106

Fuente: [57]



Anexos VIII.

Magnetic tripping limit	4 x In +/- 20 %
[Ics] rated service breaking capacity	27 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 12...60 V AC 50/60 Hz 7.5 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 12...60 V AC 50/60 Hz 7.5 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % conforming to IEC 60947-2 - 100...133 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % conforming to EN 60947-2 - 100...133 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforming to EN 60898-1 - 230 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforming to IEC 60898-1 - 230 V AC 50/60 Hz 10 kA 100 % conforming to EN 60947-2 - 72 V DC 10 kA 100 % conforming to IEC 60947-2 - 72 V DC 15 kA 100 % conforming to EN 60947-2 - 12...60 V DC 15 kA 100 % conforming to IEC 60947-2 - 12...60 V DC
Limitation class	3 conforming to EN 60898-1 3 conforming to IEC 60898-1
[U] rated insulation voltage	500 V AC 50/60 Hz conforming to EN 60947-2 500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to EN 60947-2 6 kV conforming to IEC 60947-2
Contact position indicator	Yes
Control type	Toggle
Local signalling	Trip indicator
Mounting support	DIN rail
9 mm pitches	2
Height	91 mm
Width	18 mm
Depth	78.5 mm
Product weight	0.125 kg
Colour	White
Mechanical durability	20000 cycles
Electrical durability	10000 cycles
Connections - terminals	Double terminal (top or bottom) 1...25 mm ² rigid Double terminal (top or bottom) 1...16 mm ² flexible
Wire stripping length	14 mm for top or bottom connection
Tightening torque	2 N.m top or bottom
Earth-leakage protection	Without
Environment	
IP degree of protection	IP20 conforming to IEC 60529 IP20 conforming to EN 60529
Pollution degree	3
Overvoltage category	IV
Tropicalisation	2
Relative humidity	95 % at 55 °C
Ambient air temperature for operation	-35...70 °C
Ambient air temperature for storage	-40...85 °C
Offer Sustainability	
Sustainable offer status	Green Premium product
REACH Regulation	REACH Declaration
REACH free of SVHC	Yes
EU RoHS Directive	Compliant EU RoHS Declaration
Toxic heavy metal free	Yes
Mercury free	Yes
RoHS exemption information	Yes
China RoHS Regulation	China RoHS declaration

Figura VII.25 Ficha Técnica de Interruptor Termo magnética A9F03106

Fuente: [57]



Anexos VIII.

Digital Controller

REX-C100/C400/C410/C700/C900 INSTRUCTION MANUAL

IMNZC22-E1

Thank you for purchasing this RKC product. In order to achieve maximum performance and ensure proper operation of your new instrument, carefully read all the instructions in this manual. Please place the manual in a convenient location for easy reference.



WARNING

- To prevent injury to persons, damage to instrument and equipment, a suitable external protection device shall be required.
- All wiring must be completed before power is turned on to prevent electric shock, fire or damage to instrument and equipment.
- This instrument must be used in accordance with the specifications to prevent fire or damage to instrument and equipment.
- This instrument is not intended for use in locations subject to flammable or explosive gases.
- Do not touch high-voltage connections such as power supply terminals, etc. to avoid electric shock.
- RKC is not responsible if this instrument is repaired, modified or disassembled by other than factory-approved personnel. Malfunction can occur and warranty is void under these conditions.

CAUTION

- This product is intended for use with industrial machines, test and measuring equipment. (It is not designed for use with medical equipment and nuclear energy.)
- This is a Class A instrument. In a domestic environment, this instrument may cause radio interference, in which case the user may be required to take additional measures.
- This instrument is protected from electric shock by reinforced insulation. Provide reinforced insulation between the wire for the input signal and the wires for instrument power supply, source of power and loads.
- Be sure to provide an appropriate surge control circuit respectively for the following:
 - If input/output or signal lines within the building are longer than 30 meters.
 - If input/output or signal lines leave the building, regardless the length.
- This instrument is designed for installation in an enclosed instrumentation panel. All high-voltage connections such as power supply terminals must be enclosed in the instrumentation panel to avoid electric shock by operating personnel.
- All precautions described in this manual should be taken to avoid damage to the instrument or equipment.
- All wiring must be in accordance with local codes and regulations.
- All wiring must be completed before power is turned on to prevent electric shock, instrument failure, or incorrect action. The power must be turned off before repairing work for input break and output failure including replacement of sensor, contactor or SSR, and all wiring must be completed before power is turned on again.
- To prevent instrument damage as a result of failure, protect the power line and the input/output lines from high currents with a suitable overcurrent protection device with adequate breaking capacity such as fuse, circuit breaker, etc.
- Prevent metal fragments or lead wire scraps from falling inside instrument case to avoid electric shock, fire or malfunction.
- Tighten each terminal screw to the specified torque found in the manual to avoid electric shock, fire or malfunction.
- For proper operation of this instrument, provide adequate ventilation for heat dissipation.
- Do not connect wires to unused terminals as this will interfere with proper operation of the instrument.
- Turn off the power supply before cleaning the instrument.
- Do not use a volatile solvent such as paint thinner to clean the instrument. Deformation or discoloration will occur. Use a soft, dry cloth to remove stains from the instrument.
- To avoid damage to instrument display, do not rub with an abrasive material or push front panel with a hard object.
- When high alarm with hold action is used for Alarm function, alarm does not turn on while hold action is in operation. Take measures to prevent overheating which may occur if the control device fails.

NOTICE

- This manual assumes that the reader has a fundamental knowledge of the principles of electricity, process control, computer technology and communications.
- The figures, diagrams and numeric values used in this manual are only for purpose of illustration.
- RKC is not responsible for any damage or injury that is caused as a result of using this instrument, instrument failure or indirect damage.
- RKC is not responsible for any damage and/or injury resulting from the use of instruments made by imitating this instrument.
- Periodic maintenance is required for safe and proper operation of this instrument. Some components have a limited service life, or characteristics that change over time.
- Every effort has been made to ensure accuracy of all information contained herein. RKC makes no warranty expressed or implied, with respect to the accuracy of the information. The information in this manual is subject to change without prior notice.
- No portion of this document may be reprinted, modified, copied, transmitted, digitized, stored, processed or retrieved through any mechanical, electronic, optical or other means without prior written approval from RKC.

1. PRODUCT CHECK

C100 - * C400
(1)(2) (3) (4) (6)(7) C410 - * C900 (1)(2) (3) (4)(5) (6)(7)

(1) Control action

- F: PID action with autotuning (Reverse action)
- D: PID action with autotuning (Direct action)
- W: Heat/Cool PID action with autotuning (Water cooling)¹
- A: Heat/Cool PID action with autotuning (Air cooling)²

(2) Input type, (3) Range code

Refer to "9. INPUT RANGE TABLE."

(4) First control output [OUT1] (Heat-side)

- M: Relay contact
- V: Voltage pulse
- G: Trigger for triac driving²
- B: Current (4 to 20 mA DC)

(5) Second control output [OUT2] (Cool-side)³

- No symbol: When control action is F or D.
- M: Relay contact
- V: Voltage pulse
- B: Current (4 to 20 mA DC)

(6) Alarm 1 [ALM1], (7) Alarm 2 [ALM2]

- N: No alarm
- A: Deviation high alarm
- B: Deviation low alarm
- C: Deviation high/low alarm
- D: Band alarm
- E: Deviation high alarm with hold action
- F: Deviation low alarm with hold action
- G: Deviation high/low alarm with hold action
- H: Process high alarm
- J: Process low alarm
- K: Process high alarm with hold action
- L: Process low alarm with hold action
- P: Heater break alarm (HBA)[CTL-6]⁴
- S: Heater break alarm (HBA)[CTL-12]⁴
- R: Control loop break alarm (LBA)⁵

¹ C100 cannot be specified in Heat/Cool PID action.

² For the C100, when control output is trigger output for triac driving, only the ALM1 is available.

³ For the C100, there is no second control output.

⁴ Heater break alarm (HBA) cannot be specified in case of ALM1. Also, it isn't possible to specify when control output is current output.

⁵ As control loop break alarm (LBA), only either the ALM1 or ALM2 is selected.



Check that power supply voltage is also the same as that specified when ordering.

<Accessories>

- Mounting brackets (C100/400/410/700/900): 2
- Instruction manual (IMNZC22-E1): 1

2. MOUNTING

2.1 Mounting Cautions

(1) This instrument is intended to be used under the following environmental conditions. [IEC61010-1]

[OVERVOLTAGE CATEGORY II, POLLUTION DEGREE 2]

(2) Use this instrument within the following environment conditions:

- Allowable ambient temperature: 0 to 50 °C
- Allowable ambient humidity: 45 to 85 % RH
- Installation environment conditions: Indoor use. Altitude up to 2000 m

(3) Avoid the following conditions when selecting the mounting location:

- Rapid changes in ambient temperature which may cause condensation.
- Corrosive or inflammable gases.
- Direct vibration or shock to the mainframe.
- Water, oil, chemicals, vapor or steam splashes.
- Excessive dust, salt or iron particles.
- Excessive induction noise, static electricity, magnetic fields or noise.
- Direct air flow from an air conditioner.
- Exposure to direct sunlight.
- Excessive heat accumulation.

(4) Mount this instrument in the panel considering the following conditions:

- Provide adequate ventilation space so that heat does not build up
- Do not mount this instrument directly above equipment that generates large amount of heat (heaters, transformers, semi-conductor functional devices, large-wattage resistors.)
- If the ambient temperature rises above 50 °C, cool this instrument with a forced air fan, cooler, etc. Cooled air should not blow directly on this instrument.
- In order to improve safety and the immunity to withstand noise, mount this instrument as far away as possible from high voltage equipment, power lines, and rotating machinery.
 - High voltage equipment: Do not mount within the same panel.
 - Power lines: Separate at least 200 mm.
 - Rotating machinery: Separate as far as possible.

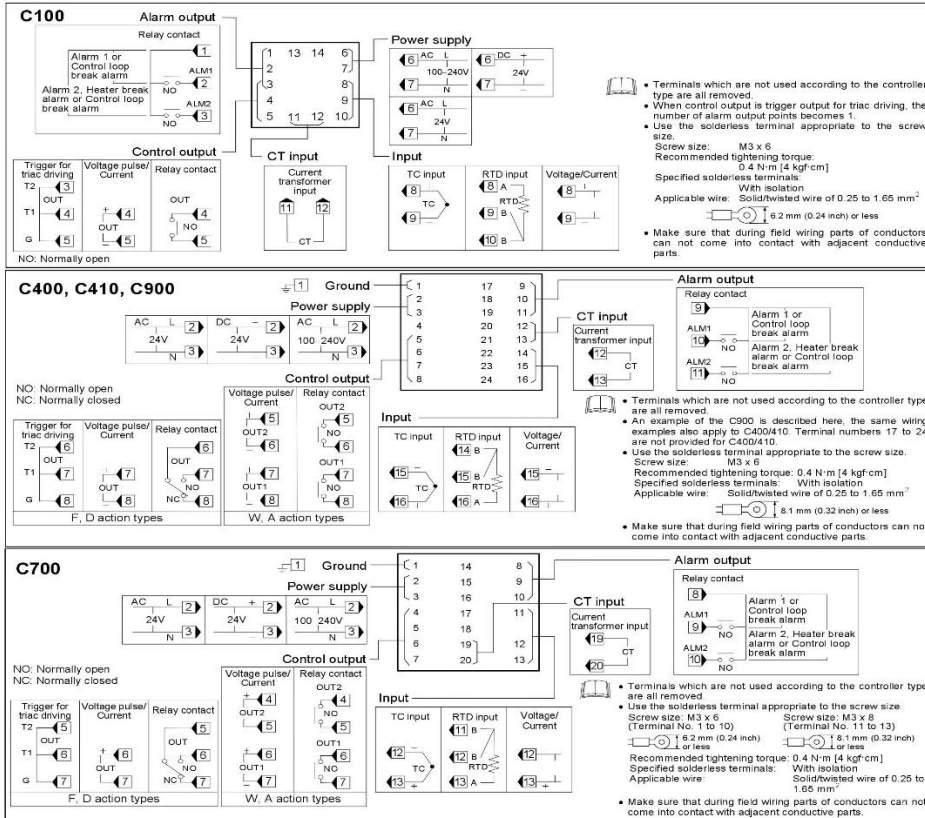
(5) In case this instrument is connected to a supply by means of a permanent connection, a switch or circuit-breaker shall be included in the installation. This shall be in close proximity to the equipment and within easy reach of the operator. It shall be marked as the disconnecting device for the equipment.

Figura VII.26 Ficha técnica de Controlador de Temperatura RKC REX C100 SSR

Fuente: [51]

Anexos VIII.

3.2 Terminal Configuration



■ Specifications

Input:
Input type:
 Thermocouple: K, J, R, S, B, E, T, N, PLII, W5Re/W26Re, U, L
 Input impedance: Approx. 1 MΩ
 RTD: Pt100, JPt100
 Voltage: 0 to 5 V DC, 1 to 5 V DC
 Input impedance: 250 kΩ or more
 Current: 0 to 20 mA DC, 4 to 20 mA DC
 Input impedance: Approx. 250 Ω
Sampling cycle: 0.5 seconds
Input range: Refer to Input range table
Control method: PID control
 ON/OFF, P, PI, or PD actions is available
Control output:
 Relay contact output: 250 V AC, 3A (Resistive load)
 Electrical life: 300,000 times or more (Rated load)
 Voltage pulse output: 0/12 V DC
 (Load resistance 600 Ω or more)
 Current output: 4 to 20 mA DC
 (Load resistance 600 Ω or less)
 Trigger output for triac driving:
 Zero cross method for medium capacity triac driving (100 A or less)
 Load voltage used: 100 V AC line, 200 V AC line
 Load used: Resistive load

Alarm output:

Relay contact output:
 250 V AC, 1A (Resistive load)
 Electrical life: 50,000 times or more (Rated load)
Heater break alarm function:
 Measured current:
 0 to 30 A (CTL-6-P-N)
 0 to 100 A (CTL-12-S56-10L-N)
 Input rating:
 Maximum current rating: 120 mA
 Input impedance: Approx. 2.5 Ω

Performance:

Display accuracy (at the ambient temperature 23 °C ± 2 °C):
 Thermocouple (TC):
 ± (0.5 % of display value + 1 digit) or ± 3 °C [6 °F]
 Whichever is greater
 R and S input: 0 to 399 °C [0 to 799 °F]:
 ± 0.5 °C [1 °F]
 B input:
 0 to 399 °C [0 to 799 °F]:
 Accuracy is not guaranteed.
 ± (0.5 % of display value + 1 digit) or ± 0.8 °C [1.6 °F]
 whichever is greater
 RTD:
 ± (0.5 % of display value + 1 digit)
 Voltage/Current: ± (0.5 % of input span + 1 digit)

Memory backup:

Backed up by Nonvolatile Memory
 Number of write times:
 Approx. 100,000 times
 Data storage period:
 Approx. 10 years

Power:

Power supply voltage:
 85 to 264 V AC (Power supply voltage range), 50/60 Hz
 Rating: 100 to 240 V AC
 21.6 to 26.4 V AC (Power supply voltage range), 50/60 Hz
 Rating: 24 V AC
 21.6 to 26.4 V DC (Power supply voltage range)
 Rating: 24 V DC

Power consumption:

6 VA max. (at 100 V AC)
 9 VA max. (at 240 V AC)
 6 VA max. (at 24 V AC)
 145 mA max. (at 24 V DC)

Weight:

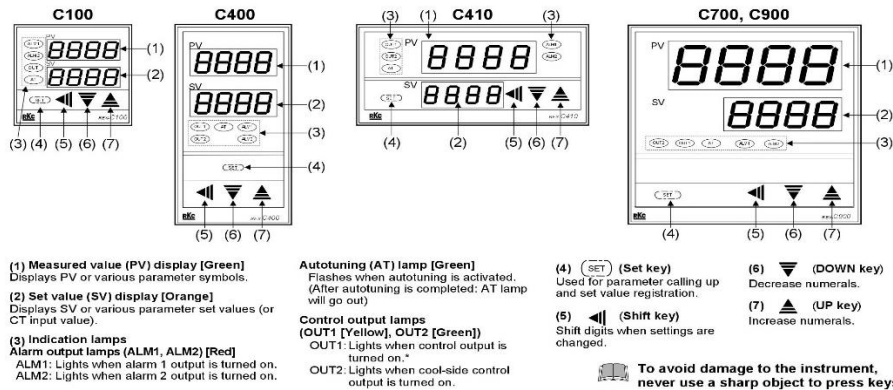
C100: Approx. 170 g
 C700: Approx. 250 g
 C400/410: Approx. 260 g
 C900: Approx. 340 g

Figura VIII.26 Ficha técnica de Controlador de Temperatura RKC REX C100 SSR

Fuente: [51]

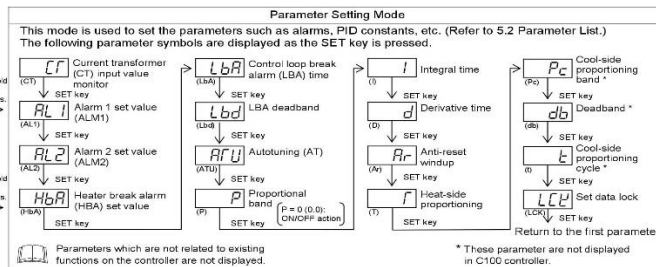
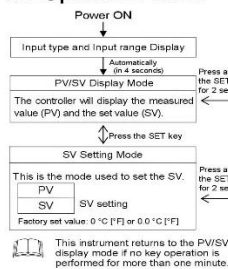
Anexos VIII.

4. PARTS DESCRIPTION



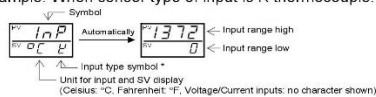
5. SETTING

5.1 Operation Menu



Input type and input range display

This instrument immediately confirms the input type symbol and input range following power ON.
Example: When sensor type of input is K thermocouple.



* Input Type Symbol Table

Symbol	K	J	R	S	B	E	T	N	PL II	W5R	U	L	JR	PI	B	I
Input type	Thermocouple (TC)									W5R	U	L	JR	PI	B	I
										W5R	U	L	JR	PI	B	I
										W5R	U	L	JR	PI	B	I
										W5R	U	L	JR	PI	B	I

5.2 Parameter List

The following parameter symbols are displayed as the SET key is pressed.

Parameter symbols which are not related to existing functions on the controller are not displayed.

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
CF	Current transformer (CT) input value monitor	0.0 to 100.0 A [Display only]	Display input value from the current transformer. [Displayed only when the instrument has the heater break alarm (HBA)]	
AL1	Alarm 1 set value (ALM1)	TC/RTD inputs: Deviation alarm, Process alarm: 199.9 to +999.9 °C [°F] or -199.9 to +999.9 °C [°F]	Set the alarm 1 set value and alarm 2 set value. For the alarm action type, refer to page 7.	TC/RTD inputs: 50 (50.0)
AL2	Alarm 2 set value (ALM2)	Voltage/Current inputs: Deviation alarm: 199.9 to +200.0 % Process alarm: -199.9 to +300.0 %	Alarm differential gap: TC/RTD inputs: 2 or 2.0 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span	Voltage/Current inputs: 5.0

Figura VIII.26 Ficha técnica de Controlador de Temperatura RKC REX C100 SSR

Fuente: [51]

Anexos VIII.

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
HBA	Heater break alarm (HBA) set value ¹	0.0 to 100.0 A	Alarm value is set by referring to input value from the current transformer (CT). Used only for single-phase.	0.0
LBA	Control loop break alarm (LBA) time ²	0.1 to 200.0 minutes	-Set control loop break alarm (LBA) set value.	8.0
Lbd	LBA deadband ³	TC/RTD inputs: 0 to 9999 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0 to 100 % of input span	Set the area of not outputting LBA. No LBA deadband functions with 0 set. Differential gap : TC/RTD inputs: 0.8 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.8 % of input span	0
ATU	Autotuning (AT)	0: AT end or cancel 1: AT start or execution	Turns the autotuning ON/OFF.	0
P	Proportional band	TC/RTD inputs: 1 (0.1) to span 0.1 °C [°F] resolution: Within 999.9 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.1 to 100.0 % of input span 0 (0.0): ON/OFF action	Set when PI, PD or PID control is performed. Heat/Cool PID action: Proportional band setting on the heat-side. ON/OFF action differential gap: TC/RTD inputs: 2 (0.2) °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span	TC/RTD inputs: 30 (30.0) Voltage/Current inputs: 3.0
I	Integral time	1 to 3600 seconds (0 second: PD action)	Set the time of integral action to eliminate the offset occurring in proportional control.	240
D	Derivative time	1 to 3600 seconds (0 second: PI action)	Set the time of derivative action to improve control stability by preparing for output changes.	60
ARW	Anti-reset windup (ARW)	1 to 100 % of heat-side proportional band (0 %: Integral action OFF)	Overshooting and undershooting are restricted by the integral effect.	100
F	Heat-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control output cycle. Heat/Cool PID action: Heat-side proportioning cycle	Relay contact output: 20 Voltage pulse output/ Trigger output for triac driving: 2
PC	Cool-side proportional band	1 to 1000 % of heat-side proportional band	Set cool-side proportional band when Heat/Cool PID action.	100
db	Deadband	TC/RTD inputs: -10 to +10 °C [°F] or -10.0 to +10.0 °C [°F] Voltage/Current inputs: -10.0 to +10.0 % of input span	Set control action deadband between heat-side and cool-side proportional bands. Minus (-) setting results in overlap.	0 or 0.0
t	Cool-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control cool-side output cycle for Heat/Cool PID action.	Relay contact output: 20 Voltage pulse output: 2
LCK	Set data lock (LCK)	0100: No set data locked (All parameters changeable) 0101: Set data locked (All parameters locked) 0110: Only the set value (SV) is changeable with the set data locked	Performs set data change enable/disable.	0100

¹ Heater Break Alarm (HBA) function

The HBA function monitors the current flowing through the load by a dedicated current transformer (CT), compares the measured value with the HBA set value, and detects a fault in the heating circuit.

Low or No current flow (Heater break, malfunction of the control device, etc.):

When the control output is ON and the current transformer input value is equal to or less than the heater break determination point for the preset number of consecutive sampling cycle, an alarm is activated.

Over current or short-circuit:

When the control output is OFF and the current transformer input value is equal to or greater than the heater break determination point for the preset number of consecutive sampling cycle, an alarm is activated.

Precaution for HBA setting:

- Displayed only when HBA is selected as Alarm 2.
- HBA is not available on a current output.
- Set the set value to approximately 85 % of the maximum reading of the CT input.
- Set the set value to a slightly smaller value to prevent a false alarm if the power supply may become unstable.
- When more than one heater is connected in parallel, it may be necessary to increase the HBA set value to detect a single heater failure.
- When the current transformer is not connected or the HBA set value is set to "0.0," the HBA is turned on.

² Control Loop Break Alarm (LBA) function

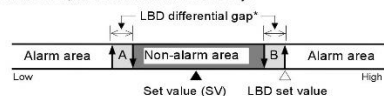
The LBA function is used to detect a load (heater) break or a failure in the external actuator (power controller, magnet relay, etc.), or a failure in the control loop caused by an input (sensor) break. The LBA function is activated when control output reaches 0 % or 100 %. LBA monitors variation of the measured value (PV) for the length of LBA time. When the LBA time has elapsed and the PV is still within the alarm determination range, the LBA will be ON.

Precaution for LBA setting:

- Displayed only when LBA is selected as Alarm 1 or Alarm 2.
- No LBA function can be used at Heat/Cool PID control action.
- The LBA function can not be activated when AT function is turned on.
- The LBA function is activated when control output reaches 0 % or 100 %. The time required for the LBA output to turn on includes both the time from the initial occurrence of loop failure and the LBA setting time. Recommended setting for LBA is for the set value of the LBA to be twice the value of the integral time (I).
- If LBA setting time does not match the controlled object requirements, the LBA setting time should be lengthened.
If setting time is not correct, the LBA will malfunction by turning on or off at inappropriate times or not turning on at all.

³ LBA Deadband function

The LBA may malfunction due to external disturbances. To prevent malfunctioning due to external disturbance, LBA deadband (LBD) sets a neutral zone in which LBA is not activated. When the measured value (PV) is within the LBD area, LBA will not be activated. If the LBD setting is not correct, the LBA will not work correctly.



A: During temperature rise: Alarm area
During temperature fall: Non-alarm area
B: During temperature rise: Non-alarm area
During temperature fall: Alarm area

* TC and RTD inputs: 0.8 °C [°F] (fixed)
Voltage/Current inputs: 0.8 % of input span (fixed)

Figura VIII.26 Ficha técnica de Controlador de Temperatura RKC REX C100 SSR

Fuente: [51]

Anexos VIII.

5.3 Changing Parameter Settings

Procedures to change parameter settings are shown below.

To store a new value for the parameter, always press the SET key. The display changes to the next parameter and the new value will be stored.

- A new value will not be stored without pressing SET key after the new value is displayed on the display.
- After a new value has been displayed by using the UP and DOWN keys, the SET key must be pressed within 1 minute, or the new value is not stored and the display will return to the PV/SV monitor screen.

Change the set value (SV)

Change the set value (SV) from 0 °C to 200 °C

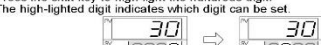
1. Select the SV setting mode

Press the SET key at PV/SV monitor screen until SV setting screen is displayed.



2. Shift the high-lighted digit

Press the shift key to high-light the hundreds digit. The high-lighted digit indicates which digit can be set.



3. Change the set value

Press the UP key to change the number to 2.



4. Store the set value

Press the SET key to store the new set value. The display returns to the PV/SV monitor screen.



Change parameters other than the set value (SV)

The changing procedures are the same as those of example 2 to 4 in the above "Change the set value (SV)". Pressing the SET key after the setting end shifts to the next parameter. When no parameter setting is required, return the instrument to the PV/SV display mode.

6. OPERATION

CAUTIONS

- All mounting and wiring must be completed before the power is turned on. If the input signal wiring is disconnected or short-circuited (RTD input only), the instrument determines that burnout has occurred.
 - Displays:
 - Upscale: Thermocouple input, RTD input (when input break)
 - Downscale: Thermocouple input (specify when ordering), RTD input (when short-circuited), Voltage input (1 to 5 V DC), Current input (4 to 20 mA DC)
 - For the voltage (0 to 5 V DC) or current (0 to 20 mA DC) input, the display becomes indefinite (display of about zero value).
 - Outputs:
 - Control output: OFF (Heat/Cool control; the control output on both heat-side and cool-side is turned off)
 - Alarm output: Both of the Alarm 1 and Alarm 2 outputs of this instrument are turned on when burnout occurs regardless of any of the following actions taken. (High alarm, low alarm, etc.) In addition, when used for any purposes other than these alarms (event, etc.), specify the Z-124 specification (not to be forcibly turned on).
- A power failure of 20 ms or less will not affect the control action. When a power failure of more than 20 ms occurs, the instrument assumes that the power has been turned off. When power returns, the controller will retain the conditions that existed prior to shut down.
- The alarm hold action is activated when not only the power is turned on, but also the SV is changed.

6.1 Operating Precautions

- All mounting and wiring must be completed before the power is turned on.
- The settings for the SV and all parameters should be appropriate for the controlled object.
- A power supply switch is not furnished with this instrument. It is ready to operate as soon as the power is turned on.

6.2 Set Data Lock (LCK) Function

The set data lock restricts parameter setting changes by key operation. This function prevents the operator from making errors during operation.

Set value	Parameters which can be changed
0100	All parameters [Factory set value]
0101	No parameters [All Locked]
0110	SV

Parameters protected by Set Data Lock function are still displayed for monitoring.

6.3 Autotuning (AT) Function

Autotuning (AT) automatically measures, calculates and sets the optimum PID and LBA constants. The following conditions are necessary to carry out autotuning and the conditions which will cause the autotuning to stop.

Caution for using the Autotuning (AT)

When a temperature change (UP and/or Down) is 1 °C or less per minute during Autotuning, Autotuning may be cancelled before calculating PID values. In that case, adjust the PID values manually. It is possible to happen when the set value is around the ambient temperature or is close to the maximum temperature achieved by the load.

Requirements for AT start

Start the autotuning when all following conditions are satisfied:

- Prior to starting the AT function, end all the parameter settings other than PID and LBA.
- Confirm the LCK function has not been engaged.

When the autotuning is finished, the controller will automatically returns to PID control.

Requirements for AT cancellation

The autotuning is canceled if any of the following conditions exist.

- When the set value (SV) is changed.
- When the PV bias value is changed.
- When the PV becomes abnormal due to burnout.
- When the power is turned off.
- When power failure longer than 20 ms occurs.

If the AT is canceled, the controller immediately changes to PID control. The PID values will be the same as before AT was activated.

When AT is completed, the controller immediately changes to PID control. If the control system does not allow the AT cycling process, set each PID constant manually to meet the needs of the application.

7. INITIAL SETTING

WARNING

Parameters in the Initialization mode should be set according to the application before setting any parameter related to operation. Once the Parameters in the Initialization mode are set correctly, no further changes need to be made to parameters for the same application under normal conditions. If they are changed unnecessarily, it may result in malfunction or failure of the instrument. RKC will not bear any responsibility for malfunction or failure as a result of improper changes in the Initialization mode.

7.1 Go to Initialization Mode

- Turn on the power to this controller. The instrument goes to the PV/SV display after confirming input type symbol and input range.
- Press and hold the SET key for 5 seconds to go to the Parameter setting mode from the PV/SV display.
- Press the SET key until "LCK" (Set Data Lock display) will be displayed.
- The high-lighted digit indicates which digit can be set. Press shift key to high-light the hundreds digit. (The section in each image of the controller shows the digits which are not high-lighted.)

Set data lock function display

- Press the DOWN key to change 1 to 0.

Set value 0: Initialization mode unlocked
1: Initialization mode locked

- Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter, and the Initialization mode is unlocked.

CT1 input value display

- Press the shift key for 5 seconds while pressing the SET key to go to the Initialization mode. When the controller goes to the Initialization mode, "SL1" will be displayed.

Initialize code selection display of initialization mode

If the control is set to the initial set mode, all outputs are turned OFF.

7.2 Exit Initialization Mode

When any parameter setting is changed in the Initialization mode, check all parameter set values in SV setting mode and Parameter setting mode.

- Press the shift key for 5 seconds while pressing the SET key from any display in the Initialization mode. The controller goes back to the operation mode and the PV/SV display will be displayed.
- Press and hold the SET key for 5 seconds in the PV/SV display.
- Press the SET key until "LCK" (Set Data Lock display) will be displayed.
- The high-lighted digit indicates which digit can be set. Press shift key to high-light the hundreds digit.

Set data lock function display

- Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter, and the Initialization mode is locked.

CT1 input value display

The parameter displayed varies on the instrument specification.

Figura VIII.26 Ficha técnica de Controlador de Temperatura RKC REX C100 SSR

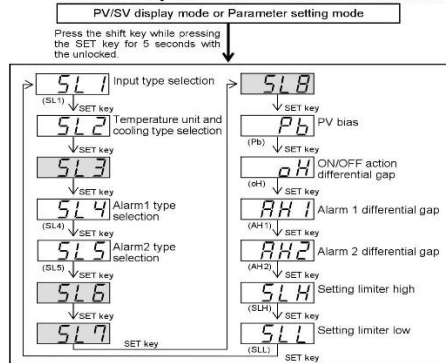
Fuente: [51]

Anexos VIII.

7.3 Initial Setting Menu

Display flowcharts in Initialization mode are shown in the following.

Do not change to the section parameters and any parameter in the initialization mode which is not described in the initial setting menu below. It may result in malfunction or failure of the instrument.



7.4 Input Type Selection (SL1)

When any parameter setting is changed in the Initialization mode, check all parameter set values in SV setting mode and Parameter setting mode.

Factory set value varies depending on the input type.

Set value	Input type	Hardware	
0000	K	Thermocouple (TC)	
0001	J		
0010	L		
0011	E		
0100	N		
0111	R		
1000	S		
1001	B		
1010	W5Re/M26Re		
1011	PL II		
0101	T	B	
0110	U		
1100	PH100 (JIS/IEC)	RTD	
1101	JPH100 (JIS)		
1110	0 to 5 V DC	Voltage	
1111	1 to 5 V DC		
1110	0 to 20 mA DC		Current
1111	4 to 20 mA DC		

Conduct setting so as to meet the instrument specification (input type). Setting change between different symbols may cause malfunction, but the setting can be changed when hardware types have the same symbol. However, when the setting is changed, always reset "SLH" and "SLL" (Refer to page 8).

Change Settings

Example: Change the input type from "K" to "J"

- Press the SET key. The display will go to SL1.



- Press the UP key to change the number to 1.



- Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

7.5 Temperature Unit and Cooling Type Selection (SL2)

Inappropriate settings may result in malfunction. Control type between Heat Only and Heat/Cool cannot be changed by this parameter.

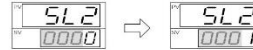
Factory set value varies depending on the instrument specification.

Set value	Description	
	Temperature unit	Cooling type selection
0000	°C	Air cooling (A type) or Heat only type (F, D type)
0001	°F	Air cooling (A type) or Heat only type (F, D type)
0010	°C	Water cooling (W type)
0011	°F	Water cooling (W type)

Change Settings

Example: Change the temperature unit of the Heat only type from °C (0000) to °F (0001)

- Press the SET key until SL2 is displayed.
- Press the UP key to change the number to 1.



- Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

7.6 Alarm 1 [ALM1] Type Selection (SL4) Alarm 2 [ALM2] Type Selection (SL5)

If the alarm function is not provided with the instrument when shipped from the factory, no alarm output is available by changing SL4 and/or SL5.

SL4 is set to 0000 in the following cases.

- When the instrument does not have ALM1 output
- When Control Loop Break Alarm (LBA) is provided and assigned to ALM1

SL5 is set to 0000 in the following cases.

- When the instrument does not have ALM2 output
- When Control Loop Break Alarm (LBA) is provided and assigned to ALM2
- When the SV alarm is provided and assigned to ALM2
- When the Heater Break Alarm (HBA) is provided

Factory set value varies depending on the instrument specification.

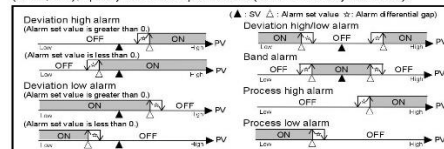
Set value	Details of setting
0000	No alarm
0001	Deviation high alarm
0101	Deviation low alarm
0010	Deviation high/low alarm
0110	Band alarm
0011	Process high alarm
0111	Process low alarm
1001	Deviation high alarm with hold action *
1101	Deviation low alarm with hold action *
1010	Deviation high/low alarm with hold action *
1011	Process high alarm with hold action *
1111	Process low alarm with hold action *

* Hold action:

When Hold action is ON, the alarm action is suppressed at start-up or the control set value change until the measured value enters the non-alarm range.

Alarm action type

Both of the Alarm 1 and Alarm 2 outputs of this instrument are turned on when burnout occurs regardless of any of the following actions taken (High alarm, low alarm, etc.). In addition, when used for any purposes other than these alarms (event, etc.), specify the Z-124 specification (not to be forcibly turned on).



Change Settings

Example: Change the ALM1 type from "Deviation high alarm (0001)" to "Deviation low alarm (0101)"

- Press the SET key three times until SL4 is displayed.
- Press the shift key to high-light the hundreds digit.
- Press the UP key to change the number to 1.



- Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

7.7 PV bias (Pb)

The value set in the PV bias is added to the input value (actual measured value) to correct the input value. The PV bias is used to correct the individual variations in the sensors or when there is difference between the measured values (PV) of other instruments.

Setting range: TC/RTD inputs: 1999 to +9999 °C [°F] or -199.9 to +999.9 °C [°F]

Voltage/Current inputs: -199.9 to +200.0 %

Factory set value: TC/RTD inputs: 0 °C [°F] or 0.0 °C [°F]
Voltage/Current inputs: 0.0 %

Continued on the next page.

Figura VII.26 Ficha técnica de Controlador de Temperatura RKC REX C100 SSR

Fuente: [51]

Anexos VIII.



Solid State Relay

Potter & Brumfield



SSR Series

“Hockey Puck”
Solid State Relay With
Paired SCR Output

File E29244

Users should thoroughly review the technical data before selecting a product part number. It is recommended that users also seek out the pertinent approvals files of the agencies/laboratories and review them to ensure the product meets the requirements for a given application.

Features

- Standard “hockey puck” package.
- LED Indicator.
- Inverse parallel SCR output.
- 25, 50 & 125A rms versions.
- 240VAC & 480VAC output types.
- Zero voltage and random voltage turn-on versions.
- AC & DC input versions.
- 4000V rms optical isolation.
- Floating terminal design.
- Cover design with anti-rotation barriers

Engineering Data

- Form:** 1 Form A (SPST-NO).
- Duty:** Continuous.
- Isolation:** 4000V rms minimum.
- Temperature Range:**
 - Storage:** -30°C to +100°C
 - Operating:** -30°C to +80°C.
- Case Material:** Plastic, UL rated 94V-0.
- Case and Mounting:** Refer to outline dimension.
- Termination:** Refer to outline dimension.
- Approximate Weight:** 3.45 oz. (98g).

Ordering Information

	Typical Part Number	SSR	-240	D	25	R
1. Basic Series: SSR =	“hockey puck” inverse parallel SCR output solid state relay					
2. Line Voltage: 240 = 24 - 280VAC	480 = 48 - 660VAC					
3. Input Type & Voltage:	A = 90 - 280VAC D = 3 - 32VDC for 25A / 4 - 32VDC for 50A and 125A					
4. Maximum Switching Rating:	25 = .1 - 25A rms, mounted to heatsink 50 = .1 - 50A rms, mounted to heatsink 125 = .1 - 125A rms, mounted to heatsink					
5. Options:	Blank = Zero voltage turn-on R = Random voltage turn-on (phase controllable)					

Our authorized distributors are more likely to maintain the following items in stock for immediate delivery.

SSR-240A25 SSR-240D25 SSR-240D50
SSR-240A50 SSR-240D25R SSR-480D125

Input Specifications

Parameter	AC Input		DC Input	
	Zero and Random V Turn-on Units		Zero and Random V Turn-on Units	
	25A	50A / 125A	25A	50A / 125A
Control Voltage Range V_{IN}	90 - 280VAC	90 - 280VAC	3 - 32VDC	4 - 32VDC
Must Operate Voltage V_{MOP} (Min.)	90VAC	90VAC	3VDC	4VDC
Must release Voltage V_{MREL} (Min.)	10VAC	10VAC	1VDC	1VDC
Input Current	4 - 26mA	6 - 30/2 - 14mA	3 - 25mA(240 model); 6 - 30mA(480 model)	3 - 30mA(240 model); 6 - 30mA(480 model)

Figura VII.27 Ficha técnica de contacto de relé solido SSR 240 D 25 R

Fuente: [52]

Anexos VIII.



SOLID STATE RELAY

Potter & Brumfield

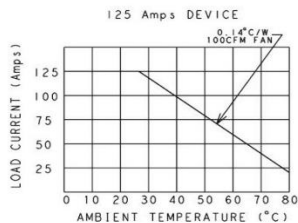
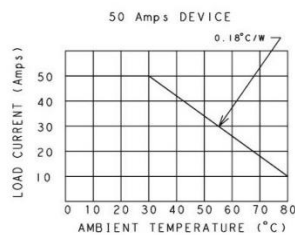
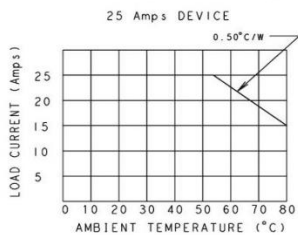
SSR Series (Continued)

Output Specifications (@ 25° C, unless otherwise specified)

Parameter	Nom. Line Voltage	Conditions	Units	25A Models	50A Models	125A Models
Load Voltage Range VL	240V Model		V rms		24 - 280	
	480V Model		V rms		48 - 660	
Repetitive Blocking Voltage (Min.)	240V Model		V peak		600	
	480V Model		V peak		1200	
Load Current Range IL*	240 & 480V Models	Resistive	A rms	.1 - 25	.1 - 50	.1 - 125
Single Cycle Surge Current (Min.)	240 / 480V Models		A peak	300 / 400	520	1150
Leakage Current (Off-State) (Max.)	240V Model	f = 60 Hz, VL = 240V rms	mA rms		5	
	480V Model	f = 60 Hz, VL = 480V rms	mA rms		5	
On-State Voltage Drop (Max.)	240 & 480V Models	IL = Max.	V rms	1.6	1.8	1.8
Static dv/dt (Off-State) (Min.)	240 / 480V Models		V/μs	300 / 500	1000	
Thermal Resistance, Junction to Case (RθJC) (Max.)	240 / 480V Models		°C/W	2.35 / 1.1	0.55	0.35
Turn-On Time (Max.)	240 & 480V Models	f = 60 / 50 Hz.	ms	8.3 for Zero Voltage Turn-On DC input types, 40 for Zero Voltage Turn-On AC input types, 0.1 for Random Voltage Turn-On DC input types		
				10 for zero voltage DC input types, 80 for AC input types, 8.3-Random(DC)		
Turn-Off Time (Max.)	240 & 480V Models	f = 60 / 50 Hz.	ms	10 for zero voltage DC input types, 80 for AC input types, 8.3-Random(DC)		
I ² T Rating	240 / 480V Models	t = 8.3 ms	A ² Sec.	510 / 800	1350	6600
Load Power Factor Rating	240 & 480V Models	IL = Max.		0.5 - 1.0		

* See Derating curve

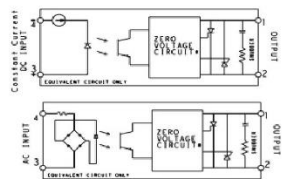
Electrical Characteristics (Thermal Derating Curves)



Heatsink Recommendations

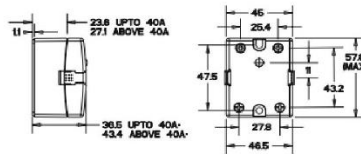
- We recommend that solid state relay modules be mounted to a heatsink sufficient to maintain the module's base temperature at less than 85°C under worst case ambient temperature and load conditions.
- The heatsink mounting surface should be a smooth (30-40 micro-inch finish), flat (30-40 micro-inch flatness across mating area), un-painted surface which is clean and free of oxidation.
- An even coating of thermal compound (Dow Corning DC340 or equivalent) should be applied to both the heatsink and module mounting surfaces and spread to a uniform depth of .002" to eliminate all air pockets.
- The module should be mounted to the heatsink using two #8 screws.

Operating Diagrams



* Random Turn-on Units have a Random Turn-on circuit instead of Zero Voltage Circuit

Outline Dimensions



* Overall height dimensions includes with clear cover
Dimensions in mm

Figura VII.27 Ficha técnica de contacto de relé solido SSR 240 D 25 R

Fuente: [52]



Anexos VIII.

Termopar tipo J (°C)

Tabla termopar tipo J, Voltaje como un
de la Temperatura (°C)
www.ceiv.com.mx | info@ceiv

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
Comportamiento Termico electrico en mV												
-210	-8.095											-210
-200	-7.890	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076	-8.095	-200
-190	-7.659	-7.683	-7.707	-7.731	-7.755	-7.778	-7.801	-7.824	-7.846	-7.868	-7.890	-190
-180	-7.403	-7.429	-7.456	-7.482	-7.508	-7.534	-7.559	-7.585	-7.610	-7.634	-7.659	-180
-170	-7.123	-7.152	-7.181	-7.209	-7.237	-7.265	-7.293	-7.321	-7.348	-7.376	-7.403	-170
-160	-6.821	-6.853	-6.883	-6.914	-6.944	-6.975	-7.005	-7.035	-7.064	-7.094	-7.123	-160
-150	-6.500	-6.533	-6.566	-6.598	-6.631	-6.663	-6.695	-6.727	-6.759	-6.790	-6.821	-150
-140	-6.159	-6.194	-6.229	-6.263	-6.298	-6.332	-6.366	-6.400	-6.433	-6.467	-6.500	-140
-130	-5.801	-5.838	-5.874	-5.910	-5.946	-5.982	-6.018	-6.054	-6.089	-6.124	-6.159	-130
-120	-5.426	-5.465	-5.503	-5.541	-5.578	-5.616	-5.653	-5.690	-5.727	-5.764	-5.801	-120
-110	-5.037	-5.076	-5.116	-5.155	-5.194	-5.233	-5.272	-5.311	-5.350	-5.388	-5.426	-110
-100	-4.633	-4.674	-4.714	-4.755	-4.796	-4.836	-4.877	-4.917	-4.957	-4.997	-5.037	-100
-90	-4.215	-4.257	-4.300	-4.342	-4.384	-4.425	-4.467	-4.509	-4.550	-4.591	-4.633	-90
-80	-3.786	-3.829	-3.872	-3.916	-3.959	-4.002	-4.045	-4.088	-4.130	-4.173	-4.215	-80
-70	-3.344	-3.389	-3.434	-3.478	-3.522	-3.566	-3.610	-3.654	-3.698	-3.742	-3.786	-70
-60	-2.893	-2.938	-2.984	-3.029	-3.075	-3.120	-3.165	-3.210	-3.255	-3.300	-3.344	-60
-50	-2.431	-2.478	-2.524	-2.571	-2.617	-2.663	-2.709	-2.755	-2.801	-2.847	-2.893	-50
-40	-1.961	-2.008	-2.055	-2.103	-2.150	-2.197	-2.244	-2.291	-2.338	-2.385	-2.431	-40
-30	-1.482	-1.530	-1.578	-1.626	-1.674	-1.722	-1.770	-1.818	-1.865	-1.913	-1.961	-30
-20	-0.995	-1.044	-1.093	-1.142	-1.190	-1.239	-1.288	-1.336	-1.385	-1.433	-1.482	-20
-10	-0.501	-0.550	-0.600	-0.650	-0.699	-0.749	-0.798	-0.847	-0.896	-0.946	-0.995	-10
0	0.000	-0.050	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451	-0.501	0
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	0
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019	10
20	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	20
30	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	30
40	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	40
50	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	50
60	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	60
70	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	70
80	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	80
90	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	90
100	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	100
110	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	110
120	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	120
130	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	130
140	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	140
150	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	150
160	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	160
170	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	170
180	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224	180
190	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.557	10.612	10.668	10.723	10.779	190
200	10.779	10.834	10.890	10.945	11.001	11.056	11.112	11.167	11.223	11.278	11.334	200
210	11.334	11.389	11.445	11.501	11.556	11.612	11.667	11.723	11.778	11.834	11.889	210
220	11.889	11.945	12.000	12.056	12.111	12.167	12.222	12.278	12.334	12.389	12.445	220
230	12.445	12.500	12.556	12.611	12.667	12.722	12.778	12.833	12.889	12.944	13.000	230
240	13.000	13.056	13.111	13.167	13.222	13.278	13.333	13.389	13.444	13.500	13.555	240

Figura VII.28 Ficha técnica de Termocupla tipo J

Fuente: [53]



Anexos VIII.

Termopar tipo J (°C)

Tabla termopar tipo J, voltaje como una función
de la Temperatura (°C)

www.ceiv.com.mx | info@ceiv.com.mx

°C 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 °C

Comportamiento Termico electrico en mV

250	13.555	13.611	13.666	13.722	13.777	13.833	13.888	13.944	13.999	14.055	14.110	250
260	14.110	14.166	14.221	14.277	14.332	14.388	14.443	14.499	14.554	14.609	14.665	260
270	14.665	14.720	14.776	14.831	14.887	14.942	14.998	15.053	15.109	15.164	15.219	270
280	15.219	15.275	15.330	15.386	15.441	15.496	15.552	15.607	15.663	15.718	15.773	280
290	15.773	15.829	15.884	15.940	15.995	16.050	16.106	16.161	16.216	16.272	16.327	290
300	16.327	16.383	16.438	16.493	16.549	16.604	16.659	16.715	16.770	16.825	16.881	300
310	16.881	16.936	16.991	17.046	17.102	17.157	17.212	17.268	17.323	17.378	17.434	310
320	17.434	17.489	17.544	17.599	17.655	17.710	17.765	17.820	17.876	17.931	17.986	320
330	17.986	18.041	18.097	18.152	18.207	18.262	18.318	18.373	18.428	18.483	18.538	330
340	18.538	18.594	18.649	18.704	18.759	18.814	18.870	18.925	18.980	19.035	19.090	340
350	19.090	19.146	19.201	19.256	19.311	19.366	19.422	19.477	19.532	19.587	19.642	350
360	19.642	19.697	19.753	19.808	19.863	19.918	19.973	20.028	20.083	20.139	20.194	360
370	20.194	20.249	20.304	20.359	20.414	20.469	20.525	20.580	20.635	20.690	20.745	370
380	20.745	20.800	20.855	20.911	20.966	21.021	21.076	21.131	21.186	21.241	21.297	380
390	21.297	21.352	21.407	21.462	21.517	21.572	21.627	21.683	21.738	21.793	21.848	390
400	21.848	21.903	21.958	22.014	22.069	22.124	22.179	22.234	22.289	22.345	22.400	400
410	22.400	22.455	22.510	22.565	22.620	22.676	22.731	22.786	22.841	22.896	22.952	410
420	22.952	23.007	23.062	23.117	23.172	23.228	23.283	23.338	23.393	23.449	23.504	420
430	23.504	23.559	23.614	23.670	23.725	23.780	23.835	23.891	23.946	24.001	24.057	430
440	24.057	24.112	24.167	24.223	24.278	24.333	24.389	24.444	24.499	24.555	24.610	440
450	24.610	24.665	24.721	24.776	24.832	24.887	24.943	24.998	25.053	25.109	25.164	450
460	25.164	25.220	25.275	25.331	25.386	25.442	25.497	25.553	25.608	25.664	25.720	460
470	25.720	25.775	25.831	25.886	25.942	25.998	26.053	26.109	26.165	26.220	26.276	470
480	26.276	26.332	26.387	26.443	26.499	26.555	26.610	26.666	26.722	26.778	26.834	480
490	26.834	26.889	26.945	27.001	27.057	27.113	27.169	27.225	27.281	27.337	27.393	490
500	27.393	27.449	27.505	27.561	27.617	27.673	27.729	27.785	27.841	27.897	27.953	500
510	27.953	28.010	28.066	28.122	28.178	28.234	28.291	28.347	28.403	28.460	28.516	510
520	28.516	28.572	28.629	28.685	28.741	28.798	28.854	28.911	28.967	29.024	29.080	520
530	29.080	29.137	29.194	29.250	29.307	29.363	29.420	29.477	29.534	29.590	29.647	530
540	29.647	29.704	29.761	29.818	29.874	29.931	29.988	30.045	30.102	30.159	30.216	540
550	30.216	30.273	30.330	30.387	30.444	30.502	30.559	30.616	30.673	30.730	30.788	550
560	30.788	30.845	30.902	30.960	31.017	31.074	31.132	31.189	31.247	31.304	31.362	560
570	31.362	31.419	31.477	31.535	31.592	31.650	31.708	31.766	31.823	31.881	31.939	570
580	31.939	31.997	32.055	32.113	32.171	32.229	32.287	32.345	32.403	32.461	32.519	580
590	32.519	32.577	32.636	32.694	32.752	32.810	32.869	32.927	32.985	33.044	33.102	590
600	33.102	33.161	33.219	33.278	33.337	33.395	33.454	33.513	33.571	33.630	33.689	600
610	33.689	33.748	33.807	33.866	33.925	33.984	34.043	34.102	34.161	34.220	34.279	610
620	34.279	34.338	34.397	34.457	34.516	34.575	34.635	34.694	34.754	34.813	34.873	620
630	34.873	34.932	34.992	35.051	35.111	35.171	35.230	35.290	35.350	35.410	35.470	630
640	35.470	35.530	35.590	35.650	35.710	35.770	35.830	35.890	35.950	36.010	36.071	640

Figura VIII.28 Ficha técnica de Termocupla tipo J

Fuente: [53]

Anexos VIII.

Ficha técnica del producto
Características

A9F77210

Interruptor termomagnético iC60N 2P 10A curva
C 50kA



Principal

Aplicación de dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	iC60N
Descripción de los polos	2P
Número de polos protegidos	2
Corriente nominal (In)	10 A
Tipo de red	CC AC
Trip unit technology (**)	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	6000 A Icn a 400 V AC 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu a 12...60 V AC 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a <= 125 V CC conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a 380...415 V AC 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a 220...240 V AC 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 6 kA Icu a 440 V AC 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 36 kA Icu a 100...133 V AC 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2
Categoría de utilización	Categoría A conforme a EN 60947-2 Categoría A conforme a IEC 60947-2
Apto para seccionamiento	Si conforme a EN 60898-1 Si conforme a EN 60947-2 Si conforme a IEC 60898-1 Si conforme a IEC 60947-2
Normas	EN 60947-2 EN 60898-1 IEC 60898-1 IEC 60947-2
Etiquetas de calidad	NF

Figura VIII.29 Ficha técnica de Interruptor Termo magnético A9F77210

Fuente: [57]



Anexos VIII.

Complementos

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de disparo magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % conforme a EN 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % conforme a EN 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % conforme a EN 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % conforme a EN 60947-2 - 12...133 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforme a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % conforme a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 10 kA 100 % conforme a IEC 60947-2 - 72...125 V CC 10 kA 100 % conforme a EN 60947-2 - 72...125 V CC
Clase de limitación	3 conforme a EN 60898-1 3 conforme a IEC 60898-1
[U] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz conforme a EN 60947-2 500 V AC 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV conforme a EN 60947-2 6 kV conforme a IEC 60947-2
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Modo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución de embarrado tipo peine	Arriba o abajo sí
Pasos de 9 mm	4
Alto	85 mm
Ancho	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 Ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 Ciclos
Conexiones - terminales	Terminal simple arriba o abajo) 1...25 mm ² rígido Terminal simple arriba o abajo) 1...16 mm ² Flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

Ambiente

Grado de protección IP	IP20 conforme a IEC 60529 IP20 conforme a EN 60529
Grado de contaminación	3 conforme a EN 60947-2 3 conforme a IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 conforme a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % a 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de trabajo	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Figura VIII.29 Ficha técnica de Interruptor Termo magnético A9F77210

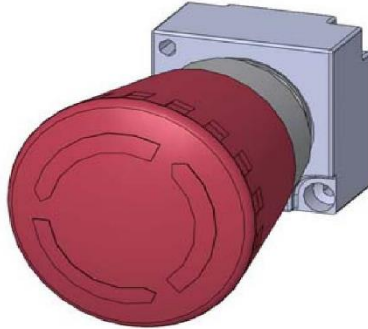
Fuente: [57]

Anexos VIII.

SIEMENS

Data sheet

3SB3500-1HA20



22MM METAL ROUND ACTUATOR: EMERGEN.-STOP
MUSHR.PUSHB. 40MM LATCH.W. ROT.-TO-UNLATCH MECH.
WITH HOLDER RED

Design of the product	Single device round with positive latching in accordance with ISO 13850
Enclosure:	
Number of control points	1
Actuator:	
Design of the operating mechanism	Emergency stop mushroom pushbutton
Manner of function of the actuating element	Latching
Product expansion optional Light source	No
Color	
• of the actuating element	Red
Material of the actuating element	plastic
Outer diameter of the actuating element	40 mm
Type of unlocking device	rotate-to-unlatch mechanism
Number of switching positions	2
Front ring:	
Product component front ring	No
Holder:	
Material of the holder	Metal
General technical data:	
Product function	
• EMERGENCY OFF function	Yes
• EMERGENCY STOP function	Yes
Vibration resistance	
• acc. to IEC 60068-2-6	20 ... 200 Hz: 5g

Figura VIII.30 Ficha técnica de Pulsador de Emergencia 3SB3500

Fuente: [54]



Anexos VIII.

Operating frequency maximum	1 000 1/h
Mechanical service life (switching cycles)	
• typical	300 000
Protection class IP	IP67
Equipment marking	
• acc. to DIN 40719 extended according to IEC 204-2 acc. to IEC 750	S
• acc. to DIN EN 61346-2	S
• acc. to DIN EN 81346-2	S
Safety related data:	
B10 value with high demand rate acc. to SN 31920	100 000
Proportion of dangerous failures	
• with low demand rate acc. to SN 31920	20 %
• with high demand rate acc. to SN 31920	20 %
T1 value for proof test interval or service life acc. to IEC 61508	20 y
Ambient conditions:	
Ambient temperature	
• during operation	-25 ... +70 °C
• during storage	-40 ... +80 °C
Installation/ mounting/ dimensions:	
Mounting type	front mounting
Shape of the installation opening	round
Mounting diameter	22 mm

Figura VIII.30 Ficha técnica de Pulsador de Emergencia 3SB3500

Fuente: [54]



Anexos VIII.

SIEMENS

Data sheet

3SU1000-0AA10-0AA0

Pushbutton, 22 mm, round, plastic, black, pushbutton, flat, latching,
Push-to-release mechanism



Product brand name	SIRIUS ACT
Product designation	Pushbuttons
Design of the product	Actuating/signaling element
Product type designation	3SU1
Product line	Plastic, black, 22 mm

Enclosure

Number of command points	1
--------------------------	---

Actuator

Design of the operating mechanism	Flat button
Manner of function of the actuating element	latching
Product extension optional Light source	No
Color	
• of the actuating element	black
Material of the actuating element	plastic
Shape of the actuating element	round
Outer diameter of the actuating element	29.5 mm
Type of unlocking device	push-to-unlatch mechanism

Figura VIII.31 Ficha técnica de Pulsador NA 3SU1000-0AA10-0AA0

Fuente: [55]



Anexos VIII.

Product component front ring	Yes
Design of the front ring	Standard
Material of the front ring	plastic
Color of the front ring	black
General technical data	
Protection class IP	IP66, IP67, IP69(IP69K)
Degree of protection NEMA rating	NEMA 1, 2, 3, 3R, 4, 4X, 12, 13
Shock resistance	
• acc. to IEC 60068-2-27	Sinusoidal half-wave 50 g / 11 ms
• for railway applications acc. to DIN EN 61373	Category 1, Class B
Vibration resistance	
• acc. to IEC 60068-2-6	10 ... 500 Hz: 5g
• for railway applications acc. to DIN EN 61373	Category 1, Class B
Operating frequency maximum	1 800 1/h
Mechanical service life (switching cycles)	
• typical	500 000
Reference code acc. to DIN EN 81346-2	S
Reference code acc. to DIN EN 61346-2	S
Ambient conditions	
Ambient temperature	
• during operation	-25 ... +70 °C
• during storage	-40 ... +80 °C
Environmental category during operation acc. to IEC 60721	3M6, 3S2, 3B2, 3C3, 3K6 (with relative air humidity of 10 ... 95 %)
Installation/ mounting/ dimensions	
Height	29.5 mm
Width	29.5 mm
Shape of the installation opening	round
Mounting diameter	22.3 mm
Positive tolerance of installation diameter	0.4 mm
Mounting height	11 mm
Installation width	29.5 mm
Installation depth	24.3 mm

Figura VII.31 Ficha técnica de Pulsador NA 3SU1000-0AA10-0AA0

Fuente: [55]

Anexos VIII.

Hoja de características del
producto
Características

XB4BD21

Selector negro ø 22 - 2 posiciones fijas - 1NA



Principal

Gama de producto	Harmony XB4
Tipo de producto o componente	Selector
Nombre corto del dispositivo	XB4
Material del bisel	Metal cromado plateado
Material del anillo fijación	Zamak
Diámetro de montaje	22 mm
Se vende en cantidades indivisibles	1
Tipo de cabeza	Estándar
Forma de la cabeza de señalización	Circular
Tipo de operador	Fijas
Perfil del operador	Negro maneta estándar
Información de posición del operador	2 posiciones de 90°
Tipo y composición de contactos	1 NA
Funcionamiento de contacto	Ruptura lenta
Conexiones - terminales	Bornas tornillo, <= 2 x 1.5 mm² con terminal acorde a EN/IEC 60947-1 Bornas tornillo, >= 1 x 0.22 mm² sin terminal acorde a EN/IEC 60947-1

Complementario

Altura	47 mm
Anchura	30 mm
Profundidad	68 mm
Descripción terminales iso n°1	(13-14)NO
Peso del producto	0,095 kg
Resistencia a lavados de alta presión	7000000 Pa en 55 °C, distancia: 0,1 m
Uso de contactos	Contactos estándar
Apertura positiva	Sin
Valor del par	0,14 N.m NA estado eléctrico cambiante
Durabilidad mecánica	1000000 ciclos
Par de apriete	0,8...1,2 N.m acorde a EN 60947-1

viso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

Figura VII.32 Ficha técnica de Seccionador XB4BD21

Fuente: [56]



Anexos VIII.

Forma de la cabeza de tornillo	Cruzado compatible con Philips nº 1 destornillador Cruzado compatible con Pozidriv no 1 destornillador Ranurado compatible con plano 4 mm Ø destornillador Ranurado compatible con plano 5,5 mm Ø destornillador
Material de los contactos	Aleación de plata (Ag/Ni)
Protección contra cortocircuito	10 A Fusible de cartucho tipo gG acorde a EN/IEC 60947-5-1
[Ith] Corriente térmica convencional	10 A acorde a EN/IEC 60947-5-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	600 V (grado contaminación 3) acorde a EN 60947-1
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a EN 60947-1
[Ie] Corriente nominal de empleo	3 A en 240 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 6 A en 120 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,1 A en 600 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,27 A en 250 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,55 A en 125 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 1,2 A en 600 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1
Durabilidad eléctrica	1000000 ciclos, AC-15, 2 A en 230 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, AC-15, 3 A en 120 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, AC-15, 4 A en 24 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, DC-13, 0,2 A en 110 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, DC-13, 0,5 A en 24 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN 60947-5-1 anexo C
Fiabilidad eléctrica	1) > 10exp(-6) en 5 V y L/R = 1 mA en entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4 2) > 10exp(-8) en 17 V y L/R = 5 mA en entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4
Presentación del dispositivo	Producto completo
Entorno	
Tratamiento de protección	TH
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...70 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40...70 °C
Categoría de sobretensión	Clase I acorde a IEC 60536
Grado de protección IP	IP69 IP69K IP67 acorde a IEC 60529
Grado de protección nema	NEMA 13 NEMA 4X
Normas	CSA C22.2 No 14 EN/IEC 60947-5-1 JIS C8201-5-1 EN/IEC 60947-1 EN/IEC 60947-5-4 EN/IEC 60947-5-5 UL 508 JIS C8201-1
Certificaciones de producto	RINA LROS (Lloyds Register of Shipping) BV UL GL CSA DNV
Resistencia a las vibraciones	5 gn (f = 2...500 Hz) acorde a IEC 60068-2-6
Resistencia a los choques	30 gn (duración 18 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27 50 gn (duración 11 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27

Figura VIII.32 Ficha técnica de Seccionador XB4BD21

Fuente: [56]

Anexos VIII.

Hoja de datos del producto
Características

XB7EV03BP

Piloto Luminoso Verde Led 24VCA/CC - Línea
XB7



Principal

Rango de producto	Harmony XB7
Tipo de producto o componente	Luz piloto
Modelo de dispositivo	XB7
Diámetro de montaje	22 mm
Venta por cantidad indivisible	10
Forma del cabezal de unidad de	Redondo
Color de tapa/operario o lente	Verde
Fuente de luz	LED
Base de bombilla	LED integral
[Us] tensión de alimentación nominal	24 V c.a./c.c. 50/60 Hz
Presentación del dispositivo	Producto monolítico

Complementario

Alto	29 mm
Ancho	29 mm
Profundidad	54 mm
Descripción terminales ISO n°1	(X1-X2)PL
Peso del producto	0,02 kg
Montaje del dispositivo	Orificio de fijación - diámetro: 22,5 mm 22,3 +0,4/0 conforme a EN/IEC 60947-5-1
Centro de fijación	>= 30 x 40 mm (panel de soporte) metál. - espesor: 1...6 mm >= 30 x 40 mm (panel de soporte) plástico - espesor: 2...6 mm
Modo de fijación	Fijación de la tuerca bajo la cabeza: 2...2,4 N.m
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo, <= 2 x 1,5 mm ² con extr. cable conforme a EN/IEC 60947-1 Conexión tornillo de estribo, 1 x 0,22-2 x 2,5 mm ² sin extremo de cable conforme a EN/IEC 60947-1
Par de apriete	0,8...1,2 N.m conforme a EN 60947-1
Forma de la cabeza de tornillo	Cruzado compatible con JIS N.º 1 destornillador Cruzado compatible con Phillips n° 1 destornillador Cruzado compatible con Pozidriv n° 1 destornillador Con ranuras compatible con plano 4 mm Ø destornillador Con ranuras compatible con plano 5,5 mm Ø destornillador
Tensión asignada de aislamiento	250 V (grado de polución 3) conforme a EN/IEC 60947-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV conforme a EN/IEC 60947-1
Tipo señalización	Fijo
Límites de tensión de alimentación	19,2...30 V CC 21,6...26,4 V CA
Consumo de corriente	20...27 mA
Duración	70000 H a tensión nominal y 25 °C

Figura VIII.33 Ficha técnica de Luces Piloto XB7EV03BP

Fuente: [56]



Anexos VIII.

Entorno

Tratamiento de protección	TH
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...70 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Categoría de sobretensión	Clase II conforme a IEC 60536
Grado de protección IP	IP20 conforme a IEC 60529 (cara trasera) IP65 conforme a IEC 60529 (panel)
Grado de protección NEMA	NEMA 4 conforme a UL 50 E NEMA 12 conforme a UL 50 E
Normas	UL 508 JIS C8201-5-1 CSA C22.2 No 14 EN/IEC 60947-5-1 EN/IEC 60947-1 JIS C8201-1
Resistencia a las vibraciones	5 gn (f= 2...500 Hz) conforme a IEC 60068-2-6
Resistencia a los choques	50 gn (duración = 11 ms) para aceleración de media onda sinusoidal conforme a IEC 60068-2-27
Compatibilidad electromagnética	Emisión campo perturb.clase B conforme a EN 55011

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto verde premium
Reglamento REACH	Declaración De REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil Ambiental Del Producto
Perfil de circularidad	Información De Fin De Vida Útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Figura VIII.33 Ficha técnica de Seccionador XB7EV03BP

Fuente: [56]

Anexos IX Dimensionamiento y selección de
sistema neumático

Anexo IX.

Tabla IX.1 Tabla de parámetros iniciales para el sistema neumático

Cilindro doble efecto	
Diámetro cilindro (Dcilin)	50 mm
Diámetro embolo (demb)	20 mm
Presion	6 bares
Fuerza de rozamiento	10 %
Velocidad	0.5 m/s
Carga	80, 27 kg

Tabla IX.2 Tabla de parámetros iniciales para el sistema neumático

Parámetros	Ecuación	Resultado	Unidad	Ecuación
Área de Avance	$A_A = \pi \frac{D^2}{4}$	1963.50	mm ²	
Área de Retroceso	$A_R = \pi \frac{D^2 - d^2}{4}$	1649.34	mm ²	
Fuerza de Avance	$F_A = \pi \frac{D^2}{4} * \frac{P}{10}$	1178.09	N	(4.18)
Fuerza de Retroceso	$F_R = \pi \frac{D^2 - d^2}{4} * \frac{P}{10}$	989.6	N	(4.19)
Se considera una perdida por fricción alrededor del 10 % y una conversión a Kgf				
Fuerza de Avance	$F_A = F_A * 0.9 * \frac{1}{9.81}$	108.07	Kgf	
Fuerza de Retroceso	$F_R = F_R * 1.10 * \frac{1}{9.81}$	90.8	Kgf	

Anexos IX.

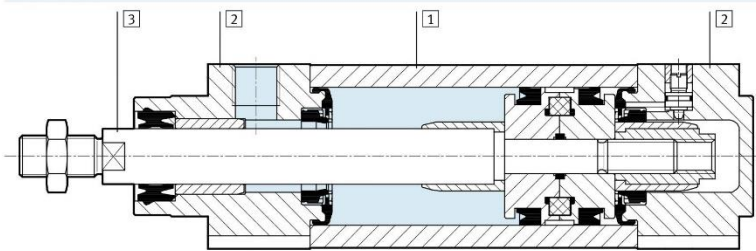
Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Materiales

Vista en sección



Cilindro normalizado	Tipo básico	K10	R3
1 Tubo perfilado	Aleación forjada de aluminio anodizado liso		
2 Culatas anterior y posterior	Fundición inyectada de aluminio		
3 Vástago	Acero de aleación fina	Aleación forjada de aluminio anodizado	Acero inoxidable de aleación fina
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico		
Calidad del material	Conformidad con RoHS		

Cilindro normalizado	R8	S6	S10	S11
1 Tubo perfilado	Aleación forjada de aluminio anodizado liso			
2 Culatas anterior y posterior	Fundición inyectada de aluminio			
3 Vástago	Acero templado, cromado duro	Acero de aleación fina		
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico	Caucho fluorado		
Calidad del material	Conformidad con RoHS			Contiene sustancias agresivas para la laca

Figura IX.1 Ficha Técnica Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Fuente: [58]

Anexos IX.

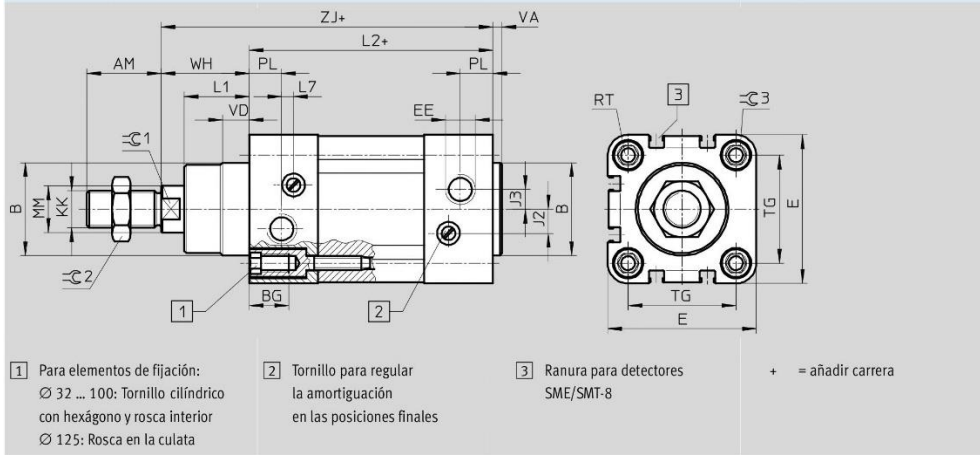
Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos

FESTO

Dimensiones: tipo básico

Datos CAD disponibles en www.festo.com



Ø	AM	B	BG	E	EE	J2	J3	KK	L1	L2
[mm]		Ø d11								
32	22	30	16	45	G1/8	6	5,2	M10x1,25	18	94
40	24	35	16	54	G1/4	8	6	M12x1,25	21,5	105
50	32	40	17	64	G1/4	10,4	8,5	M16x1,5	28	106
63	32	45	17	75	G3/8	12,4	10	M16x1,5	28,5	121
80	40	45	17	93	G3/8	12,5	8	M20x1,5	34,7	128
100	40	55	17	110	G1/2	12	10	M20x1,5	38,2	138
125	54	60	22	134	G1/2	13	8	M27x2	46	160

Ø	L7	MM	PL	RT	TG	VA	VD	WH	ZJ	≈C1	≈C2	≈C3
[mm]		Ø										
32	3,3	12	15,6	M6	32,5	4	10	26	120	10	16	6
40	3,6	16	14	M6	38	4	10,5	30	135	13	18	6
50	5,1	20	14	M8	46,5	4	11,5	37	143	17	24	8
63	6,6	20	17	M8	56,5	4	15	37	158	17	24	8
80	10,5	25	16,4	M10	72	4	15,7	46	174	22	30	6
100	8	25	18,8	M10	89	4	19,2	51	189	22	30	6
125	14	32	18	M12	110	6	20,5	65	225	27	36	8

! Importante: Este producto cumple con los estándares ISO 1179-1 e ISO 228-1

Figura IX.1 Ficha Técnica Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Fuente: [58]



Anexos IX.

Cilindros normalizados DNC, ISO 15552



Hoja de datos

Referencias: sin detección de posiciones

Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Nº art.	Tipo ¹⁾	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Nº art.	Tipo ¹⁾
32	25	163319	DNC-32-25-PPV	40	25	163351	DNC-40-25-PPV
	40	163320	DNC-32-40-PPV		40	163352	DNC-40-40-PPV
	50	163321	DNC-32-50-PPV		50	163353	DNC-40-50-PPV
	80	163322	DNC-32-80-PPV		80	163354	DNC-40-80-PPV
	100	163323	DNC-32-100-PPV		100	163355	DNC-40-100-PPV
	125	163324	DNC-32-125-PPV		125	163356	DNC-40-125-PPV
	160	163325	DNC-32-160-PPV		160	163357	DNC-40-160-PPV
	200	163326	DNC-32-200-PPV		200	163358	DNC-40-200-PPV
	250	163327	DNC-32-250-PPV		250	163359	DNC-40-250-PPV
	320	163328	DNC-32-320-PPV		320	163360	DNC-40-320-PPV
	400	163329	DNC-32-400-PPV		400	163361	DNC-40-400-PPV
	500	163330	DNC-32-500-PPV		500	163362	DNC-40-500-PPV
50	25	163383	DNC-50-25-PPV	63	25	163415	DNC-63-25-PPV
	40	163384	DNC-50-40-PPV		40	163416	DNC-63-40-PPV
	50	163385	DNC-50-50-PPV		50	163417	DNC-63-50-PPV
	80	163386	DNC-50-80-PPV		80	163418	DNC-63-80-PPV
	100	163387	DNC-50-100-PPV		100	163419	DNC-63-100-PPV
	125	163388	DNC-50-125-PPV		125	163420	DNC-63-125-PPV
	160	163389	DNC-50-160-PPV		160	163421	DNC-63-160-PPV
	200	163390	DNC-50-200-PPV		200	163422	DNC-63-200-PPV
	250	163391	DNC-50-250-PPV		250	163423	DNC-63-250-PPV
	320	163392	DNC-50-320-PPV		320	163424	DNC-63-320-PPV
	400	163393	DNC-50-400-PPV		400	163425	DNC-63-400-PPV
	500	163394	DNC-50-500-PPV		500	163426	DNC-63-500-PPV
80	25	163447	DNC-80-25-PPV	100	25	163479	DNC-100-25-PPV
	40	163448	DNC-80-40-PPV		40	163480	DNC-100-40-PPV
	50	163449	DNC-80-50-PPV		50	163481	DNC-100-50-PPV
	80	163450	DNC-80-80-PPV		80	163482	DNC-100-80-PPV
	100	163451	DNC-80-100-PPV		100	163483	DNC-100-100-PPV
	125	163452	DNC-80-125-PPV		125	163484	DNC-100-125-PPV
	160	163453	DNC-80-160-PPV		160	163485	DNC-100-160-PPV
	200	163454	DNC-80-200-PPV		200	163486	DNC-100-200-PPV
	250	163455	DNC-80-250-PPV		250	163487	DNC-100-250-PPV
	320	163456	DNC-80-320-PPV		320	163488	DNC-100-320-PPV
	400	163457	DNC-80-400-PPV		400	163489	DNC-100-400-PPV
	500	163458	DNC-80-500-PPV		500	163490	DNC-100-500-PPV
125	25	163511	DNC-125-25-PPV				
	40	163512	DNC-125-40-PPV				
	50	163513	DNC-125-50-PPV				
	80	163514	DNC-125-80-PPV				
	100	163515	DNC-125-100-PPV				
	125	163516	DNC-125-125-PPV				
	160	163517	DNC-125-160-PPV				
	200	163518	DNC-125-200-PPV				
	250	163519	DNC-125-250-PPV				
	320	163520	DNC-125-320-PPV				
	400	163521	DNC-125-400-PPV				
	500	163522	DNC-125-500-PPV				

Figura IX.1 cilindro de doble efecto

Fuente: [58]

Anexos IX.

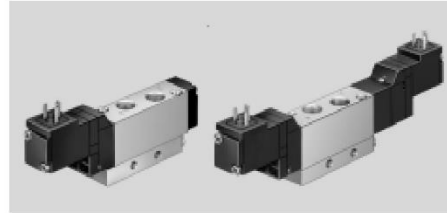
Electroválvulas MEBH, midineumática

Hoja de datos

FESTO

Caudal
200 ... 700 l/min

Tensión
24 V DC
110/230 V AC



Datos técnicos generales		MEBH-3/2-...	MEBH-5/2-...	JMEBH-5/2-...	MEBH-5/3...				
Tipo		MEBH-3/2-...	MEBH-5/2-...	JMEBH-5/2-...	MEBH-5/3...				
Construcción		Válvula de corredera							
Tipo de fijación	...-1/8	2 taladros de fijación							
	...-5,0	En placa base con 2 tornillos M3							
	...-1/8-P	En placa de alimentación con 2 tornillos M3							
Conexión neumática	...-1/8	G3/8							
	...-5,0	Placa base							
	...-1/8-P	G3/8							
Solapamiento		Solapamiento positivo							
Diámetro nominal	[mm]	5							
Caudal nominal	[l/min]	1 > 2, 1 > 4	...-1/8	600/500	600	650	G	E	B
			...-5,0	700/600	700	700	600	300	200
			...-1/8-P	600/500	600	650	500	400	400
			...-1/8-P	600/500	600	650	650	300	200
Materiales		Cuerpo: Aluminio Juntas: Caucho nitrílico							
Peso	[g]	...-1/8	105	105	142	153			
		...-5,0	105	105	146	150			
		...-1/8-P	105	105	142	153			

Condiciones de funcionamiento y del entorno		MEBH-3/2-...	MEBH-5/2-...	JMEBH-5/2-...	MEBH-5/3...	
Tipo		MEBH-3/2-...	MEBH-5/2-...	JMEBH-5/2-...	MEBH-5/3...	
Fluido de trabajo		Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4] ¹⁾				
Nota sobre el fluido de trabajo/ mando		Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)				
Presión de funcionamiento	Alimentación interna del aire de pilotaje	[bar]	2 ... 8	2,5 ... 8	1,5 ... 8	3 ... 8
	Alimentación externa del aire de pilotaje	[bar]	-	-0,9 ... +10		
Presión de mando	[bar]	-	2,5 ... 8	1,5 ... 8	3 ... 8	
Temperatura ambiente	[°C]	-5 ... +50				
Temperatura del fluido	[°C]	-5 ... +50				
Características del material		Conformidad con RoHS				
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad) para válvulas con tensión nominal de funcionamiento 110/230 V AC		Según directiva UE de baja tensión				

Figura IX.2 Ficha técnica de Electroválvula 5/2

Fuente: [59]



Anexos IX.

Electroválvulas MEBH, midineumática

FESTO

Hoja de datos

Tiempos de respuesta de la válvula [ms]							
Tipo	MEBH-3/2-... MOEBH-3/2-...		MEBH-5/2-...		JMEBH-5/2-...	MEBH-5/3...	
Forma de reposición	Mecánica	Neumática	Mecánica	Neumática	-	Mecánica	Neumática
Conexión	10	-	10	15	-	12	-
Desconexión	28	-	28	18	-	25	-
Conmutación	-	-	-	-	10	-	-

Datos eléctricos			
Bobina EB			
Conexión eléctrica		Conector cuadrado tipo clavija, según NE 175301-803, forma C	
Tensión de funcionamiento	Tensión continua	[V DC]	24
	Tensión alterna	[V AC]	110/230 (50 ... 60 Hz)
Valores característicos de las bobinas	Tensión continua	[W]	1,5
	Tensión alterna	[VA]	2,4
Clase de protección según NE 60 529		IP65 (con conector tipo zócalo)	

Figura IX.2 Ficha técnica de Electroválvula 5/2

Fuente: [59]

Anexos IX.

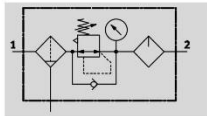
Combinaciones de unidades de mantenimiento MSB4/MSB6-FRC, serie MS

FESTO

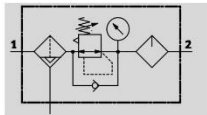
Hoja de datos

Función

Con purga de condensado
Manual con giro



Con purga de condensado
Automática



- Caudal
850 ... 4800 l/min
- Temperatura
-10 ... +60 °C
- Presión de funcionamiento
1,5 ... 20 bar
- www.festo.com



- Filtro, regulador y lubricador en una unidad
- Gran caudal y eficiencia de retención de partículas de suciedad
- Buenas características de regulación con baja histéresis
- Aseguramiento de los valores ajustados mediante botón bloqueable
- Botón giratorio con llave
- Dos márgenes de regulación de la presión: 0,3 ... 7 bar y 0,5 ... 12 bar
- Con purga manual o automática del condensado
- Cartuchos de 5 µm o 40 µm
- Nuevos cartuchos filtrantes → 16, Aceite especial Festo → 16

Datos técnicos generales		
Tamaño	MSB4	MSB6
Conexión neumática 1, 2	G ³ / ₈	-
	G ¹ / ₄	G ¹ / ₄
	-	G ³ / ₈
	-	G ¹ / ₂
Construcción	Unidad de filtro y regulador, con manómetro Lubricador proporcional estándar	
Función de regulación	Presión de salida constante, con función de presión primaria, con reflujo, con descarga secundaria	
Tipo de fijación	Con accesorios	
Posición de montaje	Vertical ±5°	
Grado de filtración [µm]	5	
	40	
Clase de pureza del aire en la salida	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [6:4--] (grado de filtración 5 µm)	
	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4--] (grado de filtración 40 µm)	
Protección del depósito del filtro	Funda de material sintético	Funda de material sintético
	-	Integrado en la funda metálica
Purga de condensado	Manual con giro	
	Automática	
Seguridad contra accionamiento involuntario	Botón giratorio con enclavamiento, para cerrar con candado (accesorio)	
Margen de regulación de la presión [bar]	0,3 ... 7	
	0,5 ... 12	
Indicación de presión	Con manómetro	

Figura IX.3 Ficha técnica de Unidad de Mantenimiento

Fuente: [60]

Anexos IX.

Combinaciones de unidades de mantenimiento MSB4/MSB6-FRC, serie MS

FESTO

Hoja de datos

Caudal nominal normal q_{N1} [l/min]						
Tamaño	MSB4			MSB6		
Conexión neumática	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{2}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{2}$
Margen de regulación de la presión: 0,3 ... 7 bar						
Grado de filtración	40 μ m	–	1400	–	–	4800
Margen de regulación de la presión: 0,5 ... 12 bar						
Grado de filtración	5 μ m	–	850	–	–	3600
	40 μ m	850	900	1900	3500	3700

- 1) Medición con $p_1 = 10$ bar y $p_2 = 6$ bar y $\Delta p = 1$ bar
 2) Para que la descarga automática de condensado cierre correctamente, debe disponerse de un caudal de 125 l/min.

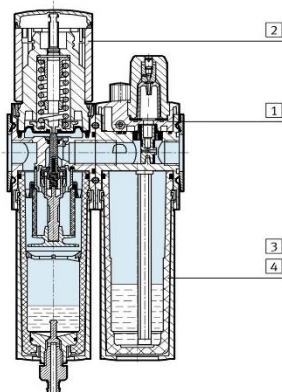
Condiciones de funcionamiento y del entorno				
Purga de condensado	Manual con giro		Automática	
Tamaño	MSB4	MSB6	MSB4	MSB6
Presión de funcionamiento [bar]	1,5 ... 14	1,5 ... 20	2 ... 12	2 ... 12
Fluido de trabajo	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [–:4:–] Gases inertes		Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:–]	
Nota sobre el fluido de trabajo/mando	Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)			
Temperatura ambiente [°C]	–10 ... +60		+5 ... +60	
Temperatura del fluido [°C]	–10 ... +60		+5 ... +60	
Temperatura de almacenamiento [°C]	–10 ... +60		–10 ... +60	
Clase de resistencia a la corrosión ¹⁾	2			
Aptopiado para el contacto con alimentos ²⁾	Consultar información ampliada sobre el material			

- 1) Clase de resistencia a la corrosión CRC 2 según norma de Festo FN 940070
 Componentes con moderado riesgo de corrosión. Aplicación en interiores en caso de condensación. Piezas exteriores visibles con características esencialmente decorativas en la superficie que están en contacto directo con atmósferas habituales en entornos industriales.
 2) Más información www.festo.com/sp → Certificados.

Pesos [g]		
Tamaño	MSB4	MSB6
Con funda de material sintético	500	1495
Con funda metálica	–	1713

Materiales

Vista en sección



Unidad de mantenimiento		
1	Cuerpo	Fundición inyectada de Al
2	Botón de regulación	PA / POM
3	Funda de material sintético	PC
4	Funda metálica	Aleación de aluminio
–	juntas	NBR

Figura IX.3 Ficha técnica de Unidad de Mantenimiento

Fuente: [60]



Anexos IX.

Combinaciones de unidades de mantenimiento MSB4/MSB6-FRC, serie MS

FES

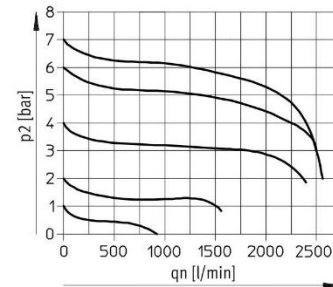
Hoja de datos

Caudal normal q_n en función de la presión secundaria p_2

Margen de regulación de la presión: 0,3 ... 7 bar
MSB4-1/4

Grado de filtración 5 μm

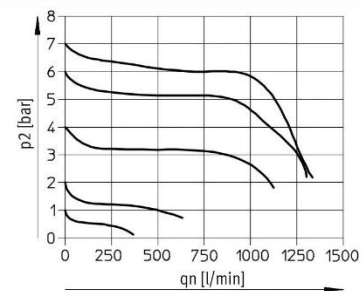
Presión primaria $p_1 = 10$ bar



Margen de regulación de la presión: 0,5 ... 12 bar
MSB4-1/8

Grado de filtración 40 μm

Presión primaria $p_1 = 10$ bar



MSB4-1/4

Presión primaria $p_1 = 10$ bar

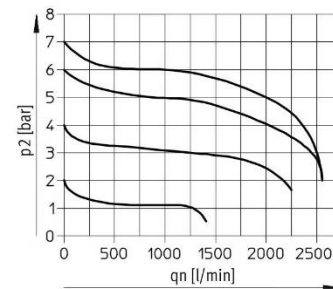
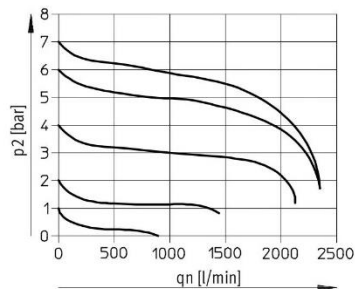


Figura IX.3 Ficha técnica de Unidad de Mantenimiento

Fuente: [60]

Anexos IX.

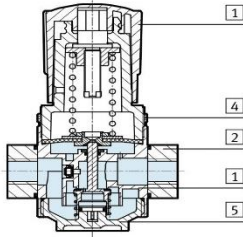
Reguladores de presión LR/LRS, serie D, ejecución metálica

FES

Hoja de datos

Materiales

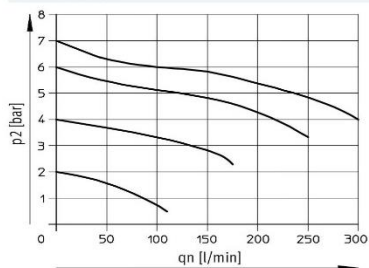
Vista en sección



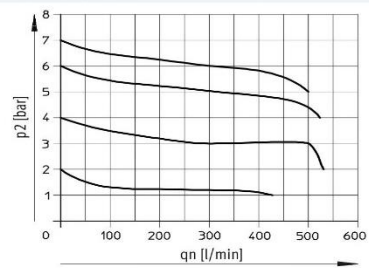
Tamaño	Micro	Mini/Midi/Maxi	
		Con manómetro	Sin manómetro
1	Cuerpo	Fundición inyectada de zinc	Fundición inyectada de zinc / Aluminio
2	Placas base	Aleación de aluminio	Fundición inyectada de zinc / Aluminio
3	Botón de regulación	POM	PA
4	Tuerca moleteada	-	Aluminio
5	Culata	PC	PC
-	Juntas	NBR	NBR
Características del material		Conformidad con RoHS	Conformidad con RoHS
		-	Sin cobre ni PTFE

Caudal normal q_n en función de la presión secundaria p_2

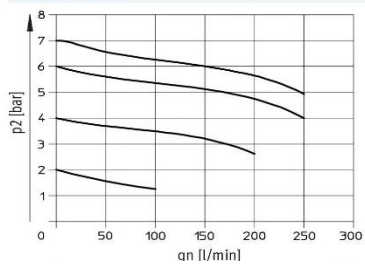
LR-M5...-MICRO



LR-M7...-MICRO B



LR-QS4...-MICRO



LR-QS6...-MICRO y LR-1/8...-MICRO

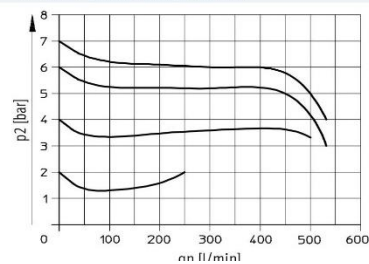


Figura IX.4 Ficha técnica de Unidad de Mantenimiento

Fuente: [61]

Anexos IX.

Compresores portátiles, con caja metálica insonorizadora que reduce el ruido, protegiendo a la vez los elementos móviles. Creando un ambiente de trabajo más cómodo y un alto nivel de protección.



B3800/3M/100C SIL



Accesibilidad total a las partes internas, tanto mecánicas como eléctricas.



Regulador de presión sobredimensionado con doble salida de aire.

Prestaciones												
Nombre	Código	Potencia hp/kw	Caldera litros	Aire aspirado lts/min.	Volt/hz.	Lubricado	Cilindros	Presión max. bar	Dimensiones lxhxa	dB(A)	Peso kg.	
B3800/2M/100C SIL	36FR404NUA	2/1.5	100	283	230/MONO/50	SI	2	10	1200x450x960	69	95	
B3800/3M/100C SIL	36FR504NUA	3/2.2	100	390	230/MONO/50	SI	2	10	1200x450x960	69	95	
B3800/3T/100C SIL	36FR541NUA	3/2.2	100	390	400/TRIF/50	SI	2	10	1200x450x960	69	95	

Figura IX.5 Características del Compresor

Fuente:

Anexos IX.

Ficha técnica del producto Características

HDL36125
POWERPACT H-FRAME, CIRCUIT BREAKER,
THERMAL-MAGNETIC, 125A, 3P, 600V, 14kA



Principal

Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Gama de producto	PowerPact H
Trip Unit Type	Térmico-magnético
Código de poder de corte	D

Complementario

[In] Corriente nominal	125 A
Number of Poles	3P
Interrupt Rating	25 kA en 240 V CA 18 kA en 480 V CA 14 kA en 600 V CA 20 kA en 250 V CC
[Ue] Tensión nominal de empleo	250 V CC 600 V CA
Continuous current rating	80 %
Tipo de montaje	Unit mount ((*))
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	Lugs ((*)) load ((*)) Lugs ((*)) línea
Wire Gauge	AWG 14...AWG 3/0 aluminio/cobre
Intensidad magnética mínima de disparo	900 A
Intensidad de disparo magnético	1700 A
Altura	6.4 in
Anchura	4.12 in
Profundidad	4.36 in
Par de apriete	5 N.m para 2.5...95 mm ² - tipo de cable: AWG 14...AWG 3/0)

Entorno

Certificaciones de producto	Registrado por UL
-----------------------------	-------------------

Necesario de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada para ser utilizada en aplicaciones críticas o de alta confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

Figura IX.6 Ficha técnica de Interruptor termo magnético principal HDL36125

Fuente: [62]



Anexos IX.

	CE IEC CSA
Temperatura ambiente de funcionamiento	40 °C
Sostenibilidad de la oferta	
Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	No se necesitan operaciones de reciclaje específicas

Figura IX.6 Ficha técnica de Interruptor termo magnético principal HDL36125

Fuente: [62]

Anexos X Análisis de Costo

Anexos X.

Tabla X.1 Gasto energético de la máquina

Cantidad	Elementos	Potencia (W)	Potencia (kW/h)	Consumo mensual (kW/mes)	Costo mensual
1	Motor eléctrico de 5 Hp	3730	3,73	716,16	61,02
2	Resistencias eléctricas de 700 W	700	1,4	268,8	22,9
18	Resistencias eléctricas de 400 W	400	7,2	1382,4	117,78
3	Ventiladores	243	0,729	139,968	11,92
1	PLC LOGO	2,7	0,0027	0,5184	0,04
1	Fuente de alimentación	5	0,005	0,96	0,08
3	Controlador de temperatura	10	0,03	5,76	0,49
6	Contactoes	5,4	0,0324	6,2208	0,53
1	Aparamenta electrica	20	0,02	3,84	0,33
2	Electroválvulas 5/2	2	0,004	0,768	0,07
1	Electroválvulas 3/2	2	0,002	0,384	0,03
1	Compresor	1500	1,5	288	24,54
	Total	6620,1	14,6551	2813,7792	239,73

Potencia	2813,78
Voltaje (V)	220
factor de potencia	0,7
consumo de corriente (A)	18,27



Anexos X.

Tabla X.2 VAN Y TIR

10 AÑOS

VAN	\$145,725,63
TIR	2,41

5 AÑOS

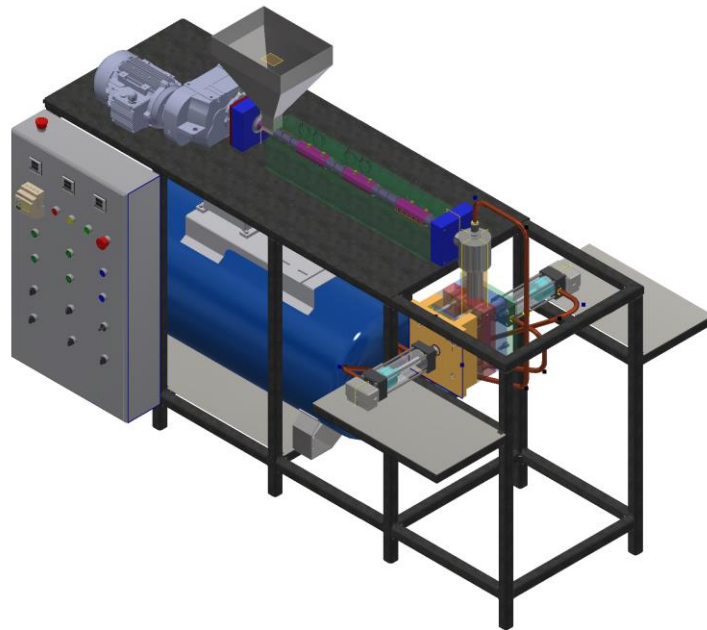
VAN	\$71,622,61
TIR	2,40

Anexos XI Detalles y planos de la máquina

Anexos XI.

Tabla XI.1 Especificaciones Técnicas de la máquina de soplado

Máquina de soplado de termoplástico



Relación L/D	24D	Potencia Instalada	14.65 kW
Material	HDPE	Consumo de corriente	95 A
Numero de moldes	1	Alimentación eléctrica	220 V
Diámetro de envase	40 mm	Presión de soplado	1 Mpa
Diámetro de cuello	28 mm	Presión de maniobra	0.8 Mpa
Altura de la botella	90 mm	Dimensiones	1414mm x 1200mm x 2000mm
Volumen del envase	100 ml	Peso	318.541 kg
Peso	12 gr	Personas	1 persona
Producción	1480 unidades / hora.	Factor de seguridad	2

PLANOS