

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RAFAELA
Departamento Ingeniería Electromecánica**

ASIGNATURA
PROYECTO FINAL

**“DISEÑO DE EXTRUSORA MONOTORNILLO DE 60 MM
PARA EL PROCESAMIENTO DE TERMOPLÁSTICOS,
DESTINADA A LA INDUSTRIA PLÁSTICA DE LA
REPÚBLICA ARGENTINA”**

Autores

BLASCO AVELLANEDA, Julián - MURARO, Stefano Marcelo

Director

Ing. PRUVOST, Jorge Alberto

Rafaela (Santa Fe), Argentina

Marzo de 2019

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RAFAELA
Departamento Ingeniería Electromecánica**

ASIGNATURA
PROYECTO FINAL

**“DISEÑO DE EXTRUSORA MONOTORNILLO DE 60 MM
PARA EL PROCESAMIENTO DE TERMOPLÁSTICOS,
DESTINADA A LA INDUSTRIA PLÁSTICA DE LA
REPÚBLICA ARGENTINA”**

Proyecto Final elaborado por:

BLASCO AVELLANEDA, Julián¹ – MURARO, Stefano Marcelo²

Correo Electrónico:

¹ julianblasco92@gmail.com – ² stmuraro@gmail.com

Bajo la Dirección de:

Ing. PRUVOST, Jorge Alberto

Correo Electrónico:

ingas@arnet.com.ar

www.frra.utn.edu.ar

Rafaela (Santa Fe), Argentina

Marzo de 2019

ANEXO I: APROBACION DEL DIRECTOR

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RAFAELA
Departamento Ingeniería Electromecánica**

**“DISEÑO DE EXTRUSORA MONOTORNILLO DE 60 MM
PARA EL PROCESAMIENTO DE TERMOPLÁSTICOS,
DESTINADA A LA INDUSTRIA PLÁSTICA DE LA
REPÚBLICA ARGENTINA”**

Proyecto Final elaborado por:

BLASCO AVELLANEDA, Julián¹ – MURARO, Stefano Marcelo²

Correo Electrónico:

¹ julianblasco92@gmail.com – ² stmuraro@gmail.com

 Firma
Ing. PRUVOST, Jorge Alberto Director ingas@arnet.com.ar

www.frra.utn.edu.ar

Rafaela (Santa Fe), Argentina

Marzo de 2019

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RAFAELA
Departamento Ingenieria Electromecánica**

**“DISEÑO DE EXTRUSORA MONOTORNILLO DE 60 MM
PARA EL PROCESAMIENTO DE TERMOPLÁSTICOS,
DESTINADA A LA INDUSTRIA PLÁSTICA DE LA
REPÚBLICA ARGENTINA”**

Proyecto Final elaborado por:

BLASCO AVELLANEDA, Julián¹ – MURARO, Stefano Marcelo²

Correo Electrónico:

¹ julianblasco92@gmail.com – ² stmuraro@gmail.com

Apellido, Nombre Firma	Apellido, Nombre Firma	Apellido, Nombre Firma
Jurado	Jurado Presidente	Jurado

www.frra.utn.edu.ar

Rafaela (Santa Fe), Argentina

Marzo de 2019

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	35
1.1	Justificación del tema elegido.....	37
1.2	Fundamentación del tema elegido	38
1.3	Objetivos del trabajo	39
1.3.1	Objetivo general	39
1.3.2	Objetivos específicos	39
1.4	Alcance.....	40
2	ANTECEDENTES	43
2.1	Introducción.....	45
2.2	Conceptos fundamentales	46
2.2.1	Introducción a los plásticos	46
2.2.2	Moldeo de plásticos	49
2.2.3	Tipos de extrusoras.....	55
2.3	Introducción al proceso de extrusión moderno	59
2.3.1	Descripción del proceso	60
2.4	Post extrusión	71
2.4.2	Calibrador	72
2.4.3	Unidad de tiro (jalador o puller).....	74
2.4.4	Unidad de corte	77
2.5	Fuentes consultadas	79
2.5.1	Bibliografía.....	79
2.5.2	Tesis	79
2.5.3	Cursos	79
3	ESTUDIO DE MERCADO	81

3.1	Introducción.....	83
3.2	Industria transformadora plástica	85
3.2.1	Consumo de plásticos por habitante.....	89
3.2.2	Conclusión	91
3.3	Materias primas plásticas	92
3.3.1	Producción	92
3.3.2	Importación	93
3.3.3	Exportación.....	94
3.3.4	Consumo aparente	95
3.3.5	Procesos.....	96
3.3.6	Conclusión	98
3.4	Bienes de capital	100
3.4.1	Importaciones.....	100
3.4.2	Exportaciones	105
3.4.3	Conclusión	106
3.5	Capacidad de la máquina.....	108
3.5.1	Conclusión	108
3.6	Fuentes consultadas	109
3.6.1	Informes.....	109
3.6.2	Publicaciones	109
3.6.3	Sitios web.....	109
3.6.4	Bibliografía.....	109
3.1	Anexos.....	110
4	ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN.....	111
4.1	Introducción.....	113
4.2	Selección de la localización.....	114

4.2.1	Contrato de comodato	114
4.3	Ubicación en el mapa.....	116
4.3.1	Descripción de la ciudad de Rafaela	119
4.4	Infraestructura	120
4.5	Equipamiento.....	121
4.6	Factores relevantes para la localización	122
4.6.1	Vías de comunicación	122
4.6.2	Marco jurídico.....	122
4.6.3	Entorno	122
4.6.4	Mano de obra y formación	123
4.6.5	Proveedores y empresas subcontratadas	123
4.6.6	Mercados.....	123
4.6.7	Suministros básicos	124
4.7	Fuentes consultadas	125
4.7.1	Publicaciones	125
4.7.2	Bibliografía.....	125
4.7.3	Páginas web	125
5	INGENIERÍA DE LA EXTRUSIÓN	127
5.1	Reología de los plásticos	129
5.1.1	Comportamiento viscoelástico de los polímeros: reseña histórica	129
5.1.2	Comportamiento reológico de polímeros fundidos y en disolución.....	129
5.2	Ingeniería de la extrusión	136
5.2.1	Introducción	136
5.2.2	Sección de transporte de sólidos (zona de alimentación)	136
5.2.3	Sección de transporte de fundido	149
5.2.4	Cálculo de potencia en el eje.....	163

5.2.5	Aumento de presión en la zona cónica del tornillo.....	175
5.2.6	Flujo de fuga	177
5.3	Balance energético en la extrusión de polímeros	179
5.3.1	Datos experimentales.....	181
5.4	Fuentes consultadas	182
5.4.1	Bibliografía.....	182
5.4.2	Tesis	182
6	ESTUDIO TÉCNICO	183
6.1	Introducción.....	185
6.2	Tornillo	186
6.2.1	Introducción	186
6.2.2	El tornillo estándar	187
6.2.3	Dimensiones definidas del tornillo (empleando el modelo estándar)...	188
6.2.4	Características operativas del tornillo.....	202
6.3	Boquilla o dado	210
6.4	Punto de operación de la extrusora	212
6.4.1	Flujo de boquilla	216
6.4.2	Potencia del eje	217
6.4.3	Momento torsor del tornillo	219
6.4.4	Momento flector del tornillo.....	219
6.4.5	Material del tornillo.....	221
6.4.6	Verificación del núcleo del tornillo.....	221
6.5	Cálculo y evaluación del muñón	226
6.5.1	Análisis de alternativas para diseño de muñón	226
6.5.2	Diseño y verificación de muñón con chaveta simple	227
6.5.3	Cálculo de chaveta simple	229

6.5.4	Sistema de extracción de tornillos	231
6.5.5	Diseños definitivos.....	233
6.5.6	Conclusiones.....	234
6.6	Sistema de impulsión de la extrusora.....	235
6.6.1	Introducción	235
6.6.2	Sistema de impulsión mediante motor de corriente alterna (AC)	235
6.6.3	Sistema de impulsión mediante motor de corriente continua (DC)	236
6.6.4	Sistema de impulsión hidráulico.....	237
6.6.5	Comparación entre los distintos sistemas y conclusión.....	239
6.6.6	Sistema de impulsión AC empleado	240
6.7	Transmisión.....	242
6.7.1	Introducción	242
6.7.2	Tren de transmisión.....	242
6.7.3	Dimensionamiento y verificación del manguito.....	243
6.8	Rodamientos	250
6.8.1	Cálculo de la vida útil de los rodamientos.....	251
6.8.2	Lubricación de la crapodina.....	254
6.9	Alojamiento del manguito y rodamientos.....	260
6.10	Chaveta principal	262
6.11	Sección de alimentación	265
6.11.1	Introducción	265
6.11.2	Tolva	265
6.11.3	Tee refrigerada	274
6.12	Sección cañón extrusor.....	279
6.12.1	Introducción	279
6.12.2	Dimensionamiento y verificación del cañón	279

6.12.3	Desgasificación	282
6.12.4	Plato rompedor y filtros	286
6.12.5	Cálculo y dimensionamiento de bandas calefactoras	288
6.12.6	Cerramiento del cañón y ventilación.....	293
6.13	Sección cabezal extrusor.....	296
6.13.1	Introducción	296
6.13.2	Boquilla	296
6.13.3	Cabezal.....	297
6.13.4	Cálculo y dimensionamiento de tornillos.....	300
6.14	Soporte de la máquina.....	305
6.14.1	Introducción	305
6.14.2	Bastidor.....	305
6.14.3	Columnas	307
6.14.4	Izaje.....	308
6.15	Sección instrumentación, automatización y control	311
6.15.1	Introducción	311
6.15.2	Sensores de presión.....	314
6.15.3	Sensores de temperatura	318
6.15.1	Control de nivel tolva – sensor capacitivo.....	321
6.15.1	Control de apertura de puerta – final de carrera magnético.....	322
6.15.2	Diseño del automatismo	324
6.16	Gabinetes.....	334
6.16.1	Gabinete de comando	334
6.16.2	Gabinete de potencia	335
6.17	Máquina completa.....	337
6.18	Fuentes consultadas	339

6.18.1	Bibliografía.....	339
6.18.2	Trabajos académicos	339
6.18.3	Sitios web.....	340
6.18.4	Cursos	340
6.19	Anexos.....	341
7	INGENIERÍA DE PROCESOS.....	343
7.1	Introducción.....	345
7.2	Definición de las entradas.....	346
7.2.1	Tipo de proceso	346
7.2.2	Integración.....	348
7.2.3	Flexibilidad de recursos	350
7.2.4	Grado de interacción con el cliente.....	351
7.2.5	Utilización del capital.....	351
7.3	Maquinaria disponible en el taller	352
7.3.1	Tornos paralelos	352
7.3.2	Limadora	355
7.3.3	Perforadora de banco.....	357
7.3.4	Soldadora.....	360
7.3.5	Aparejo de izaje	364
7.4	Maquinaria a adquirir	365
7.4.1	Sierra sin fin	365
7.4.2	Fresadora vertical CNC	366
7.4.3	Pantógrafo CNC oxicorte	368
7.5	Procesos productivos.....	370
7.6	Tercerización de procesos y piezas terminadas	371
7.7	Layout de planta	372

7.8	Fuentes consultadas	373
7.8.1	Publicaciones	373
7.8.2	Bibliografía.....	373
7.8.3	Páginas web	373
7.9	Anexos.....	374
8	ESTUDIO DE LA ORGANIZACIÓN	375
8.1	Imagen corporativa.....	377
8.1.1	Nombre comercial	377
8.1.2	Logotipo	377
8.1.3	Modelos comerciales.....	378
8.2	Sociedad.....	379
8.2.1	Definición.....	379
8.2.2	Tipos de sociedad	379
8.2.3	Comparación entre sociedades	383
8.2.4	Sociedad elegida	384
8.3	Estructura de la organización	385
8.3.1	Organigrama	385
8.3.2	Función de cada área.....	386
8.4	Fuentes consultadas	392
8.4.1	Publicaciones	392
9	MANUAL DE USUARIO.....	393
9.1	Información general.....	395
9.1.1	Aplicación	396
9.1.2	Exclusión de responsabilidad	396
9.2	Seguridad	397
9.2.1	Relativa a la aplicación	397

9.2.2	Instrucciones de seguridad para el usuario.....	397
9.2.3	Elementos de seguridad	401
9.3	Descripción de la extrusora	403
9.3.1	Partes.....	403
9.4	Datos técnicos.....	413
9.4.1	Energía eléctrica	413
9.4.2	Dimensiones generales y peso	413
9.4.3	Unidad de accionamiento.....	413
9.4.4	Lubricación crapodina	414
9.4.5	Resistencias calefactoras.....	414
9.4.6	Ventiladores.....	414
9.4.1	Refrigeración alimentación	415
9.4.2	Tornillos	415
9.4.3	Chaveta reductor	415
9.4.4	Chaveta tornillo	415
9.4.5	Condiciones ambientales.....	415
9.5	Transporte y almacenamiento.....	417
9.5.1	Embalaje	417
9.5.2	Desembalaje	417
9.5.3	Inventario de la orden	418
9.5.4	Notificación de daños	418
9.5.5	Izaje y transporte.....	418
9.5.6	Almacenamiento	421
9.6	Instalación.....	423
9.6.1	Requisitos básicos.....	423
9.6.2	Montaje e instalación	423

9.7	Puesta en marcha y operación	432
9.7.1	Requisitos del personal	432
9.7.2	Verificaciones previas a la puesta en marcha	432
9.7.3	Puesta en marcha	433
9.7.4	Puesta en marcha en caliente	435
9.7.5	Máquina funcionando	435
9.8	Limpieza	437
9.9	Mantenimiento	439
9.9.1	Soporte de la máquina	439
9.9.2	Tornillo.....	439
9.9.3	Cañón.....	439
9.9.4	Bandas calefactoras.....	440
9.9.5	Circuito de enfriamiento	440
9.9.6	Cambio de aceite del reductor	440
9.9.1	Cambio de aceite de la crapodina	447
9.9.2	Sensores de presión y temperatura	448
9.9.3	Programa de mantenimiento preventivo.....	448
9.10	Solución de problemas	451
9.11	Repuestos.....	455
9.12	Fuentes consultadas	456
9.12.1	Bibliografía.....	456
9.12.2	Manual de usuario.....	456
10	ESTUDIO ECONÓMICO.....	457
10.1	Introducción.....	459
10.2	La contabilidad de costos.....	460
10.3	Costo de materia prima	463

10.4	Costo de mano de obra.....	469
10.4.1	Sistemas básicos de pago	469
10.5	Costo primo.....	473
10.6	Cargas fabriles.....	474
10.6.1	Energía eléctrica	475
10.6.2	Depreciación de activos fijos	477
10.7	Costo de producción	482
10.8	Gastos de comercialización.....	483
10.9	Costo de venta	484
10.10	Costo financiero	485
10.11	Costo total	485
10.12	Precio de venta neto	486
10.13	Evaluación económica.....	487
10.13.1	Inversión	487
10.13.2	Flujos de caja anuales (FCA).....	490
10.13.3	Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).....	491
10.13.4	Valor presente neto (VPN).....	492
10.13.5	Tasa interna de rendimiento (TIR).....	493
10.14	Fuentes consultadas.....	494
10.14.1	Bibliografía	494
10.15	Anexos.....	495

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Formas de los distintos enlaces poliméricos – a: lineales – b: ramificadas – c: entrecruzadas.	46
Figura 2.2: Diferencia entre monómero y polímero.	47
Figura 2.3: Ejemplo de polimerización por condensación.	48
Figura 2.4: Ejemplo de polimerización por adición.	48
Figura 2.5: Proceso de compresión para la obtención de pequeñas piezas.	50
Figura 2.6: Proceso de inyección de plástico.	51
Figura 2.7: Esquema de proceso de termoconformado.	52
Figura 2.8: Esquema resumido de una máquina extrusora.	52
Figura 2.9: Proceso de soplado.	53
Figura 2.10: Proceso de colada.	54
Figura 2.11: Proceso de calandrado.	54
Figura 2.12: Extrusora de pistón.	55
Figura 2.13: Bomba de extrusión.	56
Figura 2.14: Esquema básico de una extrusora de tornillo.	57
Figura 2.15: Extrusora de tambor rotatorio.	57
Figura 2.16: Vista interna de máquina extrusora de doble tornillo.	59
Figura 2.17: Zonas principales de una extrusora de tornillo simple.	60
Figura 2.18: Flujo de material en una tolva de alimentación.	61
Figura 2.19: Corte transversal de una extrusora en la zona de transición.	62
Figura 2.20: Longitud de la zona de fusión.	63
Figura 2.21: Relación entre la longitud de fusión y la temperatura del cilindro para una velocidad de tornillo constante.	64
Figura 2.22: Efecto del ángulo de filete de tornillo en la longitud de fusión.	64
Figura 2.23: Ubicación de paquete de mallas para filtrado.	66

Figura 2.24: Sistema intercambiador de filtros.....	67
Figura 2.25: Distintos platos rompedores.....	67
Figura 2.26: Vista superior en corte de cabezal para producción de láminas.....	68
Figura 2.27: Cabezal para producción de caños.....	69
Figura 2.28: Vista superior en corte de cabezal para coextrusión de alambre (aislación de conductores).....	69
Figura 2.29: Cabezal para producción de perfiles rectangulares en U.....	70
Figura 2.30: Cabezal para producción de caños de gran diámetro.....	70
Figura 2.31: Hinchamiento debido a la relajación de un material de sección cuadrada.....	71
Figura 2.32: Hinchamiento del extruido a la salida de la boquilla.....	72
Figura 2.33: Contracción debida al enfriamiento de un material de sección cuadrada.....	72
Figura 2.34: Calibrador de vacío externo.....	73
Figura 2.35: Boquilla de calibración e irrigación inicial.....	73
Figura 2.36: Vacuómetro para control de nivel vacío.....	74
Figura 2.37: Unidad de tiro de tipo oruga.....	75
Figura 2.38: Unidad de tiro de cinta.....	75
Figura 2.39: Unidad de tiro a rodillos.....	76
Figura 2.40: Unidad de corte de tipo guillotina.....	77
Figura 2.41: Unidad de corte con sierra para láminas.....	78
Figura 2.42: Unidad de corte de cuchillas rotativas.....	78
Figura 3.1: Esquema productivo del sector de manufacturas de plástico.....	86
Figura 3.2: Aplicaciones de los productos plásticos en Argentina.....	86
Figura 3.3: Participación de la industria transformadora plástica en el producto bruto.....	88
Figura 3.4: Estructura de la industria transformadora plástica.....	89
Figura 3.5: Distribución geográfica de las empresas.....	89

Figura 3.6: Consumo de plásticos por habitante en Argentina.....	90
Figura 3.7: Producción de materias primas en Argentina.....	92
Figura 3.8: Producción de materias primas en Argentina en 2016.....	92
Figura 3.9: Importación de materias primas a Argentina.	93
Figura 3.10: Importación de materias primas a Argentina en 2016.	93
Figura 3.11: Exportación de materias primas desde Argentina.	94
Figura 3.12: Exportación de materias primas desde Argentina en 2016.....	94
Figura 3.13: Consumo aparente de materias primas en Argentina.....	95
Figura 3.14: Consumo aparente de materias primas en Argentina en 2016.....	96
Figura 3.15: Evolución en las importaciones de bienes de capital.....	100
Figura 3.16: Detalles de las importaciones de bienes de capital.	101
Figura 3.17: Detalles de las importaciones de bienes de capital en 2016.	102
Figura 3.18: Composición de las importaciones de máquinas y equipos.	103
Figura 3.19: Composición de las importaciones de máquinas y equipos en 2016.	103
Figura 3.20: Origen de las importaciones de máquinas y equipos.	104
Figura 3.21: Origen de las importaciones de máquinas y equipos en 2016.	105
Figura 3.22: Evolución de las exportaciones de bienes de capital.....	105
Figura 3.23: Evolución de las exportaciones de máquinas y equipos.	106
<i>Figura 3.24: Fachada del edificio de la empresa Ingas.</i>	<i>116</i>
<i>Figura 3.25: Fotografía del interior del taller.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 3.26: Fotografía del interior del taller.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 3.27: Ubicación de la empresa Ingas.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 3.28: Imagen satelital del terreno y edificio de Ingas y alrededores.</i>	<i>118</i>
Figura 5.1: Experimento de Newton.	130
Figura 5.2: Variación de la viscosidad con la velocidad de deformación.....	132

Figura 5.3: Dependencia de la viscosidad de distintos polímeros con la temperatura.	133
Figura 5.4: Curva de flujo típica de polímeros fundidos.	134
Figura 5.5: (a) Esquema ilustrativo del flujo de arrastre de un anillo sólido. (b) Flujo de arrastre creado por el movimiento a velocidad constante V de una placa.	138
Figura 5.6: Flujo de un anillo de material sólido en el canal de una extrusora de tornillo simple.	138
Figura 5.7: Esquema ilustrativo de todas las velocidades involucradas en el flujo del anillo sólido en el canal de una extrusora de tornillo simple.	140
Figura 5.8: Área considerada para el flujo del anillo sólido en el canal de una extrusora de tornillo simple.	142
Figura 5.9: Esquemas del balance de fuerzas en un elemento diferencial del anillo de material sólido.	142
Figura 5.10: Esquema del canal del tornillo incluyendo nombres de las variables geométrica más relevantes.	151
Figura 5.11: Canal desarrollado de una extrusora de tornillo simple indicando las características geométricas principales y componentes de velocidades.	151
Figura 5.12: (a) Canal rectangular de una extrusora de tornillo simple mostrando el perfil de las componentes en "x" de la velocidad del fluido. (b) Perfil de velocidad de las componentes adimensionales de la velocidad en "x" como función de la dirección adimensional transversal al canal "ξ"	154
Figura 5.13: Geometría empleada para resolver el modelo del flujo de un fundido en el canal rectangular de una extrusora de tornillo simple.	156
Figura 5.14: Tramas de contorno mostrando el componente axial de la velocidad del fundido como función de las componentes adimensionales de las coordenadas axiales y radiales para diferentes relaciones de gradientes de presión H/W . (a) $H/W = 1$, $\partial p/\partial z = 0$. (b) $H/W = 0,25$, $\partial p/\partial z = 0$. (c) $H/W = 0,25$, $\partial p/\partial z = 100$. (d) $H/W = 0,25$, $\partial p/\partial z = 500$	157
Figura 5.15: Factores de forma F_d y F_p definidos por las ecuaciones 5.74 y 5.75 como función de la relación H/W	159
Figura 5.16: Procesamiento termomecánico en una extrusora monoblock de tornillo simple.	160
Figura 5.17: Esquemas mostrando las componentes de velocidades del fundido en las direcciones transversales al canal (x), a lo largo del canal (z), y el eje de la extrusora (l).	161

Figura 5.18: Componentes de la velocidad del fundido como función de las direcciones adimensionales del canal transversal a diferentes gradientes de presión o Q_p/Q_d (ver ecuación 5.78). Las componentes de velocidades son en la dirección transversal al canal (x), a lo largo del canal (z), y la dirección del eje (l).....	162
Figura 5.19: Esquemas de la geometría involucrada en el cálculo de la potencia en el eje de la extrusora como función del vector unitario normal a la superficie del cañón y la tensión de tracción actuando en dicha superficie.	164
Figura 5.20: Características operativas de una extrusora de tornillo simple mostrando el flujo neto como función de la velocidad del tornillo considerada para diferentes contrapresiones y temperaturas.	166
Figura 5.21: Diferentes formatos de boquilla empleados en el proceso de extrusión junto con sus dimensiones geométricas más relevantes.	168
Figura 5.22: Ecuaciones para calcular la constante K para diferentes geometrías de boquilla.	170
Figura 5.23: Factor de corrección f_p empleado para estimar la conductancia de fluidos newtonianos en geometrías irregulares de boquillas en función de las características geométricas de las mismas.....	171
Figura 5.24: Curvas características para extrusoras de tornillo simple mostrando el flujo de arrastre como función de la diferencia de presión (contrapresión). (a) Influencia de la velocidad del tornillo. (b) Influencia de la geometría del tornillo (profundidad del canal H).	172
Figura 5.25: Curvas características para extrusoras de tornillo simple en términos del flujo neto como función de la diferencia de presión (contrapresión).	173
Figura 5.26: Curvas características para el flujo de un fluido newtoniano a través de la boquilla representada como el flujo neto en función de la caída de presión para diferentes boquillas definidas por la conductancia K.	173
Figura 5.27: Curvas características de trabajo para una extrusora de tornillo simple considerando el flujo en el canal del tornillo y el flujo a través de la boquilla.	174
Figura 5.28: Perfiles de presión en extrusoras de tornillo simple y canal cónico. Efecto del caudal del flujo neto en el perfil de presión.....	176
Figura 5.29: Balance térmico en la extrusión de polímeros.....	179
Figura 6.1: Vista de un tornillo estándar con sus características geométricas principales (D: diámetro cañón; D_s : diámetro tornillo; d: diámetro núcleo de tornillo; W: ancho del canal; e: espesor de filete; B: paso de tornillo; δ : holgura radial tornillo-cañón; θ : ángulo de filete.....	187

Figura 6.2: Ángulo de hélice óptimo en función del índice de comportamiento de flujo “n” para los polímeros empleados.	191
Figura 6.3: Relación de compresión del tornillo de LDPE.....	194
Figura 6.4: Relación de compresión del tornillo de HDPE y PP.	195
Figura 6.5: Vista esquemática en corte lateral de zona de fusión – compresión. Ángulo de conicidad.....	199
Figura 6.6: Producción en función del diámetro de tornillo.	203
Figura 6.7: Curva característica de tornillo para polipropileno (PP).	208
Figura 6.8: Curva característica de tornillo para polietileno de alta densidad (HDPE).	209
Figura 6.9: Curva característica de tornillo para polietileno de baja densidad (LDPE).	209
Figura 6.10: Representación esquemática de una boquilla para la fabricación de barras o filamentos.....	210
Figura 6.11: Punto de operación para extrusora de polipropileno (PP).	214
Figura 6.12: Punto de operación para extrusora de polietileno de alta densidad (HDPE).	215
Figura 6.13: Punto de operación para extrusora de polietileno de alta densidad (LDPE).	215
<i>Figura 6.14: Resultados del analizador de propiedades físicas para un tornillo destinado a la extrusión de PP.</i>	<i>220</i>
Figura 6.15: Zona crítica del tornillo.....	222
Figura 6.16: Resultados de la simulación por elementos finitos.....	224
Figura 6.17: Sistema de extracción de tornillos.	232
Figura 6.18: Tornillo para extrusión de polipropileno (PP).	233
Figura 6.19: Sistema convertidor de frecuencia para motores de corriente alterna. .	236
Figura 6.20: Sistema de impulsión mediante motor de corriente continua y fuente rectificadora.....	237
Figura 6.21: Curvas típicas de eficiencia mecánica vs revoluciones por minuto.	238
Figura 6.22: Vista anterior y dimensiones de motorreductor de engranajes helicoidales y ejes paralelos, línea F.....	240

Figura 6.23: Dimensiones principales convertidor de frecuencia.....	242
Figura 6.24: Tren de transmisión.....	243
Figura 6.25: Manguito transmisor de movimiento en corte.....	244
Figura 6.26: Resultado de tensiones normales (eje X).....	245
Figura 6.27: Resultado de tensiones de Von Mises (compresión).....	245
Figura 6.28: Deformaciones máximas a la compresión.	246
Figura 6.29: Resultado de tensiones de Von Mises (torsión).....	247
Figura 6.30: Resultado de deformaciones máximas a la torsión.	247
Figura 6.31: Tensiones de Von Mises (esfuerzos combinados).....	248
Figura 6.32: Deformaciones máximas (esfuerzos combinados).....	249
Figura 6.33: Sección del retén radial DBH 9679, tipo Mx.....	254
Figura 6.34: Figura 6.31: Sección del retén radial DBH 8995, tipo Lx.	255
Figura 6.35: Viscosidad nominal v_1 a la temperatura de referencia.	257
Figura 6.36: Grado de viscosidad ISO según temperatura de funcionamiento.	258
Figura 6.37: Tapón del ingreso del aceite M30.	259
Figura 6.38: Corte del alojamiento del manguito.	260
Figura 6.39: Vista en corte de conjunto ensamblado.	261
Figura 6.40: Perspectiva del conjunto ensamblado.	261
Figura 6.41: Esquema de tolva.	265
Figura 6.42: Diseño deficiente vs diseño eficiente de tolva de alimentación.....	266
Figura 6.43: Ángulo de reposo de materiales granulares.	267
Figura 6.44: Ángulo de inclinación de la zona convergente.....	268
Figura 6.45: Diseño de tolva de alimentación.	270
Figura 6.46: Diseño de la válvula mariposa.....	272
Figura 6.47: Válvula mariposa colocada en la tolva.	272
Figura 6.48: Guía y corredera de la tolva.	273

Figura 6.49: Tolva en posición de descarga.....	274
<i>Figura 6.50: Tee de la zona de alimentación.</i>	<i>277</i>
Figura 6.51: Vista inferior de la tee de la zona de alimentación.....	277
Figura 6.52: Ensamblaje sección alimentación.....	278
Figura 6.53: Diseño del cañón.	281
Figura 6.54: Alineador del cañón.....	282
Figura 6.55: Formación de burbujas en producto extruido.	283
Figura 6.56: Extrusora con tronillo de dos etapas y punto de venteo.	283
Figura 6.57: Ensamblaje plato rompedor y mallas.	287
Figura 6.58: Vista posterior del plato rompedor.....	287
Figura 6.59: Resistencias tipo abrazadera.	292
Figura 6.60: Cerramiento del cañón.	294
Figura 6.61: Ensamblaje de la sección del cañón.	295
Figura 6.62: Vista en corte de la boquilla para filamentos.....	296
Figura 6.63: Cabezal en corte.	297
Figura 6.64: Vista en corte de cabezal para extrusión de filamentos.	298
Figura 6.65: Vista en corte del cabezal para extrusión de caños.	299
Figura 6.66: Ensamblaje del cabezal para extrusión de filamentos.	300
Figura 6.67: Soporte de la máquina.	305
Figura 6.68: Visto el soporte desde abajo, se revela el bastidor formado por perfiles UPN 120.	306
Figura 6.69: Pata del soporte.	307
Figura 6.70: Ubicación de los cáncamos de izaje anteriores.....	308
Figura 6.71: Ubicación de los cáncamos de izaje posteriores.	309
Figura 6.72: Correcta ubicación del gancho de la grúa y las eslingas.	310

<i>Figura 6.73: Variación del caudal de salida y las dimensiones en función de la presión.</i>	315
<i>Figura 6.74: Sensor de presión extensométrico.</i>	316
<i>Figura 6.75: Sensor de presión piezo-resistivo.</i>	316
<i>Figura 6.76: Ubicación del sensor de presión en el cañón.</i>	317
<i>Figura 6.77: Sensor resistivo PT100.</i>	318
<i>Figura 6.78: Termistor.</i>	319
<i>Figura 6.79: Esquema básico de una termocupla.</i>	320
<i>Figura 6.80: Ubicación de sensores de temperatura.</i>	321
<i>Figura 6.81: Sensor de proximidad capacitivo.</i>	321
<i>Figura 6.82: Principio de funcionamiento de sensores capacitivos.</i>	322
<i>Figura 6.83: Esquema de conexionado de final de carrera magnético.</i>	323
<i>Figura 6.84: Interruptor termomagnético tetrapolar marca WEG modelo DWB 160.</i>	325
<i>Figura 6.85: Extracto del manual de variadores SEW MOVITRAC B.</i>	326
<i>Figura 6.86: Base porta fusible y fusible de 80 A tamaño 00 marca WEG.</i>	327
<i>Figura 6.87: Relé de estado sólido.</i>	328
<i>Figura 6.88: Pirómetro digital marca Maxwell.</i>	329
<i>Figura 6.89: PLC + HMI Vision modelo V230-103-B20B.</i>	330
<i>Figura 6.90: Gabinete de comando.</i>	334
<i>Figura 6.91: Gabinete de potencia.</i>	335
<i>Figura 6.92: Vista lateral de la extrusora.</i>	337
<i>Figura 6.93: Imágenes renderizadas de la extrusora completamente ensamblada y sus gabinetes de comando y potencia.</i>	338
<i>Figura 7.1: Ejemplo de proceso continuo – línea de extrusión.</i>	346
<i>Figura 7.2: Ejemplo de proceso discreto – línea de ensamblaje.</i>	347
<i>Figura 7.3: Ejemplo de proceso batch – fábrica de calderas.</i>	348

<i>Figura 7.4: Componentes principales de un torno paralelo.</i>	352
<i>Figura 7.5: Componentes principales de una limadora mecánica.</i>	355
<i>Figura 7.6: Transmisión principal de una limadora mecánica.</i>	356
<i>Figura 7.7: Partes principales de un taladro de banco.</i>	359
<i>Figura 7.8: Soldadura tipo SMAW.</i>	361
<i>Figura 7.9: Soldadura tipo MIG.</i>	361
<i>Figura 7.10: Soldadura TIG.</i>	362
<i>Figura 7.11: Soldadura por arco sumergido (SAW).</i>	362
<i>Figura 7.12: Aparejo de izaje de 1000 kg.</i>	364
<i>Figura 7.13: Sierra sin fin para metales.</i>	365
<i>Figura 7.14: Fresadora vertical CNC HAAS TM-1</i>	366
<i>Figura 7.15: Pantógrafo CNC equipado con cortadora de plasma.</i>	368
<i>Figura 7.16: Logotipo de la empresa.</i>	378
<i>Figura 7.17: Organigrama de la empresa.</i>	385
<i>Figura 9.1: Cerramiento de protección.</i>	401
<i>Figura 9.2: Chaveta.</i>	402
<i>Figura 9.3: Pernos antigiro.</i>	402
<i>Figura 9.4: Componentes de la extrusora SSE 60.</i>	403
<i>Figura 9.5: Motorreductor.</i>	404
<i>Figura 9.6: Acoplamiento.</i>	404
<i>Figura 9.7: Tolva</i>	405
<i>Figura 9.8: Camisa de enfriamiento.</i>	406
<i>Figura 9.9: Cañón.</i>	406
<i>Figura 9.10: Tornillo.</i>	407
<i>Figura 9.11: Cerramiento.</i>	407
<i>Figura 9.12: Banda calefactora.</i>	408

Figura 9.13: Ventilador.....	408
Figura 9.14: Cabezal.....	409
Figura 9.15: Soporte.....	409
Figura 9.16: Alineador del cañón.....	410
Figura 9.17: Gabinete de control.....	410
Figura 9.18: Tablero de control superior.....	411
Figura 9.19: Tablero de control inferior.....	412
Figura 9.20: Gabinete de potencia.....	412
Figura 9.21: Simbología del embalaje.....	417
Figura 9.22: Ubicación de los cáncamos de izaje anteriores.....	419
Figura 9.23: Ubicación de los cáncamos de izaje posteriores.....	419
Figura 9.24: Correcta ubicación del gancho de la grúa y las eslingas.....	420
Figura 9.25: Detalle de la tolva.....	424
Figura 9.26: Desmontaje del tornillo.....	427
Figura 9.27: Tornillo de la punta del tornillo.....	428
Figura 9.28: Desmontaje del cabezal.....	429
Figura 9.29: Tornillos a quitar para el desmontaje.....	430
Figura 9.30: Desmontaje de la chaveta.....	431
Figura 9.31: Mirilla del nivel de aceite del reductor.....	432
Figura 9.32: Intervalos de cambio de aceite en condiciones ambientales normales.....	441
Figura 9.33: Tapón roscado para el drenaje de aceite.....	447
Figura 9.34: Tapón para el ingreso de aceite.....	448
Figura 10.1: Desglose del precio de venta de un producto.....	461

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Características del mercado, insumos y fabricantes de los principales productos plásticos.....	87
Tabla 3.2: Principales procesos de transformación de plásticos.	97
Tabla 3.3: Principales productos fabricados con diferentes materias primas y procesos.	98
Tabla 3.4: Valor económico de las importaciones de bienes de capital.	102
Tabla 3.5: Valor económico de las importaciones de máquinas y equipos.	104
<i>Tabla 3.6: Infraestructura de la empresa Ingas.</i>	<i>120</i>
Tabla 5.1: Rango de velocidades de cizalla aproximado en diversos procesos.	131
Tabla 6.1: Propiedades de distintos polímeros.	190
Tabla 6.2: Relaciones de compresión típicas para distintos polímeros.	193
Tabla 6.3: Comparación entre los distintos sistemas de impulsión.	239
Tabla 6.4: Extracto del catálogo del fabricante de motorreductores.	241
Tabla 6.5: Rodamiento de una hilera de bolas SKF 61920.	250
Tabla 6.6: Rodamiento axial de bolas SKF 51120 (crapodina).	251
Tabla 6.7: Densidades aparentes de distintos elementos a granel.....	269
Tabla 6.8: Características de los polímeros y materiales de los tornillos.	280
Tabla 6.9: Guía general para diseño de tornillos.....	284
Tabla 6.10: Perfiles de temperatura recomendados para la extrusión de distintos polímeros.....	289
Tabla 6.11: Propiedades térmicas de distintos polímeros.	290
Tabla 6.12: Cáncamos machos métricos DIN 580.	308
Tabla 6.13: Comparativa de transductores de presión.	317
Tabla 6.14: Comparativa de sensores de temperatura.	320
Tabla 6.15: Características técnicas.....	323
Tabla 6.16: Elementos principales de la etapa de potencia.....	324

Tabla 6.17: Corriente nominal de los distintos variadores.	326
Tabla 6.18: Tabla de verdad para selección de velocidades de tornillo en función de las entradas digitales DI04-05 del variador.	329
Tabla 6.19: Detalle de entradas y salidas analógicas y digitales necesarias.	331
Tabla 6.20: Módulos de encastre para PLC's de la serie Vision.	332
Tabla 6.21: Catálogo de pupitres estancos Genrod.	335
Tabla 6.22: Catálogo de gabinetes estancos Genrod	336
<i>Tabla 7.1: Características principales del torno WING modelo L.</i>	<i>354</i>
<i>Tabla 7.2: Características principales del torno SIDERAL.</i>	<i>354</i>
<i>Tabla 7.3: Características principales de la limadora FOLLOW SH-680.</i>	<i>357</i>
<i>Tabla 7.4: Características perforadora SINQUET TIPO 25.</i>	<i>359</i>
<i>Tabla 7.5: Características de soldadora de arco CEMONT SV260.</i>	<i>363</i>
<i>Tabla 7.6: Características fresadora vertical CNC HAAS TM-1.</i>	<i>367</i>
<i>Tabla 7.7: Características principales del pantógrafo CNC MSP-1010.</i>	<i>369</i>
<i>Tabla 10.1: Costo de materia prima.</i>	<i>468</i>
Tabla 10.2: Costo de mano de obra.	472
Tabla 10.3: Aportes sociales.	472
<i>Tabla 10.4: Costo primo.</i>	<i>473</i>
<i>Tabla 10.5: Cargas fabriles.</i>	<i>474</i>
<i>Tabla 10.6: Carga instalada.</i>	<i>475</i>
Tabla 10.7: Depreciación de los activos fijos.	477
Tabla 10.8: Costo de producción.	482
Tabla 10.9: Gastos de comercialización.	484
Tabla 10.10: Costo de venta.	484
<i>Tabla 10.11: Costo total.</i>	<i>485</i>
<i>Tabla 10.12: Precio de venta neto.</i>	<i>486</i>

<i>Tabla 10.13: Inversiones.</i>	487
Tabla 10.14: Equipamiento de planta.	488
Tabla 10.15: Equipamiento de oficinas.	489
Tabla 10.16: Flujos de caja anuales.	490

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación del tema elegido

Los perfiles termoplásticos, que ofrecen las empresas argentinas transformadoras de plástico, responden a estándares o son personalizados para un determinado tipo de cliente. Esta situación hace que el abanico de lo que se ofrece sea muy amplio, y en la mayoría de los casos el mediano empresario termina cautivo de su mercado. Lo mencionado, se fundamenta en el mismo bien de capital elegido (máquina de extrusión), ya que su elección confina al empresario local a producir para una determinada porción del mercado, con un determinado tipo de cliente, y con una cierta querencia temporal por parte de este último. Esta realidad, genera en la industria, la necesidad de poder extruir la mayor variedad de termoplásticos posibles (polietileno, polipropileno, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, etc.) con la misma máquina.

A sabiendas, que los clientes-usuarios de este tipo de máquinas desean: a) disponer de un número menor de tipos de máquina extrusora, con la intención de focalizar mejor sus planes de inversión, b) que cada máquina extrusora pueda procesar una mayor variedad de tipos de termoplásticos y, c) unificar la mayor cantidad de repuestos, kit de reparación, y accesorios; el presente proyecto replantea la reingeniería de esta máquina extrusora.

Para lograr lo dicho en el párrafo anterior, es importante llevar a cabo los diseños de tornillos optimizados para distintos tipos de termoplásticos utilizados en el mercado nacional. Cada tipo de termoplástico exige un perfil de tornillo diferente para lograr una óptima producción.

Para la fabricación de esta máquina se evaluará la posibilidad de realizar una extensión en la empresa INGAS, ubicada en la ciudad de Rafaela, cuyo propietario es el Ingeniero Jorge Pruvost. Cabe mencionar que se apunta a un mercado regional, y en un futuro un producto con proyección internacional.

La reingeniería de producto realiza estudios sobre productos o diseños preexistentes con el fin de optimizar una o varias de sus características. Como en cualquier problema de optimización se busca maximizar o minimizar una función atendiendo a una serie de restricciones para, en la práctica, mejorar prestaciones.

El proyecto se enmarca en la normativa reglamentaria de la materia "Proyecto Final", de la carrera de grado Ingeniería Electromecánica, aplicándose conocimientos adquiridos de diferentes materias que conforman la carrera.

1.2 Fundamentación del tema elegido

El uso del plástico es cada día más común debido a que pueden reemplazar a muchos materiales como madera, metal, papel, caucho, cerámica, vidrio, etc. Es muy difícil mirar hacia algún lado y no encontrar objetos fabricados con materiales plásticos, los cuales se han convertido en elementos de uso cotidiano en el mundo moderno. El proceso de extrusión es uno de los más importantes en la industria de transformación del plástico. Entre los productos que se pueden manufacturar se encuentran: tuberías, mangueras, filamentos, películas, recubrimiento de conductores y un número ilimitado de perfiles.

La operación o procedimiento de extrusión es la acción de forzar el paso de un plástico o material fundido, por medio de presión, a través de un “dado” o “boquilla”. El procedimiento se ha utilizado durante muchos años para metales, como el aluminio, que fluyen plásticamente cuando se someten a una presión de deformación. En el procedimiento original para someter los polímeros a extrusión, se utilizaron máquinas similares impulsadas por un ariete o pujador mecánico. En el proceso moderno se utilizan tornillos para hacer fluir el polímero en el estado fundido o gomoso a lo largo de la camisa de la máquina. El tipo de dispositivo más utilizado es el de tornillo simple. También se utilizan los extrusores de tornillos gemelos cuando se necesita una mezcla o las condiciones de transporte del material fundido son más exigentes.

La entrada de energía mecánica se inicia por medio de un motor eléctrico (que puede ser de corriente continua o de corriente alterna con variador) que, mediante un mecanismo de transmisión (el cual puede ser una caja de engranajes o un reductor sin fin y corona) multiplica el torque de ingreso. Dicho momento es transmitido por medio de un acople, al tornillo extrusor que posee una forma cónica a la salida, y el mismo gira dentro de una camisa o cañón con holgura deslizante entre ellos.

Por otra parte, el aporte de energía térmica lo realiza un conjunto de resistencias calefactoras en forma de anillo que abrazan al barril y lo calientan. De este modo, el material termoplástico que ingresa por la tolva se calienta y ablanda, a medida que avanza por acción del tornillo. El control de temperatura se realiza por medio de pirómetros distribuidos a lo largo del barril. Dichos pirómetros poseen salidas tipo relé que comandan el encendido y apagado de las distintas resistencias, fluctuando alrededor de un valor medio (valor de seteo de la temperatura). Antes de la boquilla, se encuentra un paquete de mallas filtrantes que eliminan las impurezas que pueda haber en la masa fundida (geles, carbón, pigmentos, grumos, etc.). A continuación, la placa rompedora se encarga de cambiar el flujo en espiral a flujo axial, eliminando la inercia de giro del plástico fundido. El plástico ya fundido, con flujo modificado y filtrado, fluye al último componente de la máquina llamado cabezal o boquilla, que le confiere su forma final al material extruido. A partir del recambio de la misma, se pueden obtener distintos perfiles.

Para el caso de estudio, se plantea optimizar en número de máquinas de extrusión que se ofrecen en nuestro mercado nacional, con el objetivo de que una misma máquina de extrusión pueda procesar la mayor variedad de termoplásticos.

1.3 Objetivos del trabajo

1.3.1 Objetivo general

- Proponer una máquina de extrusión, al fabricante de perfiles, que pueda procesar la mayor variedad de materiales termoplásticos posibles.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir las características fundamentales de la máquina (tipos de plásticos a procesar por la misma, capacidad, geometrías de los tornillos).
- Diseñar tornillos que permitan procesar los termoplásticos más usados en la industria transformadora plástica nacional, en cuanto a extrusión.
- Evaluar distintas alternativas de impulsión para imprimir el movimiento de rotación al tornillo.
- Presentar un modelo base de extrusora, y evaluar posibles modelos alternativos a ofrecer al mercado (capacidad de producción, dimensiones, etc.).
- Realizar un estudio de factibilidad técnico-económica, atendiendo a todos los aspectos relacionados para dicha meta (estudio de mercado, ubicación, proveedores, infraestructura, maquinarias, proceso, recursos, etc.).

1.4 Alcance

En cuanto al mercado, se apunta a uno nacional, principalmente Rafaela, la región y centro del país. Como se verá más adelante en el estudio de mercado, se ofrecerán tres modelos de extrusoras con distintas capacidades, para que nuestros futuros clientes tengan la posibilidad de elegir la que más se adecúa a sus necesidades. Se evaluará técnicamente sólo el modelo de capacidad intermedia y se nombrará cuáles serán las características de los otros dos modelos.

Por otro lado, se definirá la localización de nuestra empresa, la cual quedará definida por diversos factores que analizaremos puntualmente, como, por ejemplo, ubicación de proveedores y mercados, vías de comunicación, etc. Como en nuestro caso, existe la posibilidad de instalarnos en un edificio ya existente, perteneciente a otra empresa, analizaremos también los recursos disponibles en él, como infraestructura y maquinaria.

La empresa y su organización será otro punto evaluado. Esta evaluación consistirá en elegir un nombre comercial, tipo de sociedad y estructura organizativa. En cuanto a esta última, definiremos los departamentos, la relación entre ellos y el personal a cargo, haciendo uso de un organigrama.

En cuanto al producto, se pretende hacer el diseño de una máquina de extrusión de termoplásticos. Se comparará dicho diseño con los modelos tradicionales. Se analizarán los tres termoplásticos más procesados según un estudio de mercado y se procederá a diseñar un tornillo extrusor para cada uno de ellos. Cada tornillo estará optimizado para trabajar con un determinado polímero, siendo necesario colocar en la extrusora el tornillo adecuado para cada materia prima a procesar. El diseño de dicha máquina comprende componentes mecánicos, térmicos, eléctricos, electrónicos y electromecánicos, haciendo de él un desafío interesante y completo. Los componentes principales a desarrollar son: tornillo, cañón, tee refrigerada, cerramiento de cañón, resistencias, tolva, motor, transmisión, soporte y automatización. En cuanto al cabezal de la extrusora, debido a que requiere un análisis más complejo debido a su forma intrincada, no se incluirán los cálculos del mismo en el informe. No obstante, se presentará un diseño preliminar de un cabezal con boquillas intercambiables para la fabricación de filamentos y caños, a modo de informar al lector sobre cómo es el proceso de fabricación de estos últimos componentes plásticos.

Un manual de usuario acompañará nuestro producto, por lo que se confecciona uno, atendiendo a la puesta en marcha, mantenimiento, seguridad del usuario, y a las soluciones correspondientes a posibles problemas comunes.

Se abordará en el presente proyecto las etapas que definen el proceso de fabricación del producto, esto es, confeccionar diagramas de flujo de los procesos productivos que se realizarán para obtener una máquina extrusora como la descrita. Según la maquinaria existente en el taller y teniendo en cuenta las piezas a fabricar, se determinará qué máquinas necesitaremos incorporar y cuáles serán sus características. Todos los procesos y componentes que requieran de máquinas muy costosas o que no sean convenientes realizarlos en nuestra empresa, serán tercerizados. Una vez que se

definan todos estos aspectos, estaremos en condiciones de presentar un layout con la distribución óptima de las máquinas y los sectores dentro del taller, a fin de facilitar y hacer más fluida la ejecución de los procesos productivos.

Por último, para conocer si el proyecto es económicamente rentable, un análisis económico estará presente al final del informe. Se desglosarán y analizarán los costos implicados en la manufactura de una extrusora, con el fin de determinar su costo total para la empresa y su precio de venta al público. Luego se hará un análisis de la situación económica de la empresa para sus primeros cinco años de vida. Dentro de este período, se tendrán en cuenta inversiones, ingresos por unidades vendidas, egresos por costos, etc., que nos permitirán calcular la TIR y el VPN.

2 ANTECEDENTES

2.1 Introducción

Podemos encontrar plásticos en diversas aplicaciones de la vida moderna, son versátiles, fáciles de fabricar y muy económicos. El uso del plástico es cada día más común debido a que pueden remplazar a muchos materiales como madera, metal, papel, caucho, cerámica, vidrio, etc. Es muy difícil mirar hacia algún lado y no encontrar objetos fabricados con materiales plásticos, los cuales se han convertido en elementos de uso cotidiano en el mundo moderno.

El proceso de extrusión es uno de los más importantes en la industria de transformación del plástico. Entre los productos que se pueden manufacturar se encuentran: tuberías, mangueras, fibras, películas y un número ilimitado de perfiles. En el proceso de extrusión se utiliza, además, el “compounding”, es decir, la mezcla y formulación de compuestos plásticos para producir gránulos de materia prima como por ejemplo el WPC o Wood Plastic Compound, el cual es una mezcla de polímeros (reciclados o no) con harina de madera, en combinación con aditivos que les otorgan ciertas propiedades.

El corazón de un extrusor es un tornillo que gira dentro de un barril o cilindro, y es capaz de bombear (empujar) una materia a una velocidad específica, bajo ciertas condiciones de operación.

Los materiales utilizados en el proceso de extrusión son, por lo general, **termoplásticos**. Estos materiales se suavizan cuando se calientan y se transforman en fluido, que posteriormente se endurece cuando se enfría y se transforma en sólido.

2.2 Conceptos fundamentales

2.2.1 Introducción a los plásticos

2.2.1.1 ¿Qué son los plásticos?

El término plástico en su significado más general, se aplica a las sustancias de similares estructuras que poseen, durante un intervalo de temperaturas, propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido concreto, nombra ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación semi-natural de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta. Poseen excelentes propiedades para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas dependiendo del tipo de plástico (ver figura 2.1).

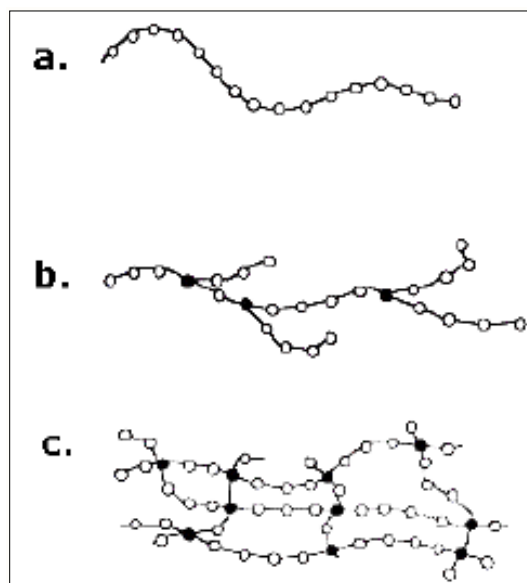


Figura 2.1: Formas de los distintos enlaces poliméricos – a: lineales – b: ramificadas – c: entrecruzadas.

2.2.1.2 ¿Qué son los polímeros?

Los polímeros son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros (ver figura 2.2). Estos forman largas cadenas que se unen entre sí por fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno o interacciones hidrofóbicas. Los polímeros tienen elevadas masas moleculares, que pueden alcanzar incluso millones de UMAs.

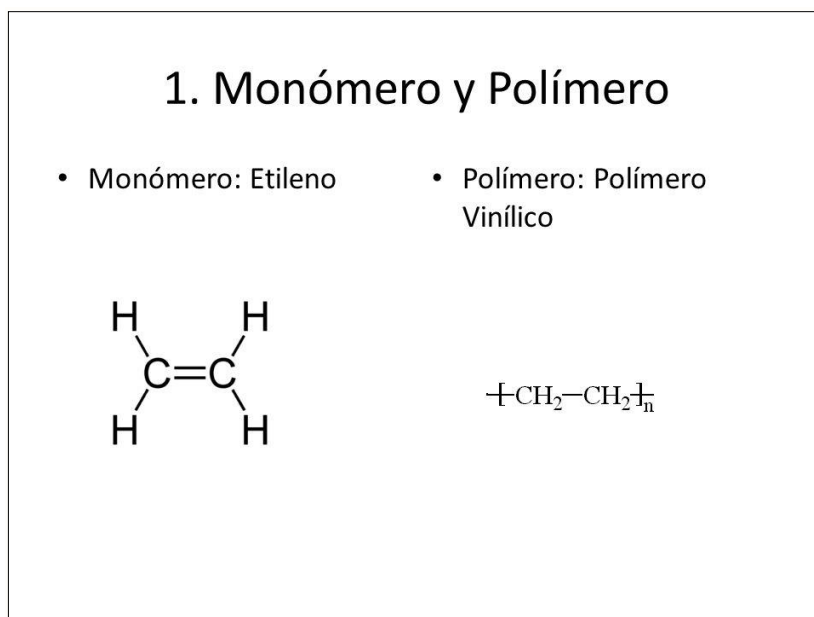


Figura 2.2: Diferencia entre monómero y polímero.

2.2.1.3 ¿Qué es la polimerización?

La polimerización es una reacción química por la cual los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular), forman enlaces químicos entre sí, para dar lugar a una molécula de gran peso molecular (macromolécula), ya sea esta de cadena lineal o de estructura tridimensional, denominada polímero. Para realizar este proceso, sea cual sea la forma en que se realice, se necesita de un catalizador. Los dos métodos básicos de polimerización son las reacciones de condensación y las de adición.

2.2.1.3.1 Polimerización por condensación

Es un proceso donde distintas sustancias reaccionan para crear uno o más monómeros, los cuales se unirán entre sí para formar un dímero, que por reacción con otros monómeros o dímeros (o trímeros, etc.) dará lugar el correspondiente polímero. En cada

unión de dos monómeros se pierde una molécula pequeña, por ejemplo, agua (ver figura 2.3). Debido a esto, la masa molecular del polímero no es necesariamente un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero. Son reacciones endotérmicas.

Este tipo de polimerización forma macromoléculas tridimensionales, lo que da lugar a los materiales termorígidos. Ejemplos: baquelitas, poliésteres, poliamidas, siliconas, poli etilenglicol, policarbonato.

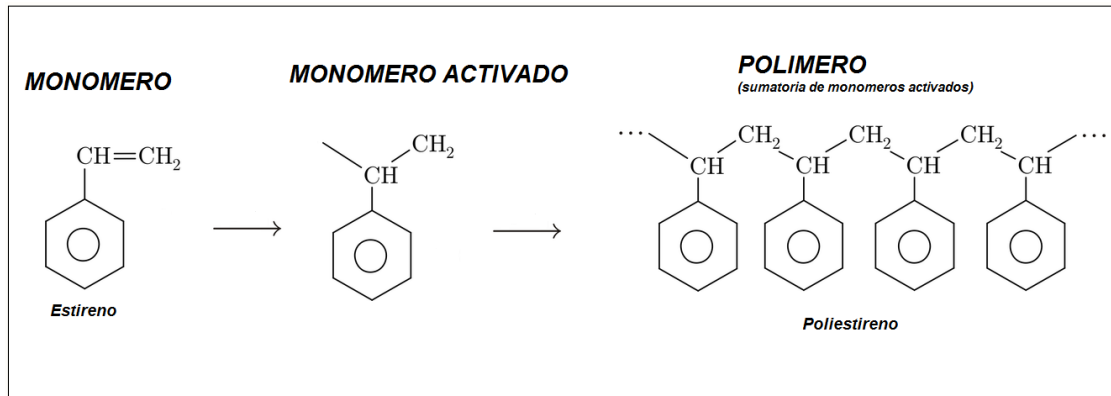


Figura 2.3: Ejemplo de polimerización por condensación.

2.2.1.3.2 Polimerización por adición

Se basa en la formación de cadenas a través de la adición de monómeros activados. Da lugar a polímeros lineales. Generalmente no genera subproductos y su reacción es exotérmica (ver figura 2.4). Al formarse cadenas lineales da lugar a los materiales termoplásticos. Ejemplos: poliestireno, polietileno, polipropileno, cloruro de polivinilo.

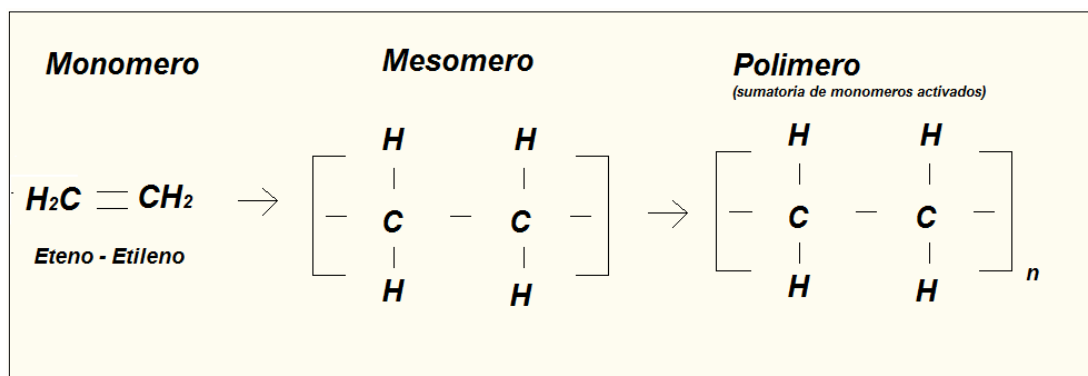


Figura 2.4: Ejemplo de polimerización por adición.

2.2.1.4 Materias primas empleadas para la producción de plásticos

La fabricación de los plásticos y sus manufacturados implica cuatro pasos básicos: obtención de las materias primas, síntesis del polímero básico, obtención del polímero como un producto utilizable industrialmente y moldeo o deformación del plástico hasta su forma definitiva.

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban a partir de resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), el furfural (de la cáscara de la avena), aceites de semillas y derivados del almidón o del carbón. La caseína de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados. A pesar de que la producción del nylon se basaba originalmente en el carbón, el aire y el agua, y de que el nylon 11 se fabrica todavía con semillas de ricino, la mayoría de los plásticos se elaboran hoy con derivados del petróleo.

Las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

2.2.1.5 Empleo de aditivos

Con frecuencia se utilizan aditivos químicos para conseguir una propiedad determinada. Por ejemplo, los antioxidantes protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos. Muchos plásticos se fabrican en forma de material compuesto, lo que implica la adición de algún material de refuerzo (normalmente fibras de vidrio o de carbono) a la matriz de la resina plástica. Los materiales compuestos tienen la resistencia y la estabilidad de los metales, pero por lo general son más ligeros. Las espumas plásticas, compuestas de plástico y gas, proporcionan una masa de gran tamaño, pero muy ligera.

2.2.2 Moldeo de plásticos

Debido a que existen variados tipos de plásticos, con distintas propiedades, también son variados los procesos empleados para otorgarles la forma final que se requiera en función del producto que se fabrique.

Estos procesos se pueden dividir en:

- Moldeo a alta presión: entre los que podemos mencionar la compresión, inyección, termoconformado, y extrusión.
- Moldeo a baja presión: en el que destaca el soplado.
- Otras técnicas: colado, espumado, calandrado.

2.2.2.1 Moldeo a alta presión

Se realiza mediante máquinas hidráulicas que ejercen la presión suficiente para el moldeo de las piezas. Básicamente existen tres tipos: compresión, inyección y extrusión.

2.2.2.1.1 Compresión

El plástico en polvo es calentado y comprimido entre las dos partes de un molde mediante la acción de una prensa hidráulica, ya que la presión requerida en este proceso es muy grande.

Se usa para obtener pequeñas piezas de baquelita, como los mangos aislantes del calor de los recipientes y utensilios de cocina (ver figura 2.5)

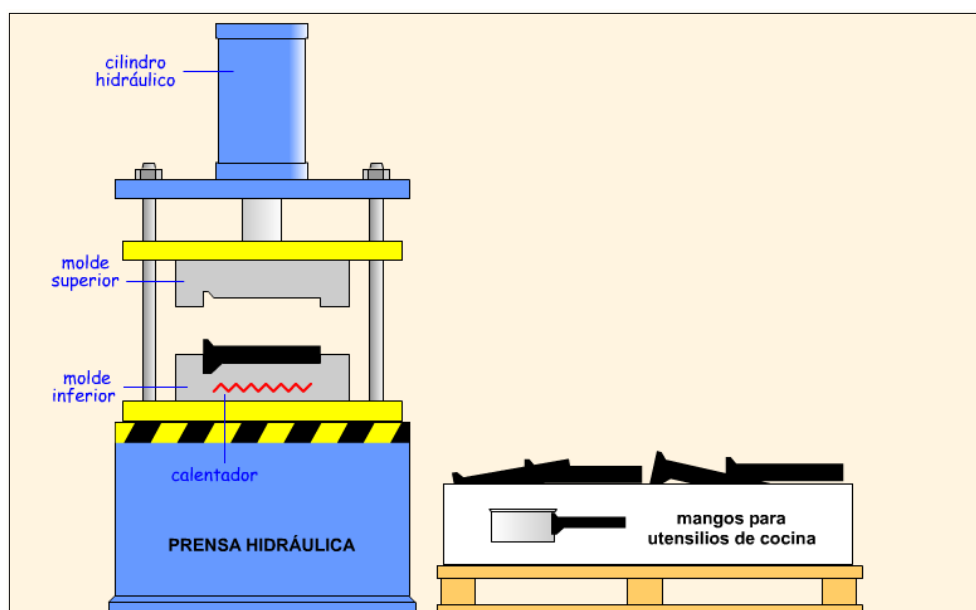


Figura 2.5: Proceso de compresión para la obtención de pequeñas piezas.

2.2.2.1.2 Inyección

Consiste en introducir el plástico granulado dentro de un cilindro, donde se calienta. En el interior del cilindro hay un tornillo sinfín o un émbolo hidráulico que actúa de igual manera que el émbolo de una jeringuilla. Cuando el plástico se reblandece lo suficiente, el tornillo o el émbolo lo inyecta a alta presión en el interior de un molde de acero para darle forma. El molde y el plástico inyectado se enfrían mediante unos canales interiores por los que circula agua. Por su economía y rapidez, el moldeo por inyección resulta muy indicado para la producción de grandes series de piezas. Por este procedimiento se fabrican palanganas, cubos, carcasas, componentes del automóvil, etc. (ver figura 2.6).

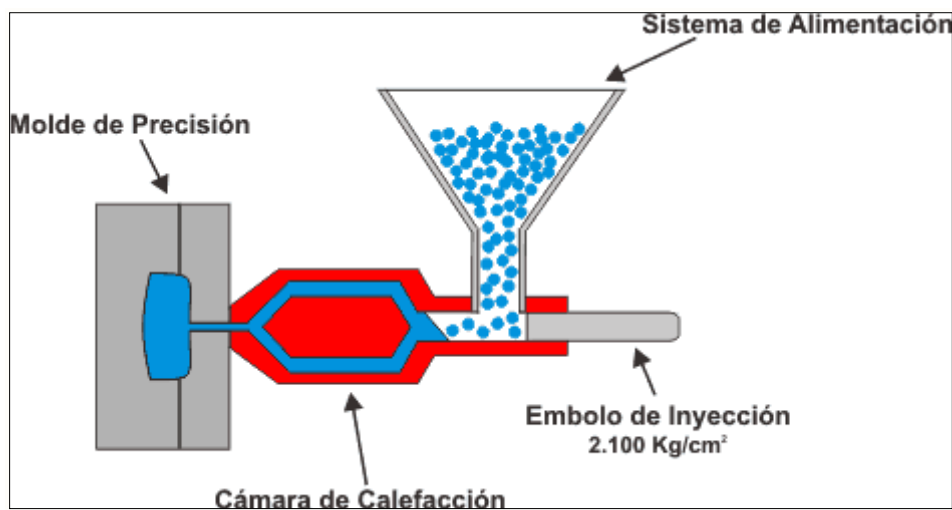


Figura 2.6: Proceso de inyección de plástico.

2.2.2.1.3 Termoconformado o termoformado

Consistente en calentar una plancha o lámina de semielaborado termoplástico, de forma que al reblandecerse puede adaptarse a la forma de un molde por acción de presión y vacío, mediante un contramolde, o la acción combinada de ambos (ver figura 2.7). A diferencia de otros procesos, el termoformado parte de una lámina rígida de espesor uniforme realizada por el proceso de extrusión, y permite realizar pequeñas producciones por su bajo costo en matricería llegando a ser rentable en altas producciones también.

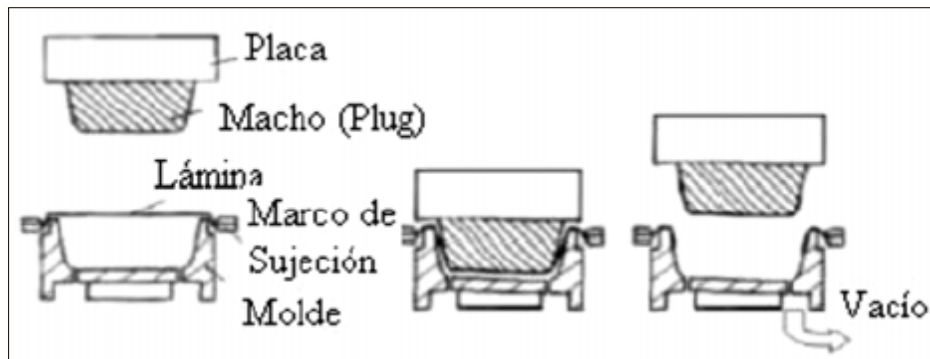


Figura 2.7: Esquema de proceso de termoconformado.

2.2.2.1.4 Extrusión

El proceso de extrusión es uno de los más importantes en la industria de transformación del plástico. Entre los productos que se pueden manufacturar se encuentran: tuberías, mangueras, fibras, películas y un número ilimitado de perfiles. En dicho proceso se puede emplear, además, el compounding, es decir, la mezcla y formación compuestos cuya matriz está conformada por otros materiales en conjunto con el plástico, como lo es el WPC (Wood Plastic Compound).

El polímero fundido (o en estado ahulado) es forzado a pasar a través de un dado también llamado boquilla, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un tornillo (tornillo de Arquímedes) que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas llamada cañón, con una separación milimétrica entre ambos elementos. El material polimérico es alimentado por medio de una tolva en un extremo de la máquina y debido a la acción de empuje se funde, fluye y mezcla en el cañón y se obtiene por el otro lado con un perfil geométrico preestablecido (ver figura 2.8).

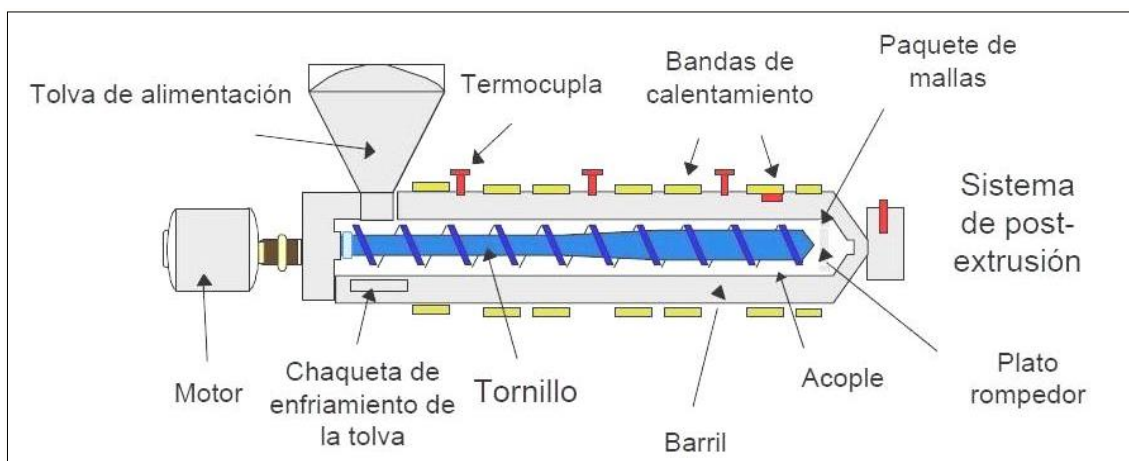


Figura 2.8: Esquema resumido de una máquina extrusora.

2.2.2.2 Moldeo a baja presión

Se emplea para dar forma a láminas de plástico mediante la aplicación de calor y presión hasta adaptarlas a un molde.

2.2.2.2.1 Soplado

En este método se emplea un cilindro plástico ablandado que se posiciona dentro de un molde. Una vez cerrado el mismo una corriente de aire o vapor es soplado por un extremo causando que el material se expanda y se llene la cavidad del molde. Este método permite obtener recipientes de pequeños y grandes volúmenes como por ejemplo las botellas (ver figura 2.9).

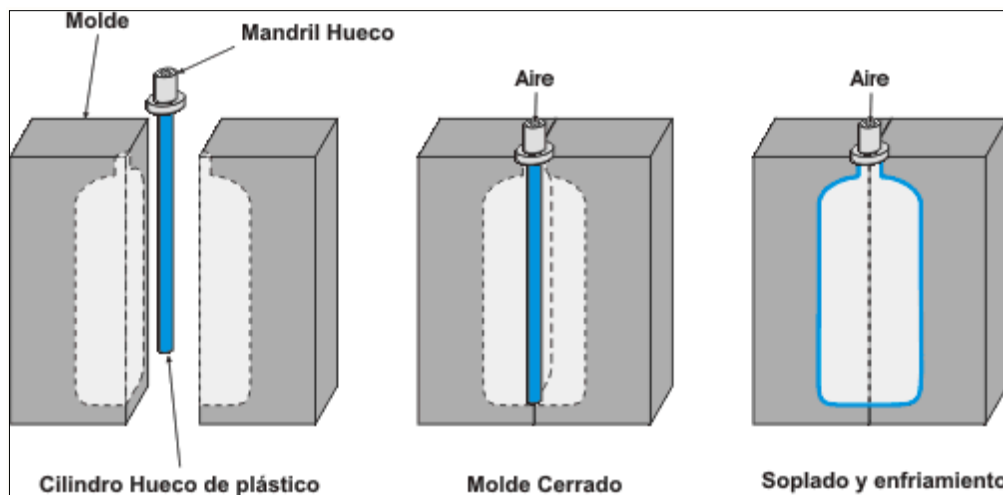


Figura 2.9: Proceso de soplado.

2.2.2.3 Otras técnicas

2.2.2.3.1 Colada

La colada consiste en el vertido del material plástico en estado líquido dentro de un molde, donde fragua y se solidifica. La colada es útil para fabricar pocas piezas o cuando emplean moldes de materiales baratos de poca duración, como escayola o madera. Debido a su lentitud, este procedimiento no resulta útil para la fabricación de grandes series de piezas (ver figura 2.10).

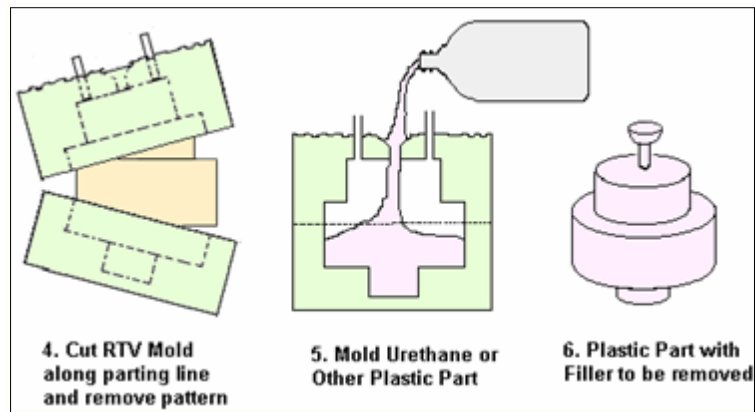


Figura 2.10: Proceso de colada.

2.2.2.3.2 Espumado

Consiste en introducir aire u otro gas en el interior de la masa de plástico de manera que se formen burbujas permanentes. Por este procedimiento se obtiene la espuma de poliestireno, la espuma de poliuretano (PUR), etc. Con estos materiales se fabrican colchones, aislantes termo-acústicos, esponjas, embalajes, cascos de ciclismo y patinaje, plafones ligeros y otros.

2.2.2.3.3 Calandrado

Consiste en hacer pasar el material plástico a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor. Estas láminas se utilizan para fabricar hules, impermeables o planchas de plástico de poco grosor (ver figura 2.11).

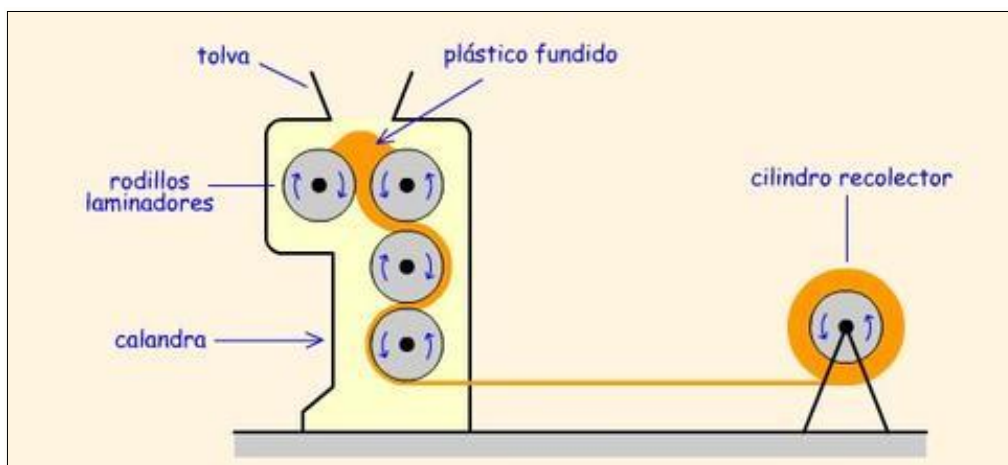


Figura 2.11: Proceso de calandrado.

2.2.3 Tipos de extrusoras

Las extrusoras más utilizadas, según la presión necesaria para hacer pasar el plástico fundido a través de la boquilla son:

- a) Extrusoras de desplazamiento positivo:
 - Extrusoras de pistón
 - Bombas de extrusión (bombas de engranajes)

- b) Extrusoras de fricción viscosa:
 - Extrusora de tornillo
 - Extrusora de tambor rotatorio

2.2.3.1 Extrusoras de desplazamiento positivo

Son aquellas utilizadas para una extrusión directa o en avance. En las mismas, el material se coloca en una cámara y es impulsado a través de la abertura de una matriz mediante un pistón mecánico o ariete de prensa.

2.2.3.1.1 Extrusora de pistón

Estas máquinas constan de un cilindro o contenedor que posee elementos de calefacción, la materia prima desciende desde una tolva al interior del cilindro donde el material es plastificado. Éste es obligado a pasar a través de una boquilla, mediante la presión ejercida por un pistón accionado por energía hidráulica o mecánica. Este tipo de máquinas producen piezas de longitud limitada, debido a que el proceso es discontinuo (ver figura 2.12).

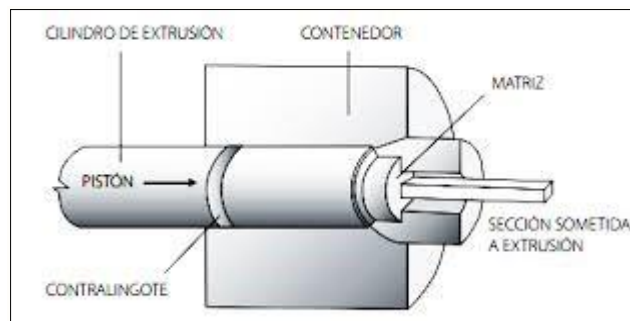


Figura 2.12: Extrusora de pistón.

2.2.3.1.2 Bombas de extrusión (bombas de engranajes)

Son bombas con algunos pares de engranajes que están acoplados y alojados en una carcasa. Cuando se impulsa un engranaje, éste mueve al correlativo. El transporte del plástico se debe solo al empuje de los dientes sobre el material por el lado de la carcasa. El acoplamiento entre dientes aísla el lado de descarga a presión, del lado de succión. El flujo de material es proporcional a la frecuencia de rotación de los discos dentados, obteniéndose así un flujo de material esencialmente constante (ver figura 2.13).

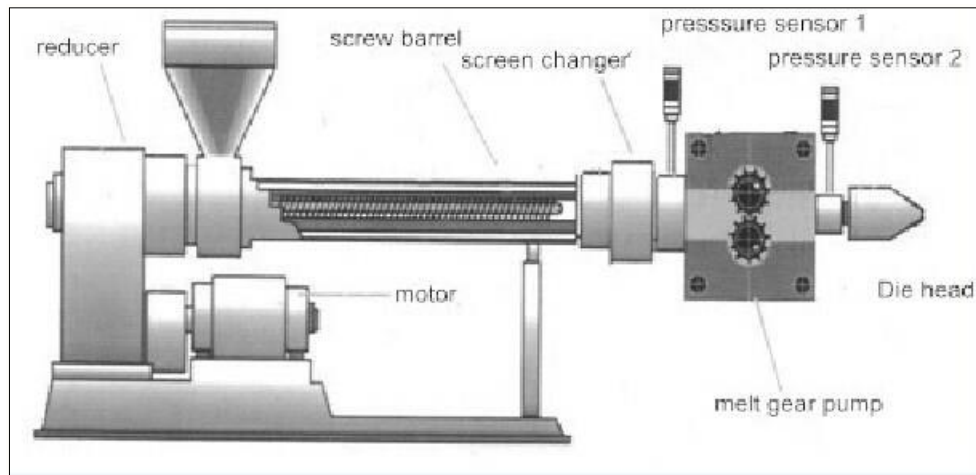


Figura 2.13: Bomba de extrusión.

2.2.3.2 Extrusoras de fricción viscosa

Se basan en la fricción para calentar el material, convirtiéndolo en un fluido viscoso.

2.2.3.2.1 Extrusoras de tornillo

El polímero se alimenta a través de una tolva, hasta un cañón, en el cual un tornillo helicoidal transporta el polímero hacia el extremo de la boquilla (matriz). A continuación, se muestra en la figura 2.14 el esquema básico de una extrusora de un tornillo con sus distintos elementos.

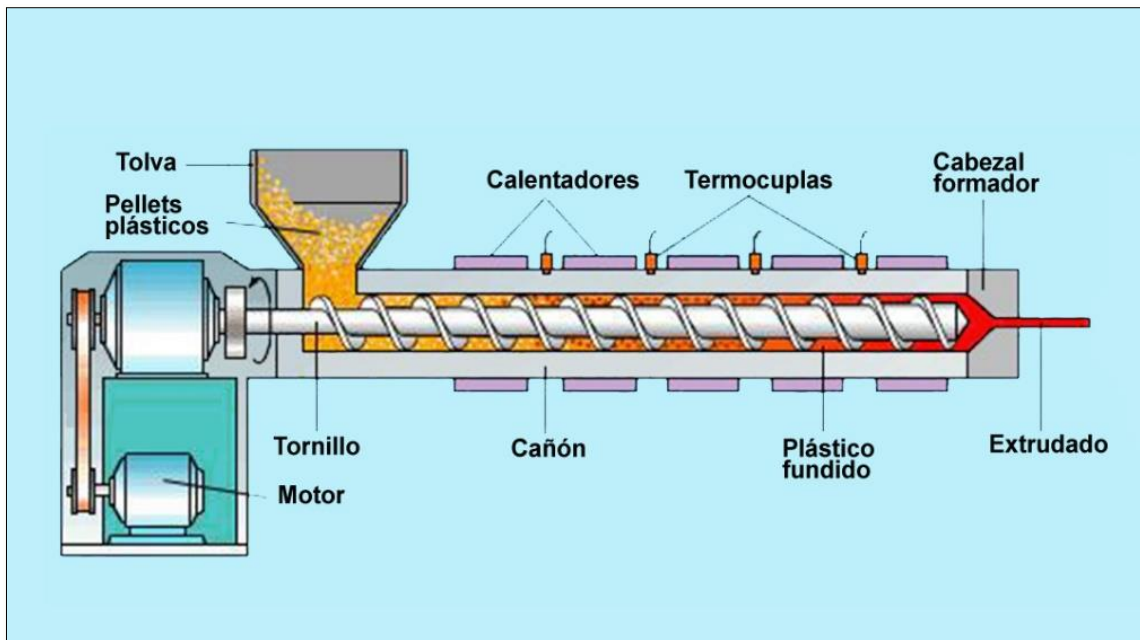


Figura 2.14: Esquema básico de una extrusora de tornillo.

2.2.3.2 Extrusoras de tambor rotatorio

Corresponden a un antiguo concepto de extrusoras. La figura 2.15 muestra un esquema básico de este tipo de máquinas.

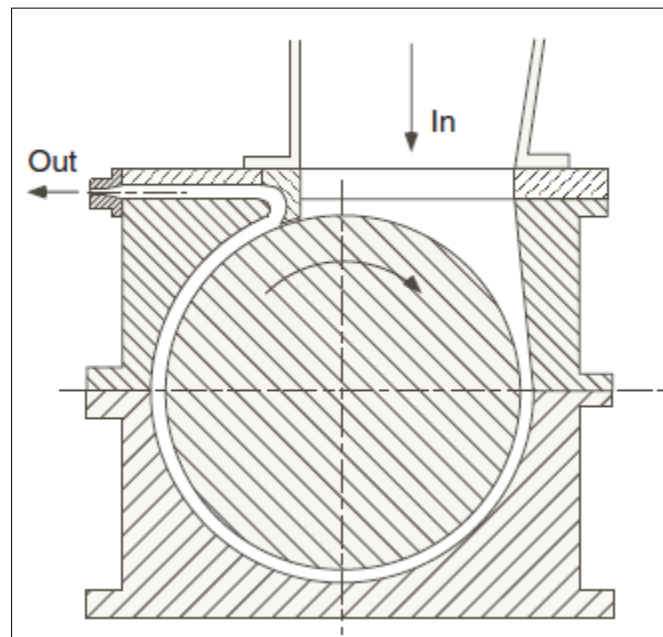


Figura 2.15: Extrusora de tambor rotatorio.

En esta máquina el material desciende por gravedad e ingresa hasta la cámara, la cual está formada por el tambor rotatorio y por el bastidor fijo o cuerpo estático. Este último puede calentarse o enfriarse para controlar la temperatura. En la cámara el polímero es arrastrado por el cilindro rotor que lo pone en contacto con las paredes calientes del bastidor y con el material previamente fundido, con lo que se efectúa la plastificación. La homogenización tiene lugar en la pequeña holgura radial entre el marco fijo y el tambor rotatorio.

El plástico así fundido es separado del cilindro rotatorio mediante una pieza en forma de cuchilla; la fundición, bajo acción de las fuerzas tangenciales se mueve hacia la boquilla.

2.3 Introducción al proceso de extrusión moderno

La operación o procedimiento de extrusión se basa en forzar el paso de un material fundido, por medio de presión, a través de un “dado” o “boquilla”. Este procedimiento se ha utilizado durante muchos años para metales como el aluminio, que fluye plásticamente cuando se somete a una presión de deformación. En el proceso original para someter a los polímeros a extrusión, se utilizaron máquinas similares impulsadas por un ariete o émbolo mecánico. En los procesos modernos se emplean tornillos para hacer fluir el polímero en el estado fundido de manera continua a lo largo de la camisa de la máquina.

El proceso de extrusión se emplea en la industria del plástico para producir longitudes continuas de materiales termoplásticos con secciones transversales constantes como:

- Perfiles
- Tubería
- Mangueras
- Fibras
- Películas

La máquina empleada para este proceso se denomina extrusora. Las más empleadas son las de tornillo simple (figura 2.14) y doble, o gemelos (figura 2.16).



Figura 2.16: Vista interna de máquina extrusora de doble tornillo.

Las primeras son aptas para el procesamiento de plásticos vírgenes, y gozan de la ventaja de su simpleza, menor costo, mantenimiento y complejidad. Las de doble tornillo se emplean cuando se necesita una mejor mezcla entre componentes o las condiciones de transporte del material fundido son más exigentes. Existen diseños de estos últimos para procesamiento de plásticos y también para la industria alimenticia (por ejemplo, la extrusión de cereales o alimentos balanceados). Son más complejas y costosas que las de tornillo simple.

2.3.1 Descripción del proceso

Dentro del proceso de extrusión, varias partes deben identificarse con el fin de aprender sus funciones principales, saber sus características en el caso de elegir un equipo y detectar donde se puede generar un problema en el momento de la operación. Independientemente del tipo de extrusión que se quiera analizar, todos guardan similitud hasta llegar al dado extrusor.

A continuación, se describen los mecanismos y funciones que puede realizar una extrusora (transporte de sólidos, fusión, transporte del fundido, mezclado, desgasificado y conformado). En la figura 2.17 se muestra un esquema con las zonas principales delimitadas.

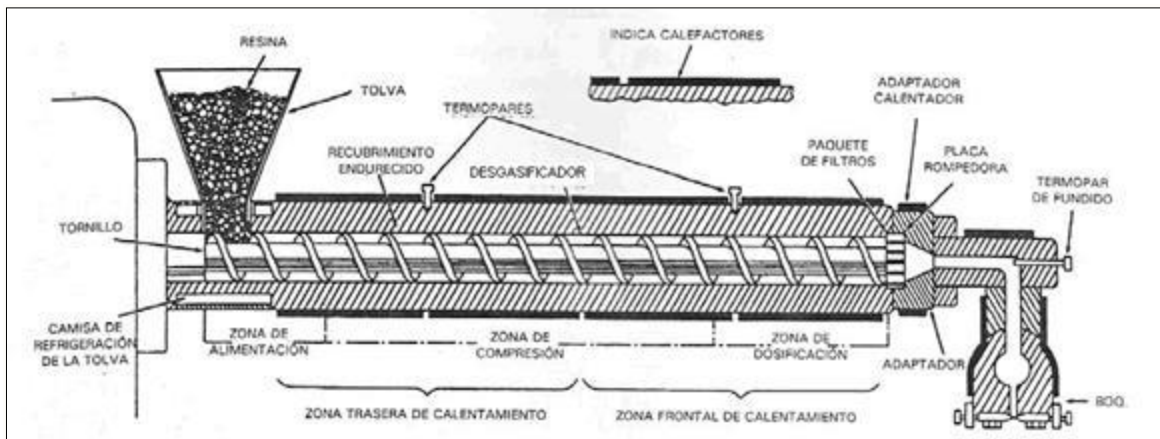


Figura 2.17: Zonas principales de una extrusora de tornillo simple.

2.3.1.1 Transporte de sólidos (zona de alimentación)

El material en estado sólido que se alimenta a una extrusora, en forma de pellets de material plástico, se transporta en dos regiones: la tolva de alimentación y la propia extrusora.

En la tolva, el transporte es, en general, un flujo por gravedad de los pellets; el material se mueve hacia la parte inferior de la tolva por acción de su propio peso. En función del diseño de la misma, y de las características de los pellets, se puede dar un flujo de material en el que no existan regiones estancadas y todo el material se mueve hacia su salida, o bien un flujo tipo embudo en el que el material más cercano a las paredes de la tolva queda estancado como se representa en la figura 2.18. Algunos materiales que tienen un flujo muy deficiente en estado sólido pueden quedar atascados en la garganta de entrada a la extrusora, dando lugar a un problema denominado formación de puente o arco.

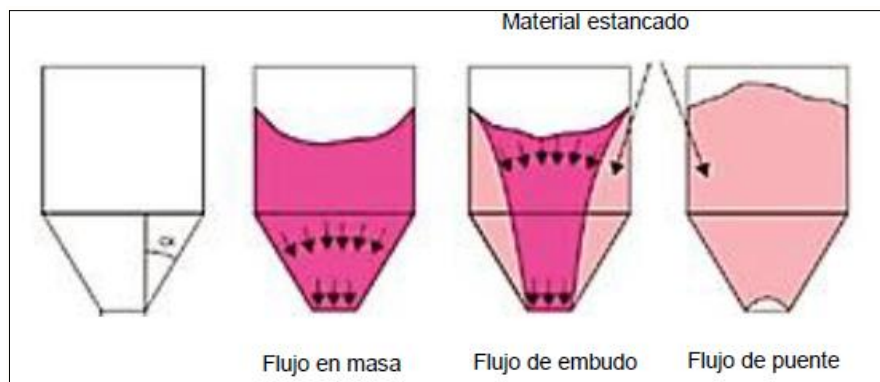


Figura 2.18: Flujo de material en una tolva de alimentación.

Estos problemas se solucionan colocando tolvas vibratorias o en su defecto darle golpes a la misma. Como criterio de diseño adicional, es conveniente realizar tolvas cuyo perfil tenga un ángulo suficiente para asegurar el flujo, y cuya forma sea de un cono de base circular (no se recomiendan perfiles rectangulares). Lo importante como resultado es que el suministro del material sea mayor al consumo de la máquina.

2.3.1.2 Fusión (zona de transición-compresión)

En esta zona se destaca la función de dos elementos principales de la máquina: el tornillo extrusor y el cañón (también llamado cilindro o barril).

La zona de transporte de sólidos finaliza cuando empieza a formarse una fina película de polímero fundido. La fusión se iniciará como consecuencia del calor conducido desde la superficie del cañón y del generado por la fricción a lo largo de las superficies del cañón y del tornillo. En general se genera gran cantidad de calor por fricción, de modo que, en ocasiones, es incluso posible iniciar la fusión sin necesidad de aplicar calor externo por medio de las resistencias calefactoras que envuelven al cañón.

En primera instancia aparecerá una fina capa de polímero fundido junto al cilindro, que irá creciendo hasta que su espesor se iguale a la holgura radial entre el diámetro interior del mismo, y el diámetro externo del tornillo (o altura del filete), mientras que el resto del material se encontrará formando un lecho sólido. Como consecuencia del movimiento del tornillo se creará un gradiente de velocidad en la película fundida situada entre la capa sólida y la superficie interna del cilindro. El polímero fundido en la película será barrido por el filete que avanza, separándose así del cilindro. De este modo se reunirá en una zona o pozo situado delante del filete que avanza en la parte posterior del canal. En la figura 2.19 se muestra un corte transversal de la zona de transición.

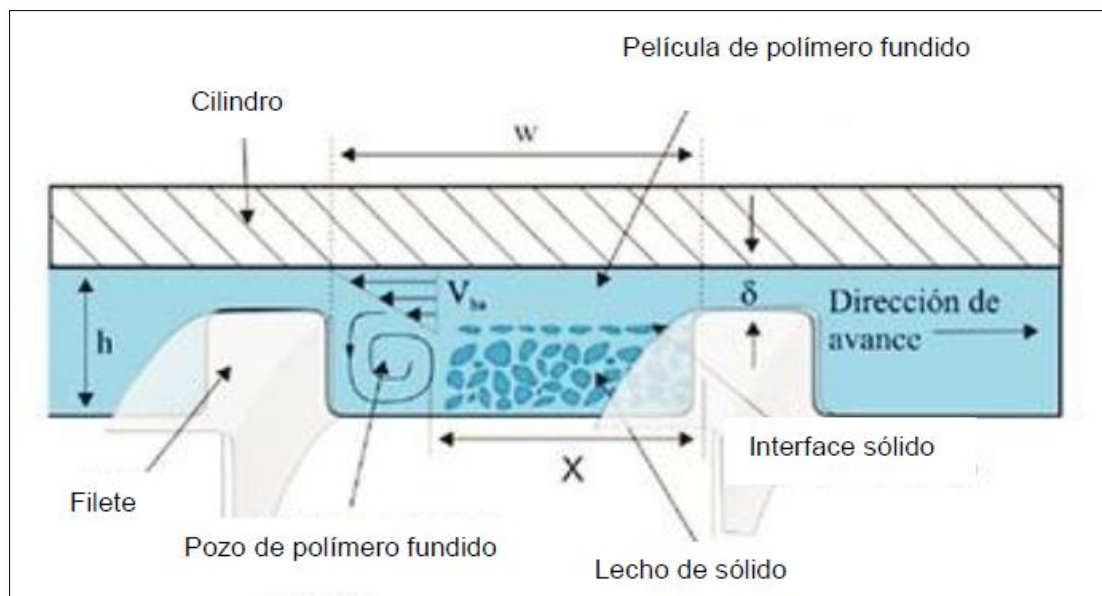


Figura 2.19: Corte transversal de una extrusora en la zona de transición.

A medida que se va acumulando material fundido en el pozo, el tamaño del mismo aumenta, mientras que el ancho de la capa sólida irá disminuyendo. De esta forma se desarrolla una presión que empuja la capa sólida y la sitúa en la parte anterior del canal. Por eso, a pesar de que casi toda la fusión ocurre en la superficie del cilindro, la altura de la capa sólida no disminuye, sino que disminuye su anchura, como se puede apreciar en la figura 2.20. En la misma se indica también la longitud de fusión, que es la longitud de tornillo desde que comienza la fusión hasta que ésta merma.

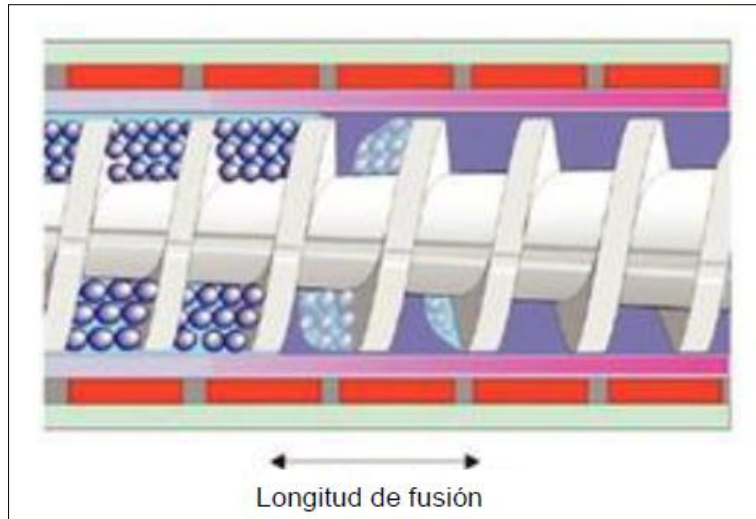


Figura 2.20: Longitud de la zona de fusión.

En una extrusora funcionando de forma adecuada la transmisión de calor está muy favorecida, debido a que continuamente se tiene una fina capa de material renovado en contacto con el cilindro. En general se puede despreciar la transmisión de calor entre la fase fundida y sólida del polímero. La existencia de esta última capa explica también la eliminación del aire atrapado entre las partículas sólidas. A medida que las mismas se compactan y comprimen por el pozo de fundido, el aire atrapado escapa hacia el exterior vía la tolva de alimentación.

El calor necesario puede ser suministrado por conducción desde la superficie caliente del cilindro (calentada mediante resistencias), a través de la película fundida o bien por disipación viscosa debido a las fuertes cizallas a las que está sometida la delgada película de material fundido. La relación entre estas cantidades de calor puestas en juego depende de las condiciones de operación de la máquina y del polímero utilizado. El flujo de calor por disipación viscosa está favorecido al aumentar la velocidad del tornillo. Sin embargo, en este caso la contribución de calor por conducción del cilindro se verá reducida, debido a que aumentará el caudal, y por lo tanto disminuirá el tiempo de residencia del material en la extrusora.

Un aumento de la temperatura del cilindro implicará en principio un aumento del flujo de calor por conducción, y por lo tanto de la velocidad de fusión, pero por otra parte al aumentar la temperatura disminuirá la viscosidad del material y, por lo tanto, la generación de calor por disipación viscosa, de modo que algunos polímeros cuya viscosidad es muy sensible a la temperatura, podrían ver reducida la velocidad de fusión. En la figura 2.21, se representa una situación general de la longitud de fusión en función de la temperatura del cilindro para una velocidad del tornillo constante.



Figura 2.21: Relación entre la longitud de fusión y la temperatura del cilindro para una velocidad de tornillo constante.

De acuerdo a la figura 2.21, la longitud de fusión disminuye (por lo tanto, aumenta la velocidad de fusión) al aumentar la temperatura del cilindro hasta un cierto punto en que la longitud de fusión aumenta al disminuir la cantidad de calor generado por disipación viscosa.

Además de las condiciones de operación de la máquina, la configuración del tornillo afecta a la velocidad de fusión y a la longitud de fusión. El ángulo del filete del tornillo puede tener un efecto considerable sobre la eficiencia de la fusión, como se observa en la figura 2.22, donde la longitud de la misma disminuye al aumentar el ángulo del filete, especialmente para ángulos pequeños.

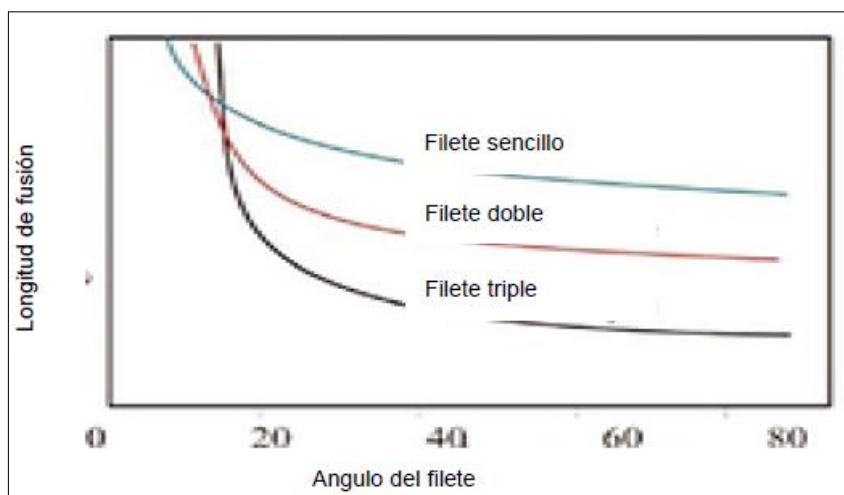


Figura 2.22: Efecto del ángulo de filete de tornillo en la longitud de fusión.

La eficiencia sería máxima con un ángulo de 90°. Por tanto, en la práctica se buscan ángulos que den una buena eficiencia para la fusión y un buen transporte del material. Normalmente se utilizan ángulos entre 20 y 30°. El empleo de tornillos con múltiples filetes también puede mejorar el proceso de fusión. Cuando el filete es múltiple la capa de fundido es más delgada que cuando es simple. Sin embargo, el transporte del material sólido empeora con los tornillos de múltiples filetes, por lo que estos tornillos sólo se emplean en el caso de que la velocidad de fusión sea el proceso controlable.

La holgura entre el filete del tornillo y el cilindro debe ser lo menor posible para que el proceso de fusión tenga lugar de forma adecuada, sin filtración de fundido por la holgura. En cuanto a la profundidad del canal, como se observa en las imágenes de la máquina, en la mayoría de los tornillos se produce una reducción gradual de su profundidad entre la zona de transporte de sólidos y la de dosificado del fundido, que viene fijada por la relación de compresión. En general la velocidad de fusión aumenta al disminuir la profundidad del canal, puesto que se produce una contrapresión del pozo de sólido hacia la capa de fundido, mejorando la transmisión de calor y aumentando la cizalla. Sin embargo, si la compresión tiene lugar muy rápidamente, el pozo de sólido podría provocar un taponamiento de la extrusora.

2.3.1.3 Transporte de fundido (zona de dosificado)

La zona de dosificado se inicia en el punto en el que finaliza la fusión, es decir, en el punto en que todas las partículas de polímero se han fundido. En esta sección la profundidad del canal es uniforme, por lo que todo el lecho sólido debe haber desaparecido, o en caso contrario el aire se eliminaría con mucha dificultad y podría quedar atrapado en el fundido. La zona de dosificado del fundido actúa como una simple bomba en la que el movimiento del material fundido hacia la salida de la extrusora se produce como resultado del giro del tornillo y de la configuración helicoidal del mismo.

2.3.1.4 Cabezal de extrusora (zona de conformado)

La última etapa del proceso ocurre en la zona de conformado de la extrusora, por medio del cabezal de la extrusora. El mismo se fija a la brida de salida del cañón de la extrusora, debido a que es intercambiable en función del perfil de extrusión que se requiera. Ya que no se cuenta con la fricción del tornillo para elevar la temperatura en esta zona, por lo general se emplean resistencias calefactoras. En esta sección se proporciona la forma del extruido.

El cabezal de la extrusora se compone de 3 partes fundamentales:

- 1- Paquete de filtros o mallas
- 2- Plato rompedor
- 3- Boquilla

2.3.1.4.1 Paquete de filtros o mallas

Durante su transcurso por la extrusora hacia la zona de dosificado, el flujo fundido puede acarrear impurezas que pondrían en riesgo la integridad estructural o el acabado superficial del material, una vez conformado y enfriado. Para evitar este inconveniente se coloca un paquete de mallas metálicas de acero inoxidable intercambiables de diferente grosor, justo antes de llegar al plato rompedor (ver figura 2.23).

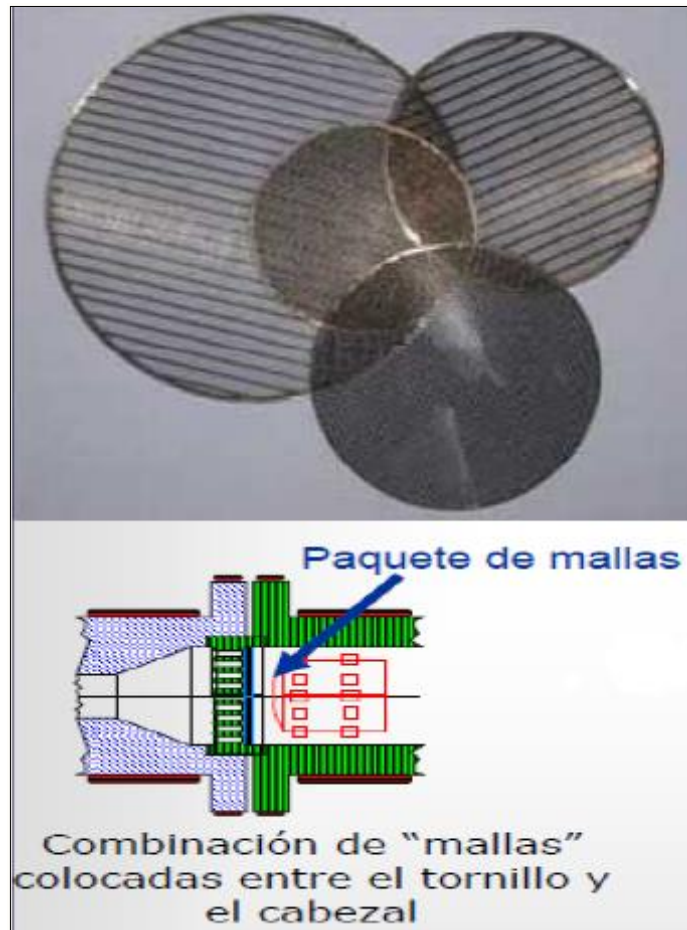


Figura 2.23: Ubicación de paquete de mallas para filtrado.

Debido a la acumulación de impurezas en las mallas, algunas máquinas extrusoras cuentan con sistemas de filtros intercambiables que pueden actuar inclusive con la extrusora marchando, como se observa en la figura 2.24.

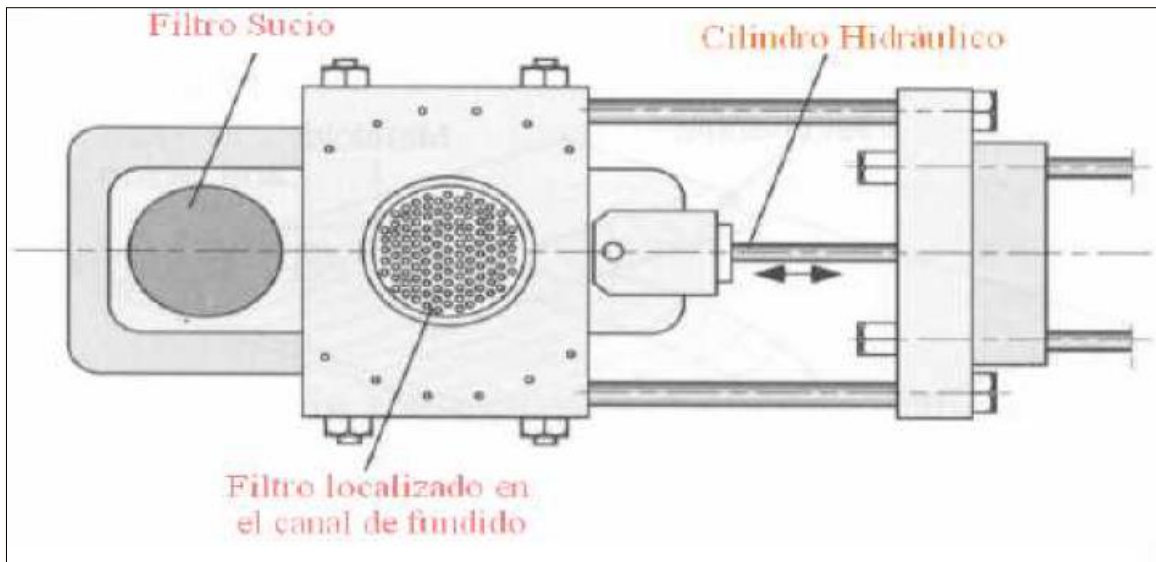


Figura 2.24: Sistema intercambiador de filtros.

2.3.1.4.2 Plato rompedor

A medida que el plástico fundido fluye por medio de la acción rotatoria del tornillo, y al ser un material cuyo comportamiento es viscoelástico, se tiende a formar un flujo rotatorio que será necesario relajar para mejorar el conformado y evitar tensiones internas una vez solidificado el material. Es por este motivo que justo después del paquete de mallas se encuentra el plato rompedor. Su forma más básica consiste en una placa cilíndrica con perforaciones por donde fluye el material fundido filtrado, pero existen distintas variantes de diseño como se muestra en la figura 2.25.



Figura 2.25: Distintos platos rompedores.

Por lo general, el plato rompedor se diseña de manera de poder albergar al paquete de mallas, y el diámetro de sus perforaciones se tiene en cuenta para evitar la rotura de los filtros por acción de la presión.

2.3.1.4.3 Boquilla

La última etapa del conformado finaliza en la boquilla. La misma se encarga de otorgar la pre-forma final del material extruido, es por ello que existe una amplia variedad de diseños de boquillas en función del perfil que se desea. Como criterio de diseño general se debe considerar que el polímero fluya, con volumen y velocidad de flujo uniforme, en todos los espacios de la misma, de manera de lograr espesores uniformes, por lo que es recomendable que no existan cambios bruscos en la geometría, sino cambios graduales. De la figura 2.26 a la figura 2.30, se mostrarán algunos diseños de boquilla para distintos perfiles.

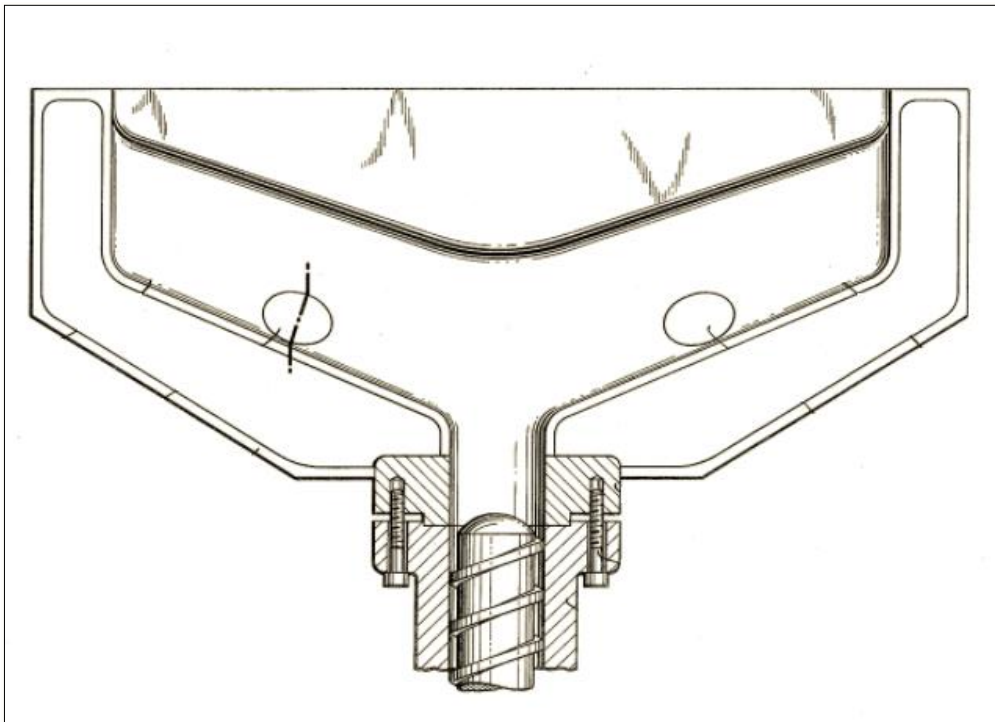


Figura 2.26: Vista superior en corte de cabezal para producción de láminas.

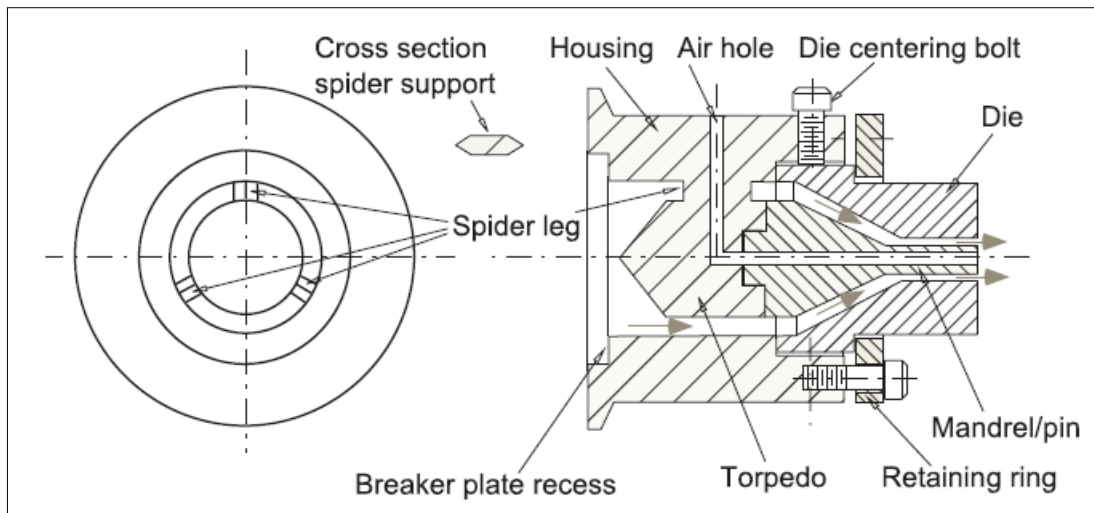


Figura 2.27: Cabezal para producción de caños.

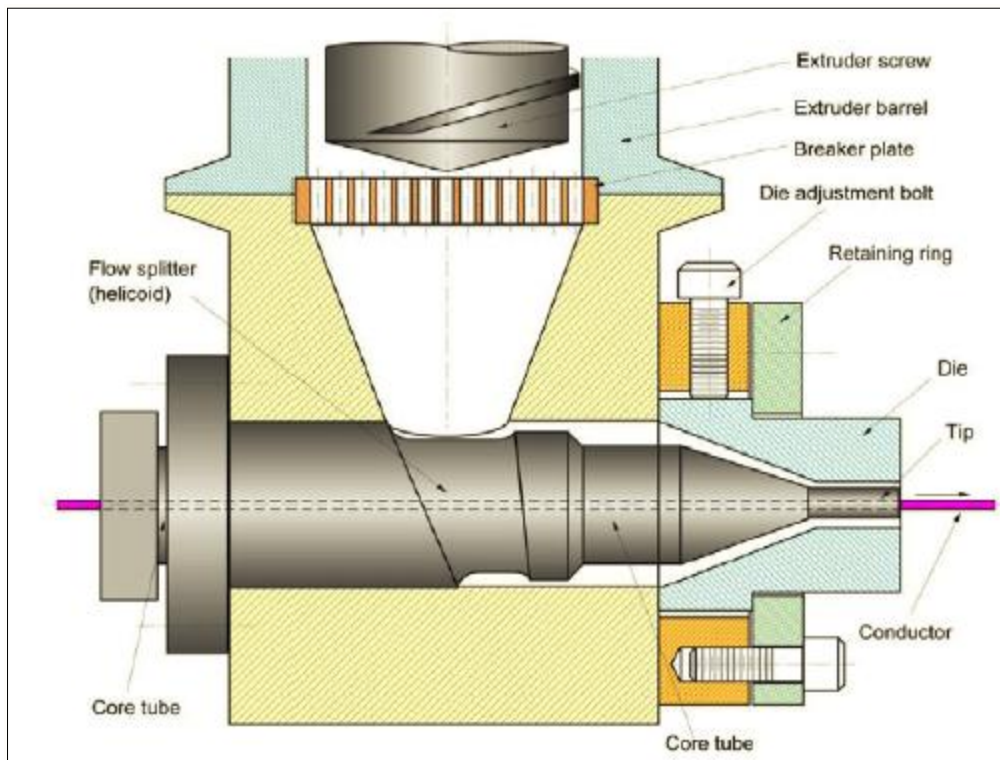


Figura 2.28: Vista superior en corte de cabezal para coextrusión de alambre (aislación de conductores).

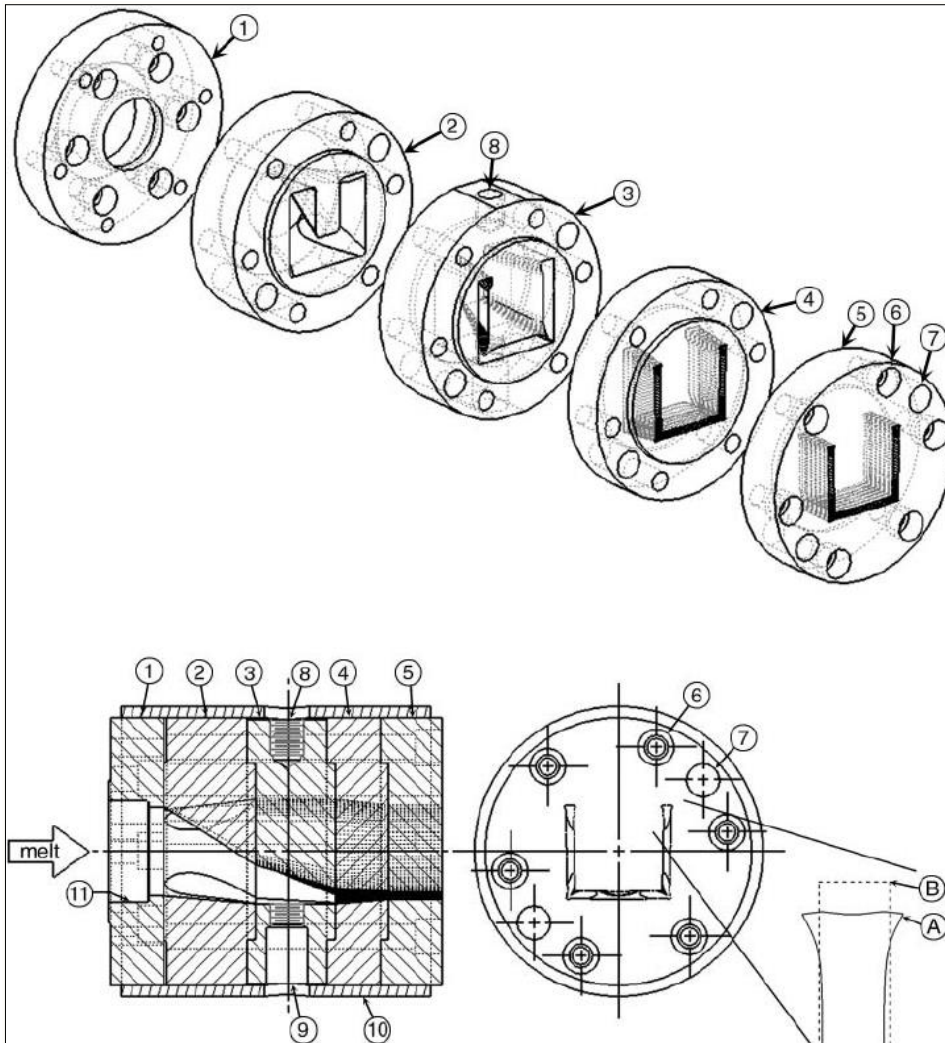


Figura 2.29: Cabezal para producción de perfiles rectangulares en U.

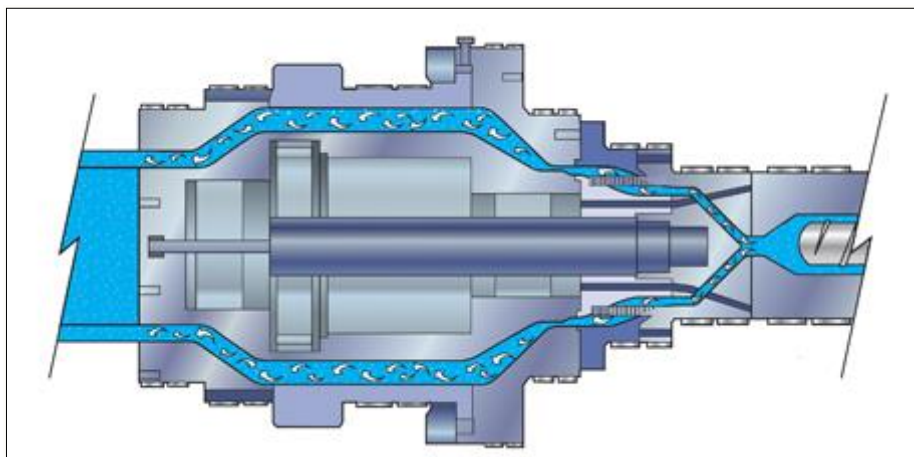


Figura 2.30: Cabezal para producción de caños de gran diámetro.

2.4 Post extrusión

Como se pudo observar en el apartado anterior de “boquilla”, el producto extruido posee una preforma. Esto se debe a los fenómenos de relajación y enfriamiento que ocurren una vez que el material fundido abandona el perfil de la boquilla. A continuación, describiremos estos fenómenos, seguidos de algunos procesos de post extrusión más utilizados que en su conjunto conforman una línea de extrusión completa. Los mismos varían en función del perfil del producto extruido, de su longitud requerida (para el corte) y de las características del polímero empleado.

2.4.1.1 Relajación

El material dentro de la extrusora se encuentra sometido a grandes deformaciones y tensiones (esfuerzos normales) por lo que, debido a su naturaleza visco elástica, se relaja conforme sale de la boquilla. La relajación provoca el hinchamiento del material, tanto más rápido cuanto mayor sea la temperatura, por lo que el cambio más pronunciado tiene lugar cuando el material sale de la extrusora, pero generalmente continúa durante las horas siguientes al conformado, y a veces dura incluso días. En la figura 2.31 se muestra el hinchamiento que sufriría un material extruido con sección cuadrada.

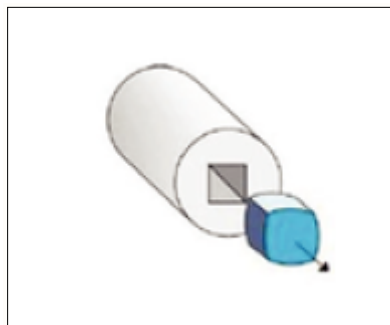


Figura 2.31: Hinchamiento debido a la relajación de un material de sección cuadrada.

Con una forma cuadrada de boquilla, la dilatación ocurre más en el centro de las caras que en las esquinas, esto es resultado de que los esfuerzos normales que se producen dentro del material serán mayores en la zona central. Si el producto extruido sufre tensiones no uniformes, la relajación puede conducir a una torsión o flexión del mismo, especialmente en piezas que contengan partes gruesas y delgadas.

Observando la figura 2.32, la velocidad del extruido en la boquilla es mayor en el centro y menor en contra de las paredes de ésta. Inmediatamente después de salir de la boquilla, el perfil de velocidad del extruido es uniforme a lo largo de toda la sección transversal. Consecuentemente, la velocidad de la superficie del extruido es idéntica a la

velocidad en el centro. Este cambio en la velocidad del flujo, provoca el aumento de la relajación molecular fuera de la boquilla y resulta en el hinchamiento del extruido.

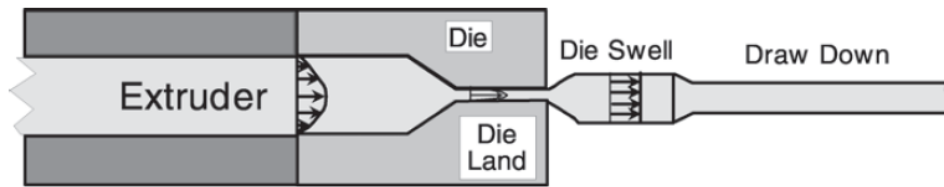


Figura 2.32: Hinchamiento del extruido a la salida de la boquilla.

2.4.1.2 Enfriamiento

El enfriamiento del material fundido produce su contracción, reduciéndose el tamaño y aumentando su densidad, la contracción que produce el enfriamiento normalmente no es uniforme, puesto que en partes gruesas puede haber una diferencia muy grande entre la velocidad de enfriamiento de las zonas externas y las más internas del material, pudiendo aparecer zonas hundidas al contraerse el interior de las piezas. En la figura 2.33 se muestra la contracción que sufriría una pieza de sección cuadrada debido a las diferentes velocidades de enfriamiento entre las distintas partes.

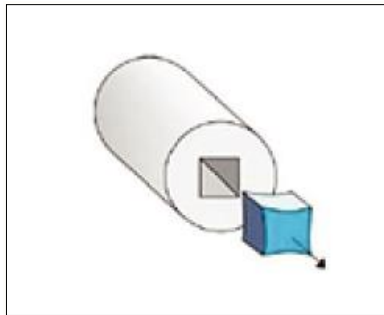


Figura 2.33: Contracción debida al enfriamiento de un material de sección cuadrada.

2.4.2 Calibrador

Para resolver los fenómenos de la post extrusión en perfiles y tuberías, la boquilla de la extrusora es seguida por una segunda boquilla que le otorga las dimensiones finales al producto. El dispositivo que la alberga se denomina calibrador. El mismo se requiere si el material extruido emergente de la boquilla no tiene fortaleza suficiente para mantener la forma requerida. El calibrador usualmente se encuentra cerca de la salida

de la extrusora y posee un mecanismo para acercarlo o alejarlo. Además de otorgar la forma final al material extruido, se encarga de enfriar el material.

Dicho dispositivo consta de una cámara estanca en la que se genera vacío a través de una bomba, una boquilla calibradora que se encuentra normalmente en uno de los extremos, cercana a la boquilla de la extrusora, y un sistema de irrigación para enfriar el producto extruido (ver de la figura 2.34 a la figura 2.36).



Figura 2.34: Calibrador de vacío externo.



Figura 2.35: Boquilla de calibración e irrigación inicial.

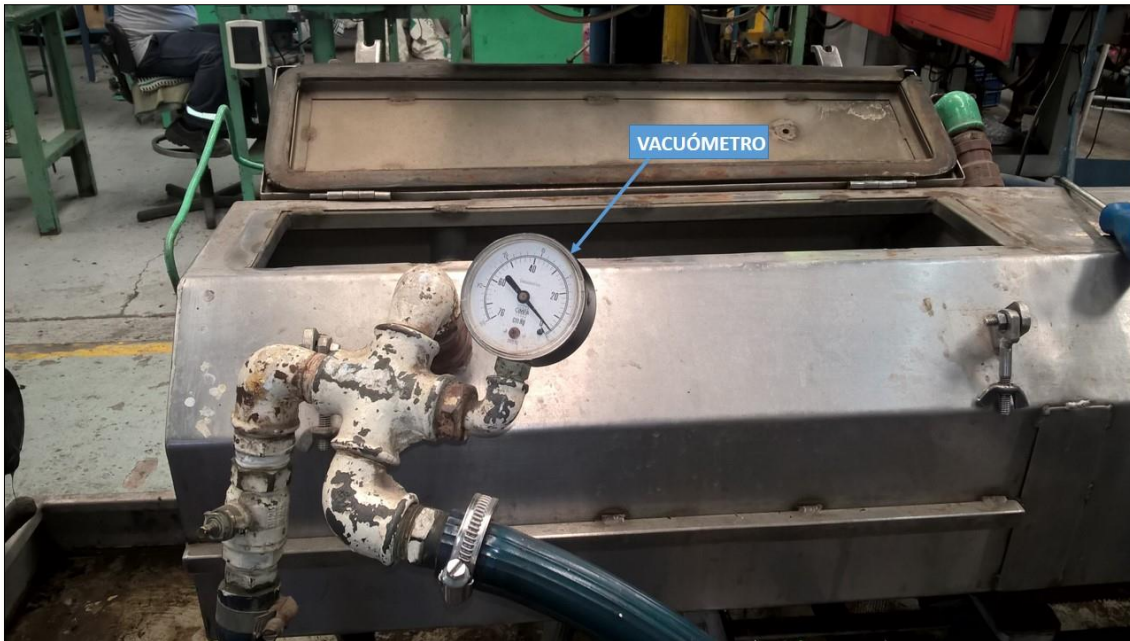


Figura 2.36: Vacuómetro para control de nivel vacío.

En algunos casos, cuando el producto extruido necesita una identificación o marca, se coloca un aplicador de pintura a la salida del calibrador (ver figura 2.34).

2.4.3 Unidad de tiro (jalador o puller)

Una vez que el material enfriado y rigidizado sale del calibrador, pasa por una unidad de tiro, que, en sincronía con la velocidad de producción de la extrusora, tracciona el material para extraerlo de la línea de extrusión. Las mismas pueden ser del tipo oruga (figura 2.37), de cinta (figura 2.38) o de rodillos (figura 2.39). Cuando el producto fabricado es susceptible de ser dañado por presión, se recurre habitualmente a la oruga o la cinta.



Figura 2.37: Unidad de tiro de tipo oruga.



Figura 2.38: Unidad de tiro de cinta.



Figura 2.39: Unidad de tiro a rodillos.

Las dimensiones finales del producto están controladas por la producción de la extrusora y la velocidad del jalador. Para una abertura de boquilla dada, sólo hay una velocidad del jalador que produce las dimensiones correctas del producto. Consecuentemente, la velocidad del jalador debe estar sincronizada con la producción (salida) de la extrusora.

Cuando el extruido sale de la boquilla, se relaja y se hincha. La acción del jalador se opone a este hinchamiento y provoca una contracción en la sección transversal. Esta contracción depende de la velocidad relativa del jalador respecto a la salida de la extrusora.

Si la producción de la extrusora aumenta, el jalador debe incrementar su velocidad proporcionalmente para mantener las mismas dimensiones finales del producto. Del mismo modo, si la producción disminuye, el jalador debe disminuir su velocidad proporcionalmente para mantener las dimensiones finales de la sección trasversal del producto.

2.4.4 Unidad de corte

El último paso es el corte, que también depende mucho del tipo de producto que se está fabricando. Si se trata de tuberías que se enrollan, el corte lógicamente es un trabajo poco relevante. Pero muchos tubos y perfiles deben cortarse al salir de la extrusora en longitudes iguales, bien por falta de flexibilidad para ser enrollados o bien por otras consideraciones. A la hora de elegir el sistema de corte hay que tener en cuenta el diámetro y espesor de la pared, la materia prima utilizada, la forma y calidad del corte y la longitud del corte.



Figura 2.40: Unidad de corte de tipo guillotina.

El corte por guillotina (figura 2.40) es efectivo, pero puede producir ligeras deformaciones por el impacto de la cuchilla. En los cortes por sierras (figura 2.41), las pequeñas dentaciones que cortan la tubería provocan al mismo tiempo la formación de pequeñas virutas que algunas veces permanecen unidas al tubo.



Figura 2.41: Unidad de corte con sierra para láminas.

Cuando es obligatorio evitar la formación de estos residuos, se utilizan mecanismos donde las cuchillas se insertan en la pared del tubo y giran a alta velocidad, produciendo sólo una viruta que por su tamaño relativamente grande se desprende de la tubería (figura 2.42).

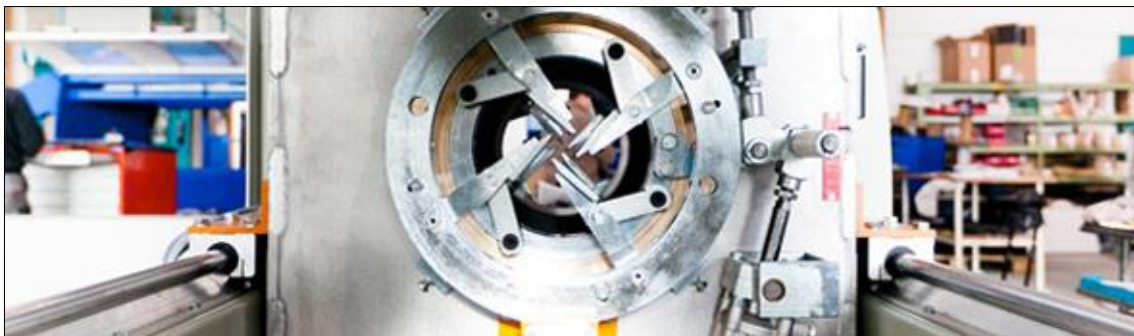


Figura 2.42: Unidad de corte de cuchillas rotativas.

2.5 Fuentes consultadas

2.5.1 Bibliografía

- Maribel Beltrán Rico, Antonio Marcilla Gomis, *Tecnología de polímeros - Procesado y propiedades*, Universidad de Alicante, 2012.
- Harold F. Giles, Jr.; John R. Wagner, Jr.; Eldridge M. Mount, III, *Extrusion: the definitive processing guide and handbook*, William Andrew, Inc., Norwich, 2005.

2.5.2 Tesis

- Suárez Romero José David, *Proyecto de máquina extrusora para creación de hilos de polietilén tereftalato*, Instituto Politécnico Nacional - ESIME Azcapotzalco, México, D.F., 2015.
- Jimmy Joane Gómez Gómez, Jorge Edwin Gutiérrez Bedoya, *Diseño de una extrusora para plásticos*, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2007.

2.5.3 Cursos

- Curso de extrusión de la empresa rafaelina *Plasgom S.A.*

3 ESTUDIO DE MERCADO

3.1 Introducción

El estudio de mercado del presente proyecto se realiza con el fin de definir las características técnicas que debe poseer la máquina. Una de ellas es determinar qué materias primas podrán ser procesadas, según la demanda del mercado. La propuesta del proyecto presente es realizar una máquina polivalente, que pueda generar productos terminados y semielaborados a partir de diferentes plásticos vírgenes. El usuario de nuestro producto deberá ser capaz de procesar distintos polímeros en la misma máquina, realizando solamente el intercambio de los tornillos, los cuales varían su geometría en función del plástico a procesar. Según los resultados que arroje este estudio, se ofrecerá al mercado un abanico de tornillos que el cliente podrá adquirir con la compra de la máquina. Una vez obtenida la información sobre cuáles son los polímeros más transformados mediante extrusión, se procederá al diseño de los tornillos que se ofrecerán y el resto de la máquina extrusora.

Otro aspecto importante es determinar las capacidades de las máquinas que ofrecerá la empresa. Las “capacidades de la máquina” se refieren a la cantidad de plástico que puede procesar la máquina por unidad de tiempo, característica que se mide en kg/h. Dicho parámetro determina su tamaño y potencia, por lo que es muy importante definirlo para comenzar con el estudio técnico del producto.

El estudio de mercado se inicia consultando el *Anuario estadístico de la industria plástica*, publicado anualmente por la *Cámara argentina de la industria plástica (CAIP)*. La última actualización disponible a la fecha es la del 2016, que se encuentra en la sección 3.1 *Anexos*.

Pero antes de empezar analizando estas estadísticas, se describirá a continuación a la organización que las realiza:

La Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP), es la entidad institucional empresaria que agrupa a la Industria Transformadora Plástica Argentina y fue fundada el 28 de diciembre de 1944.

Objetivos:

- Reunir, relacionar y vincular entre sí a los empresarios de la industria.
- Representar y defender sus derechos.
- Gestionar disposiciones o medidas que tiendan a preservar los intereses del Sector.
- Resolver diligentemente problemas que afecten a los asociados.
- Establecer vínculos empresario-laborales.
- Fomentar el progreso de la Industria Plástica.

La CAIP participa activamente en distintos niveles de conducción de la Unión Industrial Argentina (UIA) e integra, junto a sus similares de la región, la Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica (ALIPLAST).

Todos los años la CAIP brinda información estadística referente a la industria plástica nacional, en los siguientes temas:

- Estructura de la Industria (cantidad de empresas, personal ocupado, distribución geográfica).
- Consumo Aparente de Productos Plásticos.
- Importaciones y Exportaciones de Productos Plásticos.
- Consumo Aparente de Materias Primas Plásticas.
- Importaciones y Exportaciones de Materias Primas Plásticas.
- Importaciones y Exportaciones de Máquinas y Equipos para la Industria Plástica.
- Comercio en el MERCOSUR, etc.

Aclarado esto, se procede al análisis de las estadísticas contenidas en el anuario.

3.2 Industria transformadora plástica

La industria transformadora plástica es aquella que procesa, moldea y transforma los insumos provistos por el sector petroquímico. Este rubro puede caracterizarse más como una industria de industrias que por tener su principal destino en el consumo final. Sus principales demandantes son la industria alimenticia, automotriz y construcción.

La industria plástica, produce artículos que pueden ser agrupados de la siguiente manera teniendo en cuenta su finalidad:

- Semiterminados (productos que luego serán transformados nuevamente por otras industrias): películas (film), barras, varillas, perfiles, placas, láminas, hojas, revestimientos, etc.
- Envases y embalajes: cajas, cajones, bolsas, botellas, bidones, damajuanas, frascos, potes, tambores, tapones, tapas, etc.
- Tuberías, sanitarios y otros materiales para la construcción: tubos y accesorios de tuberías (juntas, codos, empalmes, etc.), mangueras, bañeras, duchas, bidés, inodoros, depósitos, cisternas, puertas, ventanas y sus marcos, etc.
- Artículos de uso doméstico: vajillas y demás objetos para el servicio de mesa o de cocina (biberones, juegos de té, café, vasos, tazas, platos), artículos para higiene y tocador (jaboneras, portacepilleros, portarrollos, esponjas, toalleros, cortinas de baño, etc.), contenedores para alimentos y microondas, etc.
- Autopartes: partes de vehículos automóviles: guardabarros, defensas, parrillas, tableros, tapizados, ópticas, cables, perillas, etc.
- Otros insumos: artículos de oficina, correas de transmisión y correas transportadoras; artículos de laboratorio o de farmacia, accesorios utilizados para hemodiálisis; cascos de seguridad, etc.
- Otros bienes de consumo final: artículos escolares; accesorios de vestir; estatuillas y adornos; etc.

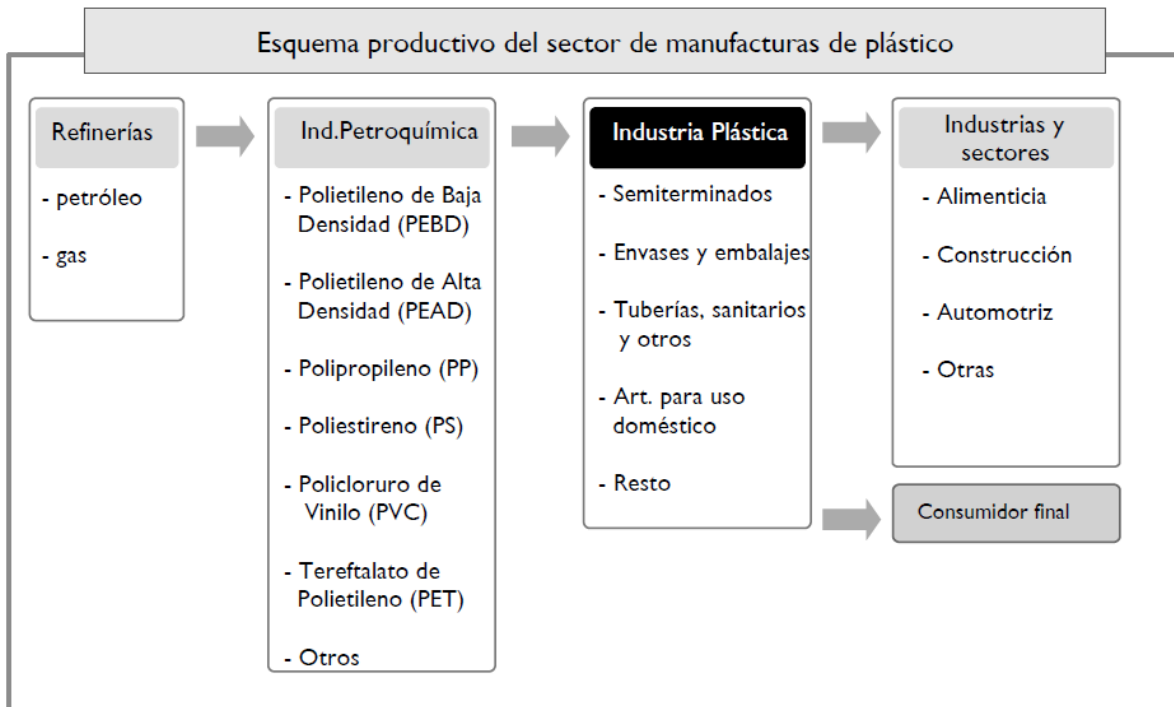


Figura 3.1: Esquema productivo del sector de manufacturas de plástico.

Argentina: CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PRODUCTOS PLÁSTICOS

Los campos de aplicación de los productos plásticos difieren en los distintos países según su estructura industrial y los hábitos de consumo de sus poblaciones. En el caso de Argentina, los campos de aplicación son los siguientes:

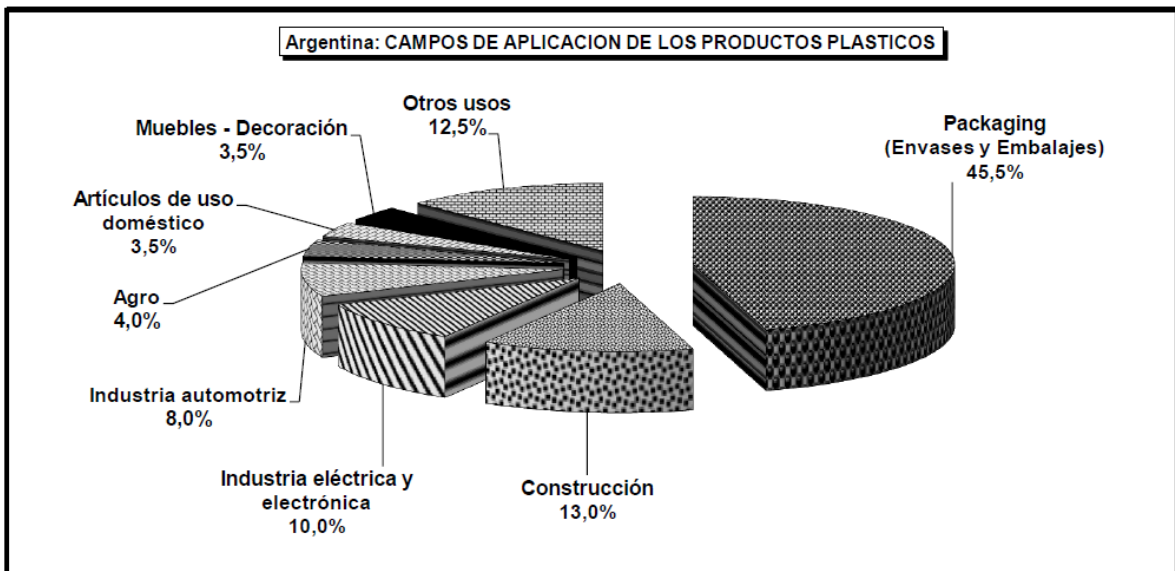


Figura 3.2: Aplicaciones de los productos plásticos en Argentina.

Hacia el principio de esta cadena se encuentra la industria petroquímica, fuente de las resinas termoplásticas. Las más utilizadas por esta rama son: Polietileno de Baja Densidad (PEBD), Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polipropileno (PP), Policloruro de Vinilo (PVC), Poliestireno (PS) y Tereftalato de Polietileno (PET). Todos estos insumos, obtenidos a partir del procesamiento del petróleo o del gas natural, llegan a la industria transformadora en forma de pellets, cuyo precio interno depende de las variaciones del precio internacional del petróleo y del tipo de cambio. En la tabla 3.1 se describen las resinas termoplásticas utilizadas en los distintos productos plásticos, como así también las principales empresas productoras.

Categoría	Descripción	Caract.del mercado	Insumo	Empresas más importantes
Semiterminados	Placas, láminas y hojas	MC	Polietileno	Tredegar, Plastar San Luis, Ipsa-Río Chico, Urflex, Tetrapack, Celomat
		AC	PP	Estrulam, Interforming
		MC	PVC	Klockner Pentaplast, Arcor, Vitopel, Plavinil
	Film stretch	MC	Polietileno	Clover Plast, IPESA-Río Chico, Manuli Packaging, Plásticos Isla Grande
	Preformas	MC	PET	Cipet, Baesa, Alusud, Uldesa, Altec San Luis, Molinos Río de la Plata
Envases y embalajes	Cajas, cajones, bins	MC	Polietileno	Cabelma, Serín, Lodigiani, Conarsa
	Tambores, bidones	MC	Polietileno	Altec, Industria Termoplástica Argentina (ITA)
	Botellas de agua mineral, gaseosa	MC	PET	Igomin, Unipet, Solari Sorlyl, Cipet, Syphon
	Tapones, tapas, cápsulas y otros dispositivos de cierre	BC	PP	Ravisud, Engelmann, Alusud, Aluplata
	Bolsas, bolsitas y demás	Atomizado	Polietileno	Clover Plast, Polinoia, Bolsaflex, Rolamplast, Petropack, Plásticos La Rioja, Implex, Aldefil
	Envases para cosmética, limpieza, laboratorios	BC	Polietileno, PET, PS	Alpa, Plastimec, Polistor, Oropel
	Envases para alimentos	BC	PS, PET	American Plast, Atomplast, Fecicar, Valbo, Bandex, Celpack
	Bandejas	BC	PS	Bandex, Inplast, Celpack
	PP		Cotnyl, Bandex, Plásticos Boulevares	
Tuberías	Caños y accesorios	AC	PP	Grupo Dema, Industrias Saladillo, Polimex
		AC	PVC	Amanco, Nicoll Eterplast, Tuboforte, Tigre Argentina
Uso doméstico	Vajilla y demás serv. para mesa o cocina	BC	PS	American Plast, Dart Sudamericana, Estisol, Celpack, Bella Cup, Cotnyl
	Menaje	MC	PP	Colombraro, Nuva, Mascardi
Resto	Muebles para jardín	MC	PP	Hartmann, Garden Life, Fundimetal
	Partes para autos	MC	PP	Dynamit Nobel, Lodigiani y Leali, L'Equipe Monteur

Referencias:

Atomizado

Alta Concentración (AC): tres o menos empresas concentran el 85% del mercado

Moderada Concentración (MC): de seis a siete empresas tienen 70-80% del mercado o tres empresas tienen el 50%

Baja Concentración (BC): de tres a seis empresas manejan el 40/50% del mercado

Fuente: CEP en base a información de CAIP, empresas y otros

Tabla 3.1: Características del mercado, insumos y fabricantes de los principales productos plásticos.

Hacia mediados de 2003 el panorama de la industria transformadora plástica comenzó a mejorar y el repunte de esta industria vino de la mano de los principales sectores demandantes (alimenticio, automotriz y construcción). Adicionalmente, la mejora de los precios relativos permitió una mejor inserción de los productos plásticos en el exterior.

Desde el 2010 hasta la fecha, la situación comenzó a estabilizarse, alcanzando actualmente el 10,1 % del producto bruto industrial.

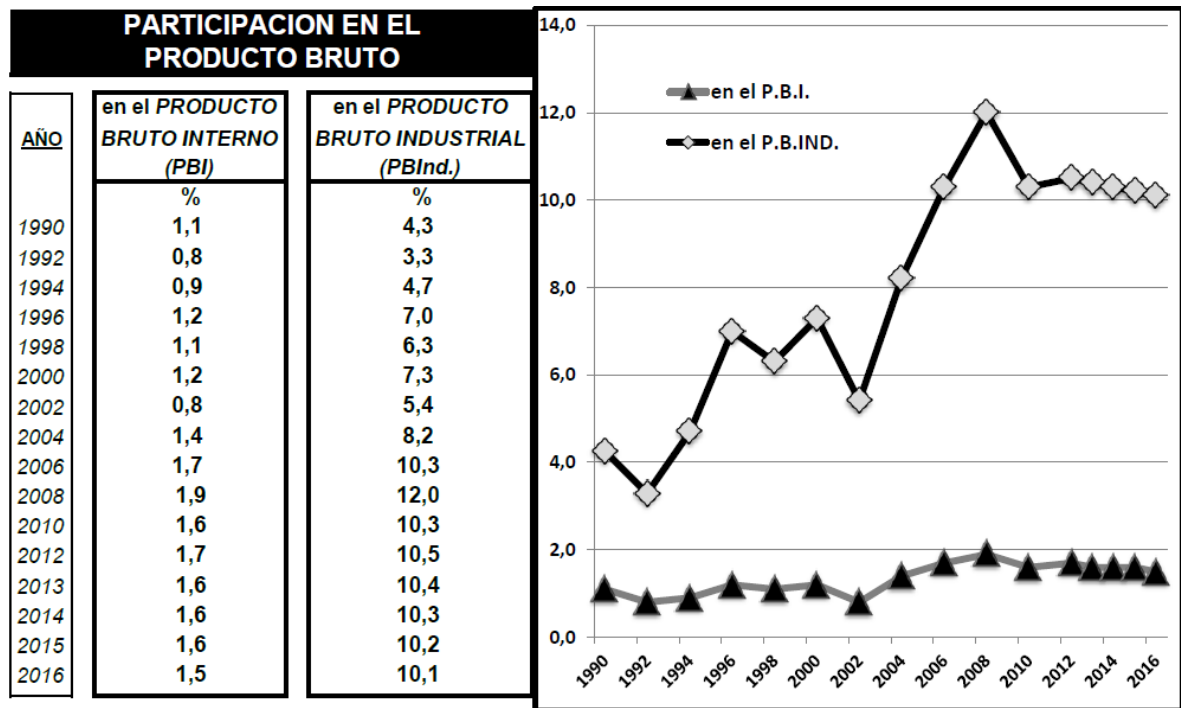


Figura 3.3: Participación de la industria transformadora plástica en el producto bruto.

Este sector está integrado por unas 2.800 plantas actualmente, las cuales dan empleo a 54.560 personas. La mayor parte de estas plantas son pymes, teniendo el 70,5% de éstas sólo entre 1 y 10 trabajadores y el 24% entre 11 y 50.

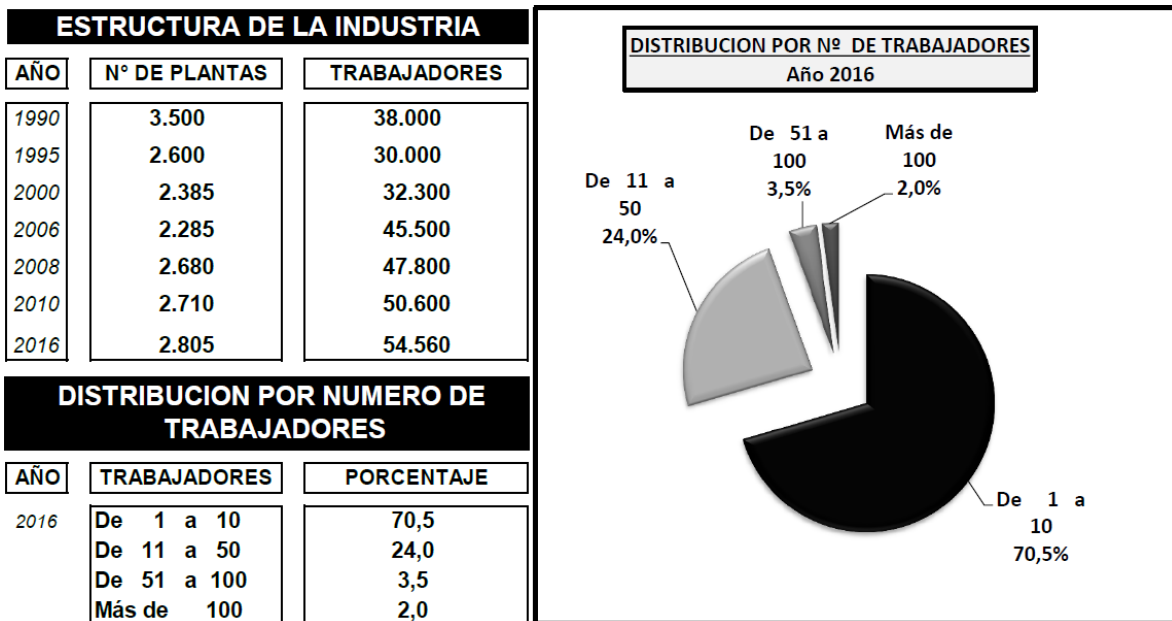


Figura 3.4: Estructura de la industria transformadora plástica.

Estas industrias están concentradas en el centro del país, localizadas principalmente en el Gran Buenos Aires, integrando el 60,4% del total. En segundo lugar, se ubica la ciudad de Buenos Aires con el 16,8% de las industrias.

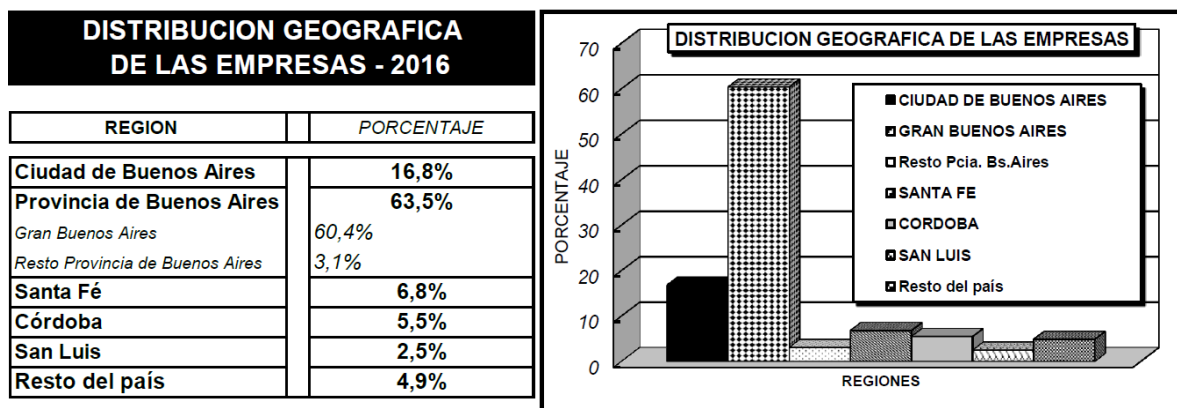


Figura 3.5: Distribución geográfica de las empresas.

3.2.1 Consumo de plásticos por habitante

El consumo de plásticos en el país vio un alza muy importante entre 1990 y 2000, triplicándose en un período de 10 años. Pasó de 11,5 kg por habitante en 1990 a un máximo de 34,7 kg en 1999.

A partir de la crisis del 2001 se observó una importante caída en el 2002, pero en los años sucesivos se fueron recuperando las tasas de crecimiento. La recuperación iniciada a partir del 2003 fue impulsada primero por la demanda del sector de la alimentación y la industria automotriz y luego por el aumento de la demanda de la construcción. Este consumo siguió en aumento hasta llegar a los 43,2 kg por habitante en 2016.

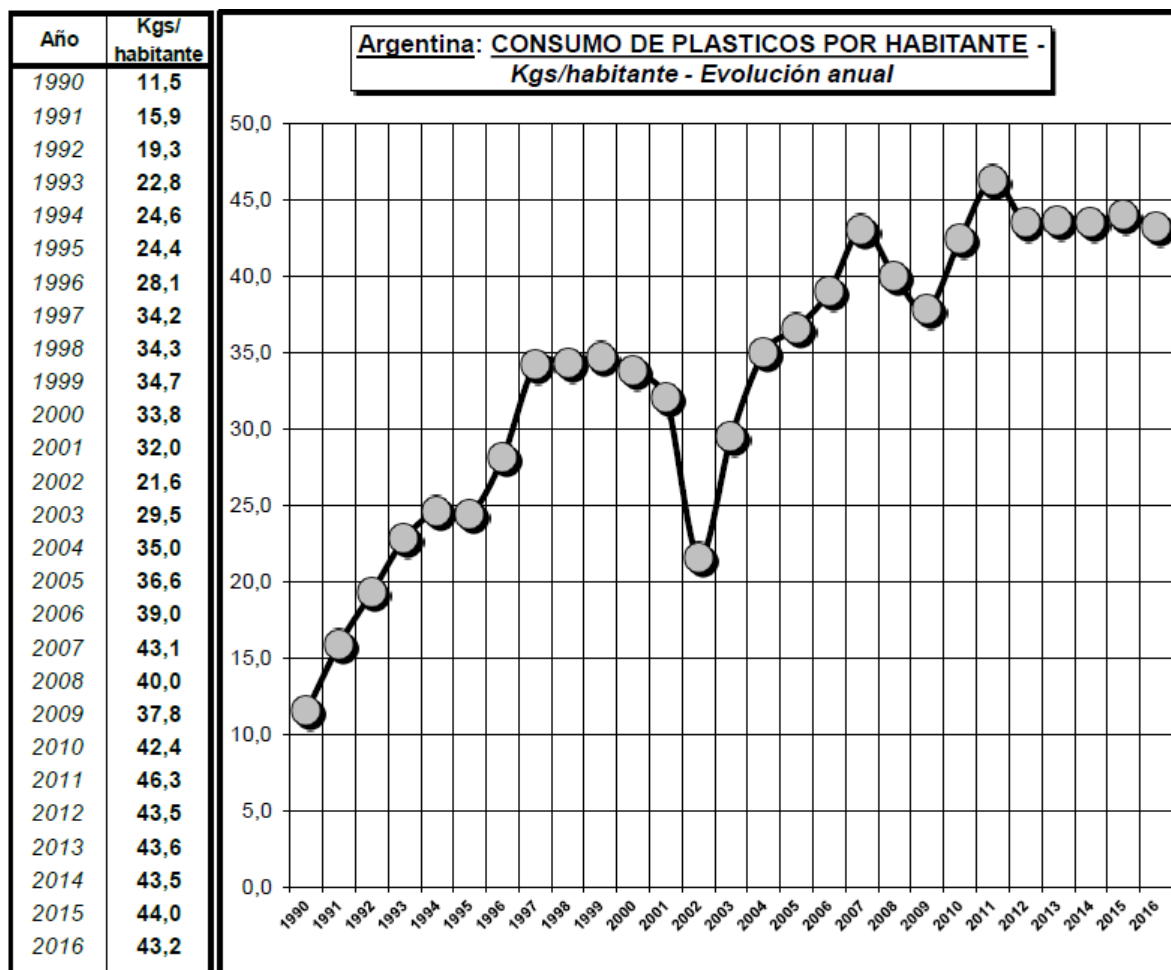


Figura 3.6: Consumo de plásticos por habitante en Argentina.

Los factores que provocaron este aumento de demanda de plástico son varios:

- La diversificación de las aplicaciones de los plásticos en la vida moderna – sustitución de otros materiales en otras industrias tradicionales–.
- La aparición de actividades productivas novedosas intensivas en el uso de plásticos diversos (informática y telecomunicaciones, principalmente).
- El cambio en los hábitos de consumo (auge del supermercadismo, tecnificación del hogar y la oficina).

- La evolución tecnológica mundial, fundamentalmente en lo que se refiere al desarrollo de nuevas y mejores prestaciones de las máquinas y equipos (mayor velocidad, más precisión, etc.) a partir de la misma tecnología de producción.
- El fuerte repunte en el nivel de actividad, hasta 1998, de los principales sectores demandantes de esta industria: automotriz, alimentos y bebidas y construcción.
- La apertura comercial de los '90, un contexto de "dólar barato" y el mejor acceso al crédito interno e internacional, que estimuló la compra de bienes de capital importados, permitiendo el reequipamiento y la modernización del sector.
- El abaratamiento relativo de los productos plásticos, dado por las mismas condiciones contextuales señaladas en el punto anterior.

Desde una perspectiva macroeconómica, se puede afirmar que el consumo de plásticos está asociado a la evolución de la demanda y, por ende, al nivel de producto per cápita de los países. En este sentido, en las naciones desarrolladas, en donde se supone que los estándares de vida son más elevados y existe tecnología más sofisticada, el consumo de plásticos es más alto. Por ejemplo, el consumo en Bélgica (principal consumidor mundial de estos productos) es de 150 kilogramos por habitante, mientras que en la Argentina es de 43 kilogramos.

3.2.2 Conclusión

Como se puede notar, las gráficas del producto bruto industrial y el consumo de plástico por habitante, están íntimamente relacionadas entre sí. Lo importante es que ambas presentan una tendencia ascendente, lo cual favorece al proyecto, ya que la demanda de estos productos será cada vez más elevada. Este hecho otorga la posibilidad de insertarse más fácilmente en el mercado nacional.

Otro aspecto a destacar, es que casi la totalidad de las empresas dedicadas a la transformación del plástico son pymes, lo que orienta las características del producto a ofrecer: las extrusoras deberán ser de capacidades medias/bajas.

3.3 Materias primas plásticas

3.3.1 Producción

En la figura 3.7 y en la figura 3.8 se muestra la evolución de la producción de las materias primas más importantes. Del total de la producción, se indica qué porcentaje corresponde a cada termoplástico.

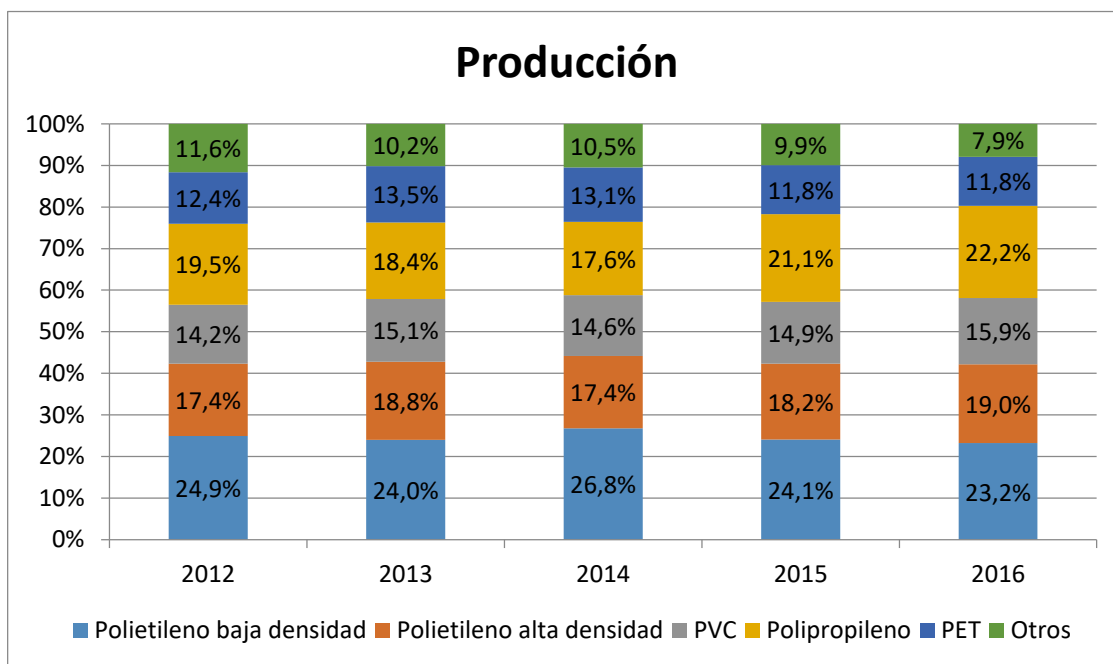


Figura 3.7: Producción de materias primas en Argentina.

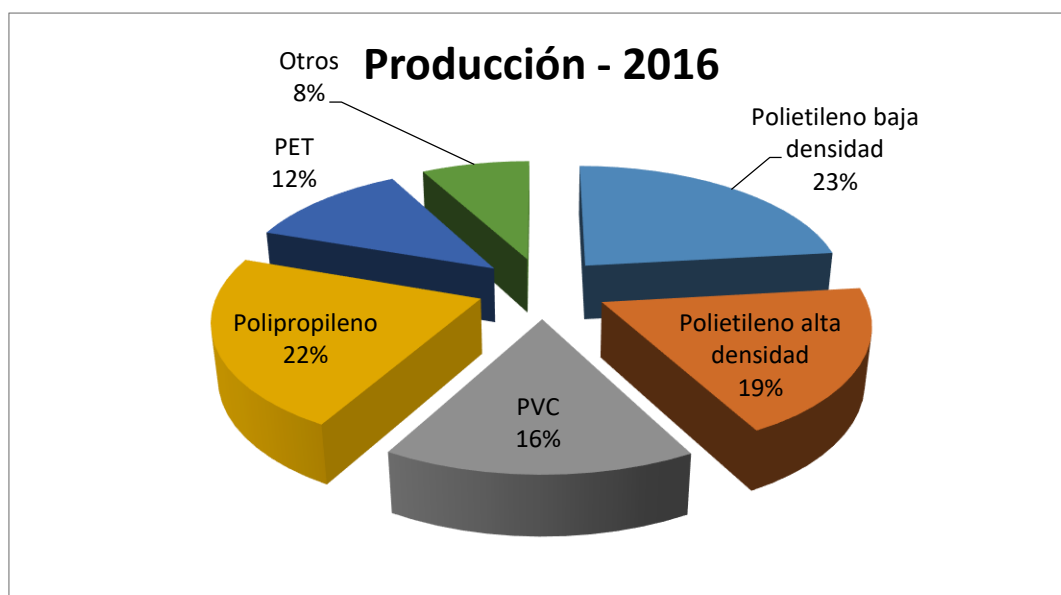


Figura 3.8: Producción de materias primas en Argentina en 2016.

3.3.2 Importación

En la figura 3.9 y en la figura 3.10 se muestra la evolución de las importaciones de las materias primas más importantes. Del total de las importaciones, se indica qué porcentaje corresponde a cada termoplástico.

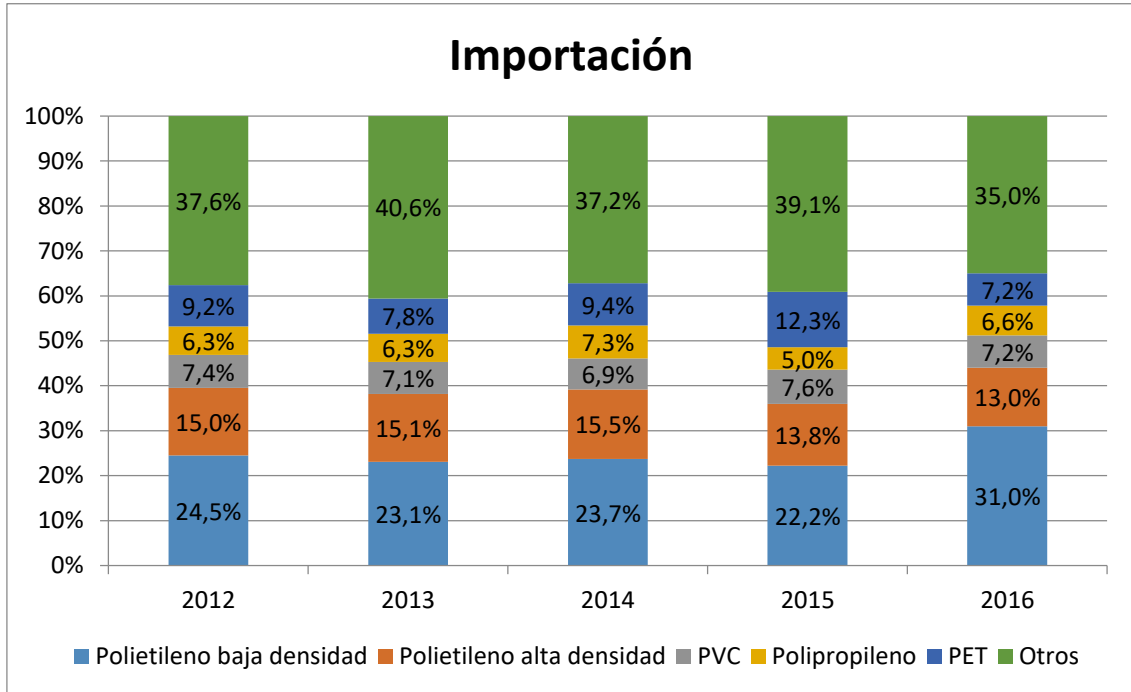


Figura 3.9: Importación de materias primas a Argentina.

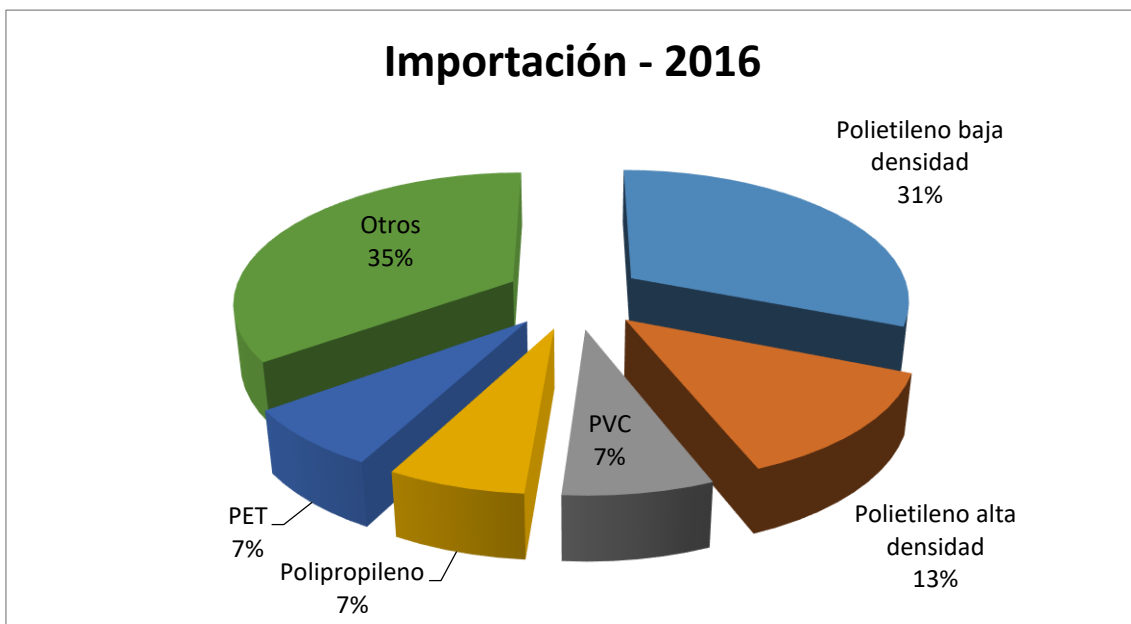


Figura 3.10: Importación de materias primas a Argentina en 2016.

3.3.3 Exportación

En la figura 3.11 y en la figura 3.12 se muestra la evolución de las exportaciones de las materias primas más importantes. Del total de las exportaciones, se indica qué porcentaje corresponde a cada termoplástico.

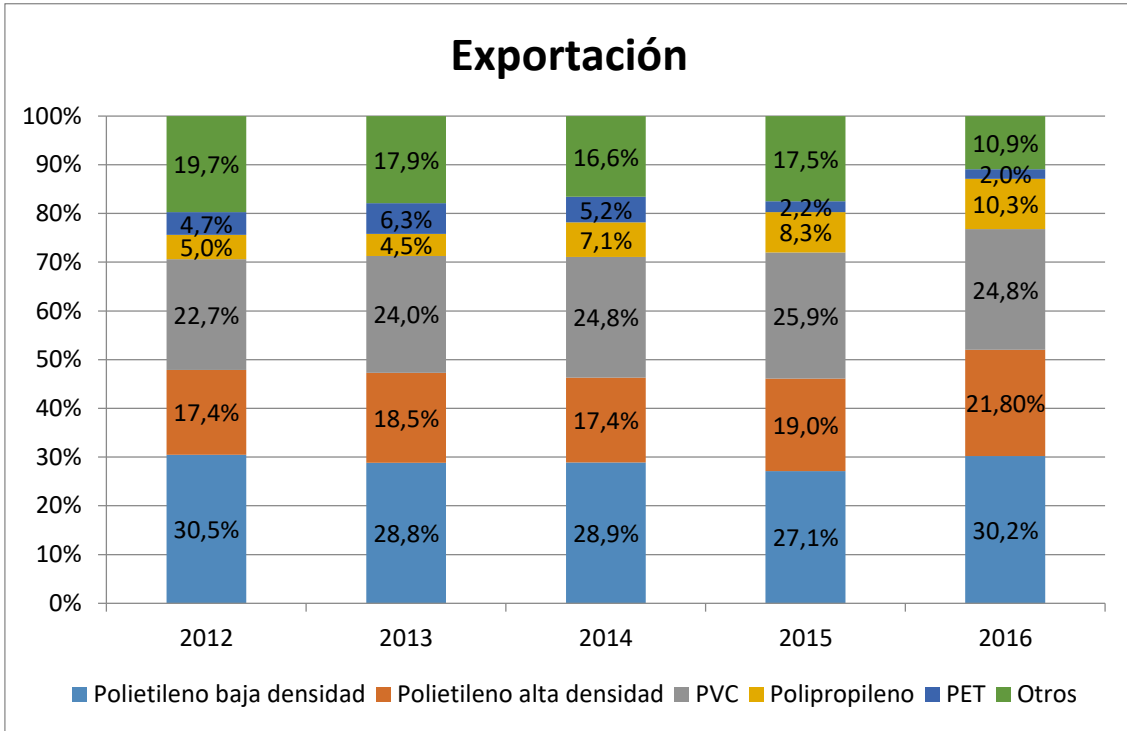


Figura 3.11: Exportación de materias primas desde Argentina.

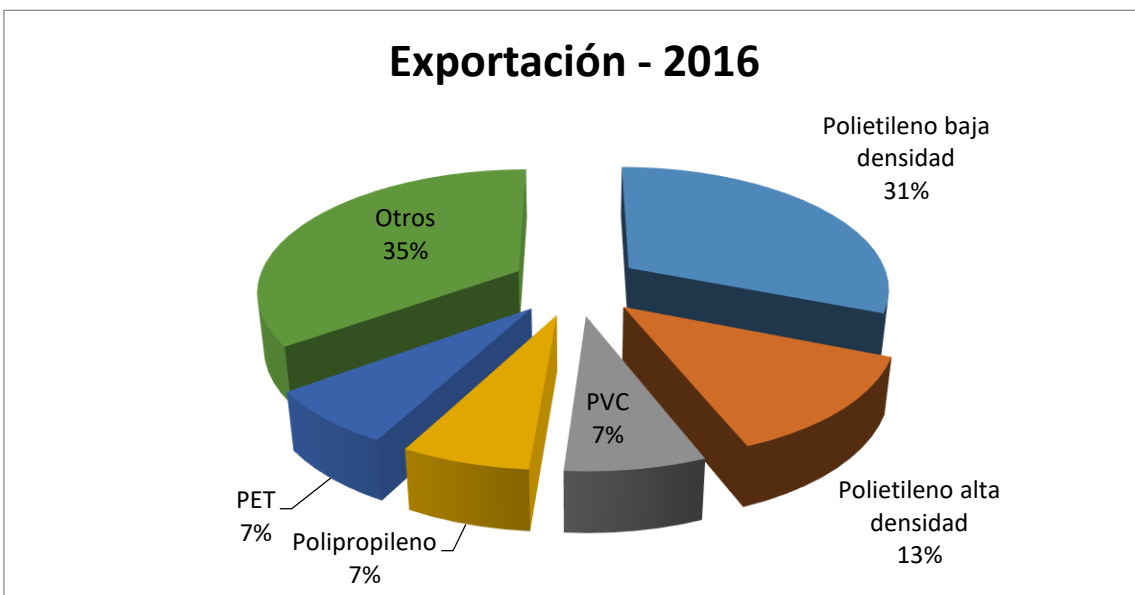


Figura 3.12: Exportación de materias primas desde Argentina en 2016.

3.3.4 Consumo aparente

El consumo aparente es una forma de medir la cantidad de materia prima que se consume en el país. Ésta se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Consumo aparente} = \text{Producción} + \text{Importación} - \text{Exportación}$$

Para poder calcularla, es necesario saber cuánta materia prima se produce en el país, cuánta se adquiere del mercado internacional y cuánta se vende a éste.

Se tienen todos los datos necesarios para el cálculo del consumo aparente de materias primas termoplásticas. Aplicando la ecuación anterior para cada año, se procede a armar la gráfica. Del total del consumo aparente, se indica qué porcentaje corresponde a cada termoplástico.

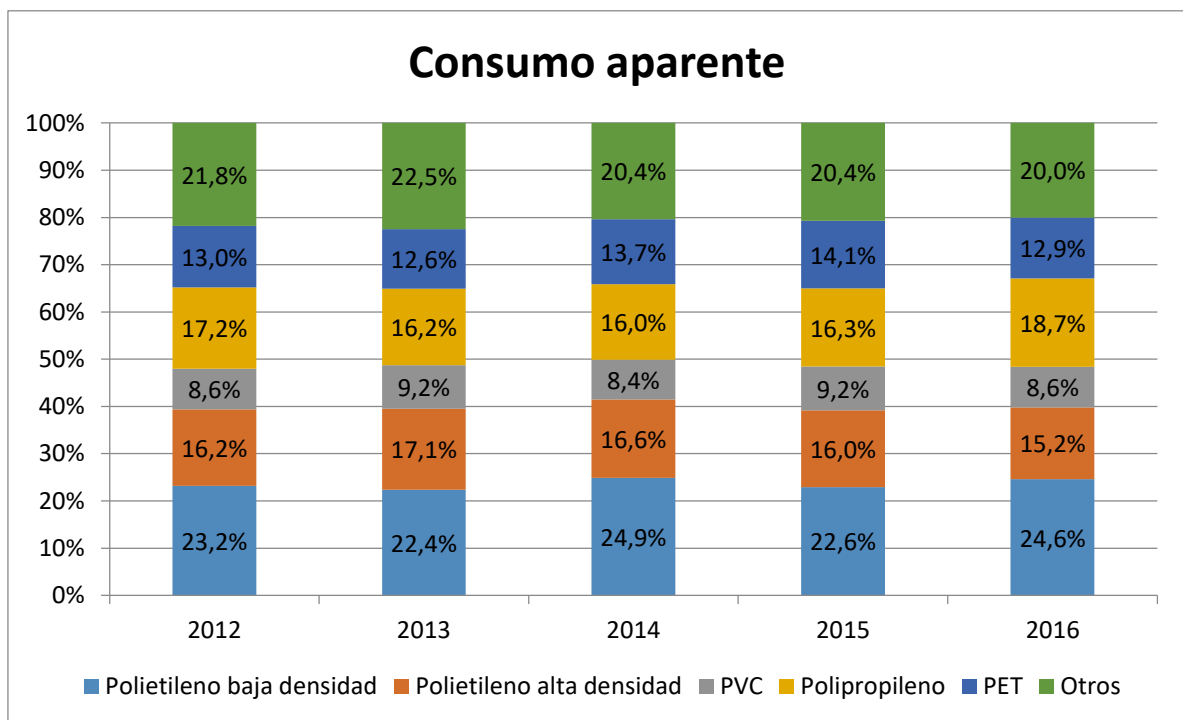


Figura 3.13: Consumo aparente de materias primas en Argentina.

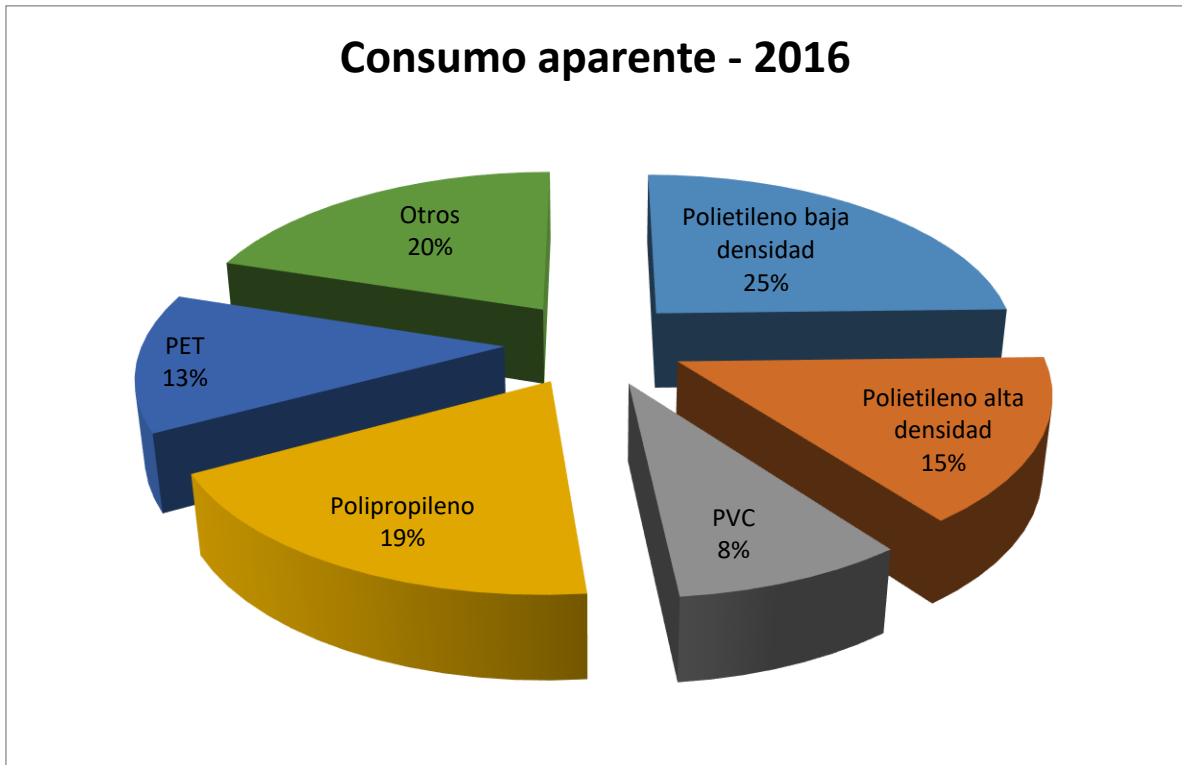


Figura 3.14: Consumo aparente de materias primas en Argentina en 2016.

Analizando este último gráfico, las tres materias primas más consumidas, ordenadas de mayor a menor, son:

- 1) Polietileno de baja densidad
- 2) Polipropileno
- 3) Polietileno de alta densidad
- 4) Tereftalato de polietileno (PET)
- 5) Policloruro de vinilo (PVC)

3.3.5 Procesos

Para convertir estas materias primas en productos terminados y semielaborados, se utilizan diversos procesos de transformación. Los procesos más comunes son los detallados en la tabla 3.2.

Extrusión	Inyección	Soplado	Calandrado	Termoformado
Mediante este proceso los pellets se cargan en un tolva, luego pasan a una cámara de calentamiento, donde son fundidos por un tornillo de revolución continua. Al final de la cámara, el plástico es empujado a través de una pequeña abertura o matriz con la forma del producto. Al salir de la matriz el plástico extruido es enfriado por sopladores o por inmersión de agua.	En este mecanismo los pellets se introducen en un cilindro, donde se los calienta. Luego, cuando el plástico se reblandece, un tornillo sinfín lo inyecta a alta presión en el interior de un molde de acero para darle forma. El molde y el plástico se enfrían mediante unos canales interiores por los que circula agua.	Proceso que consiste en estirar el plástico para luego endurecerlo contra un molde. Se divide en dos categorías principales: soplado por extrusión y soplado por inyección.	Consiste en hacer pasar el material plástico a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor.	Proceso por el cual se le da forma a una lámina de plástico, utilizando calor y presión para empujar al plástico ablandado dentro de un molde.

Fuente: CEP en base a información de CAIP y Modern Plastics Encyclopedia

Tabla 3.2: Principales procesos de transformación de plásticos.

Generalmente, se combinan dos de estos procedimientos para que un producto tome la forma definitiva. Para la fabricación de botellas, por ejemplo, se usan los métodos de inyección y de soplado.

Estos procesos constituyen una tecnología ya madura y estandarizada, bien difundida entre los productores alrededor del mundo y con más de 20 años de existencia. No obstante, la aparición de nuevos materiales termoplásticos y la necesidad de lograr una mayor eficiencia productiva obliga a los fabricantes a renovar su parque de maquinarias y equipos. A nuestro país, estos ingresan mayormente del exterior (principalmente de Alemania e Italia).

La tabla 3.3 resume en forma sucinta gran parte del universo de productos plásticos que surgen de la combinación de materias primas y procesos de transformación.

	Semiterminados	Envases y embalajes	Tuberías, sanitarios y otros mat. para construcción	Uso doméstico	Resto
Polietileno de Baja Densidad (PEBD)	Extrusión: películas para agro, láminas para envases y termoformados, film para pañales, stretch	Extrusión-soplado: bolsas industriales y para supermercados, envases para leche; soplado: botellas, pails y tambores	Extrusión: tuberías para riego, cables	Inyección: artículos domésticos y menaje para hogar	Inyección: juguetes*
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	Extrusión: películas para agro, láminas para envases y termoformados, stretch	Inyección: recipientes para: recolección de frutas, residuos, transporte de bebidas, etc; Extrusión: bolsas industriales y para supermercados; Soplado: botellas para art. de limpieza, cosmética y aceites lubricantes, pails y tambores	Extrusión: caños para gas, telefonía, agua potable, drenaje y uso sanitario	Inyección: artículos domésticos y menaje para hogar	Inyección: juguetes*
Polipropileno (PP)	Extrusión: films, monofilamentos, planchas	Inyección: tapas para envases, art. de menaje, cajones de bebidas, etc	Extrusión: caños y accesorios, válvulas, aislación de alambres y cables, etc	Inyección: art. de menaje, muebles de jardín	Inyección: autopartes, partes de electrodomésticos
Policloruro de Vinilo (PVC)	Extrusión: películas y láminas, revestimientos	Termoformado: bandejas para carnes, fiambres, verduras; Extrusión-soplado: packaging de golosinas; Soplado: botellas de aceites, cosméticos y bidones de agua	Extrusión: caños, aislación de alambres y cables, perfiles para puertas y ventanas, etc	Inyección: artículos para cocina	Inyección: productos de cuero sintético; Calandrado: blisters farmacéuticos, tarjetas de crédito
Poliestireno (PS)	Extrusión: planchas de PS espumado	Termoformado: envases descartables para la ind. láctea y alimenticia; bandejas para catering, snacks y fast food; inyección: envases cosmética y laboratorio	-	Inyección: artículos de bazar: vasos, cubiertos, etc	Inyección: paneles interiores para refrigeración, piezas y equipos eléctricos, electrónicos, telefónicos, autopartes
Tereftalato de Polietileno (PET)	Inyección: preformas; Extrusión: planchas, láminas, películas	Inyección soplado: botellas de gaseosa, agua mineral, aceite comestible, artículos de limpieza y cosmética; Extrusión: envases para alimentos, medicinas y cosméticos	-	Extrusión: bolsas para homo, Termoformado: bandejas para microondas	-

Nota (*): Si bien los juguetes no forman parte de esta industria resultan apropiados como ejemplo dentro de este esquema.
Fuente: CEP en base a información de CAIP, INTI, Modern Plastics Encyclopedia y otros

Tabla 3.3: Principales productos fabricados con diferentes materias primas y procesos.

En este cuadro se puede observar que la extrusión está presente en la transformación de las materias primas más utilizadas.

3.3.6 Conclusión

Estos datos nos dan un panorama de consumo de termoplásticos y nos revelan que los tres más importantes son:

- 1) Polietileno de baja densidad
- 2) Polipropileno
- 3) Polietileno de alta densidad

Integran el 60 % del consumo de materias primas plásticas.

Hay una geometría óptima de tornillo para el procesamiento de cada polímero. Es por esto, que en el estudio técnico se diseñan tres tornillos diferentes, uno para cada termoplástico anteriormente listado.

3.4 Bienes de capital

Los bienes de capital comprenden al conjunto de máquinas y accesorios necesarios para llevar a cabo la transformación del plástico, mediante los procesos antes mencionados. Entre ellos se encuentran:

- Máquinas
- Equipos auxiliares
- Partes y piezas
- Moldes y matrices

3.4.1 Importaciones

En el gráfico de la figura 3.15 se muestran las importaciones de estos productos, desde el 1990 hasta el 2016.

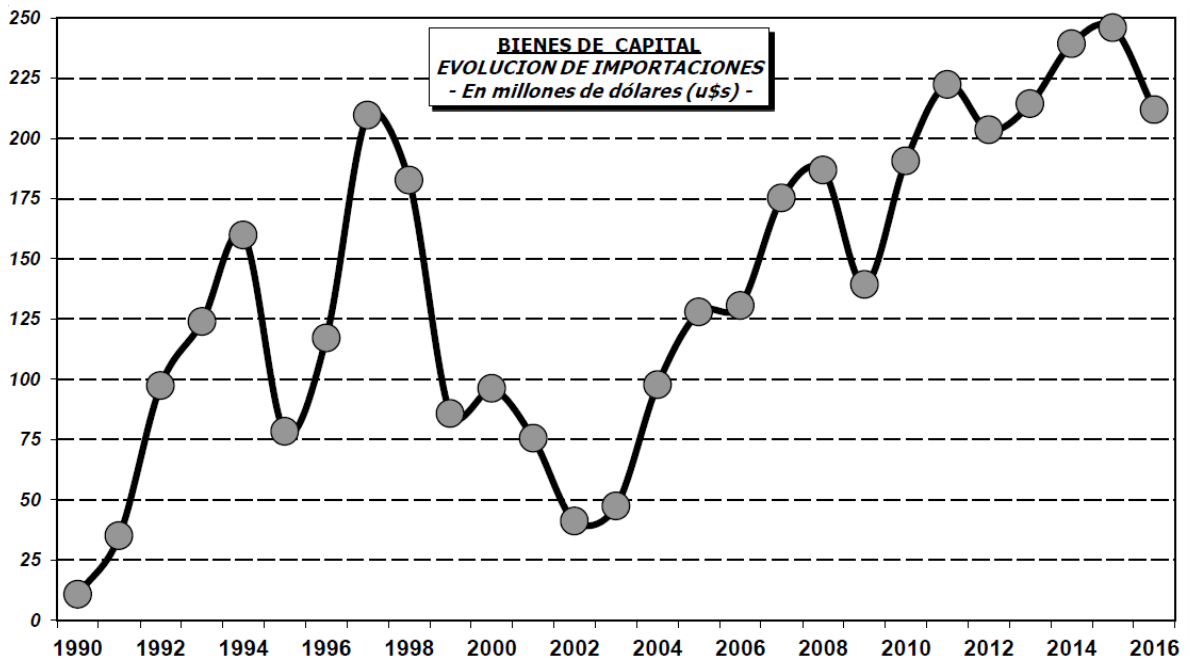


Figura 3.15: Evolución en las importaciones de bienes de capital.

Del total de lo que se importa en lo que respecta a bienes de capital, es interesante saber qué porcentaje corresponde a cada clase de bien. El dato más influyente para el proyecto presente es el porcentaje de las importaciones relativo a las máquinas de transformación de plástico. Como se puede observar en la gráfica siguiente, la mayor parte corresponde a las máquinas, las cuales conforman aproximadamente, en promedio, el 40% del total de las importaciones, seguidas de los moldes y matrices que se mantienen en un 30% del total.

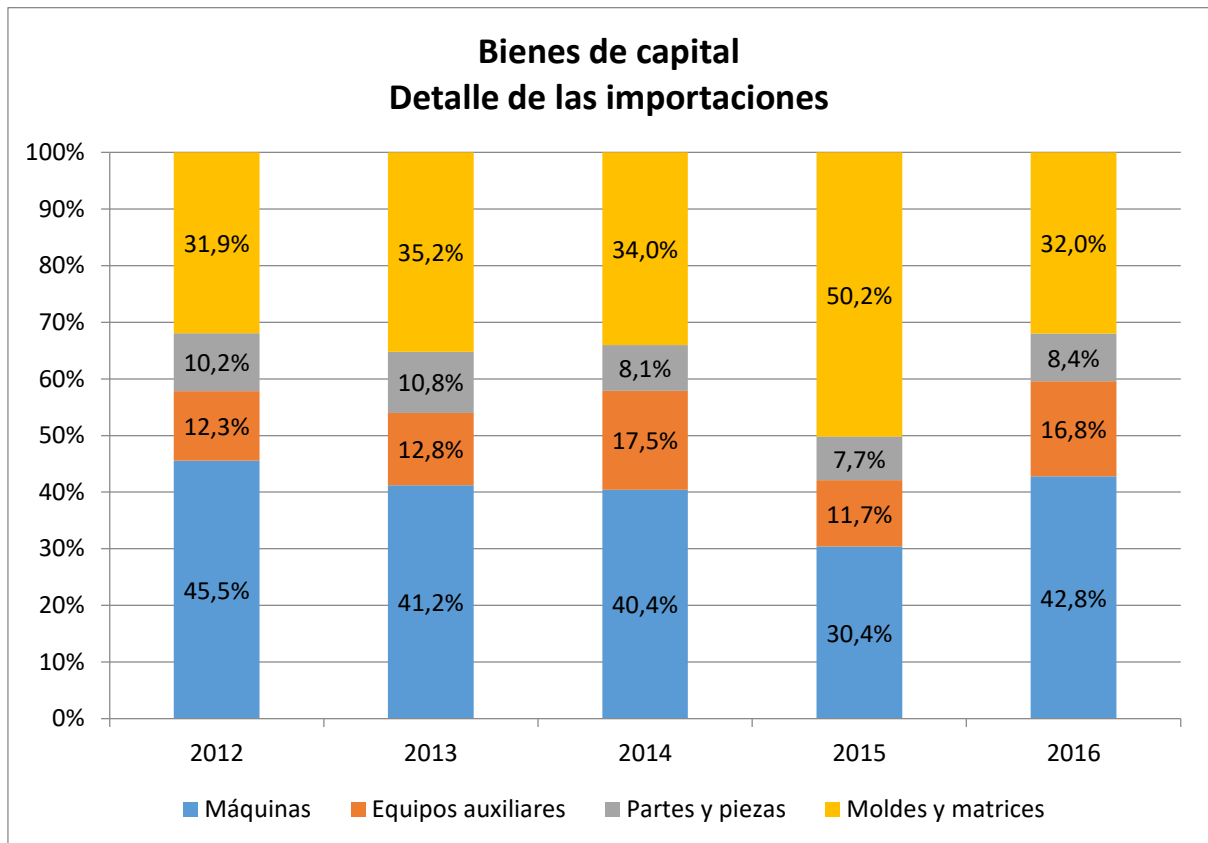


Figura 3.16: Detalles de las importaciones de bienes de capital.

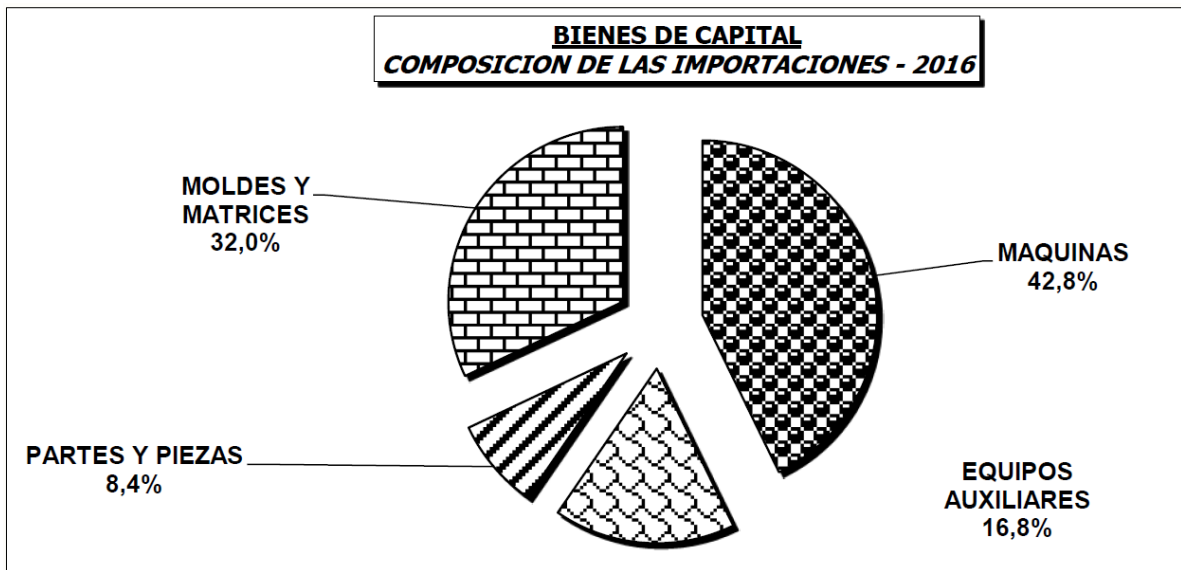


Figura 3.17: Detalles de las importaciones de bienes de capital en 2016.

El valor económico del conjunto de máquinas importadas por nuestro país, asciende a 90 millones de dólares en el 2016. Este valor se venía manteniendo aproximadamente constante, excepto en 2015 donde las importaciones en este rubro bajaron hasta los 75 millones de dólares.

DETALLE DE RUBROS	2012		2013		2014		2015		2016	
	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%
MAQUINAS	92.639.997	45,5%	88.346.548	41,2%	96.631.623	40,4%	74.650.318	30,4%	90.601.193	42,8%
EQUIPOS AUXILIARES	25.089.647	12,3%	27.324.189	12,8%	41.797.385	17,5%	28.863.313	11,7%	35.578.735	16,8%
PARTES Y PIEZAS	20.812.126	10,2%	23.142.286	10,8%	19.257.115	8,1%	18.854.193	7,7%	17.827.830	8,4%
MOLDES Y MATRICES	64.953.684	31,9%	75.389.196	35,2%	81.346.912	34,0%	123.427.268	50,2%	67.762.833	32,0%
TOTAL	203.495.454	100,0%	214.202.219	100,0%	239.033.035	100,0%	245.795.092	100,0%	211.770.591	100,0%

Tabla 3.4: Valor económico de las importaciones de bienes de capital.

Ahora se profundizará en las importaciones, pero orientadas a las máquinas y equipos auxiliares. El gráfico de la figura 3.18 refleja lo sucedido en los últimos años. De esta información, se destaca que el porcentaje de extrusoras importadas varió entre el 17 % y el 25 % del total de las máquinas que ingresan al país.

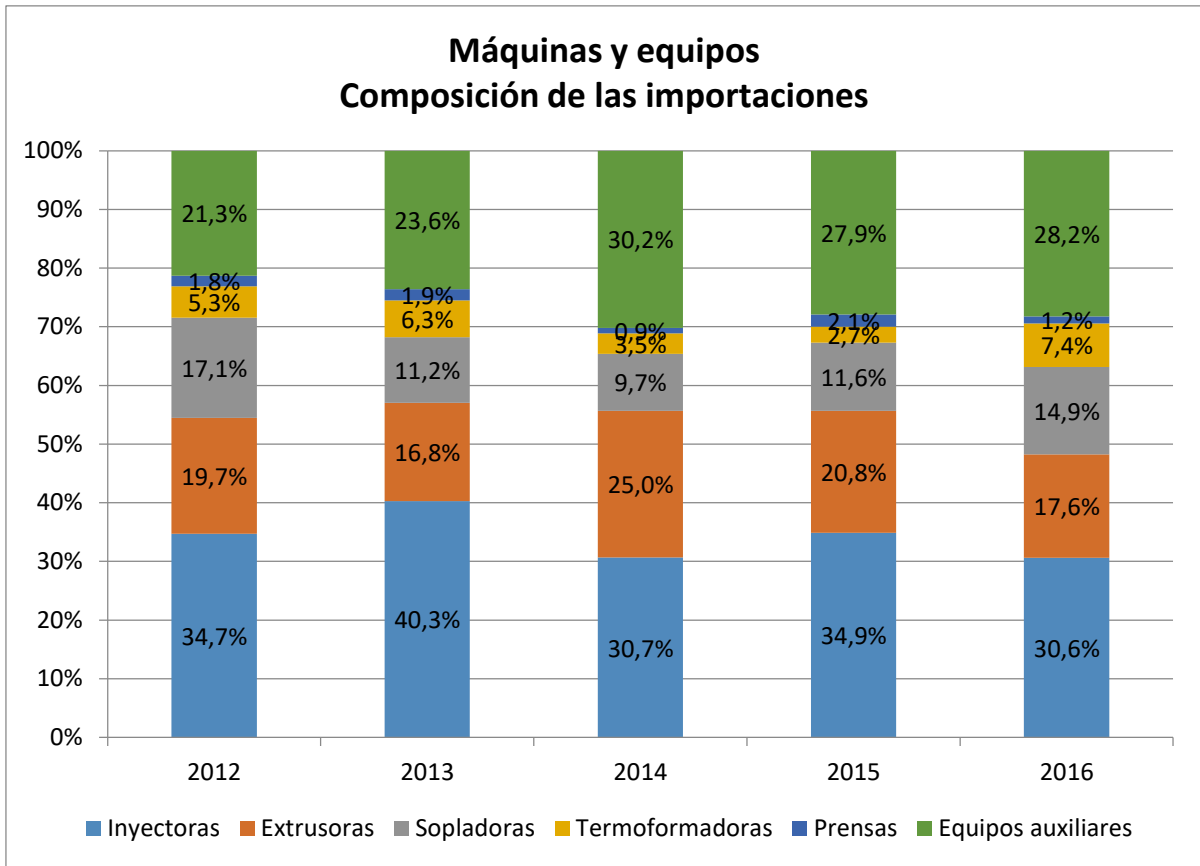


Figura 3.18: Composición de las importaciones de máquinas y equipos.

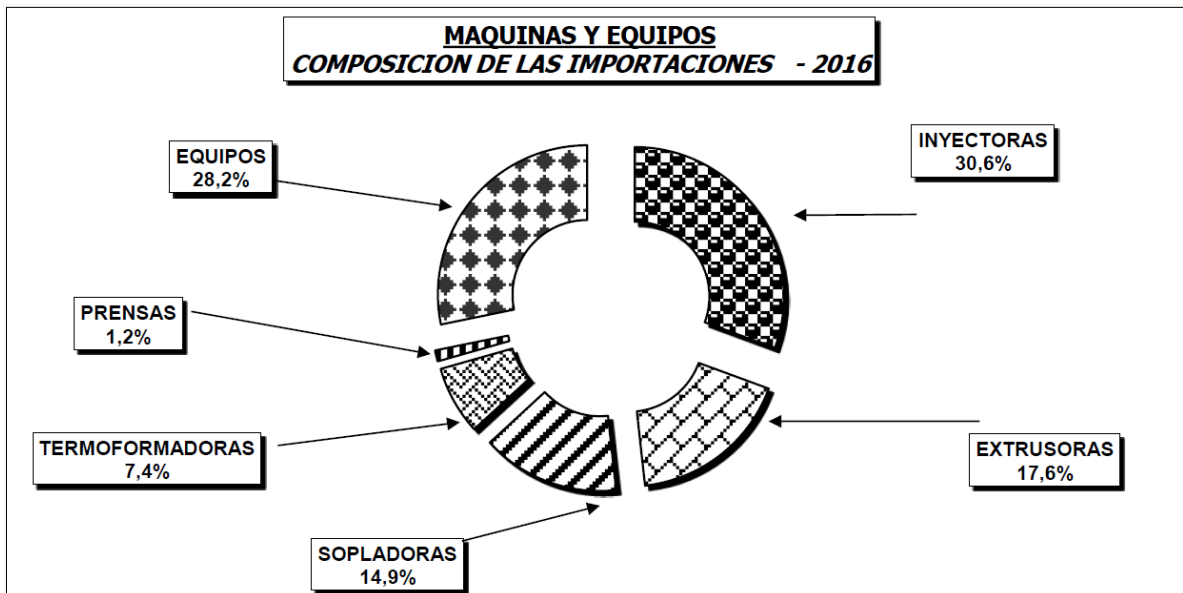


Figura 3.19: Composición de las importaciones de máquinas y equipos en 2016.

En términos monetarios, nuestro país ha destinado en promedio 20 millones de dólares por año en máquinas extrusoras entre el 2012 y el 2016, excepto en el 2014, donde se encuentra un pico de 35 millones de dólares.

DETALLE DE RUBROS	2012		2013		2014		2015		2016	
	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%
* MAQUINAS:										
INYECTORAS	40.864.619	34,7%	46.575.499	40,3%	42.456.401	30,7%	36.143.196	34,9%	38.615.684	30,6%
EXTRUSORAS	23.146.661	19,7%	19.398.635	16,8%	34.611.875	25,0%	21.561.077	20,8%	22.265.019	17,6%
SOPLADORAS	20.188.443	17,1%	12.899.313	11,2%	13.457.545	9,7%	11.972.301	11,6%	18.846.431	14,9%
TERMOFORMADORAS	6.267.421	5,3%	7.242.783	6,3%	4.833.574	3,5%	2.810.181	2,7%	9.360.230	7,4%
PRENSAS	2.172.853	1,8%	2.230.318	1,9%	1.272.228	0,9%	2.163.563	2,1%	1.513.829	1,2%
SUB TOTAL	92.639.997	78,7%	88.346.548	76,4%	96.631.623	69,8%	74.650.318	72,1%	90.601.193	71,8%
* EQUIPOS:										
Los Demás (1)	25.089.647	21,3%	27.324.189	23,6%	41.797.385	30,2%	28.863.313	27,9%	35.578.735	28,2%
TOTAL	117.729.644	100,0%	115.670.737	100,0%	138.429.008	100,0%	103.513.631	100,0%	126.179.928	100,0%

(1) Los equipos (molinos, recubridoras, cortadoras, etc) no tienen posiciones arancelarias específicas. Se despachan por una posición genérica.

Tabla 3.5: Valor económico de las importaciones de máquinas y equipos.

El 60 % de las máquinas y equipos provienen de Alemania, Italia y China, siendo estos países los exportadores más importantes de maquinaria. También, aunque en menor medida, Argentina importa este tipo bienes a países como Japón, Brasil, Taiwán, Francia, EE.UU. y Austria.

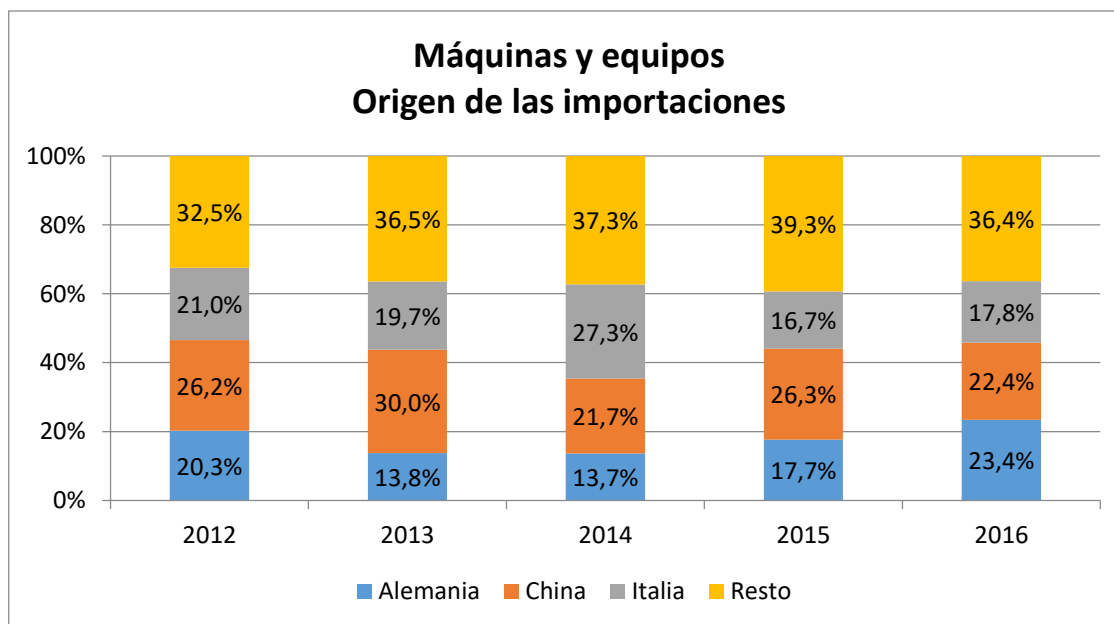


Figura 3.20: Origen de las importaciones de máquinas y equipos.

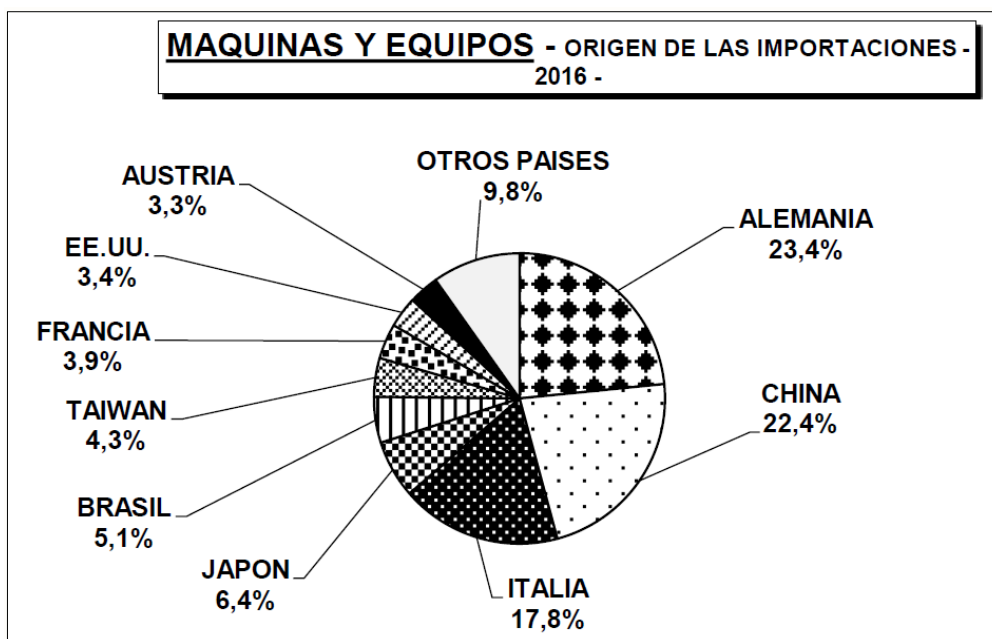


Figura 3.21: Origen de las importaciones de máquinas y equipos en 2016.

3.4.2 Exportaciones

Las exportaciones de bienes de capital sufrieron una fuerte caída, de aproximadamente la mitad en 2014, respecto a lo que fue entre el 2005 y el 2013. En los últimos tres años, las exportaciones varían entre 6 y 7 millones de dólares.

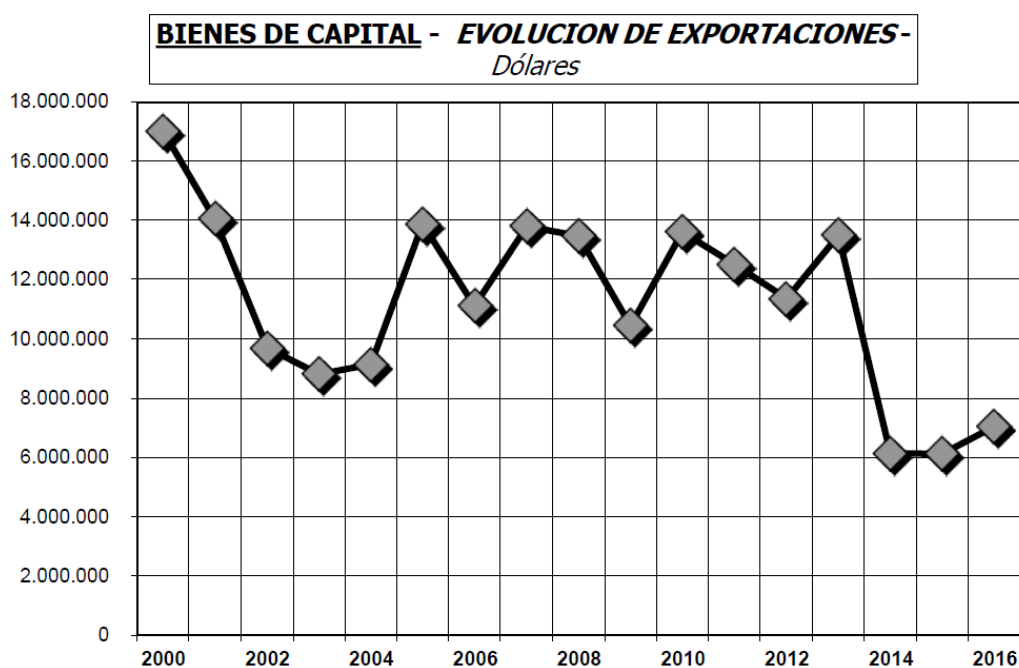


Figura 3.22: Evolución de las exportaciones de bienes de capital.

Aislado las exportaciones de máquinas y equipos, la situación es la misma. Se redujeron aproximadamente a la mitad a partir del 2014, llegando aproximadamente a 3 millones de dólares en los últimos tres años.

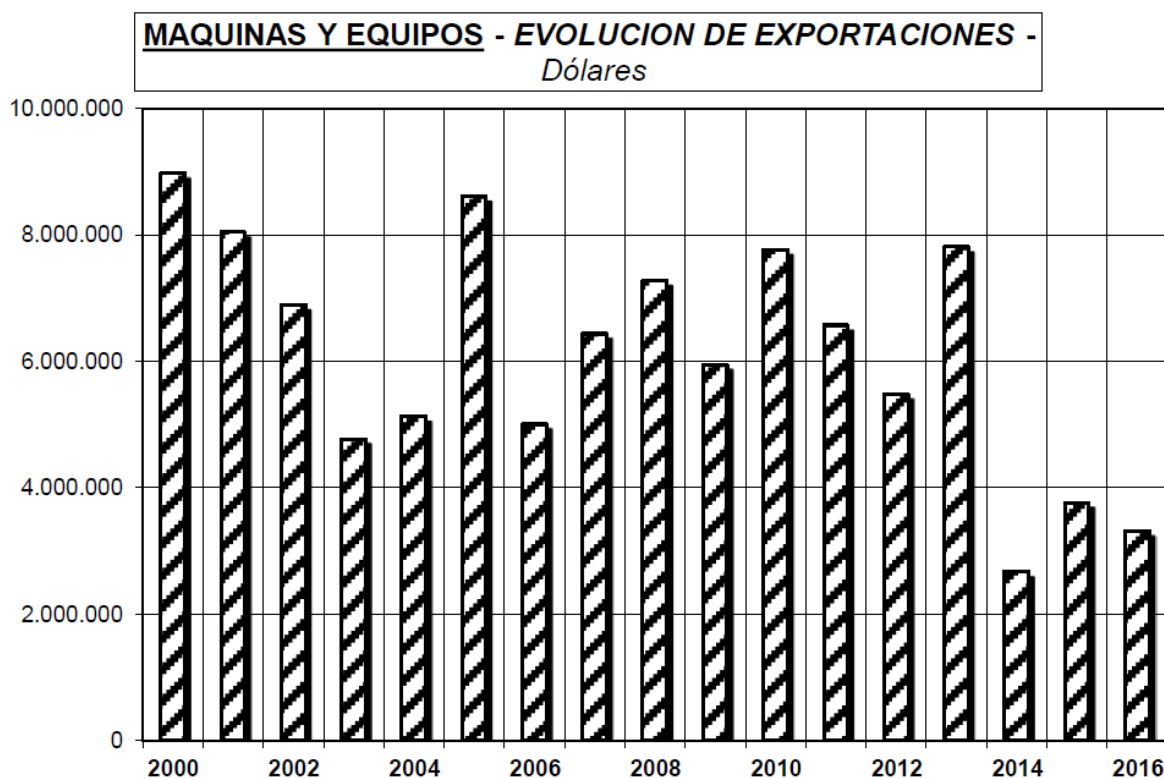


Figura 3.23: Evolución de las exportaciones de máquinas y equipos.

3.4.3 Conclusión

Respecto a las importaciones, por un lado, resulta favorable que estén en aumento, debido a que el producto desarrollado en el proyecto puede competir y reemplazar parte de lo que ingresa al país. Pero, por otro lado, se deberá competir con empresas de países desarrollados, los cuales cuentan con una alta tecnología. Esto forzará a la empresa local a ser más competente y ofrecer mejores productos en cuanto a calidad y sofisticación.

Analizando las exportaciones, la importante baja en 2014 pudo haber ocurrido por los siguientes factores:

1. La caída de los precios internacionales de los productos que más vende la Argentina.
2. La restricción de la demanda de Brasil.
3. Incremento de costos en la operación privada (inflación) y por cargas públicas (presión tributaria). Inflación y alta presión tributaria debilitan la competitividad de la Argentina.

4. Entorno regulatorio que posterga decisiones de producción o comercialización (restricciones a la producción; sobrerregulaciones al comercio; alta complejidad, inestabilidad y aleatoriedad).
5. Menguante tasa de inversión.
6. Deficiente acceso a servicios (logística, financiamiento, despachos, puertos).
7. Política cambiaria que afecta la competitividad internacional.
8. Ineficiencia estructural –no corregida– en la política de administración de comercio que afecta el acceso a bienes de capital e insumos.
9. Política energética que incrementa saldos negativos en la balanza sectorial.
10. Insuficiente o debilitada política comercial internacional –apertura de mercados– y pérdida de diversificación de mercados internacionales en productos industriales.

Claramente, el cepo cambiario y el exceso de devoción por el mercado interno respecto de las relaciones comerciales internacionales están implícitos en siete de los diez factores. Todo esto genera una situación desfavorable para la inserción en el mercado internacional. Si bien no se alcanzan los altos valores anteriores al 2013, a partir del 2015 se nota una leve recuperación. Si esta tendencia se mantiene se favorecerán las posibles ventas al exterior, debido a que indicarán la competitividad local frente a los clientes extranjeros.

3.5 Capacidad de la máquina

Ahora se definirá el tamaño y potencia de la máquina. Para ello, se debe saber cuánto plástico tiene que procesar por hora, característica denominada *producción o capacidad* de la máquina.

El primer paso fue indagar a varias fábricas de extrusoras ubicadas en la provincia de Buenos Aires, con la intención de saber qué tamaños de máquinas ofrecían y cuáles de ellas eran las más demandadas por los clientes. A continuación, se expone la información conseguida de algunas de estas empresas.

Pas Extrusoras se dedica a la fabricación de todo tipo de líneas para procesos de extrusión: extrusión de film, de mangueras, caños, perfilería rígida, extrusoras sopladoras, recuperadoras, para forrado de cables y recubrimiento, etc. Ofrece extrusoras con tornillos de 30, 40, 50, 60, 75, 90 y 120 mm de diámetro. Esta amplia gama de extrusoras varía su capacidad de los 30 a los 300 kg/h. La extrusora más demandada y producida por dicha empresa posee un diámetro de tornillo de 60 mm, con una producción de 100 kg/h. Este tamaño de extrusora permite producir aproximadamente, por hora, 350 m de caño de polipropileno de $\frac{3}{4}$ " o recubrir 4000 m de cable de 4 mm². Estos valores de producción son ideales para pymes, las cuales no poseen grandes volúmenes de producción.

Extrucab además de extrusoras, diseña y fabrica líneas de extrusión completas para: cable, manguera, filamentos, tubos, film, lámina, perfiles, etc. en plástico, caucho y silicona. Ofrecen los siguientes diámetros: 25, 30, 35, 45, 60, 75, 90, 105, 120 y 150 mm.

EXSE produce extrusoras y todo tipo de equipos periféricos para líneas de extrusión. Las extrusoras son fabricadas en diámetros de tornillo desde 25 mm hasta 152 mm y en relaciones L:D 24:1 hasta 35:1.

3.5.1 Conclusión

En primer lugar, se obtuvieron los datos relacionados a la gama de modelos que fabrican algunas empresas nacionales. En segundo lugar, se sabe qué modelos son los más comercializados por dichas empresas. Esto permitirá definir cuál será el modelo base y qué otras alternativas se podrán ofrecer en cuanto a capacidad de plástico procesado por hora. El modelo base del presente proyecto será una máquina extrusora con tornillo de diámetro de 60 mm, pensado para rendir 100 kg/h (dicho valor resulta de guía). Como se dijo anteriormente, se podrá fabricar con este modelo, a modo de guía, 350 m de caño de $\frac{3}{4}$ " o recubrir aproximadamente 4000 m de conductor en una hora de trabajo. Se ofrecerá también dos alternativas: un modelo de 90 mm y otro de 40 mm. Éstas son máquinas de tamaño medio/chico, las cuales resultan convenientes teniendo en cuenta que la mayoría de los clientes nacionales son pymes. A medida que la empresa crezca, se irá analizando la idea de ofrecer una mayor variedad de tamaños de extrusoras.

3.6 Fuentes consultadas

3.6.1 Informes

- Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP), *Anuario Estadístico de la Industria Plástica - Actualización 2016*.
- Centro de Estudios para la Producción (CEP), *El sector de las manufacturas de plástico en la Argentina*.
- Subsecretaría de Comercio Internacional, *Informe sectorial: sector del plástico*, 2011.

3.6.2 Publicaciones

- Oscar E. Sánchez (gerente de CAIP), *Industria transformadora plástica: características y situación actual*, Voces en el Fénix [Revista electrónica], Número 16, Buenos Aires, 2012. Disponible en:
<http://www.vocesenelfenix.com/content/industria-transformadora-pl%C3%A1stica-caracter%C3%ADsticas-y-situaci%C3%B3n-actual>
- Daniel Sticco, *Las 10 causas que explican la caída de las exportaciones en el total mundial*, Infobae, 2014. Disponible en:
<https://www.infobae.com/2014/11/24/1610836-las-10-causas-que-explican-la-caida-las-exportaciones-el-total-mundial/>

3.6.3 Sitios web

- <http://www.pasextrusoras.com.ar/>
- <http://extrucab.com.ar/>
- <http://www.exse.com.ar/extrusoras.htm>

3.6.4 Bibliografía

- Harold F. Giles, Jr.; John R. Wagner, Jr.; Eldridge M. Mount, III, *Extrusion: the definitive processing guide and handbook*, William Andrew, Inc., Norwich, 2005.

3.1 Anexos



CAIP



CAMARA ARGENTINA DE LA INDUSTRIA PLASTICA

Con plástico, se puede®

Anuario Estadístico de la Industria Plástica

Actualización 2016

MATERIAS PRIMAS

Consumo - Importación - Exportación

PRODUCTOS PLÁSTICOS: SEMIELABORADOS y TERMINADOS

Importación - Exportación

MÁQUINAS Y EQUIPOS

Importación - Exportación

MOLDES Y MATRICES

Importación - Exportación

LA INDUSTRIA PLÁSTICA EN EL MERCOSUR

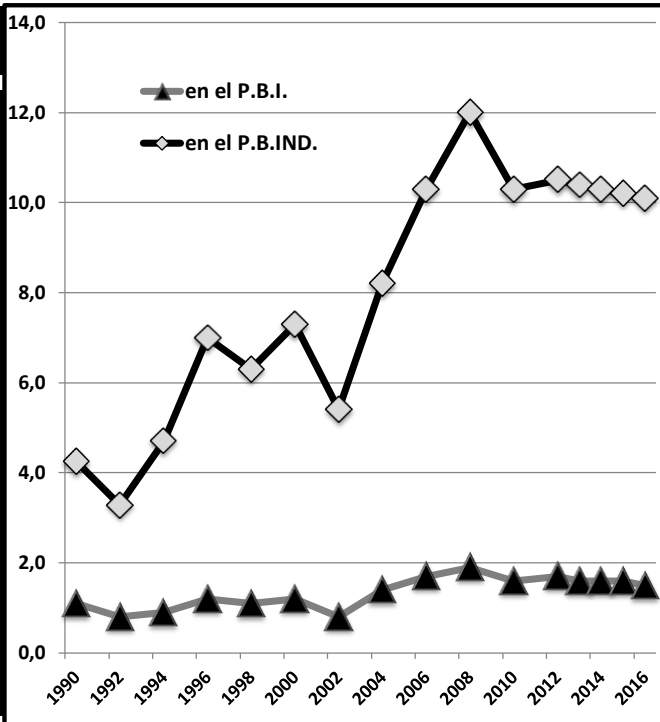
Importación - Exportación - Balanza Comercial



INDUSTRIA TRANSFORMADORA PLASTICA

PARTICIPACION EN EL PRODUCTO BRUTO

AÑO	en el PRODUCTO BRUTO INTERNO (PBI)	en el PRODUCTO BRUTO INDUSTRIAL (PBInd.)
	%	%
1990	1,1	4,3
1992	0,8	3,3
1994	0,9	4,7
1996	1,2	7,0
1998	1,1	6,3
2000	1,2	7,3
2002	0,8	5,4
2004	1,4	8,2
2006	1,7	10,3
2008	1,9	12,0
2010	1,6	10,3
2012	1,7	10,5
2013	1,6	10,4
2014	1,6	10,3
2015	1,6	10,2
2016	1,5	10,1



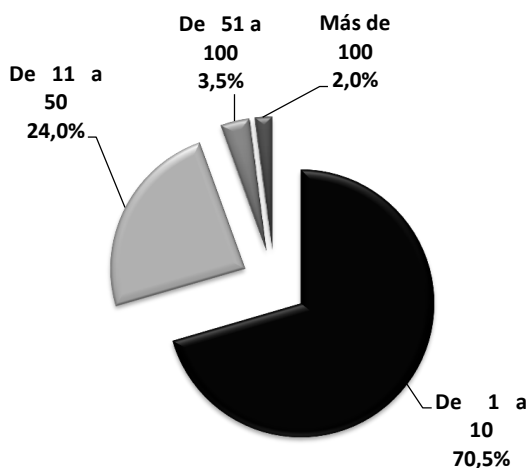
ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA

AÑO	Nº DE PLANTAS	TRABAJADORES
1990	3.500	38.000
1995	2.600	30.000
2000	2.385	32.300
2006	2.285	45.500
2008	2.680	47.800
2010	2.710	50.600
2016	2.805	54.560

DISTRIBUCION POR NUMERO DE TRABAJADORES

AÑO	TRABAJADORES	PORCENTAJE
2016	De 1 a 10	70,5
	De 11 a 50	24,0
	De 51 a 100	3,5
	Más de 100	2,0

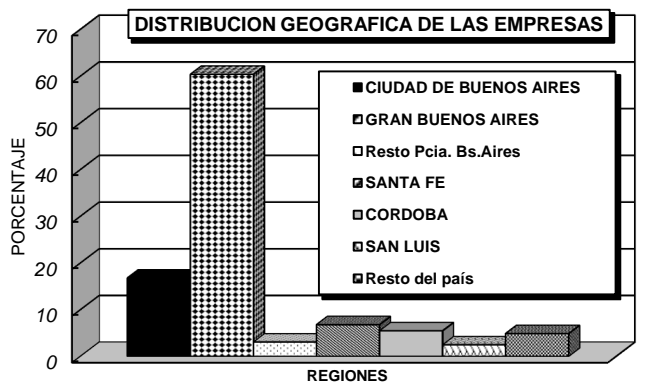
DISTRIBUCION POR Nº DE TRABAJADORES Año 2016



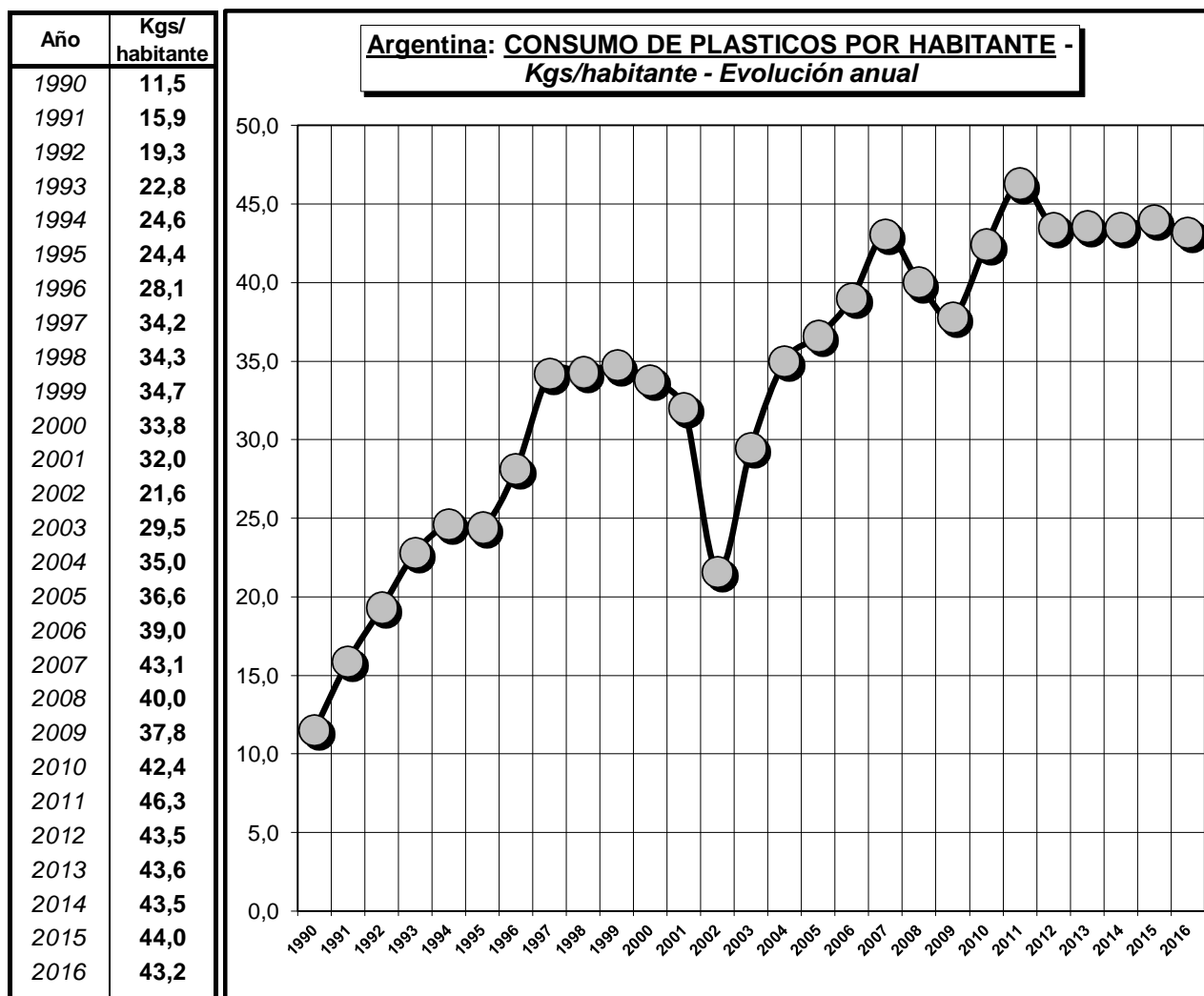
DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS EMPRESAS - 2016

REGION	PORCENTAJE
Ciudad de Buenos Aires	16,8%
Provincia de Buenos Aires	63,5%
Gran Buenos Aires	60,4%
Resto Provincia de Buenos Aires	3,1%
Santa Fé	6,8%
Córdoba	5,5%
San Luis	2,5%
Resto del país	4,9%

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS EMPRESAS

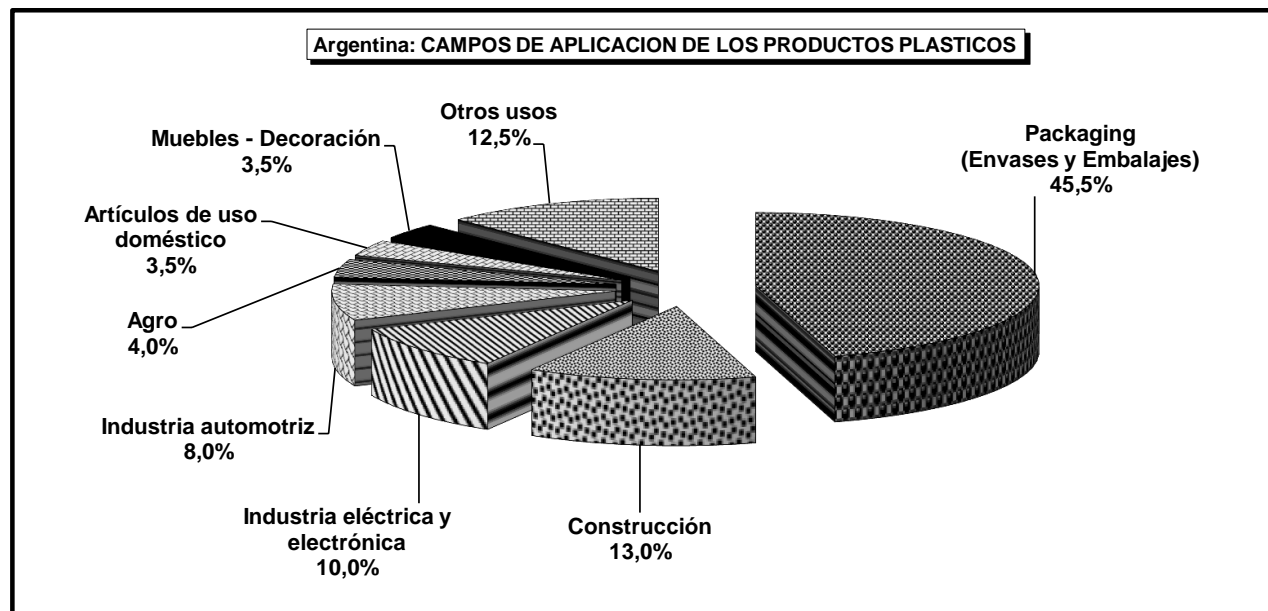


Argentina: CONSUMO DE PLASTICOS POR HABITANTE



Argentina: CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PRODUCTOS PLÁSTICOS

Los campos de aplicación de los productos plásticos difieren en los distintos países según su estructura industrial y los hábitos de consumo de sus poblaciones. En el caso de Argentina, los campos de aplicación son los siguientes:



CONSUMO APARENTE DE MATERIAS PRIMAS PLASTICAS

EN TONELADAS

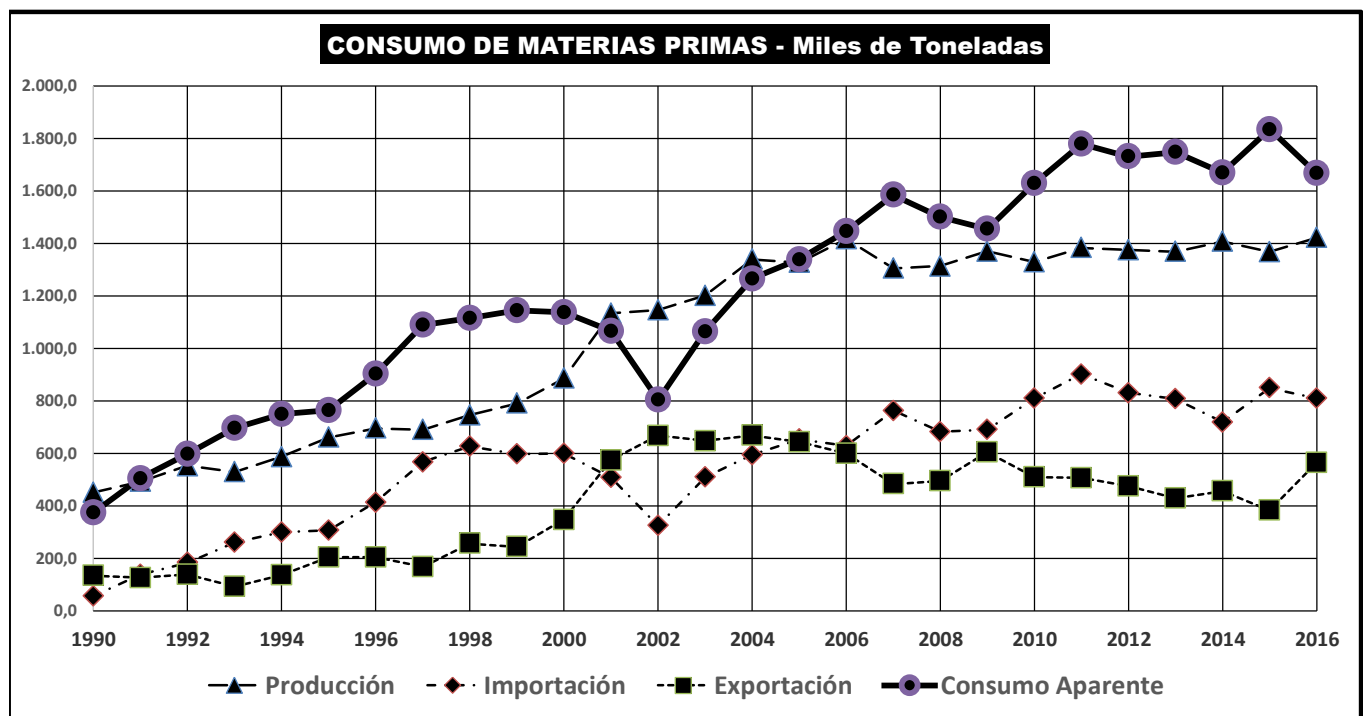
AÑOS	PRODUCCION		IMPORTACION		EXPORTACION		CONSUMO APARENTE	
	1	1/4	2	2/4	3	3/4	4 =	1+2-3
2000	885.642	77,9%	598.488	52,6%	346.792	-30,5%	1.137.338	100,0%
2001	1.132.380	106,3%	507.050	47,6%	573.845	-53,9%	1.065.585	100,0%
2002	1.145.939	142,6%	324.084	40,3%	666.309	-82,9%	803.714	100,0%
2003	1.201.566	112,9%	509.570	47,9%	646.838	-60,8%	1.064.298	100,0%
2004	1.339.340	105,8%	593.921	46,9%	667.893	-52,8%	1.265.368	100,0%
2005	1.327.205	99,2%	653.279	48,8%	642.029	-48,0%	1.338.455	100,0%
2006	1.416.927	98,0%	628.468	43,5%	599.633	-41,5%	1.445.762	100,0%
2007	1.304.431	82,3%	762.458	48,1%	482.562	-30,5%	1.584.327	100,0%
2008	1.312.976	87,5%	681.635	45,4%	493.570	-32,9%	1.501.041	100,0%
2009	1.369.367	94,1%	690.230	47,4%	604.647	-41,6%	1.454.950	100,0%
2010	1.328.306	81,6%	809.888	49,7%	509.421	-31,3%	1.628.773	100,0%
2011	1.383.167	77,7%	901.371	50,7%	505.201	-28,4%	1.779.337	100,0%
2012	1.375.259	79,4%	829.826	47,9%	474.075	-27,4%	1.731.010	100,0%
2013	1.368.427	78,3%	807.559	46,2%	428.497	-24,5%	1.747.489	100,0%
2014	1.407.490	84,3%	718.191	43,0%	456.351	-27,3%	1.669.330	100,0%
2015	1.367.362	73,6%	849.004	46,3%	382.040	-20,8%	1.834.326	100,0%
2016	1.422.056	85,3%	809.227	48,5%	564.299	-33,9%	1.666.984	100,0%

(1) Datos estimados y provisorios

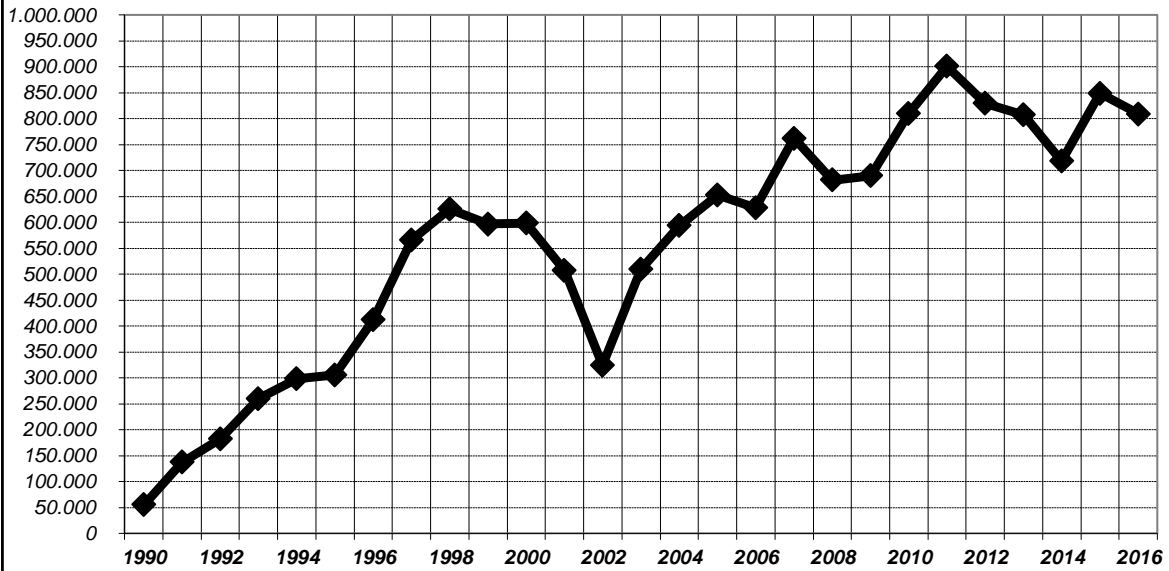
EVOLUCION ANUAL Y ACUMULADA

AÑOS	PRODUCCION		IMPORTACION		EXPORTACION		CONSUMO APARENTE	
	Anual	Acum.	Anual	Acum.	Anual	Acum.	Anual	Acum.
2000	12,1%	---	0,3%	---	42,4%	---	-0,5%	---
2001	27,9%	27,9%	-15,3%	-15,3%	65,5%	65,5%	-6,3%	-6,3%
2002	1,2%	29,4%	-36,1%	-45,8%	16,1%	92,1%	-24,6%	-29,3%
2003	4,9%	35,7%	57,2%	-14,9%	-2,9%	86,5%	32,4%	-6,4%
2004	11,5%	51,2%	16,6%	-0,8%	3,3%	92,6%	18,9%	11,3%
2005	-0,9%	49,9%	10,0%	9,2%	-3,9%	85,1%	5,8%	17,7%
2006	6,8%	60,0%	-3,8%	5,0%	-6,6%	72,9%	8,0%	27,1%
2007	-7,9%	47,3%	21,3%	27,4%	-19,5%	39,2%	9,6%	39,3%
2008	0,7%	48,3%	-10,6%	13,9%	2,3%	42,3%	-5,3%	32,0%
2009	4,3%	54,6%	1,3%	15,3%	22,5%	74,4%	-3,1%	27,9%
2010	-3,0%	50,0%	17,3%	35,3%	-15,7%	46,9%	11,9%	43,2%
2011	4,1%	56,2%	11,3%	50,6%	-0,8%	45,7%	9,2%	56,4%
2012	-0,6%	55,3%	-7,9%	38,7%	-6,2%	36,7%	-2,7%	52,2%
2013	-0,5%	54,5%	-2,7%	34,9%	-9,6%	23,6%	1,0%	53,6%
2014	2,9%	58,9%	-11,1%	20,0%	6,5%	31,6%	-4,5%	46,8%
2015	-2,9%	54,4%	18,2%	41,9%	-16,3%	10,2%	9,9%	61,3%
2016	4,0%	60,6%	-4,7%	35,2%	47,7%	62,7%	-9,1%	46,6%

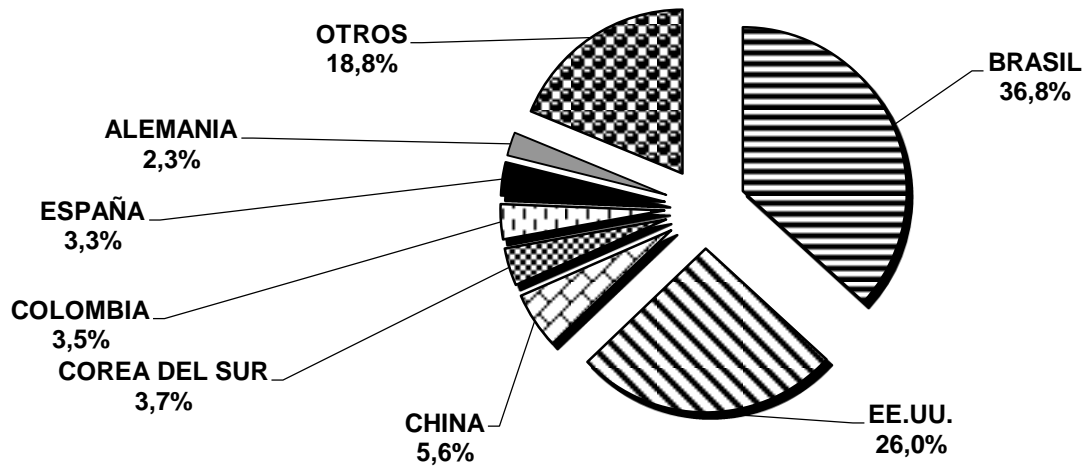
CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS - Miles de Toneladas



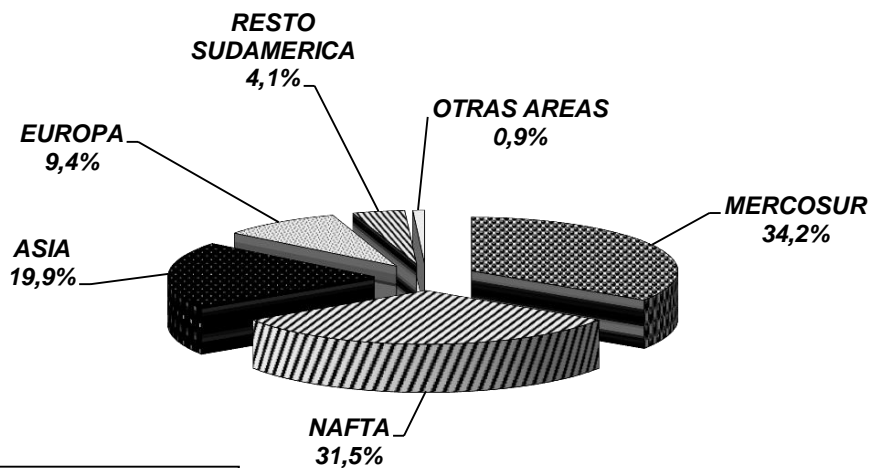
**MATERIAS PRIMAS PLASTICAS
EVOLUCION DE IMPORTACIONES - En Toneladas**



MATERIAS PRIMAS PLASTICAS - ORIGEN DE IMPORTACIONES - 2016

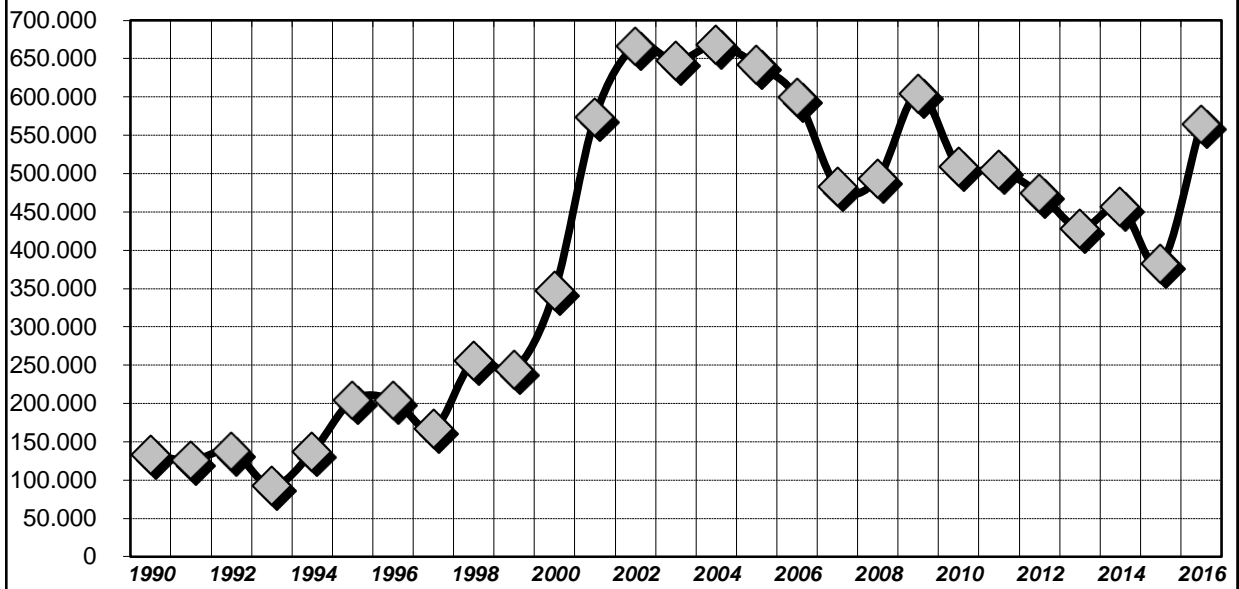


MATERIAS PRIMAS PLASTICAS - IMPORTACIONES POR AREAS DE ORIGEN - 2016

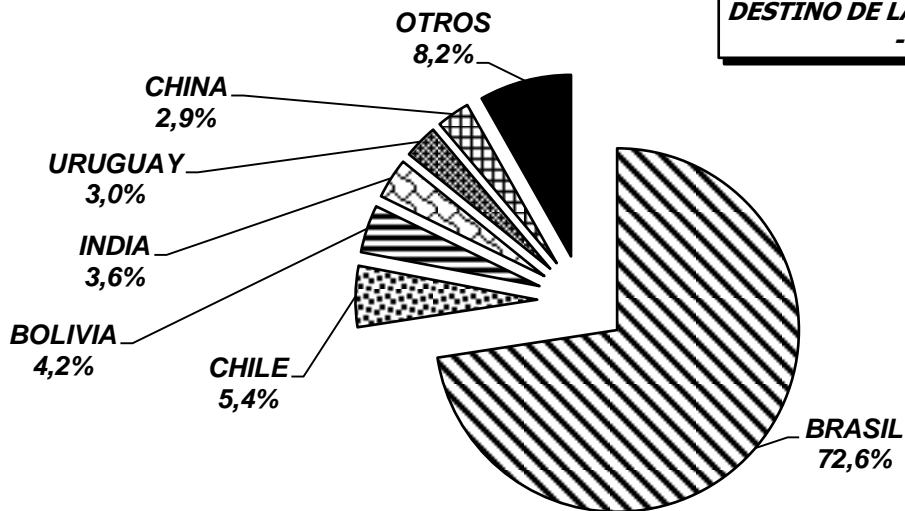


NAFTA: EE.UU. - CANADA - MEXICO

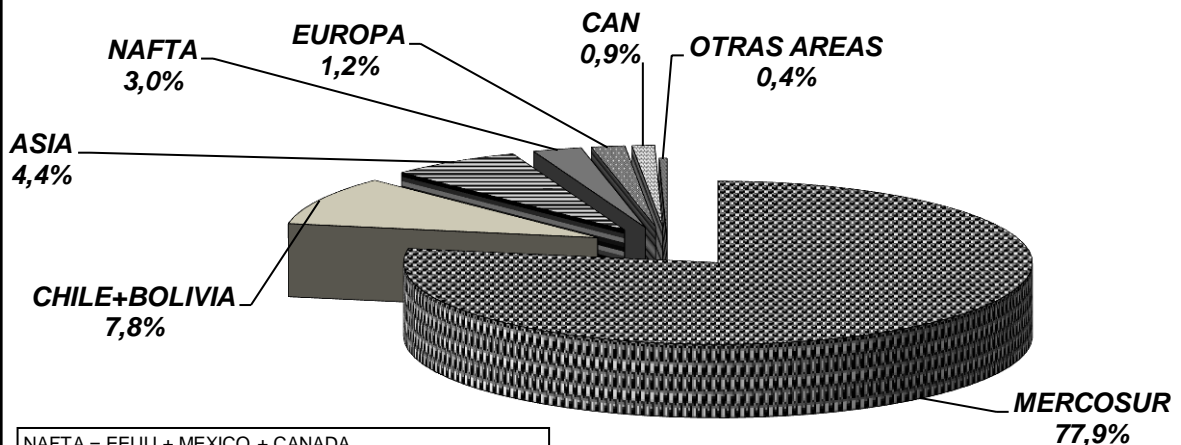
**MATERIAS PRIMAS PLASTICAS - EVOLUCION DE EXPORTACIONES -
En Toneladas**



**MATERIAS PRIMAS PLASTICAS
DESTINO DE LAS EXPORTACIONES
- 2016 -**



**EXPORTACIONES DE MATERIAS PRIMAS PLASTICAS
2016 - POR AREAS DE DESTINO**



NAFTA = EEUU + MEXICO + CANADA
CAN = COLOMBIA + ECUADOR + PERÚ + VENEZUELA

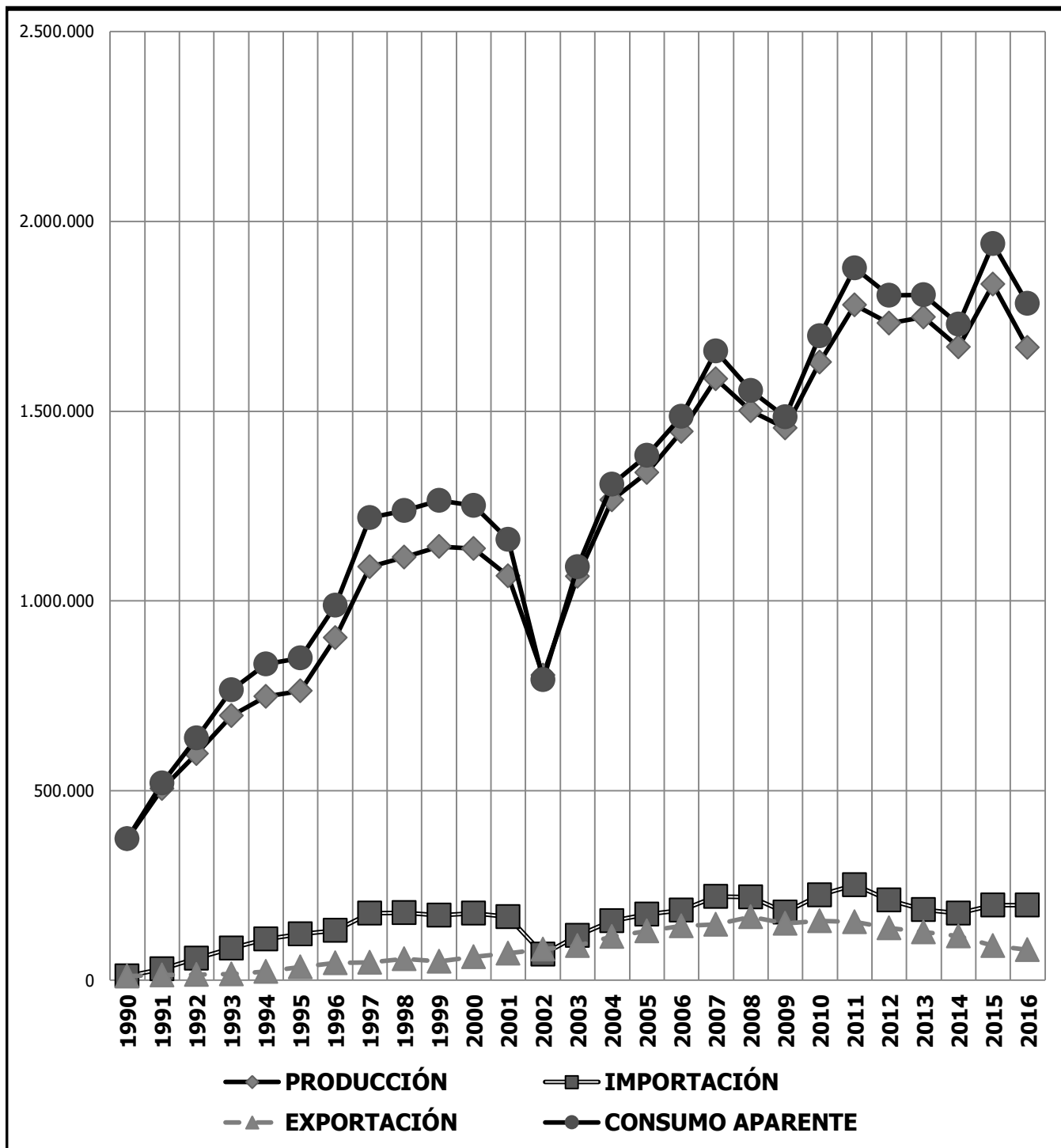
CONSUMO APARENTE DE PRODUCTOS SEMIELABORADOS Y TERMINADOS PLASTICOS

<i>En toneladas</i>								
AÑOS	PRODUCCION		IMPORTACION		EXPORTACION		CONSUMO APARENTE	
	1	1/4	2	2/4	3	3/4	4 = (1+2-3)	
1990	373.041	100,1%	10.517	2,8%	11.063	3,0%	372.495	100%
1991	504.333	97,0%	29.689	5,7%	14.357	2,8%	519.665	100%
1992	597.235	93,5%	57.212	9,0%	15.672	2,5%	638.775	100%
1993	696.589	91,1%	84.995	11,1%	17.023	2,2%	764.561	100%
1994	748.118	89,8%	108.931	13,1%	23.623	2,8%	833.426	100%
1995	762.639	89,8%	121.985	14,4%	35.393	4,2%	849.231	100%
1996	903.213	91,4%	130.529	13,2%	45.790	4,6%	987.952	100%
1997	1.089.448	89,4%	176.081	14,4%	46.783	3,8%	1.218.746	100%
1998	1.115.059	90,1%	178.474	14,4%	55.875	4,5%	1.237.658	100%
1999	1.143.525	90,5%	170.964	13,5%	50.292	4,0%	1.264.197	100%
2000	1.137.338	90,9%	176.373	14,1%	62.077	5,0%	1.251.634	100%
2001	1.065.585	91,7%	167.666	14,4%	71.170	6,1%	1.162.081	100%
2002	803.714	101,6%	68.996	8,7%	81.457	10,3%	791.253	100%
2003	1.064.298	97,6%	117.442	10,8%	91.597	8,4%	1.090.143	100%
2004	1.265.368	96,8%	156.276	12,0%	114.865	8,8%	1.306.779	100%
2005	1.338.455	96,8%	174.226	12,6%	129.958	9,4%	1.382.723	100%
2006	1.445.762	97,3%	183.958	12,4%	143.273	9,6%	1.486.447	100%
2007	1.584.327	95,5%	220.789	13,3%	146.740	8,8%	1.658.376	100%
2008	1.501.041	96,6%	219.897	14,2%	167.084	10,8%	1.553.854	100%
2009	1.454.950	98,0%	179.840	12,1%	149.823	10,1%	1.484.967	100%
2010	1.628.773	95,9%	225.059	13,3%	155.897	9,2%	1.697.935	100%
2011	1.779.337	94,8%	251.765	13,4%	153.370	8,2%	1.877.732	100%
2012	1.731.010	95,9%	211.634	11,7%	137.903	7,6%	1.804.741	100%
2013	1.747.489	96,7%	185.819	10,3%	126.943	7,0%	1.806.365	100%
2014	1.669.330	96,6%	176.344	10,2%	117.065	6,8%	1.728.609	100%
2015	1.834.326	94,5%	197.965	10,2%	91.747	4,7%	1.940.544	100%
2016	1.666.984	93,4%	197.852	11,1%	80.728	4,5%	1.784.108	100%

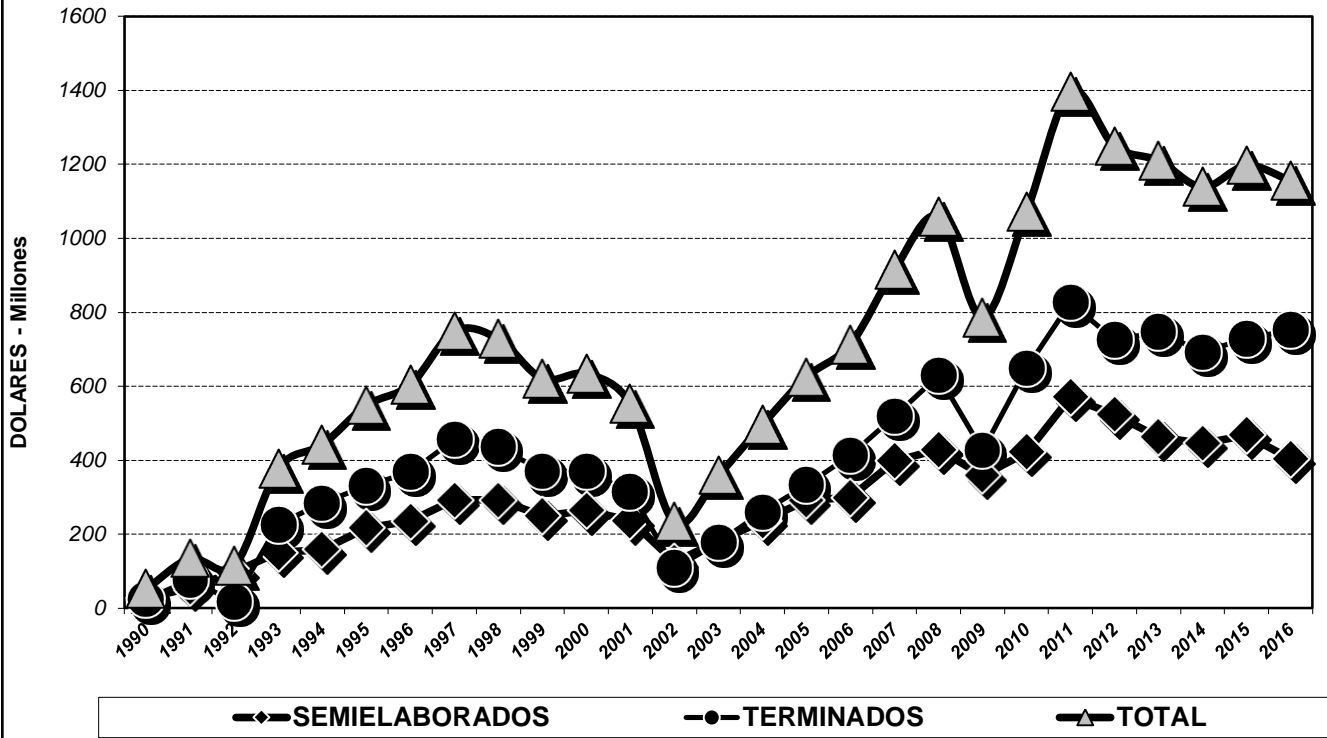
EVOLUCION ANUAL Y ACUMULADA								
AÑOS	PRODUCCION		IMPORTACION		EXPORTACION		CONSUMO APARENTE	
	Anual	Acumul.	Anual	Acumul.	Anual	Acumul.	Anual	Acumul.
1990	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	35,2%	35,2%	182,3%	182,3%	29,8%	29,8%	39,5%	39,5%
1992	18,4%	60,1%	92,7%	444,0%	9,2%	41,7%	22,9%	71,5%
1993	16,6%	86,7%	48,6%	708,2%	8,6%	53,9%	19,7%	105,3%
1994	7,4%	100,5%	28,2%	935,8%	38,8%	113,5%	9,0%	123,7%
1995	1,9%	104,4%	12,0%	1059,9%	49,8%	219,9%	1,9%	128,0%
1996	18,4%	142,1%	7,0%	1141,1%	29,4%	313,9%	16,3%	165,2%
1997	20,6%	192,0%	34,9%	1574,3%	2,2%	322,9%	23,4%	227,2%
1998	2,4%	198,9%	1,4%	1597,0%	19,4%	405,1%	1,6%	232,3%
1999	2,6%	206,5%	-4,2%	1525,6%	-10,0%	354,6%	2,1%	239,4%
2000	-0,5%	204,9%	3,2%	1577,0%	23,4%	461,1%	-1,0%	236,0%
2001	-6,3%	185,6%	-4,9%	1494,2%	14,6%	543,3%	-7,2%	212,0%
2002	-24,6%	115,4%	-58,8%	556,0%	14,5%	636,3%	-31,9%	112,4%
2003	32,4%	185,3%	70,2%	1016,7%	12,4%	728,0%	37,8%	192,7%
2004	18,9%	239,2%	33,1%	1385,9%	25,4%	938,3%	19,9%	250,8%
2005	5,8%	258,8%	11,5%	1556,6%	13,1%	1074,7%	5,8%	271,2%
2006	8,0%	287,6%	5,6%	1649,1%	10,2%	1195,1%	7,5%	299,1%
2007	9,6%	324,7%	20,0%	1999,4%	2,4%	1226,4%	11,6%	345,2%
2008	-5,3%	302,4%	-0,4%	1990,9%	13,9%	1410,3%	-6,3%	317,1%
2009	-3,1%	290,0%	-18,2%	1610,0%	-10,3%	1254,3%	-4,4%	298,7%
2010	11,9%	336,6%	25,1%	2040,0%	4,1%	1309,2%	14,3%	355,8%
2011	9,2%	377,0%	11,9%	2293,9%	-1,6%	1286,3%	10,6%	404,1%
2012	-2,7%	364,0%	-15,9%	1912,3%	-10,1%	1146,5%	-3,9%	384,5%
2013	1,0%	368,4%	-12,2%	1666,8%	-7,9%	1047,5%	0,1%	384,9%
2014	-4,5%	347,5%	-5,1%	1576,8%	-7,8%	958,2%	-4,3%	364,1%
2015	9,9%	391,7%	12,3%	1782,3%	-21,6%	729,3%	12,3%	421,0%
2016	-9,1%	346,9%	-0,1%	1781,3%	-12,0%	629,7%	-8,1%	379,0%

PRODUCTOS SEMIELABORADOS Y TERMINADOS PLÁSTICOS

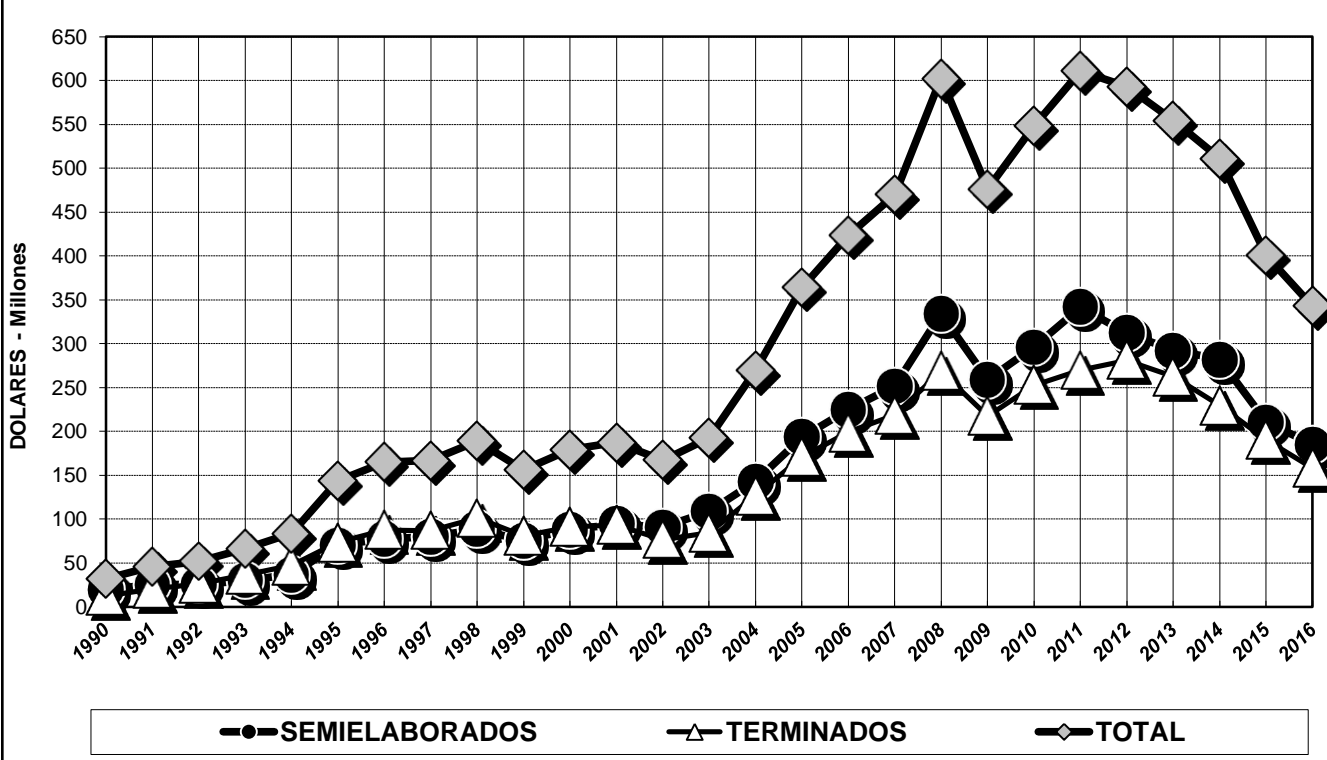
CONSUMO APARENTE - En Toneladas



SEMIELABORADOS Y TERMINADOS PLASTICOS
EVOLUCION DE IMPORTACIONES - En millones de dólares



SEMIELABORADOS Y TERMINADOS PLASTICOS
EVOLUCION DE EXPORTACIONES - En millones de dólares



PRODUCTOS SEMIELABORADOS PLASTICOS

En Toneladas

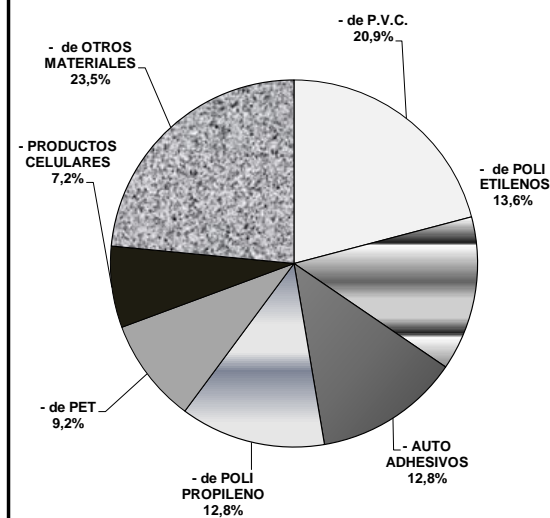
DETALLE DE LAS IMPORTACIONES

PRODUCTOS SEMIELABORADOS	2012		2013		2014		2015		2016	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
- de P.V.C.	19.648	17,6%	17.297	18,5%	17.754	19,3%	17.689	17,0%	21.145	20,9%
- de POLIETILENOS	20.403	18,3%	16.041	17,2%	12.030	13,1%	14.230	13,7%	13.778	13,6%
- AUTOADHESIVOS	14.695	13,2%	13.879	14,9%	13.135	14,3%	14.015	13,5%	12.953	12,8%
- de POLIPROPILENO	10.590	9,5%	9.042	9,7%	9.088	9,9%	12.080	11,6%	12.935	12,8%
- de PET	10.190	9,1%	9.398	10,1%	9.626	10,5%	10.476	10,1%	9.321	9,2%
- PRODUCTOS CELULARES	8.940	8,0%	7.657	8,2%	4.522	4,9%	8.738	8,4%	7.252	7,2%
- de POLICARBONATO	1.919	1,7%	1.818	1,9%	1.199	1,3%	1.337	1,3%	1.023	1,0%
- de POLIESTIRENOS	1.176	1,1%	1.082	1,2%	600	0,7%	1.014	1,0%	909	0,9%
- de OTROS MATERIALES	24.097	21,6%	17.225	18,4%	23.824	26,0%	24.399	23,5%	21.809	21,6%
TOTAL	111.658	100,0%	93.439	100,0%	91.778	100,0%	103.978	100,0%	101.125	100,0%

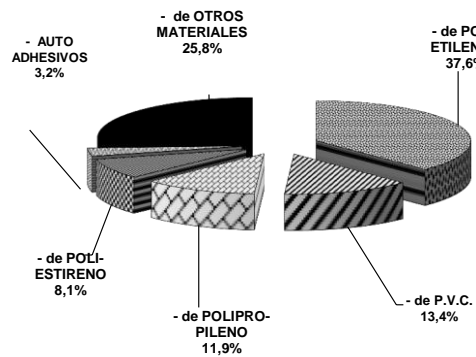
DETALLE DE LAS EXPORTACIONES

PRODUCTOS SEMIELABORADOS	2012		2013		2014		2015		2016	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
- de POLIETILENOS	34.094	40,4%	31.067	40,9%	26.175	37,3%	22.083	41,9%	19.122	37,6%
- de P.V.C.	8.322	9,9%	8.466	11,1%	8.733	12,5%	7.531	14,3%	6.797	13,4%
- de POLIPROPILENO	14.738	17,5%	9.675	12,7%	7.555	10,8%	4.160	7,9%	6.061	11,9%
- de POLIESTIRENOS	8.512	10,1%	6.277	8,3%	6.981	10,0%	5.043	9,6%	4.098	8,1%
- AUTOADHESIVOS	2.630	3,1%	2.073	2,7%	2.316	3,3%	1.607	3,1%	1.644	3,2%
- de MELAMINA	1.169	1,4%	776	1,0%	520	0,7%	426	0,8%	406	0,8%
- PRODUCTOS CELULARES	404	0,5%	2.442	3,2%	498	0,7%	891	1,7%	364	0,7%
- de POLIAMIDAS	666	0,8%	471	0,6%	382	0,5%	211	0,4%	80	0,2%
- de PET	306	0,4%	240	0,3%	130	0,2%	112	0,2%	74	0,1%
- de ACRICOS	180	0,2%	154	0,2%	129	0,2%	57	0,1%	71	0,1%
- de OTROS MATERIALES	13.430	15,9%	14.289	18,8%	16.706	23,8%	10.551	20,0%	12.111	23,8%
TOTAL	84.451	100,0%	75.930	100,0%	70.125	100,0%	52.672	100,0%	50.828	100,0%

SEMIELABORADOS DE PLASTICOS
DETALLE DE IMPORTACIONES - 2016



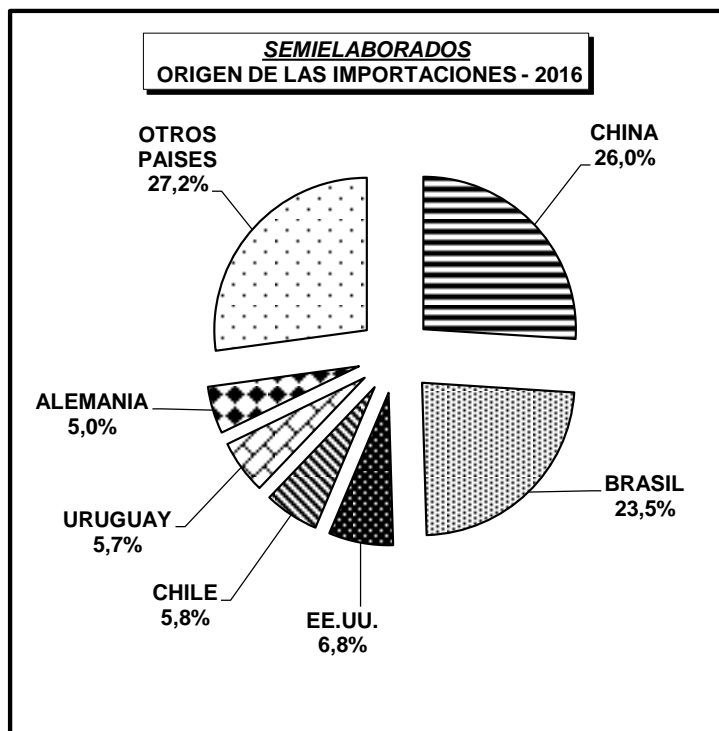
SEMIELABORADOS DE PLASTICOS
DETALLE DE EXPORTACIONES - 2016



PRODUCTOS SEMIELABORADOS PLASTICOS

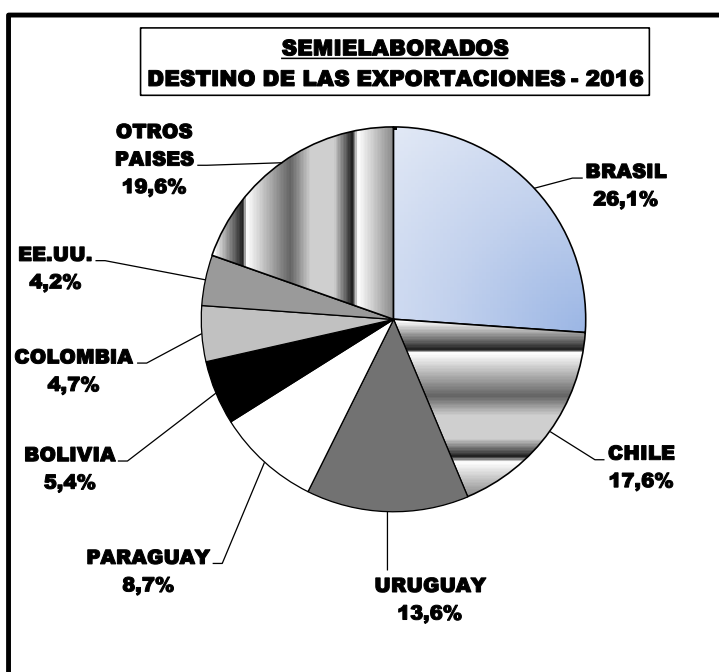
ORIGEN DE LAS IMPORTACIONES

PAIS DE ORIGEN	2016	
	Toneladas	%
CHINA	26.314	26,0%
BRASIL	23.766	23,5%
EE.UU.	6.903	6,8%
CHILE	5.846	5,8%
URUGUAY	5.774	5,7%
ALEMANIA	5.065	5,0%
TAIWAN	3.814	3,8%
COREA DEL SUR	3.172	3,1%
MEXICO	3.026	3,0%
PERÚ	2.611	2,6%
COLOMBIA	2.504	2,5%
INDIA	2.312	2,3%
ESPAÑA	1.189	1,2%
ITALIA	1.094	1,1%
OTROS	7.735	7,6%
TOTAL	101.125	100,0%



DESTINO DE LAS EXPORTACIONES

PAIS DE DESTINO	2016	
	Toneladas	%
BRASIL	13.267	26,1%
CHILE	8.943	17,6%
URUGUAY	6.935	13,6%
PARAGUAY	4.433	8,7%
BOLIVIA	2.748	5,4%
COLOMBIA	2.381	4,7%
EE.UU.	2.158	4,2%
AUSTRALIA	1.745	3,4%
PERÚ	1.656	3,3%
ITALIA	1.235	2,4%
SUDAFRICA	663	1,3%
MEXICO	478	0,9%
OTROS PAISES	4.186	8,2%
TOTAL	50.828	100,0%



PRODUCTOS TERMINADOS PLASTICOS

DETALLE DE LAS IMPORTACIONES

RUBROS	En Toneladas									
	2012		2013		2014		2015		2016	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
- ENVASES Y SUS PARTES	33.909	33,9%	26.074	28,2%	23.398	27,7%	25.062	26,7%	24.061	24,9%
- MARROQUINERIA DE PLASTICO	5.463	5,5%	7.506	8,1%	7.614	9,0%	7.741	8,2%	9.781	10,1%
- ARTS. SANITARIOS Y P/CONSTRUCCIÓN	5.833	5,8%	5.198	5,6%	4.873	5,8%	5.259	5,6%	5.753	5,9%
- ARTICULOS DE ECONOMIA DOMESTICA	5.996	6,0%	5.444	5,9%	3.859	4,6%	4.110	4,4%	4.806	5,0%
- ARTS.P/HIG.,LAB.,FARMACIA Y MEDICINA	1.581	1,6%	768	0,8%	1.375	1,6%	1.775	1,9%	4.563	4,7%
- TELAS VINILICAS Y POLIURETANICAS	2.477	2,5%	3.230	3,5%	3.281	3,9%	4.581	4,9%	3.942	4,1%
- INSTRUMENTOS DE ESCRITURA Y DIBUJO	4.297	4,3%	3.604	3,9%	3.901	4,6%	4.629	4,9%	3.450	3,6%
- MUEBLES Y SILLAS PLASTICAS	1.518	1,5%	1.997	2,2%	2.158	2,6%	2.783	3,0%	3.033	3,1%
- ARTS. DE OFICINA Y ARTS. ESCOLARES	2.125	2,1%	1.594	1,7%	1.862	2,2%	2.178	2,3%	1.968	2,0%
- OBJETOS P/ADORNOS DE INTERIORES	2.192	2,2%	1.551	1,7%	1.168	1,4%	1.343	1,4%	1.393	1,4%
- SACOS Y TALEGAS P/ENVASAR	1.577	1,6%	1.061	1,1%	849	1,0%	564	0,6%	755	0,8%
- LOS DEMAS ARTICULOS - cap. 39 (1)	25.454	25,5%	26.837	29,1%	22.971	27,2%	25.544	27,2%	25.229	26,1%
- OTROS ARTICULOS (2)	7.554	7,6%	7.516	8,1%	7.257	8,6%	8.418	9,0%	7.993	8,3%
TOTAL	99.976	100,0%	92.380	100,0%	84.566	100,0%	93.987	100,0%	96.727	100,0%

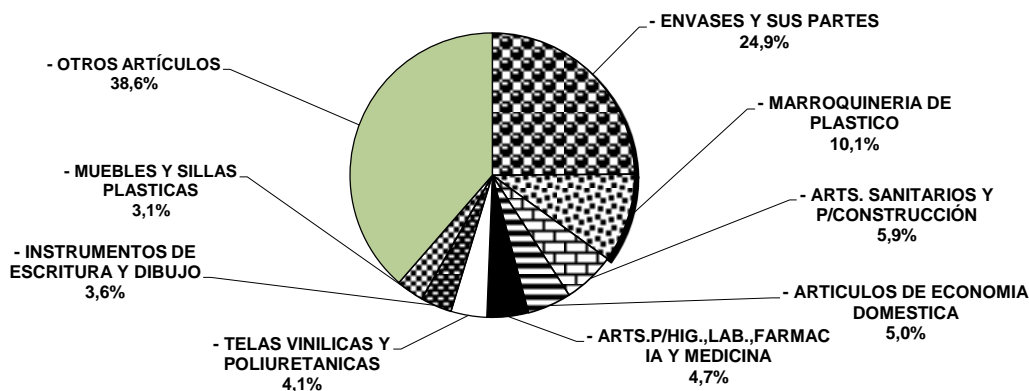
DETALLE DE LAS EXPORTACIONES

RUBROS	En Toneladas									
	2012		2013		2014		2015		2016	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
- ENVASES Y SUS PARTES	39.851	74,6%	37.775	74,0%	35.766	76,2%	30.085	77,0%	22.070	73,8%
- ARTS. SANITARIOS Y P/CONSTRUCCION	4.529	8,5%	4.467	8,8%	4.448	9,5%	3.634	9,3%	3.438	11,5%
- ARTICULOS DE ECONOMIA DOMESTICA	1.884	3,5%	1.789	3,5%	1.275	2,7%	1.039	2,7%	1.141	3,8%
- SACOS Y TALEGAS P/ENVASAR	176	0,3%	76	0,1%	196	0,4%	127	0,3%	224	0,7%
- MUEBLES Y SILLAS PLÁSTICAS	1.113	2,1%	1.484	2,9%	1.001	2,1%	659	1,7%	202	0,7%
- PAPELES DECORATIVOS VINÍLICOS	256	0,5%	391	0,8%	331	0,7%	341	0,9%	161	0,5%
- TELAS VINILICAS Y POLIURETANICAS	396	0,7%	368	0,7%	218	0,5%	193	0,5%	149	0,5%
- LOS DEMAS ARTICULOS - cap. 39 (1)	4.081	7,6%	3.701	7,3%	3.042	6,5%	2.387	6,1%	1.903	6,4%
- OTROS PRODUCTOS (2)	1.166	2,2%	962	1,9%	663	1,4%	610	1,6%	612	2,0%
TOTAL	53.452	100,0%	51.013	100,0%	46.940	100,0%	39.075	100,0%	29.900	100,0%

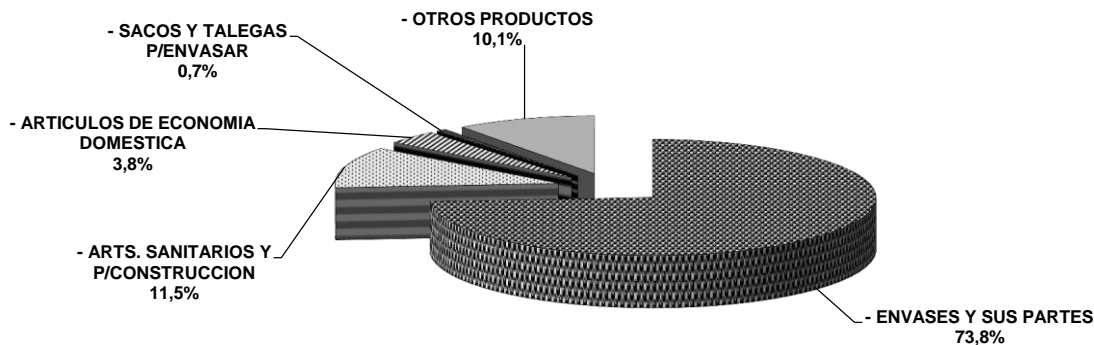
(1) Comprende Los Demás Productos Terminados Plásticos del Capítulo 39 del Nomenclador Común del Mercosur (NCM) -

(2) Comprende Otros Productos Terminados Plásticos ubicados en otros Capítulos distintos del Capítulo 39 del Nomenclador Común del Mercosur (NCM) -

PRODUCTOS TERMINADOS - IMPORTACIONES 2016 - Detalle x rubros



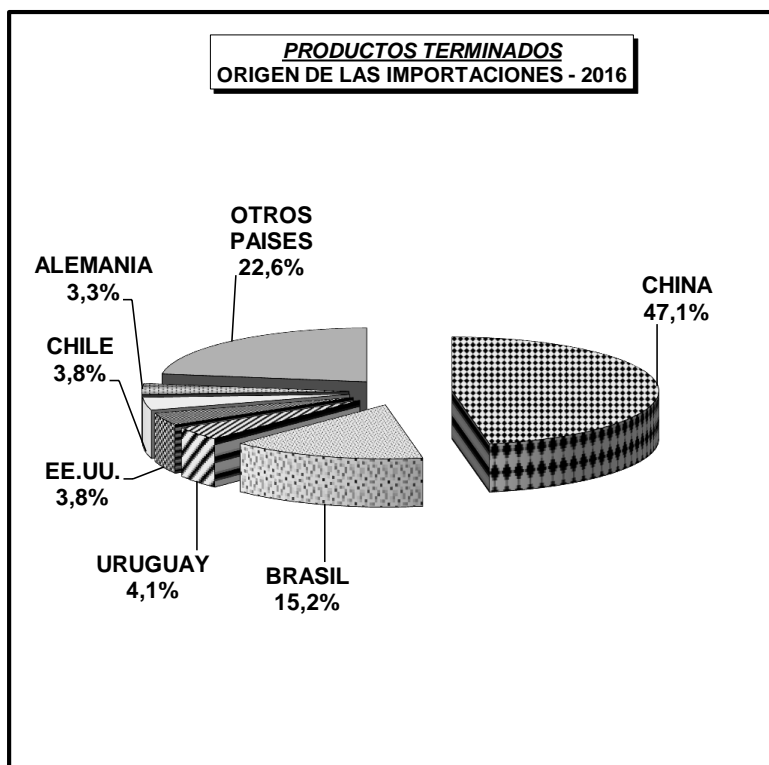
PRODUCTOS TERMINADOS - EXPORTACIONES - 2016 - Detalle por rubros



PRODUCTOS TERMINADOS PLASTICOS

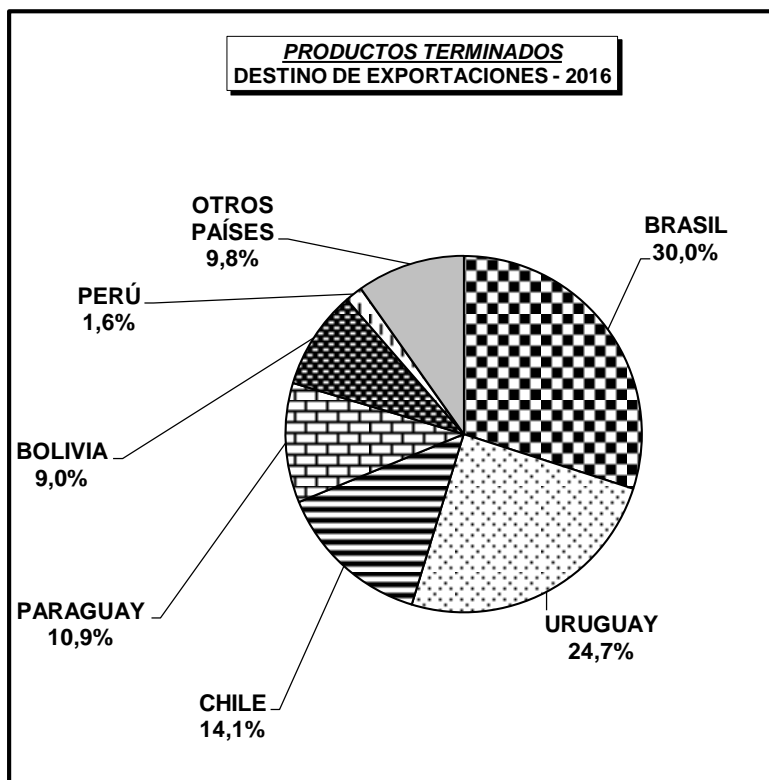
ORIGEN DE LAS IMPORTACIONES

PAIS DE ORIGEN	2016	
	Toneladas	%
CHINA	45.567	47,1%
BRASIL	14.722	15,2%
URUGUAY	3.996	4,1%
EE.UU.	3.689	3,8%
CHILE	3.669	3,8%
ALEMANIA	3.184	3,3%
MEXICO	2.678	2,8%
PARAGUAY	2.609	2,7%
ITALIA	2.060	2,1%
ESPAÑA	1.985	2,1%
FRANCIA	1.845	1,9%
VIETNAM	1.535	1,6%
TAIWAN	1.018	1,1%
TAILANDIA	959	1,0%
OTROS	7.211	7,5%
TOTAL	96.727	100,0%



DESTINO DE LAS EXPORTACIONES

PAIS DE DESTINO	2016	
	Toneladas	%
BRASIL	8.957	30,0%
URUGUAY	7.400	24,7%
CHILE	4.208	14,1%
PARAGUAY	3.247	10,9%
BOLIVIA	2.687	9,0%
PERÚ	470	1,6%
CHINA	379	1,3%
MEXICO	323	1,1%
ECUADOR	295	1,0%
COLOMBIA	279	0,9%
CUBA	253	0,8%
EE.UU.	188	0,6%
OTROS PAÍSES	1.214	4,1%
TOTAL	29.900	100,0%

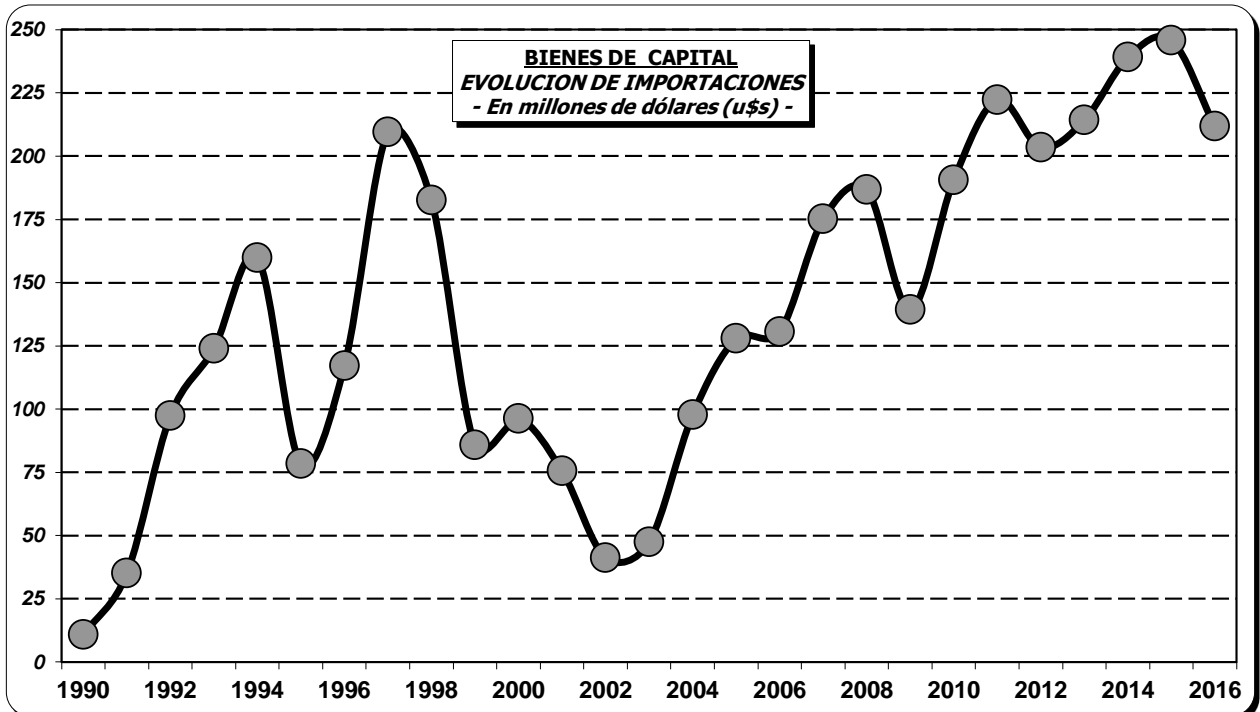


BIENES DE CAPITAL

(MAQUINAS y EQUIPOS + PARTES y PIEZAS + MOLDES y MATRICES)

IMPORTACIONES

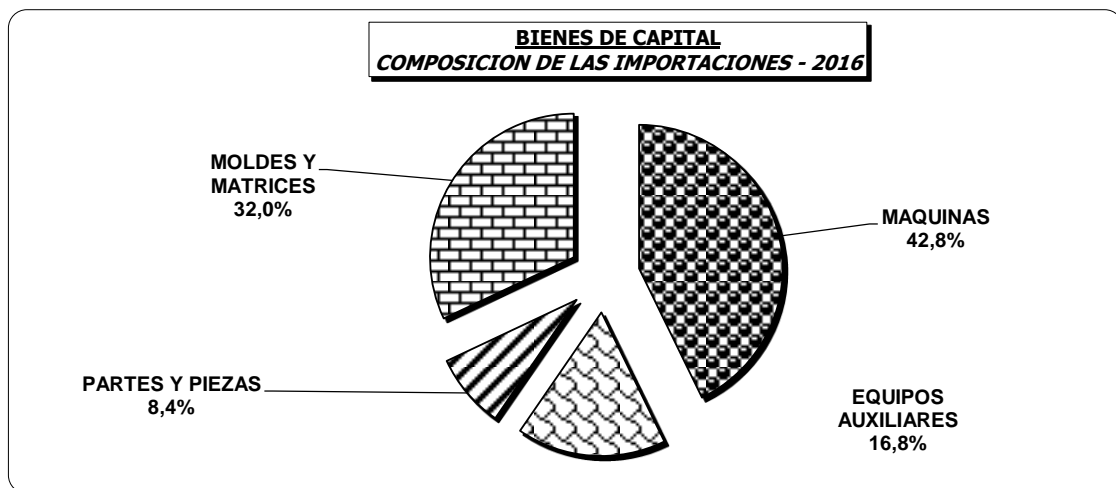
Año	TOTAL ANUAL	TOTAL ACUMULADO	EVOLUCION ANUAL	Período	Inversión Período
	Dólares USA	Dólares USA			Dólares USA
1990	10.818.321	118.913.113	-1,7%	1986 - 1990	118.913.113
1991	35.006.043	153.919.156	223,6%		
1992	97.300.376	251.219.532	178,0%		
1993	123.870.796	375.090.328	27,3%		
1994	159.760.752	534.851.080	29,0%		
1995	78.271.449	613.122.529	-51,0%	1991 - 1995	494.209.416
1996	117.157.468	730.279.997	49,7%		
1997	209.481.654	939.761.651	78,8%		
1998	182.482.903	1.122.244.554	-12,9%		
1999	85.674.711	1.207.919.265	-53,1%		
2000	96.255.454	1.304.174.719	12,3%	1996 - 2000	691.052.190
2001	75.508.725	1.379.683.444	-21,6%		
2002	41.168.218	1.420.851.662	-45,5%		
2003	47.343.464	1.468.195.126	15,0%		
2004	97.655.166	1.565.850.292	106,3%		
2005	127.862.222	1.693.712.514	30,9%	2001 - 2005	389.537.795
2006	130.498.593	1.824.211.107	2,1%		
2007	175.105.934	1.999.317.041	34,2%		
2008	186.733.746	2.186.050.787	6,6%		
2009	139.186.715	2.325.237.502	-25,5%		
2010	190.607.244	2.515.844.746	36,9%	2006 - 2010	822.132.232
2011	222.301.924	2.738.146.670	16,6%		
2012	203.495.454	2.941.642.124	-8,5%		
2013	214.202.219	3.155.844.343	5,3%		
2014	239.033.035	3.394.877.378	11,6%		
2015	245.795.092	3.640.672.470	2,8%	2011 - 2015	1.124.827.724
2016	211.770.591	3.852.443.061	-13,8%		



BIENES DE CAPITAL

DETALLE DE LAS IMPORTACIONES

DETALLE DE RUBROS	2012		2013		2014		2015		2016	
	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%
MAQUINAS	92.639.997	45,5%	88.346.548	41,2%	96.631.623	40,4%	74.650.318	30,4%	90.601.193	42,8%
EQUIPOS AUXILIARES	25.089.647	12,3%	27.324.189	12,8%	41.797.385	17,5%	28.863.313	11,7%	35.578.735	16,8%
PARTES Y PIEZAS	20.812.126	10,2%	23.142.286	10,8%	19.257.115	8,1%	18.854.193	7,7%	17.827.830	8,4%
MOLDES Y MATRICES	64.953.684	31,9%	75.389.196	35,2%	81.346.912	34,0%	123.427.268	50,2%	67.762.833	32,0%
TOTAL	203.495.454	100,0%	214.202.219	100,0%	239.033.035	100,0%	245.795.092	100,0%	211.770.591	100,0%

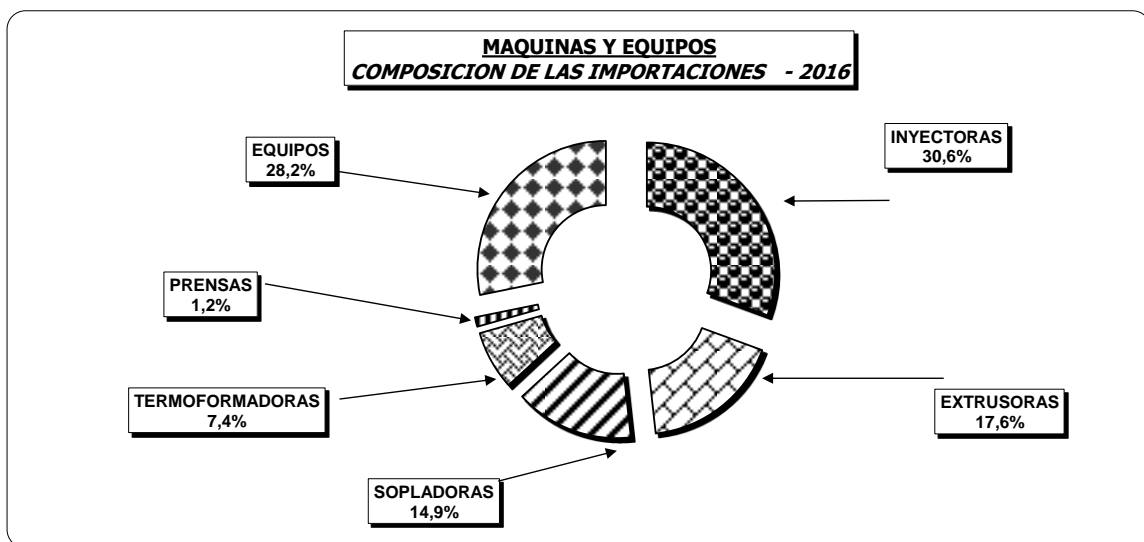


MAQUINAS Y EQUIPOS

IMPORTACIONES POR TIPO

DETALLE DE RUBROS	2012		2013		2014		2015		2016	
	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%
* MAQUINAS:										
INYECTORAS	40.864.619	34,7%	46.575.499	40,3%	42.456.401	30,7%	36.143.196	34,9%	38.615.684	30,6%
EXTRUSORAS	23.146.661	19,7%	19.398.635	16,8%	34.611.875	25,0%	21.561.077	20,8%	22.265.019	17,6%
SOPLADORAS	20.188.443	17,1%	12.899.313	11,2%	13.457.545	9,7%	11.972.301	11,6%	18.846.431	14,9%
TERMOFORMADORAS	6.267.421	5,3%	7.242.783	6,3%	4.833.574	3,5%	2.810.181	2,7%	9.360.230	7,4%
PRENSAS	2.172.853	1,8%	2.230.318	1,9%	1.272.228	0,9%	2.163.563	2,1%	1.513.829	1,2%
SUB TOTAL	92.639.997	78,7%	88.346.548	76,4%	96.631.623	69,8%	74.650.318	72,1%	90.601.193	71,8%
* EQUIPOS:										
Los Demás (1)	25.089.647	21,3%	27.324.189	23,6%	41.797.385	30,2%	28.863.313	27,9%	35.578.735	28,2%
TOTAL	117.729.644	100,0%	115.670.737	100,0%	138.429.008	100,0%	103.513.631	100,0%	126.179.928	100,0%

(1) Los equipos (molinos, recubridoras, cortadoras, etc) no tienen posiciones arancelarias específicas. Se despachan por una posición genérica.

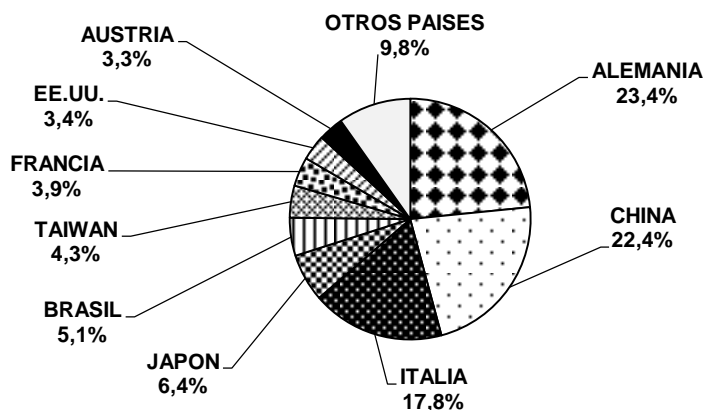


MAQUINAS Y EQUIPOS PARA LA INDUSTRIA PLASTICA

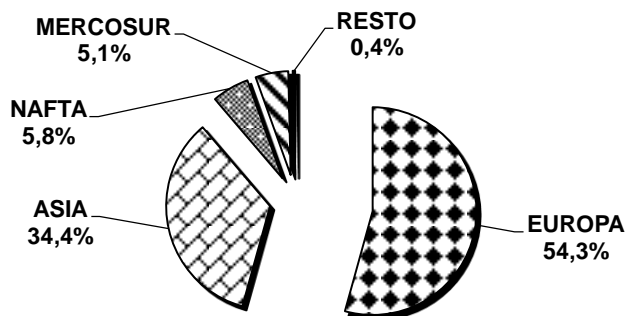
ORIGEN DE LAS IMPORTACIONES

PAIS DE ORIGEN	2012		2013		2014		2015		2016	
	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%
ALEMANIA	23.954.571	20,3%	15.951.022	13,8%	18.913.665	13,7%	21.681.535	17,7%	33.728.653	23,4%
CHINA	30.800.532	26,2%	34.738.379	30,0%	29.984.836	21,7%	32.158.066	26,3%	32.249.063	22,4%
ITALIA	24.693.856	21,0%	22.746.366	19,7%	37.857.448	27,3%	20.432.989	16,7%	25.690.004	17,8%
JAPON	2.097.611	1,8%	1.308.532	1,1%	12.911.002	9,3%	5.855.392	4,8%	9.252.742	6,4%
BRASIL	4.041.213	3,4%	8.026.788	6,9%	8.771.370	6,3%	12.698.319	10,4%	7.344.711	5,1%
TAIWAN	4.493.645	3,8%	5.880.153	5,1%	7.659.634	5,5%	4.653.747	3,8%	6.213.939	4,3%
FRANCIA	3.914.419	3,3%	4.193.531	3,6%	187.192	0,1%	1.833.608	1,5%	5.635.071	3,9%
EE.UU.	6.681.441	5,7%	2.265.896	2,0%	1.166.436	0,8%	4.199.025	3,4%	4.959.085	3,4%
AUSTRIA	3.967.610	3,4%	7.446.974	6,4%	10.517.585	7,6%	2.165.646	1,8%	4.822.750	3,3%
SUIZA	4.541.420	3,9%	1.577.246	1,4%	273.747	0,2%	3.571.580	2,9%	3.394.982	2,4%
CANADA	2.085.886	1,8%	3.499.328	3,0%	3.786.422	2,7%	5.269.548	4,3%	3.237.839	2,2%
OTROS	6.457.440	5,5%	8.036.522	6,9%	6.399.671	4,6%	7.848.369	6,4%	7.478.919	5,2%
TOTAL	117.729.644	100,0%	115.670.737	100,0%	138.429.008	100,0%	122.367.824	100,0%	144.007.758	100,0%

MAQUINAS Y EQUIPOS - ORIGEN DE LAS IMPORTACIONES - 2016 -



MAQUINAS Y EQUIPOS - IMPORTACIONES POR AREAS COMERCIALES - 2016



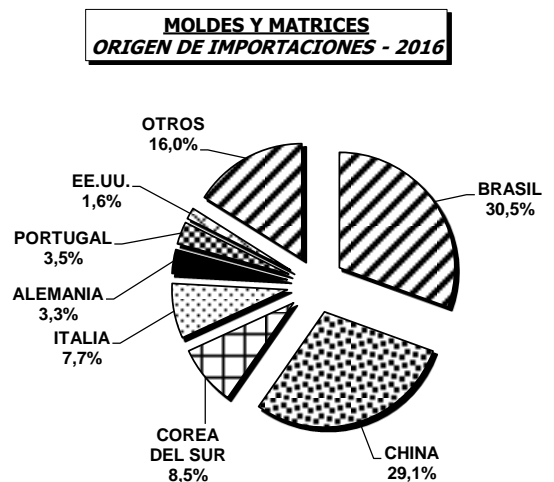
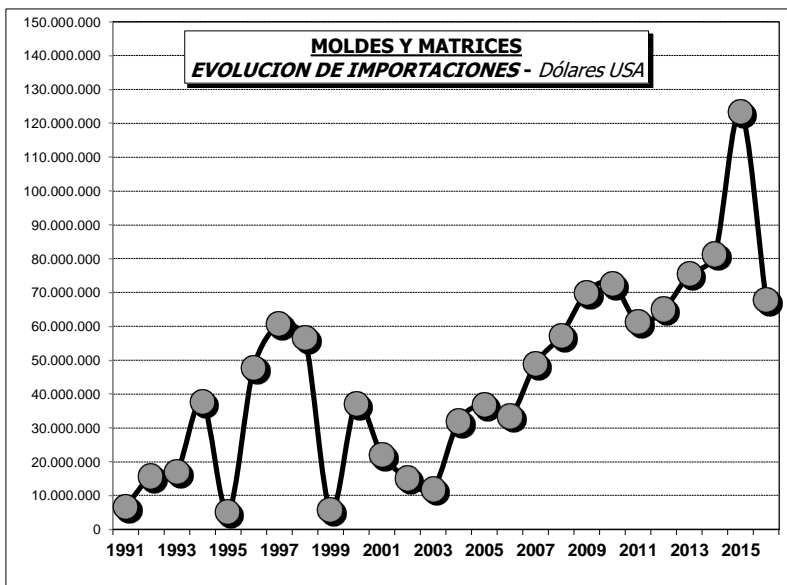
MOLDES Y MATRICES PARA LA INDUSTRIA PLASTICA

IMPORTACIONES

	TOTAL - en u\$s	EVOLUCION ANUAL
1991	6.598.377	---
1992	15.622.294	136,8%
1993	17.019.558	8,9%
1994	37.680.773	121,4%
1995	5.304.332	-85,9%
1996	47.851.045	802,1%
1997	60.721.503	26,9%
1998	56.472.735	-7,0%
1999	5.862.342	-89,6%
2000	37.022.377	531,5%
2001	22.096.392	-40,3%
2002	15.220.017	-31,1%
2003	11.919.129	-21,7%
2004	32.037.754	168,8%
2005	36.820.204	14,9%
2006	33.385.136	-9,3%
2007	48.951.599	46,6%
2008	57.375.787	17,2%
2009	70.046.306	22,1%
2010	72.627.393	3,7%
2011	61.203.428	-15,7%
2012	64.953.684	6,1%
2013	75.389.196	16,1%
2014	81.346.912	7,9%
2015	123.427.268	51,7%
2016	67.762.833	-45,1%

ORIGEN DE LAS IMPORTACIONES

PAIS DE ORIGEN	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%	u\$s	%
BRASIL	7.152.239	11,7%	13.385.976	20,6%	17.590.010	23,3%	14.161.205	17,4%	18.327.220	14,8%	20.686.721	30,5%
CHINA	15.000.645	24,5%	19.149.388	29,5%	21.223.242	28,2%	24.674.744	30,3%	37.095.465	30,1%	19.744.434	29,1%
COREA DEL SUR	5.319.701	8,7%	6.160.038	9,5%	5.003.098	6,6%	4.608.024	5,7%	21.282.865	17,2%	5.759.511	8,5%
ITALIA	6.137.808	10,0%	4.607.910	7,1%	5.525.019	7,3%	5.483.634	6,7%	2.136.753	1,7%	5.218.635	7,7%
ALEMANIA	3.475.775	5,7%	6.702.100	10,3%	4.300.262	5,7%	6.079.533	7,5%	2.127.972	1,7%	2.268.176	3,3%
CANADA	1.841.231	3,0%	3.487.855	5,4%	2.508.746	3,3%	5.824.306	7,2%	5.505.219	4,5%	2.137.900	3,2%
EE.UU.	2.545.839	4,2%	1.193.283	1,8%	2.446.668	3,2%	4.441.779	5,5%	2.211.862	1,8%	1.086.507	1,6%
JAPON	5.622.564	9,2%	834.155	1,3%	557.149	0,7%	392.683	0,5%	18.587.757	15,1%	1.000.790	1,5%
PORTUGAL	1.892.869	3,1%	2.366.831	3,6%	5.290.014	7,0%	2.281.959	2,8%	4.338.581	3,5%	441.292	0,7%
OTROS	12.214.757	20,0%	7.066.148	10,9%	10.944.988	14,5%	13.399.045	16,5%	11.813.574	9,6%	9.418.867	13,9%
TOTAL	61.203.428	100,0%	64.953.684	100,0%	75.389.196	100,0%	81.346.912	100,0%	123.427.268	100,0%	67.762.833	100,0%

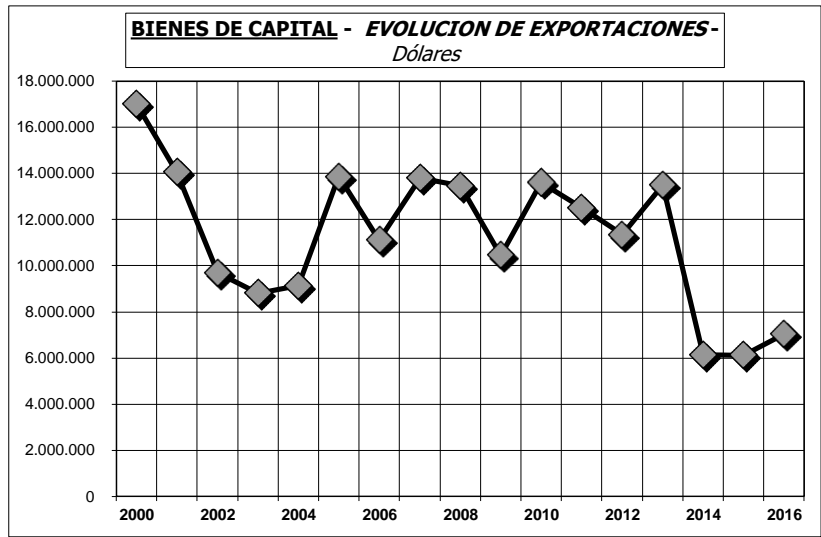


BIENES DE CAPITAL (MAQUINAS Y EQUIPOS + PARTES Y PIEZAS + MOLDES Y MATRICES)

EXPORTACIONES

	TOTAL
	US\$
2000	17.015.912
2001	14.048.376
2002	9.689.609
2003	8.802.333
2004	9.133.442
2005	13.868.708
2006	11.106.000
2007	13.802.532
2008	13.465.826
2009	10.455.882
2010	13.615.684
2011	12.518.466
2012	11.347.470
2013	13.488.183
2014	6.140.234
2015	6.120.485
2016	7.035.755

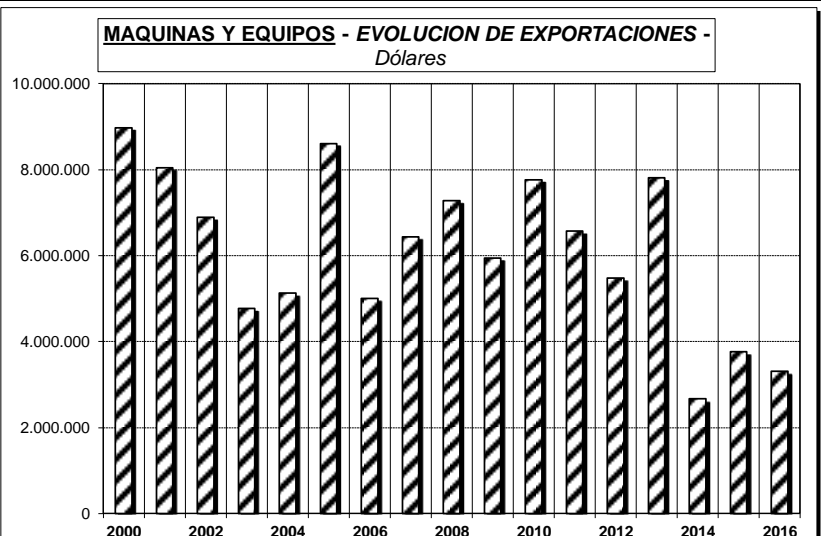
	EVOLUCION
	ANUAL
2000	41,5%
2001	-17,4%
2002	-31,0%
2003	-9,2%
2004	3,8%
2005	51,8%
2006	-19,9%
2007	24,3%
2008	-2,4%
2009	-22,4%
2010	30,2%
2011	-8,1%
2012	-9,4%
2013	18,9%
2014	-54,5%
2015	-0,3%
2016	15,0%



MAQUINAS Y EQUIPOS - EXPORTACIONES

	TOTAL
	US\$
2000	8.970.876
2001	8.040.811
2002	6.888.525
2003	4.771.772
2004	5.124.439
2005	8.605.742
2006	5.006.158
2007	6.437.740
2008	7.272.607
2009	5.944.107
2010	7.763.300
2011	6.567.403
2012	5.479.714
2013	7.803.810
2014	2.665.029
2015	3.765.853
2016	3.310.190

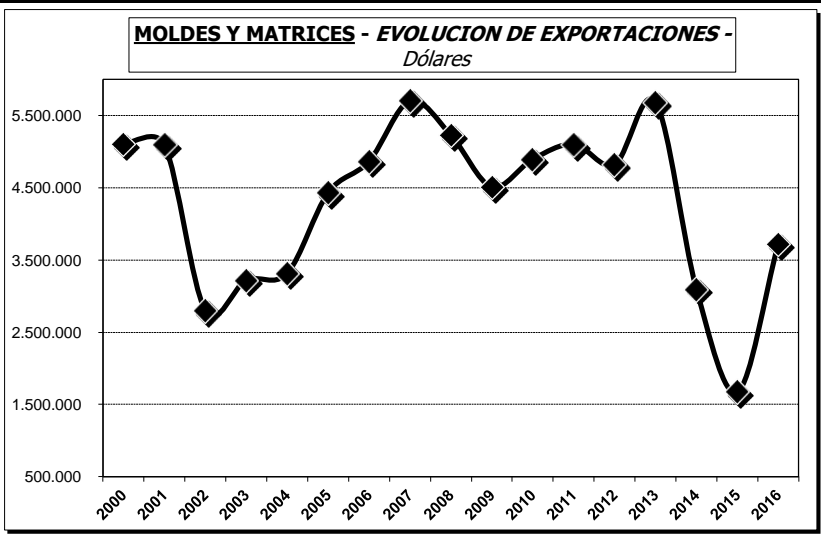
	EVOLUCION
	ANUAL
2000	-6,0%
2001	-10,4%
2002	-14,3%
2003	-30,7%
2004	7,4%
2005	67,9%
2006	-41,8%
2007	28,6%
2008	13,0%
2009	-18,3%
2010	30,6%
2011	-15,4%
2012	-16,6%
2013	42,4%
2014	-65,8%
2015	41,3%
2016	-12,1%



MOLDES Y MATRICES - EXPORTACIONES

	TOTAL
	US\$
2000	5.107.993
2001	5.092.306
2002	2.801.084
2003	3.221.114
2004	3.316.953
2005	4.431.073
2006	4.866.015
2007	5.703.023
2008	5.228.158
2009	4.511.775
2010	4.895.215
2011	5.102.823
2012	4.822.064
2013	5.684.373
2014	3.095.858
2015	1.673.527
2016	3.725.565

	EVOLUCION
	ANUAL
2000	610,7%
2001	-0,3%
2002	-45,0%
2003	15,0%
2004	3,0%
2005	33,6%
2006	9,8%
2007	17,2%
2008	-8,3%
2009	-13,7%
2010	8,5%
2011	4,2%
2012	-5,5%
2013	17,9%
2014	-45,5%
2015	-45,9%
2016	122,6%



MERCOSUR : Industria Plástica Argentina

TOTAL DEL COMERCIO (Materias Primas +Semielaborados + Terminados) - En dólares USA

AÑO	IMPORTACIONES desde MERCOSUR	EVOLUCION	EXPORTACIONES al MERCOSUR	EVOLUCION	SALDO	EVOLUCION	TOTAL COMERCIO	EVOLUCION
2000	414.145.943	23,8%	341.762.373	41,9%	-72.383.570	-22,8%	755.908.316	31,4%
2001	348.048.071	-16,0%	407.686.651	19,3%	59.638.580	-182,4%	755.734.722	-0,02%
2002	205.568.680	-40,9%	373.686.651	-8,3%	168.117.971	181,9%	579.255.331	-23,4%
2003	368.958.525	79,5%	405.989.111	8,6%	37.030.586	-78,0%	774.947.636	33,8%
2004	543.624.657	47,3%	581.422.804	43,2%	37.798.147	2,1%	1.125.047.461	45,2%
2005	710.557.714	30,7%	697.106.008	19,9%	-13.451.706	-135,6%	1.407.663.722	25,1%
2006	753.504.519	6,0%	698.384.888	0,2%	-55.119.631	309,8%	1.451.889.407	3,1%
2007	939.425.212	24,7%	744.226.630	6,6%	-195.198.582	254,1%	1.683.651.842	16,0%
2008	764.759.393	-18,6%	809.967.074	8,8%	45.207.681	-123,2%	1.574.726.467	-6,5%
2009	722.674.591	-5,5%	776.239.949	-4,2%	53.565.358	18,5%	1.498.914.540	-4,8%
2010	961.941.600	33,1%	887.510.237	14,3%	-74.431.363	-239,0%	1.849.451.837	23,4%
2011	1.087.467.653	13,0%	1.011.379.402	14,0%	-76.088.251	2,2%	2.098.847.055	13,5%
2012	1.036.911.280	-4,6%	913.178.939	-9,7%	-123.732.341	62,6%	1.950.090.219	-7,1%
2013	920.810.114	-11,2%	871.460.128	-4,6%	-49.349.986	-60,1%	1.792.270.242	-8,1%
2014	860.800.219	-6,5%	908.743.178	4,3%	47.942.959	-197,1%	1.769.543.397	-1,3%
2015	785.837.823	-8,7%	668.474.268	-26,4%	-117.363.555	-344,8%	1.454.312.091	-17,8%
2016	680.604.694	-13,4%	680.214.592	1,8%	-390.102	-99,7%	1.360.819.286	-6,4%

TOTAL COMERCIO DE MATERIAS PRIMAS PLASTICAS - En dólares USA

AÑO	IMPORTACIONES desde MERCOSUR	EVOLUCION	EXPORTACIONES al MERCOSUR	EVOLUCION	SALDO	EVOLUCION	TOTAL COMERCIO	EVOLUCION
2000	274.102.095	30,5%	229.927.392	68,1%	-44.174.703	-39,7%	504.029.487	45,3%
2001	204.282.157	-25,5%	302.688.030	31,6%	98.405.873	-322,8%	506.970.187	0,6%
2002	135.108.480	-33,9%	300.332.809	-0,8%	165.224.329	67,9%	435.441.289	-14,1%
2003	250.461.659	85,4%	326.725.838	8,8%	76.264.179	-53,8%	577.187.497	32,6%
2004	376.601.121	50,4%	463.459.620	41,8%	86.858.499	13,9%	840.060.741	45,5%
2005	493.246.484	31,0%	536.169.667	15,7%	42.923.183	-50,6%	1.029.416.151	22,5%
2006	501.621.435	1,7%	504.795.947	-5,9%	3.174.512	-92,6%	1.006.417.382	-2,2%
2007	663.205.570	32,2%	517.885.756	2,6%	-145.319.814	-4677,7%	1.181.091.326	17,4%
2008	611.072.158	-7,9%	645.536.168	24,6%	34.464.010	-123,7%	1.256.608.326	6,4%
2009	473.816.106	-22,5%	506.070.771	-21,6%	32.254.665	-6,4%	979.886.877	-22,0%
2010	628.987.311	32,7%	568.677.640	12,4%	-60.309.671	-287,0%	1.197.664.951	22,2%
2011	689.669.816	9,6%	650.408.976	14,4%	-39.260.840	-34,9%	1.340.078.792	11,9%
2012	698.319.787	1,3%	554.509.999	-14,7%	-143.809.788	266,3%	1.252.829.786	-6,5%
2013	628.037.184	-10,1%	553.142.128	-0,2%	-74.895.056	-47,9%	1.181.179.312	-5,7%
2014	590.571.996	-6,0%	635.484.636	14,9%	44.912.640	-160,0%	1.226.056.632	3,8%
2015	521.597.934	-11,7%	437.718.792	-31,1%	-83.879.142	-286,8%	959.316.726	-21,8%
2016	457.604.694	-12,3%	486.170.169	11,1%	28.565.475	-134,1%	943.774.863	-1,6%

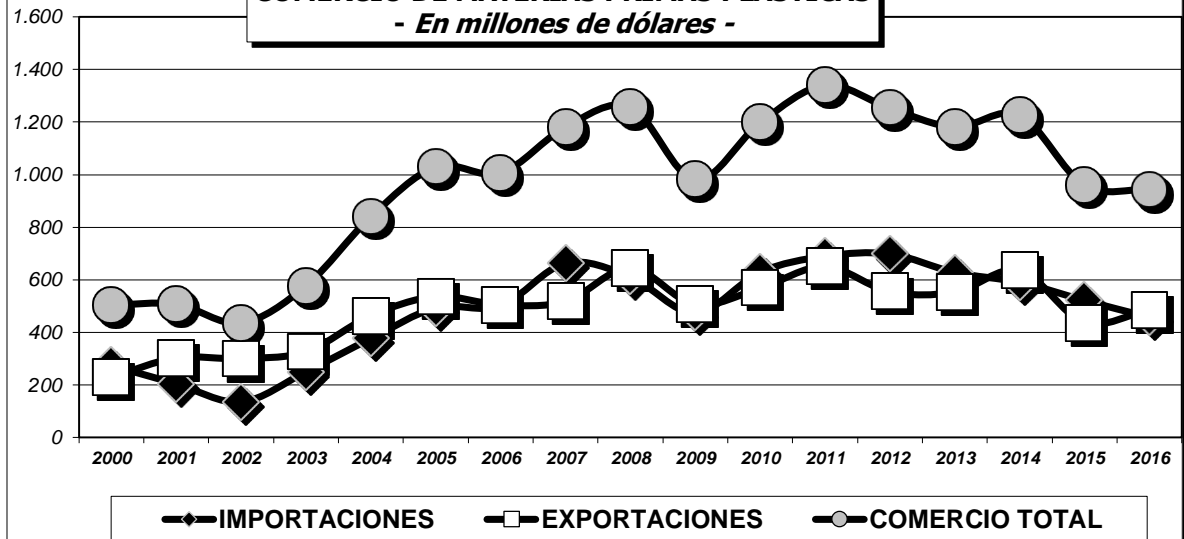
TOTAL COMERCIO PRODUCTOS SEMIELABORADOS + TERMINADOS - En dólares USA

AÑO	IMPORTACIONES desde MERCOSUR	EVOLUCION	EXPORTACIONES al MERCOSUR	EVOLUCION	SALDO	EVOLUCION	TOTAL COMERCIO	EVOLUCION
2000	140.043.848	12,5%	111.834.981	7,5%	-28.208.867	37,6%	251.878.829	10,2%
2001	143.765.914	2,7%	104.998.621	-6,1%	-38.767.293	37,4%	248.764.535	-1,2%
2002	70.460.200	-51,0%	72.896.148	-30,6%	2.435.948	-106,3%	143.356.348	-42,4%
2003	118.496.866	68,2%	79.263.273	8,7%	-39.233.593	-1710,6%	197.760.139	38,0%
2004	167.023.536	41,0%	117.963.184	48,8%	-49.060.352	25,0%	284.986.720	44,1%
2005	217.311.230	30,1%	160.936.341	36,4%	-56.374.889	14,9%	378.247.571	32,7%
2006	251.883.084	15,9%	193.588.941	20,3%	-58.294.143	3,4%	445.472.025	17,8%
2007	276.219.642	9,7%	226.340.874	16,9%	-49.878.768	-14,4%	502.560.516	12,8%
2008	153.687.235	-44,4%	164.430.906	-27,4%	10.743.671	-121,5%	318.118.141	-36,7%
2009	248.858.485	61,9%	270.169.178	64,3%	21.310.693	98,4%	519.027.663	63,2%
2010	332.954.289	33,8%	318.832.597	18,0%	-14.121.692	-166,3%	651.786.886	25,6%
2011	397.797.837	19,5%	360.970.426	13,2%	-36.827.411	160,8%	758.768.263	16,4%
2012	338.591.493	-14,9%	358.668.940	-0,6%	20.077.447	-154,5%	697.260.433	-8,1%
2013	292.772.930	-13,5%	318.318.000	-11,3%	25.545.070	27,2%	611.090.930	-12,4%
2014	270.228.223	-7,7%	273.258.542	-14,2%	3.030.319	-88,1%	543.486.765	-11,1%
2015	264.239.889	-2,2%	230.755.476	-15,6%	-33.484.413	-1205,0%	494.995.365	-8,9%
2016	223.153.828	-15,5%	194.044.423	-15,9%	-29.109.405	-13,1%	417.198.251	-15,7%

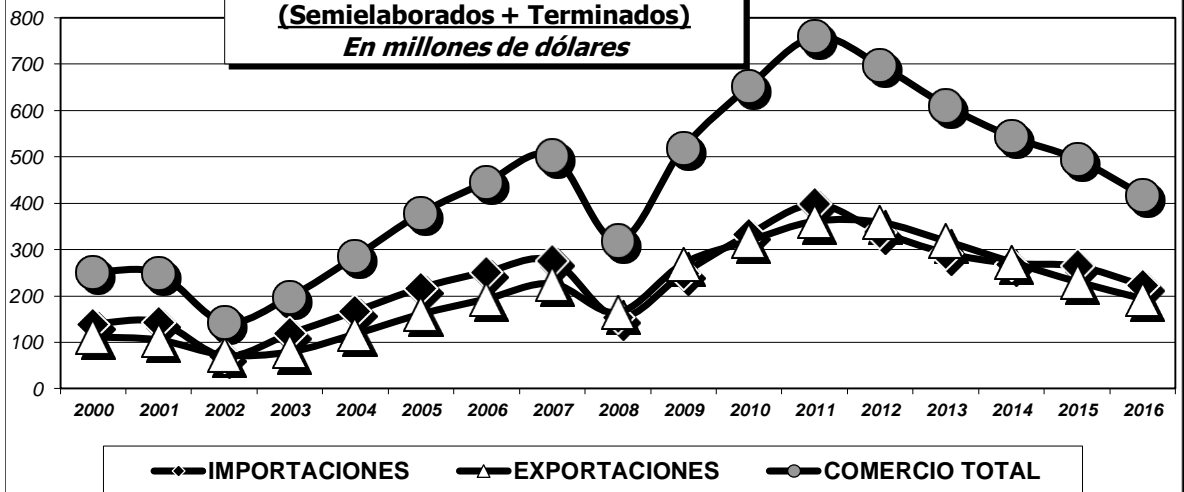
INDUSTRIA PLASTICA ARGENTINA EN EL MERCOSUR
TOTAL DEL COMERCIO - En millones de dólares



MERCOSUR
COMERCIO DE MATERIAS PRIMAS PLASTICAS
- En millones de dólares -



MERCOSUR
COMERCIO DE PRODUCTOS PLASTICOS
(Semielaborados + Terminados)
En millones de dólares



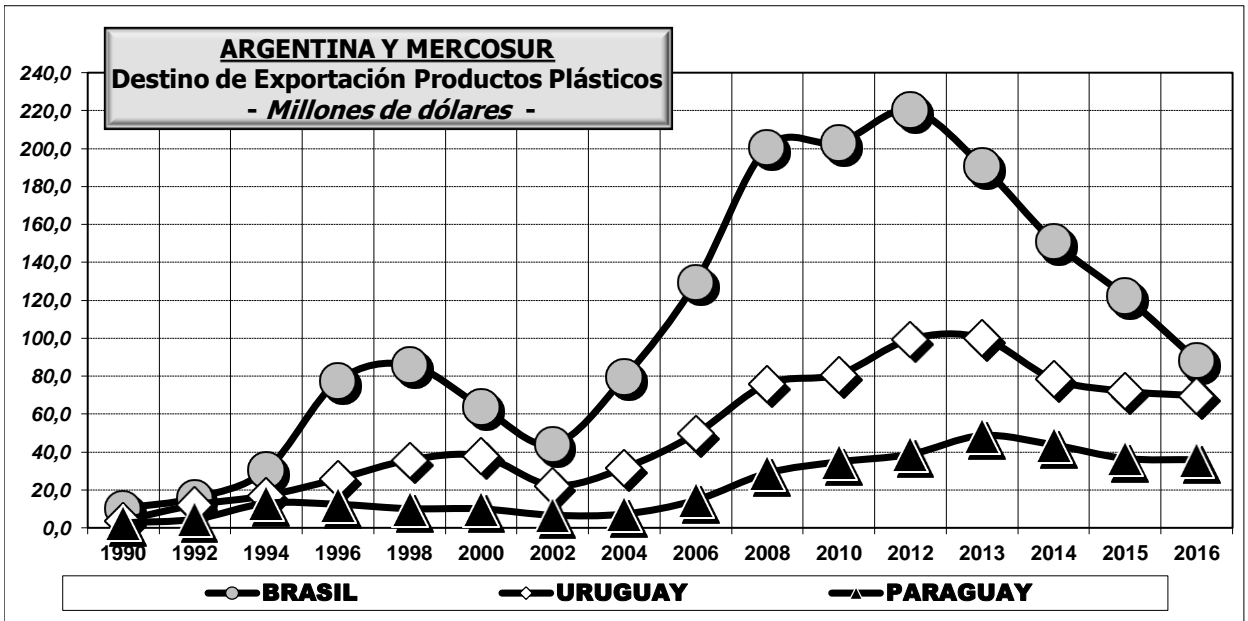
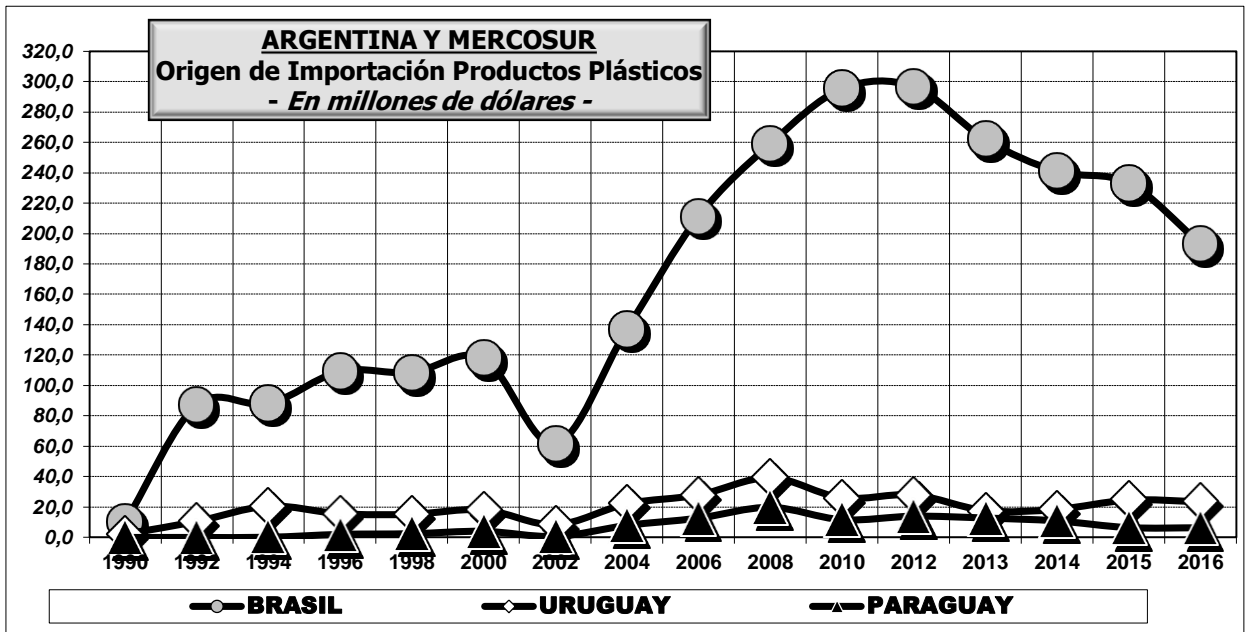
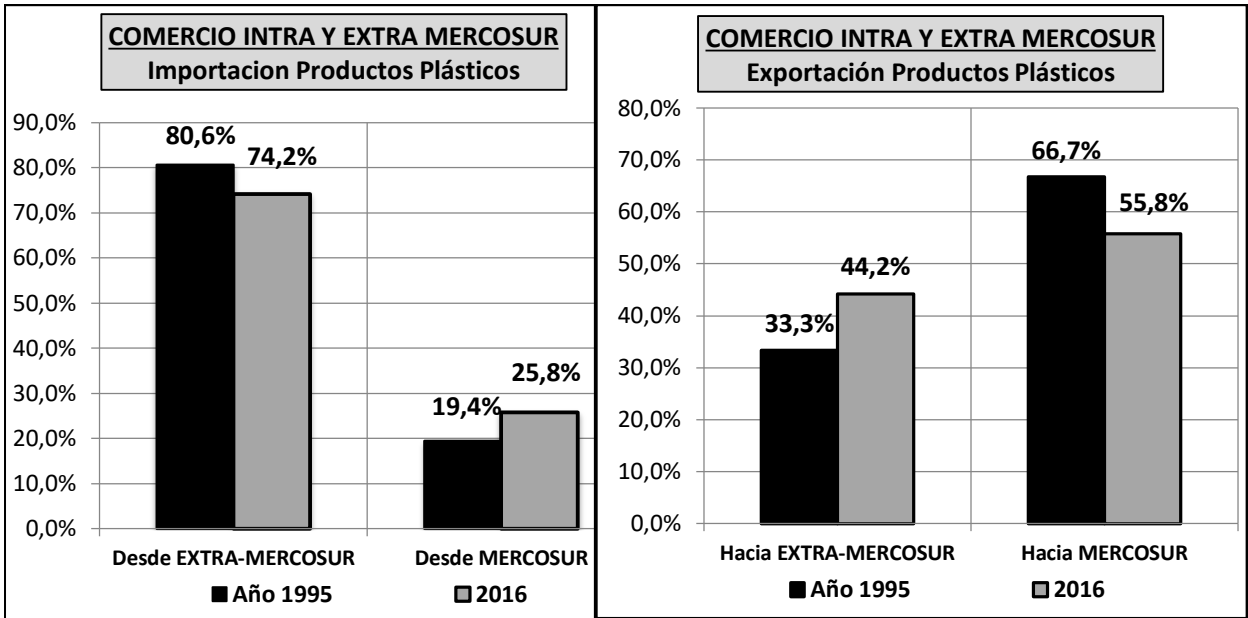
INDUSTRIA PLASTICA ARGENTINA - COMERCIO INTRA Y EXTRA MERCOSUR

COMERCIO DE MATERIAS PRIMAS PLASTICAS

AÑO	IMPORTACIONES						EXPORTACIONES					
	TOTAL	Desde	Desde	Desde	Desde	Desde	TOTAL	Hacia	Hacia	Hacia	Hacia	Hacia
	Toneladas	EXTRA-MERCOSUR	MERCOSUR	BRASIL	URUGUAY	PARAGUAY	Toneladas	EXTRA-MERCOSUR	MERCOSUR	BRASIL	URUGUAY	PARAGUAY
1997	566.337	61,6%	38,4%	37,6%	0,8%	---	166.322	50,4%	49,6%	33,2%	10,1%	6,3%
1998	625.485	61,0%	39,0%	38,2%	0,8%	---	255.991	32,1%	67,9%	56,4%	7,0%	4,5%
1999	596.739	58,4%	41,6%	40,7%	0,9%	---	243.516	38,2%	61,8%	48,0%	8,8%	5,0%
2000	598.488	52,8%	47,2%	46,3%	0,9%	---	346.792	35,4%	64,6%	53,8%	6,9%	3,9%
2001	507.050	56,2%	43,8%	42,8%	1,0%	---	573.845	37,2%	62,8%	56,7%	4,5%	1,6%
2002	324.084	44,3%	55,7%	54,7%	1,0%	---	666.309	41,8%	58,2%	52,3%	3,8%	2,1%
2003	509.570	40,3%	59,7%	58,2%	1,5%	---	646.838	37,6%	62,4%	56,3%	4,0%	2,1%
2004	593.921	39,8%	60,2%	59,1%	1,1%	---	667.893	29,1%	70,9%	63,7%	5,2%	2,0%
2005	653.279	39,7%	60,3%	59,1%	1,2%	---	642.029	30,3%	69,7%	62,3%	5,2%	2,2%
2006	628.468	40,3%	59,7%	58,6%	1,1%	---	599.633	32,7%	67,3%	57,1%	7,5%	2,7%
2007	762.458	41,7%	58,3%	57,1%	1,2%	---	482.562	25,0%	75,0%	63,4%	8,6%	3,0%
2008	681.635	51,7%	48,3%	46,8%	1,5%	---	493.570	24,3%	75,7%	63,8%	8,5%	3,3%
2009	690.230	50,7%	49,3%	48,6%	1,4%	---	604.647	31,4%	68,6%	56,8%	7,6%	4,2%
2010	809.888	56,0%	44,0%	42,3%	1,7%	---	509.421	23,2%	76,8%	63,1%	8,5%	5,2%
2011	901.371	62,5%	37,5%	36,0%	1,5%	---	505.201	22,1%	77,9%	66,1%	8,0%	3,8%
2012	829.826	61,0%	39,0%	37,5%	1,5%	---	474.075	23,5%	76,5%	67,2%	6,2%	3,1%
2013	807.559	60,3%	39,7%	38,0%	1,6%	---	428.497	18,5%	81,5%	71,9%	6,4%	3,2%
2014	718.191	58,4%	41,6%	39,8%	1,8%	---	456.351	14,3%	85,7%	78,1%	4,7%	2,9%
2015	849.004	65,8%	34,2%	32,2%	2,0%	---	382.040	17,4%	82,6%	75,4%	4,3%	2,9%
2016	809.227	61,4%	38,6%	36,8%	2,9%	---	564.299	22,3%	77,7%	72,6%	3,0%	2,1%

COMERCIO DE PRODUCTOS PLÁSTICOS (Semielaborados + Terminados)

AÑO	IMPORTACIONES						EXPORTACIONES					
	TOTAL	Desde	Desde	Desde	Desde	Desde	TOTAL	Hacia	Hacia	Hacia	Hacia	Hacia
	Toneladas	EXTRA-MERCOSUR	MERCOSUR	BRASIL	URUGUAY	PARAGUAY	Toneladas	EXTRA-MERCOSUR	MERCOSUR	BRASIL	URUGUAY	PARAGUAY
1997	176.081	82,7%	18,8%	16,0%	2,4%	0,4%	46.783	32,0%	68,0%	46,3%	15,2%	6,5%
1998	178.474	82,7%	17,3%	14,9%	2,1%	0,3%	55.875	31,3%	68,7%	45,5%	18,9%	4,3%
1999	170.964	79,9%	20,1%	16,1%	3,5%	0,5%	50.292	33,4%	66,6%	36,1%	24,6%	5,9%
2000	176.373	77,9%	22,1%	18,6%	2,9%	0,6%	62.077	37,5%	62,5%	35,7%	21,2%	5,6%
2001	167.666	74,0%	26,0%	20,6%	4,5%	0,9%	71.170	43,9%	56,1%	31,9%	19,3%	4,9%
2002	68.996	69,7%	30,3%	26,4%	3,6%	0,3%	81.457	56,4%	43,6%	26,3%	13,4%	4,3%
2003	117.442	67,0%	33,0%	27,4%	3,9%	1,7%	91.597	58,5%	41,2%	25,1%	13,2%	2,9%
2004	156.276	66,3%	33,7%	27,6%	4,5%	1,6%	114.865	56,2%	43,8%	29,4%	11,7%	2,7%
2005	174.226	54,7%	45,3%	33,0%	8,3%	4,0%	129.958	50,7%	49,3%	34,9%	12,1%	2,3%
2006	183.958	55,3%	44,7%	33,8%	7,1%	3,8%	143.273	52,7%	47,3%	32,7%	11,7%	2,9%
2007	214.271	61,1%	38,9%	28,4%	6,5%	4,0%	146.740	48,6%	51,4%	35,8%	12,3%	3,3%
2008	219.897	63,6%	36,4%	25,7%	6,5%	4,2%	167.084	46,3%	53,7%	36,6%	12,9%	4,2%
2009	179.840	67,9%	32,1%	23,7%	4,5%	3,9%	154.552	42,6%	57,4%	39,4%	13,4%	4,6%
2010	225.059	69,3%	30,7%	24,2%	4,2%	2,3%	155.897	40,3%	59,7%	39,9%	14,5%	5,3%
2011	251.765	71,0%	29,0%	22,4%	4,2%	2,4%	153.370	39,0%	61,0%	41,2%	14,0%	5,8%
2012	211.634	70,4%	29,6%	22,8%	4,3%	2,5%	137.903	36,6%	63,4%	43,1%	14,5%	5,8%
2013	185.819	72,8%	27,2%	22,1%	2,8%	2,7%	126.943	36,7%	63,3%	39,0%	16,7%	7,6%
2014	176.344	72,5%	27,5%	21,9%	3,4%	2,2%	117.065	44,5%	55,5%	35,2%	13,0%	7,3%
2015	197.965	74,1%	25,9%	20,2%	4,2%	1,5%	91.747	40,9%	59,1%	35,7%	15,2%	8,1%
2016	197.852	74,2%	25,8%	19,5%	4,9%	1,4%	80.728	44,2%	55,8%	27,6%	18,6%	9,5%



4 ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

4.1 Introducción

La localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital u obtener el costo unitario mínimo.

El objetivo de este punto es, por supuesto, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta.

Deben evaluarse diversos factores y luego se deben jerarquizar o darles peso, para saber en dónde enfocar la atención a la hora de determinar la localización óptima para nuestro emprendimiento. Estos factores no se deben ignorar, ya que una mala selección puede significar que el negocio no sea rentable o su beneficio sea mucho menor de lo que podría llegar a ser realmente.

Entre los factores que se pueden considerar para realizar la evaluación, se encuentran los siguientes:

1. **Factores geográficos**, relacionados con las condiciones naturales que rigen en las distintas zonas del país, tales como el clima, los niveles de contaminación y desechos, las comunicaciones (carreteras, vías férreas y rutas aéreas), etcétera.
2. **Factores institucionales**, que son los relacionados con los planes y las estrategias de desarrollo de descentralización industrial.
3. **Factores sociales**, los relacionados con la adaptación del proyecto al ambiente y la comunidad. Estos factores son poco atendidos, pero no menos importantes. Específicamente, se refieren al nivel general de los servicios sociales con que cuenta la comunidad, tales como escuelas (y su nivel), hospitales, centros recreativos, facilidades culturales y de capacitación de empleados, y otros.
4. **Factores económicos**, que se refieren a los costos de los suministros e insumos en esa localidad, tales como la mano de obra, las materias primas, el agua, la energía eléctrica, los combustibles, la infraestructura disponible, los terrenos y la cercanía de los mercados y las materias primas.

En nuestro caso, como expresamos en el capítulo 1 *Introducción*, ya dejamos en claro que realizaremos nuestro emprendimiento como extensión de la empresa INGAS, por lo que en este capítulo no se hará la comparación y selección entre diversos lugares posibles como se haría en generalmente en un estudio de localización, sino que, analizaremos los factores antes definidos para tener un panorama más detallado de la ubicación elegida.

4.2 Selección de la localización

Nuestra empresa se iniciará, compartiendo el lugar físico donde se encuentra actualmente la empresa Ingas. Esta firma es propiedad del ingeniero Jorge Pruvost, nuestro director del presente proyecto.

Ingas se dedica al desarrollo de máquinas y a la modificación y actualización de equipos ya existentes, con el objetivo de brindar soluciones a las industrias locales. Este es un punto a favor, ya que esta empresa queda enmarcada dentro de la rama de la metalmecánica, al igual que nuestra futura empresa. Muchos de los procesos son comunes a ambas, por lo que las instalaciones y maquinaria existentes nos serán de utilidad para la fabricación de nuestras extrusoras.

Se firmará un contrato de comodato con Jorge Pruvost. De este modo, en el mismo galpón, Ingas y nuestra empresa llevarán a cabo su actividad económica en conjunto. Esto significa que no tendremos que preocuparnos por los costos de localización y de utilización del equipamiento e instalaciones existentes dentro de ella, ya que este tipo de contrato nos permite hacer uso de ellos gratuitamente. Más detalles sobre el contrato de comodato en la sección 1.2.1.

Se seleccionó este lugar para iniciar nuestro emprendimiento, principalmente por estos motivos y por los que se describen en la sección 1.6 *Factores relevantes para la localización*.

4.2.1 Contrato de comodato

Esta sección tiene el objetivo de aclarar en qué consiste un *contrato de comodato*.

¿Qué es el comodato?

El *comodato o préstamo* de uso es un contrato en el cual una de las partes entrega a la otra gratuitamente una especie, mueble o raíz, para que haga uso de ella, y esta tiene cargo de restituir la misma especie después de terminado el uso.

¿Cuáles son las partes que intervienen en el comodato?

En el comodato tenemos al comodante, que es el dueño de la cosa y el comodatario que es quien la usara y se debe encargar de restituirla.

¿Cuáles son las características del comodato?

El contrato de comodato es real, gratuito y unilateral y un título de mera tenencia.

¿Qué cosas son objeto de comodato?

Por regla general, deben ser cosas no fungibles, puesto que el comodatario debe restituir la misma cosa que recibió. Asimismo, por regla general deben ser cosas que no se consuman, ya que se debe restituir lo mismo. La cosa prestada puede ser mueble o inmueble, pero siempre debe tratarse de una especie o cuerpo cierto.

¿Es posible hacer un contrato de comodato de cosa ajena?

No es necesario que el comodante sea dueño de la cosa prestada, pero si es así el contrato no le es inoponible al dueño, lo que significa que el comodatario no le puede reclamar a este por incumplimiento.

¿Qué obligaciones tienen las partes del contrato de comodato?

Las obligaciones de comodatario son:

1. Conservar la cosa.
2. Usar la cosa en los términos convenidos o según su uso ordinario.
3. Restituir la cosa.

Las obligaciones del comodante:

Estas obligaciones son eventuales y nacen después de celebrado el contrato. Por tal razón, se suele decir que este contrato es uno de aquellos considerados como “sinalagmáticos imperfectos”, pues durante la ejecución del contrato, se van a generar obligaciones para aquella parte que inicialmente no tenía ningún tipo de obligación.

¿Tiene algún beneficio el comodatario?

Si, el comodatario goza del derecho de retención, es decir, puede retener la cosa dada en préstamo si es que el comodante no cumple con las obligaciones que surgen durante el contrato. No tendrá este derecho si es que el comodante ha constituido una garantía respecto a las indemnizaciones.

4.3 Ubicación en el mapa

Las instalaciones de Ingas se encuentran en la ciudad de Rafaela, Santa Fe, Argentina, con domicilio en Remedios de Escalada 252. En la figura 3.24 se observa una fotografía de la fachada del galpón. La figura 3.25 y la figura 3.26 son fotografías del interior del taller, en las cuales se aprecian máquinas y personal trabajando.

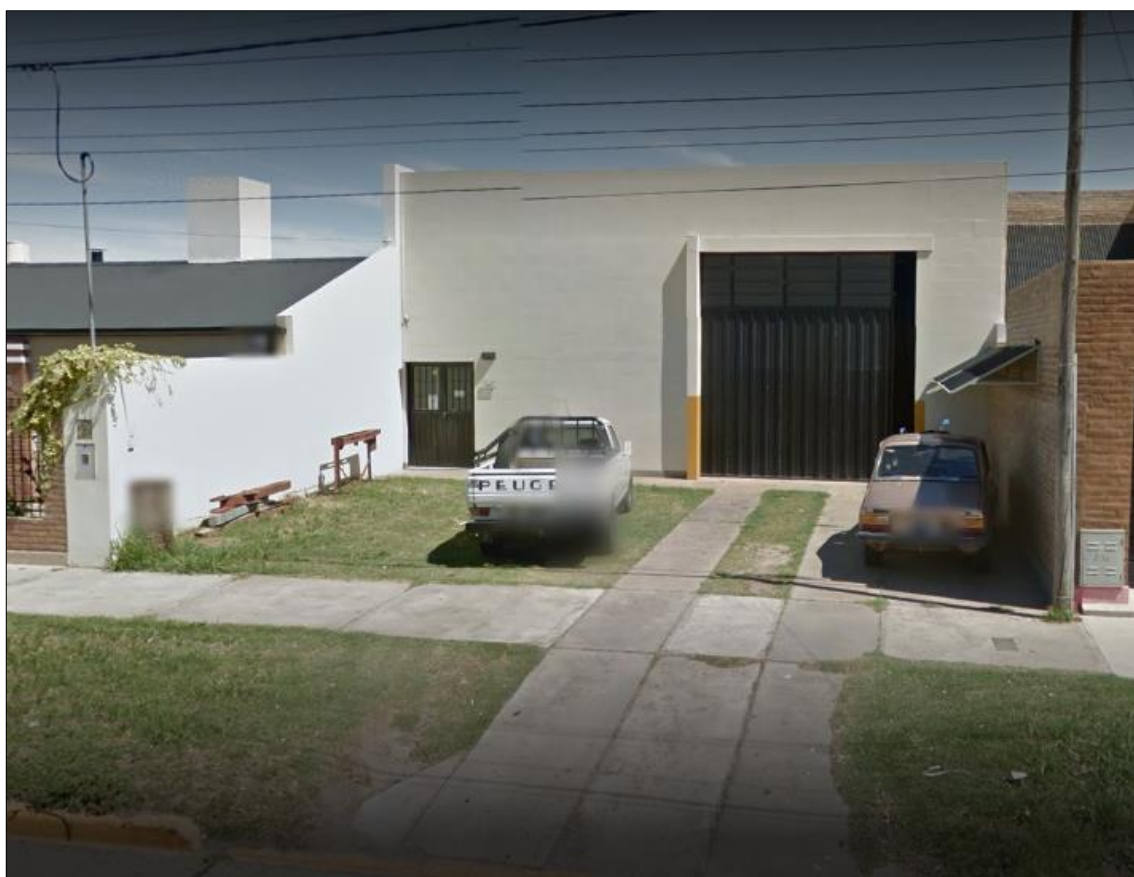


Figura 3.24: Fachada del edificio de la empresa Ingas.



Figura 3.25: Fotografía del interior del taller.

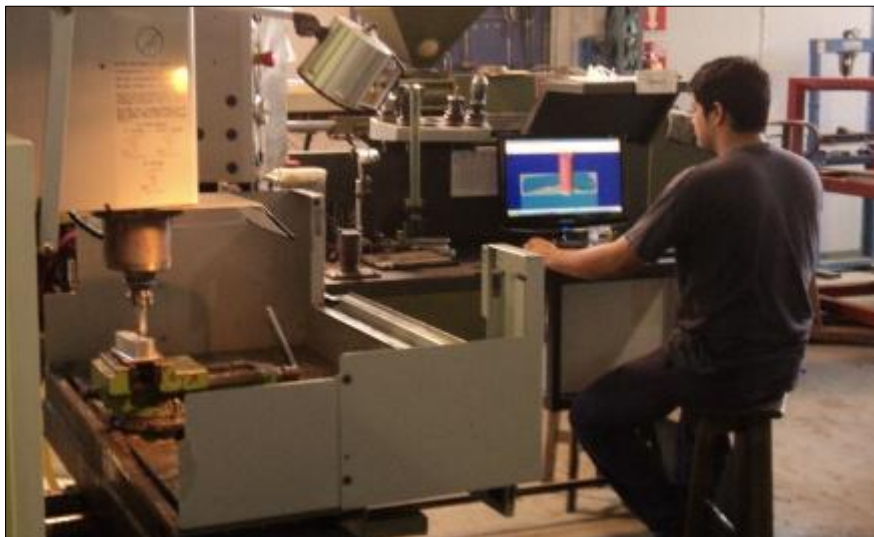


Figura 3.26: Fotografía del interior del taller.

La figura 1.4 muestra la ubicación de la empresa Ingas en el mapa de Rafaela. Una imagen satelital se observa en la figura 1.5, en la cual se destacó el terreno con el edificio perteneciente a la firma. Las coordenadas del lugar son: $31^{\circ}15'45.3''S$ $61^{\circ}29'30.6''W$.

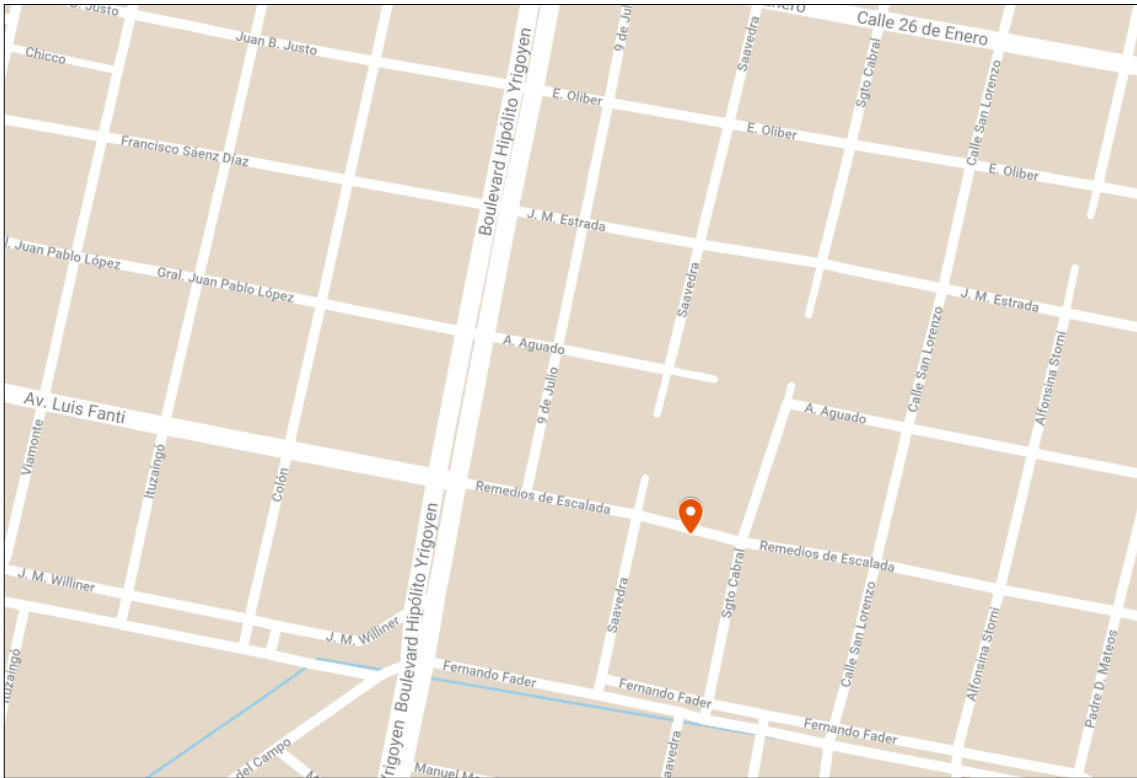


Figura 3.27: Ubicación de la empresa Ingas.



Figura 3.28: Imagen satelital del terreno y edificio de Ingas y alrededores.

4.3.1 Descripción de la ciudad de Rafaela

Rafaela es una ciudad del centro-oeste de la provincia de Santa Fe (República Argentina). Es la cabecera del departamento Castellanos. Es la tercera ciudad más poblada de la provincia y la tercera en importancia, detrás de Rosario y Santa Fe. Es conocida como "La Perla del Oeste" debido a las bellezas naturales, culturales y arquitectónicas. Su población es, aproximadamente, 100 000 habitantes.

Rafaela se ubica en el centro oeste de la provincia de Santa Fe, a la vera de la Ruta Nacional 34. Dista 96 km al noroeste de la ciudad de Santa Fe, a 234 km de Rosario, 292 km de Córdoba y 530 km de la Ciudad de Buenos Aires. Su ubicación también puede considerarse estratégica en cuanto a los puertos del Pacífico, ya que se encuentra sobre la vía comercial en dirección a estos, dada su cercanía a la Ruta Nacional 19.

En cuanto a lo económico se destaca por su producción industrial metalmecánica y láctea ya que se encuentra en el corazón de la cuenca lechera, siendo esta la más grande y rica de Sudamérica, constituyéndose en su principal capital.

La ciudad es hoy un "Portal hacia el mundo" en cuanto a la vinculación de sus industrias con la mayoría de países americanos, europeos, del Extremo Oriente y de Asia Menor.

Se destaca por su producción industrial metalmecánica y láctea. Se encuentra en el corazón de la cuenca lechera, la más grande de Sudamérica, constituyéndose en su principal capital.

Adicionalmente, las otras actividades de importancia son la agricultura y la ganadería. Rafaela cuenta con un parque industrial activo que recientemente se ha expandido con la creación del PAER (Parque de Actividades Económicas de Rafaela)¹⁵ en donde se encuentra localizado el ITEC (Instituto Técnico).

4.4 Infraestructura

El plano detallado de la infraestructura con la que cuenta actualmente Ingas, se encuentra en el layout adjunto en la sección 7.9 *Anexos* del siguiente capítulo. En los párrafos posteriores, se la describe y se explica qué funciones cumplirá cada sector.

En el lote está construido el galpón con un patio frontal que desemboca en la calle Remedios de Escalada. El patio frontal es amplio, permitiendo el estacionamiento de vehículos y la entrada/salida de camiones. Estos últimos serán los encargados de ingresar la materia prima al galpón y despachar los productos finalizados.

La mayor área del galpón está destinada al taller, en el cual colocaremos las máquinas-herramienta y tendremos un espacio disponible para el ensamblaje de nuestros productos y otro reservado para instalar una línea de extrusión completa de prueba. Esta última será de gran utilidad para optimizar el diseño de las extrusoras y sus partes. Nos permitirá ensayar diferentes geometrías de tornillos y cabezales, mejorar diseños existentes y crear nuevos.

Dentro de este galpón, contaremos también con oficinas, baño, cocina, depósito y chacarita. Las oficinas serán utilizadas por los departamentos de ventas, compras, oficina técnica y recursos humanos. La chacarita es un lugar utilizado para alojar recortes y chatarra. El depósito será el lugar en dónde se guardará la materia prima.

El galpón cuenta con un portón de 3,5 m de ancho por 3,7 m de alto, de gran tamaño para facilitar el ingreso de materia prima y egreso de los productos terminados. Otro portón idéntico se encuentra en el interior del taller, que da acceso al depósito.

En la *tabla 3.6* se encuentra condensada la información referente a la infraestructura existente. Se detallan los diferentes sectores que la conforman y sus dimensiones físicas.

Infraestructura			
Sector	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m ²)
Lote	12,3	30,15	370,85
Galpón	12,3	21,8	268,14
Patio frontal	12,3	8,35	102,71
Oficinas	3,55	3,85	13,67
Depósito	12	1,5	18
Chacarita	1,2	12,38	14,86
Cocina	1,2	4,18	5
Baño	1,2	3	3,6
Taller	10,65 x 15,85 + 4 x 6,95		196,6
Espacio disponible ensamblaje	3,6	6	21,6
Espacio disponible para prueba de línea de extrusión completa	3	15	45

Tabla 3.6: Infraestructura de la empresa Ingas.

4.5 Equipamiento

La empresa Ingas, la cual nos brindará su lugar físico de trabajo, cuenta con numerosas instalaciones y equipamiento. Éstos nos serán de suma utilidad para llevar a cabo nuestras actividades comerciales y, además, nos asegurarán que nuestro personal trabaje cómodamente.

Una lista con el equipamiento existente se detalla a continuación:

- Agua corriente.
- Energía eléctrica.
- Conexión a internet y wifi.
- Telefonía.
- Iluminación.
- Aire acondicionado en oficinas.
- Computadoras.
- Escritorios y sillas ergonómicas.
- Mesa de trabajo (taller).
- Armarios.
- Estanterías.
- Herramientas.
- Elementos de seguridad.
- Aparejo de izaje*. Capacidad máx.: 1000 kg.
- Línea aire comprimido.
- Máquinas- herramienta*:
 - Torno paralelo. Motor principal: 5,4 HP; distancia entre puntas: 1000 mm; diámetro volteo sobre bancada: 410 mm.
 - Torno paralelo. Motor principal: 5,5 HP; distancia entre puntas: 1000 mm.; diámetro volteo sobre bancada: 460 mm.
 - Limadora. Motor principal: 4 HP; carrera máx. torpedo: 650 mm; movimiento horizontal máx. mesa: 630 mm; distancia máx. entre torpedo y mesa: 380 mm.
 - Perforadora de banco. Motor: 2 HP; recorrido husillo: 85 mm.
 - Soldadora por arco SMAW. Potencia máx. absorbida: 12,5 KVA.
- Estacionamiento.
- Alero.
- Instalaciones de cocina.
- Instalaciones de baño.
- Cloacas.

* Para más información ver sección 7.3 *Maquinaria disponible en el taller.*

4.6 Factores relevantes para la localización

De acuerdo a lo descrito en la sección 1.1 *Introducción* sobre los factores que condicionan la localización de la empresa, se desglosan a continuación los más relevantes para nuestro proyecto.

4.6.1 Vías de comunicación

Dentro de los factores que afectan la localización, uno de los que tiene mayor peso son las vías de comunicación, ya sea para recibir la materia prima, como para despachar nuestros productos.

Al oeste de la ciudad de Rafaela cruza la ruta nacional 34, que se extiende desde Rosario hasta el límite con Bolivia, a través de la región Noroeste. Ésta pasa por enfrente del parque industrial y del PAER (Parque de Actividades Económicas de Rafaela), lo cual es muy útil, porque en estas zonas se centraliza la actividad industrial de la ciudad, lo que significa que varios proveedores, potenciales clientes y empresas subcontratadas se radican allí. Nuestra empresa estará localizada a 1,5 km al este de dicha ruta.

La región de Cuyo y la frontera con Chile se pueden alcanzar conduciendo por las rutas nacionales 34, 19, 158 y 7, las cuales están conectadas entre sí. Cerca de nuestra ubicación se encuentran la región Nordeste y sus fronteras con Uruguay, Brasil y Paraguay, las cuales son accesibles a través de las rutas del litoral. Todas estas rutas nos permiten llegar con nuestros productos, por vía terrestre y sin problemas, a diferentes partes del país y países limítrofes.

Además, contamos con la cercanía de los puertos de Santa Fe, Rosario y Buenos Aires para la exportación al resto del mundo vía marítima.

4.6.2 Marco jurídico

Entes gubernamentales, provinciales y municipales, apoyan el desarrollo económico y tecnológico de las empresas a través de ayudas económicas (subsidios, impositivas, créditos, etc.), buscando el crecimiento económico de la zona.

4.6.3 Entorno

Si bien la empresa estará ubicada en una zona residencial, sus actividades quedan enmarcadas dentro de la metalmecánica al igual que Ingas, por lo que no habrá emisión de vapores o humos, olores, efluentes contaminantes ni ruidos excesivos. Ingas

comenzó sus actividades en el año 1996 y continúa en la actualidad, sin haber registro de quejas de ningún tipo por parte de los vecinos.

Estos antecedentes y las características de nuestro negocio, nos llevan a la conclusión de que nuestra presencia no repercutirá en la calidad de vida de los vecinos y no tendremos problemas de inserción en esta zona.

4.6.4 Mano de obra y formación

Debido a la fuerte industrialización de Rafaela y zona, la educación disponible hace hincapié en el área técnica, no siendo un problema conseguir personal calificado para las labores a realizar en nuestra empresa. Escuelas técnicas, institutos tecnológicos y universidades con carreras de ingeniería, hacen que Rafaela sea un importante centro de formación técnica. Esto nos permitirá, además, capacitar constantemente a nuestros empleados mediante cursos, para mejorar la productividad y calidad de nuestros productos.

La metalmecánica es una actividad económica muy difundida en nuestra ciudad y zona, por lo que no será mayor inconveniente, en la búsqueda de recursos humanos, encontrar personas con experiencia laboral en este rubro.

4.6.5 Proveedores y empresas subcontratadas

Los proveedores de los insumos necesarios para llevar a cabo nuestra actividad económica, se centran en Rafaela, Rosario y Buenos Aires. Las empresas subcontratadas, que realizarán los procesos productivos que nosotros no podremos realizar en un principio por falta de máquinas, se encuentran en Rafaela, muy cerca de nuestra empresa.

Por la cercanía a nuestros proveedores y empresas subcontratadas, los costos de transporte y tiempos de envío de materias primas se reducen considerablemente, siendo esto otro punto a favor de la ubicación elegida.

4.6.6 Mercados

Los mercados objetivo son principalmente nacional y países limítrofes. El centro del país, alberga la mayor cantidad de potenciales clientes, como se vio en el estudio de mercado realizado en el capítulo 2.

La ciudad de Rafaela está ubicada en un punto estratégico en el país (centro) con muy buenas vías de comunicación, razones por las cuales nos facilita en gran medida la distribución de nuestros productos a estos mercados.

La cercanía de estos mercados, reduce los tiempos de entrega y los costos de transporte, los que nos permitirá ofrecer un mejor servicio y a un menor costo. Otro punto a favor de esta ubicación, es la inexistencia de competidores en la zona, siendo los únicos referentes en la temática.

4.6.7 Suministros básicos

Nos encontraremos en medio de una importante zona urbana como lo es Rafaela, la cual posee actualmente aproximadamente 100 000 habitantes. Esto significa que existen las instalaciones necesarias para la distribución ininterrumpida de energía eléctrica y agua corriente, servicio de cloacas y alumbrado público. Por esta razón, el acceso a los suministros básicos será total y sin interrupciones.

4.7 Fuentes consultadas

4.7.1 Publicaciones

- Raimundo Valdivieso, *¿Qué es el contrato de comodato?*, MisAbogados Blog, 2018. Disponible en:
<https://www.misabogados.com/blog/es/que-es-el-contrato-de-comodato>

4.7.2 Bibliografía

- Gabriel Baca Urbina, *Evaluación de proyectos – Análisis y administración del riesgo*, 2ª ed., McGraw Hill, México, D.F., 1992.

4.7.3 Páginas web

- <https://es.wikipedia.org/wiki/Rafaela>

5

INGENIERÍA DE LA EXTRUSIÓN

5.1 Reología de los plásticos

5.1.1 Comportamiento viscoelástico de los polímeros: reseña histórica

Una peculiaridad de los polímeros, tanto en estado sólido como en disolución o fundido, es su marcado comportamiento viscoelástico. Clásicamente se ha clasificado a los materiales en dos tipos, los elásticos y los viscosos. Ambos términos se acuñaron en el siglo XVII; por una parte, Robert Hooke estableció la proporcionalidad entre la deformación y el esfuerzo aplicado a un muelle. Por otra parte, Isaac Newton presentó por primera vez el concepto de viscosidad (como un sinónimo de fricción interna), siendo la viscosidad una constante de proporcionalidad entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de deformación causada. Fluidos que se comportan de acuerdo con esta ley de proporcionalidad se denominan fluidos newtonianos, siendo el agua y la glicerina los más comunes que siguen este comportamiento. Durante casi 200 años se clasificaron los materiales como fluidos de Newton o sólido de Hooke. En el siglo XVIII comenzaron las primeras dudas respecto a dicha clasificación, cuando Wilhelm Weber llevó a cabo experimentos con hilos de lana sobre los cuales aplicaba esfuerzos longitudinales, observando que para determinados esfuerzos sí se cumplía la ley de Hooke cuando la deformación causada volvía a su origen al retirar la fuerza aplicada, pero a partir de un cierto valor el hilo de lana se extendía para no volver a recuperar su longitud original, lo que en cierto modo correspondía al comportamiento esperado para los líquidos. Maxwell estableció un modelo matemático para justificar el comportamiento de sólidos como los hilos de lana empleados por Weber. En dicho modelo Maxwell propuso que las propiedades de una sustancia son una combinación de una componente elástica y otra viscosa. Este modelo es la base de los utilizados en la actualidad, y fue de gran importancia, ya que dio lugar a que en la comunidad científica de la época naciera el concepto de **viscoelasticidad**, que describe el comportamiento comprendido entre extremos clásicos de una respuesta elástica de Hooke y un comportamiento viscoso de Newton. Los polímeros presentan un comportamiento mecánico enteramente dominado por su carácter viscoelástico. Los sólidos viscoelásticos presentan características de líquido y de sólido, con fuertes desviaciones del comportamiento hookeano o newtoniano.

5.1.2 Comportamiento reológico de polímeros fundidos y en disolución

5.1.2.1 Viscosidad en cizalla (experimento de Newton)

La reología es la rama de la física que se dedica al estudio de la deformación y el flujo de la materia. Una definición más moderna expresa que es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir.

Newton situó un fluido entre 2 láminas paralelas, una permanecía inmóvil mientras aplicaba una fuerza tangencial a la otra, conforme se muestra en la figura 5.1, y observó que cada fluido oponía una resistencia característica al deslizamiento de las láminas. Newton estableció que la fuerza por unidad de área (F/A) necesaria para mover la lámina era proporcional al gradiente de velocidades creado en el fluido, siendo la constante de proporcionalidad función de “la capacidad de deslizamiento del fluido”. Esta constante de proporcionalidad fue llamada **viscosidad**.

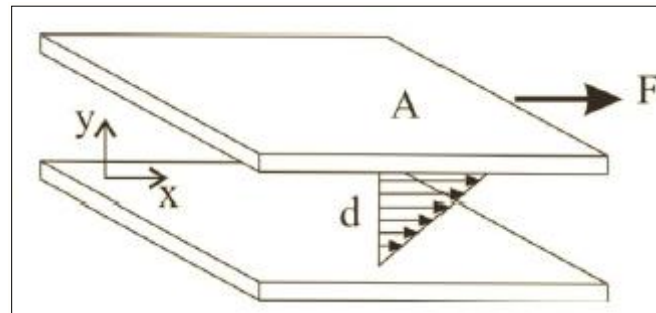


Figura 5.1: Experimento de Newton.

La ecuación de Newton puede escribirse como:

$$\sigma = \mu \cdot \frac{d\gamma}{dt} \quad 5.1$$

donde:

- " σ " es el esfuerzo de cizalla y se determina como el cociente entre la fuerza aplicada y el área de la lámina (F/A) (Pa).

- $\gamma = \frac{dx}{dy}$ es la deformación que sufre el material (adimensional).

- $\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dy} \right) = \frac{dv_x}{dy}$ es el gradiente de velocidades que se genera en el fluido a

lo largo del espesor del mismo y es debido al movimiento de la lámina. Se denomina velocidad de deformación o velocidad de cizalla (s^{-1}).

- μ es la viscosidad (Pa.s).

5.1.2.2 Fluidos newtonianos y no newtonianos

Por un fluido newtoniano se entiende aquél fluido cuyo valor de viscosidad, a una presión y temperatura dadas, es único e independiente de la velocidad de cizalla y del tiempo de aplicación de la cizalla.

Los polímeros presentan un comportamiento newtoniano sólo en un intervalo relativamente estrecho de velocidades de cizalla, y en general, si el tiempo de aplicación es elevado, también sufren desviaciones del comportamiento newtoniano. En el caso de fluidos no newtonianos la viscosidad no es constante y suele denominarse coeficiente de viscosidad y se representa por la letra griega η en lugar de μ .

5.1.2.3 Variación de la viscosidad con la velocidad de deformación

En la tabla 5.1 se muestra el rango de velocidades de cizalla aproximadas utilizadas en diversos procesos de transformación de plásticos.

Proceso	Velocidades de deformación (s^{-1})
Sedimentación	$10^{-6} - 10^{-4}$
Moldeo por compresión	$10^0 - 10$
Calandrado	$10^1 - 10^2$
Flujo a través de tubos	$10^0 - 10^3$
Extrusión	$10^2 - 10^3$
Inyección	$> 10^3$

Tabla 5.1: Rango de velocidades de cizalla aproximado en diversos procesos.

En vista del amplio rango de velocidades de deformación que se aplica en el procesado de polímeros, es muy importante tener en cuenta la variación de la viscosidad de un fluido que no sigue la ley de Newton con la velocidad de deformación. En la figura 5.2 se muestran los diversos comportamientos posibles con la velocidad de deformación.

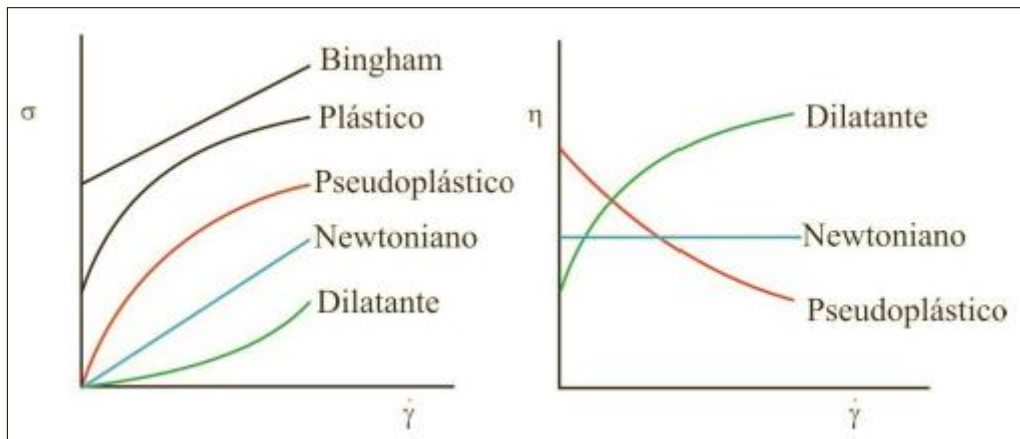


Figura 5.2: Variación de la viscosidad con la velocidad de deformación.

Los materiales pseudoplásticos son aquellos que ven reducida su viscosidad al aumentar la velocidad de deformación. Es el comportamiento más común de la mayoría de los polímeros fundidos. Este comportamiento se debe a la formación y ruptura de las interacciones entre las moléculas del polímero, y al desenmarañamiento y lineamiento de las mismas.

5.1.2.4 Variación de la viscosidad con la temperatura

La viscosidad es fuertemente dependiente de la temperatura. La mayoría de los materiales disminuyen su viscosidad con la temperatura; la dependencia es exponencial y puede haber variaciones de hasta un 10% por grado. Respecto a los polímeros, la dependencia de la temperatura que estos presentan es lógicamente una función de la estructura y del tipo de polímero.

En la figura 5.3 se muestra a modo de ejemplo la dependencia de la viscosidad con la temperatura de algunos polímeros, lo que tiene gran interés práctico durante el procesamiento de cualquier polímero. Por ejemplo, si durante el moldeo por inyección de un polímero se observa que éste no llena completamente el molde, para polímeros que presentan una alta dependencia de la viscosidad con la temperatura (PMMA, PVC) un ligero aumento de la temperatura podría solucionar el problema, a diferencia de otros polímeros (PP, LDPE, PA) que además necesitarían un aumento de la presión.

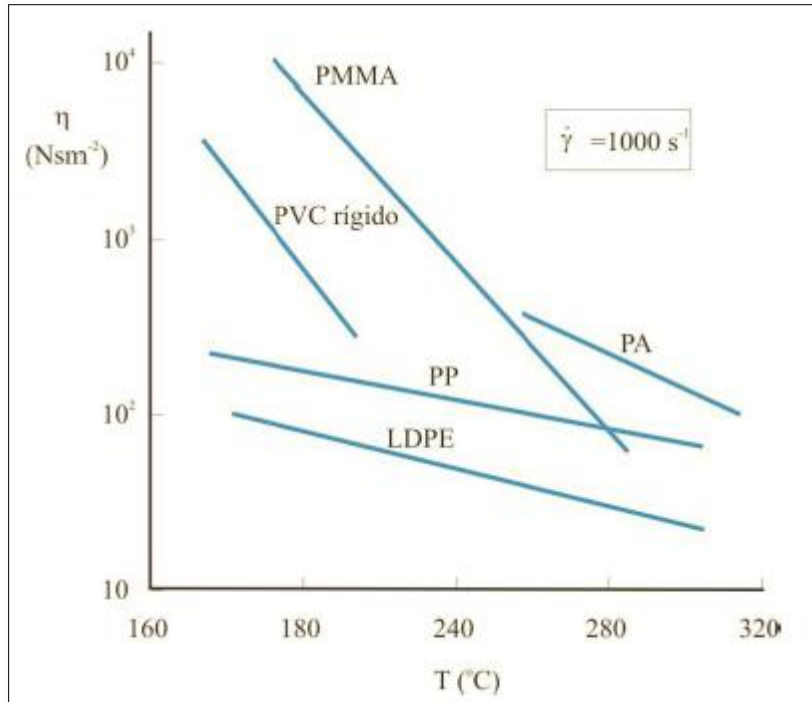


Figura 5.3: Dependencia de la viscosidad de distintos polímeros con la temperatura.

La relación entre la viscosidad y la temperatura puede representarse generalmente por una expresión de tipo Arrhenius:

$$\eta = A \cdot e^{\frac{B}{T}} \quad 5.2$$

Donde T es la temperatura absoluta y A y B son constantes del polímero.

5.1.2.5 Curvas de flujo en polímeros

La figura 5.4 muestra una curva de flujo típica (viscosidad frente a velocidad de cizalla en escala doble logarítmica) para un polímero. En general, se suele observar una zona Newtoniana a bajas velocidades de cizallas (con una viscosidad η_0), hasta una velocidad de cizalla crítica $\dot{\gamma}_c$, a partir de la cual se observa un descenso paulatino. En ocasiones a velocidades de cizalla muy elevadas se puede observar una nueva zona newtoniana, con una viscosidad η_∞ .

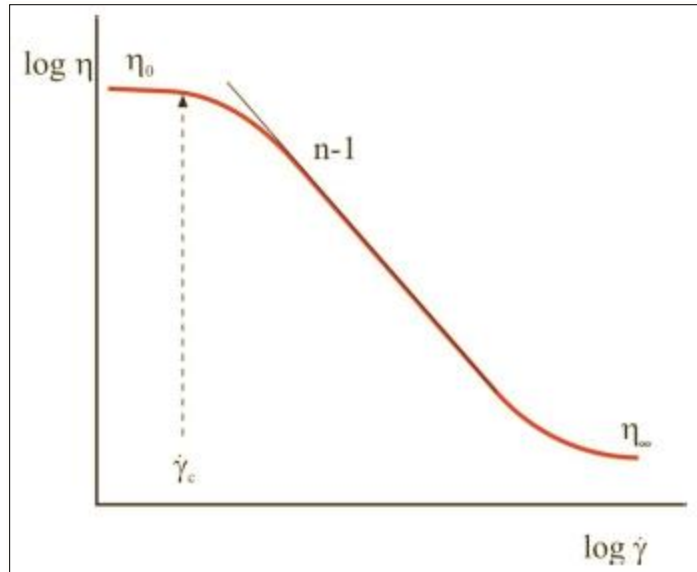


Figura 5.4: Curva de flujo típica de polímeros fundidos.

En ausencia de cizalla, un polímero fundido se encuentra en un estado aleatorio de equilibrio, en el cual la movilidad de las cadenas del polímero, provocadas por la temperatura, produce la desaparición y formación de interacciones entre las distintas cadenas, siendo el resultado neto nulo.

Cuando comienza a actuar un esfuerzo de cizalla sobre el fluido, se produce una mayor destrucción de las interacciones entre las cadenas poliméricas. Si el esfuerzo de cizalla continúa en aumento, se alcanza un momento a partir del cual se destruyen más interacciones de las que se crean, dando lugar a una pérdida de la estructura presente; por otra parte, se puede producir un desenmarañamiento y un alineamiento de las cadenas poliméricas, siendo el resultado de estos efectos un descenso en la viscosidad del fluido (pseudoplasticidad).

El modelo más empleado para representar las curvas de flujo de los polímeros es la denominada **ley de potencias** que puede explicar el comportamiento newtoniano, dilatante y pseudoplástico. La expresión de esta ley es la siguiente:

$$\sigma = k |\dot{\gamma}|^n \quad 5.3$$

El exponente “n”, llamado **índice de comportamiento de flujo**, se utiliza normalmente como indicador de la dilatancia o pseudoplasticidad de una sustancia. De acuerdo con la ley de Newton, la viscosidad es el cociente entre el esfuerzo y la velocidad de deformación, de modo que el valor de la pendiente de las curvas de flujo es n-1.

$$\eta = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}} = k |\dot{\gamma}|^{n-1}$$

5.4

Si el valor del índice de comportamiento al flujo, n , es 1, la ley de potencias representa la zona newtoniana, mientras que si $n < 1$ representa la zona de comportamiento pseudoplástico, que será tanto más alejado de la idealidad cuanto menor sea el valor de n .

5.2 Ingeniería de la extrusión

5.2.1 Introducción

La tecnología aplicada en los procesos de extrusión se ha desarrollado rápidamente durante los últimos 70 años con aplicaciones expandiéndose a nuevas áreas de la industria del procesamiento de plásticos. A través de estos desarrollos, los ingenieros en el proceso se han enfrentado con varios problemas y cuestiones tales como:

- Definir configuraciones de los tornillos y variables de la extrusión de acuerdo a los objetivos del producto
- Maximizar la productividad de la extrusora
- Resolver inestabilidades del flujo en la extrusora
- Explicar desgastes anormales
- Especificar los parámetros de control
- Escalar el proceso de extrusión para experimentos de laboratorio
- Diseñar un óptimo sistema de extrusión

Debido a la complejidad del proceso de extrusión y de las propiedades del material a trabajar, la mayoría de las respuestas a estos inconvenientes mencionados han sido principalmente de naturaleza empírica más que respuestas fundamentadas en el análisis del sistema mediante bases teóricas. La tecnología para la extrusión se ha desarrollado en un marco de prueba y error involucrando muchos experimentos que, combinados con un buen sentido de la observación, permitieron arrojar aplicaciones exitosas en varios sectores de la industria.

5.2.2 Sección de transporte de sólidos (zona de alimentación)

5.2.2.1 Introducción

El flujo de partículas sólidas es importante en la zona de alimentación cercana a la entrada de la tolva donde generalmente se alimenta un volumen de pellets de material en bruto. Experimentalmente se ha descubierto que, durante el transporte de estas partículas sólidas, éstas se consolidan y tienden a formar un anillo sólido, el cual es transportado hacia adelante a través del movimiento relativo entre el tornillo y la superficie del cañón. En la práctica, el tornillo rota y el cañón no, sin embargo, es conveniente para la obtención de las ecuaciones el asumir lo contrario. Como el análisis se fundamenta en velocidades relativas, los resultados no cambian con esta suposición. También se asume que la velocidad del anillo sólido es uniforme en el canal del tornillo. Para inducir este flujo, la generación de presión en el canal del tornillo tiene que ser significativa y depende del grado de llenado del tornillo. Tadmor y Klein (1970) idearon ecuaciones para modelar el transporte de sólidos en las extrusoras. Estas ecuaciones están basadas en la interacción de superficies sólidas y en la fricción resultante y no

necesariamente aplica al transporte de pellets, sino que describen un flujo continuo. Sin embargo, estas ecuaciones proveen herramientas para evaluar el flujo en la sección de alimentación.

Algunos análisis simplificados previos del flujo del anillo sólido consideraron que el arrastre es causado por el desbalance de fuerzas creadas por la diferencia de coeficientes de fricción entre el anillo de material sólido, el tornillo y el cañón (figura 5.5). Esta simplificación se basa en observaciones experimentales, mostrando que la baja fricción entre el anillo y el tornillo y la alta fricción entre el anillo y el cañón favorece el transporte. Además, ha provocado que los fabricantes desarrollen tornillos con acabado pulido y baja fricción, y cañones ranurados que promuevan la fricción con el transporte de sólidos.

5.2.2.2 Desarrollo

Las fuerzas de fricción se pueden calcular multiplicando la fuerza normal actuante en la superficie por el coeficiente de fricción. Si una presión constante " p " es considerada en el anillo sólido y el área de contacto entre el anillo y el cañón, y entre el anillo y el tornillo se señalan como " A_b " y " A_s " respectivamente, las fuerzas necesarias para mover el anillo sólido serían, respectivamente:

$$F_b = pA_b f_b \quad 5.5$$

$$F_s = pA_s f_s \quad 5.6$$

Como se muestra en la figura 5.5a, el análisis del flujo del anillo de pellets o anillo sólido, se ha hecho considerando estas diferencias en la fricción y las fuerzas resultantes mostradas en la figura, de las cuales se pueden considerar varias situaciones. La condición óptima ocurre cuando $F_b > F_s$, y el anillo es acelerado desde una velocidad inicial " u " a una velocidad " V ", produciendo el mayor transporte. Contrariamente, si $F_b < F_s$, la velocidad del anillo disminuirá hasta que el flujo se detenga. En equilibrio de condiciones, las dos fuerzas se igualarán y el anillo sólido alcanzará una velocidad constante que es menor a la velocidad V , reduciendo la acción de transporte.

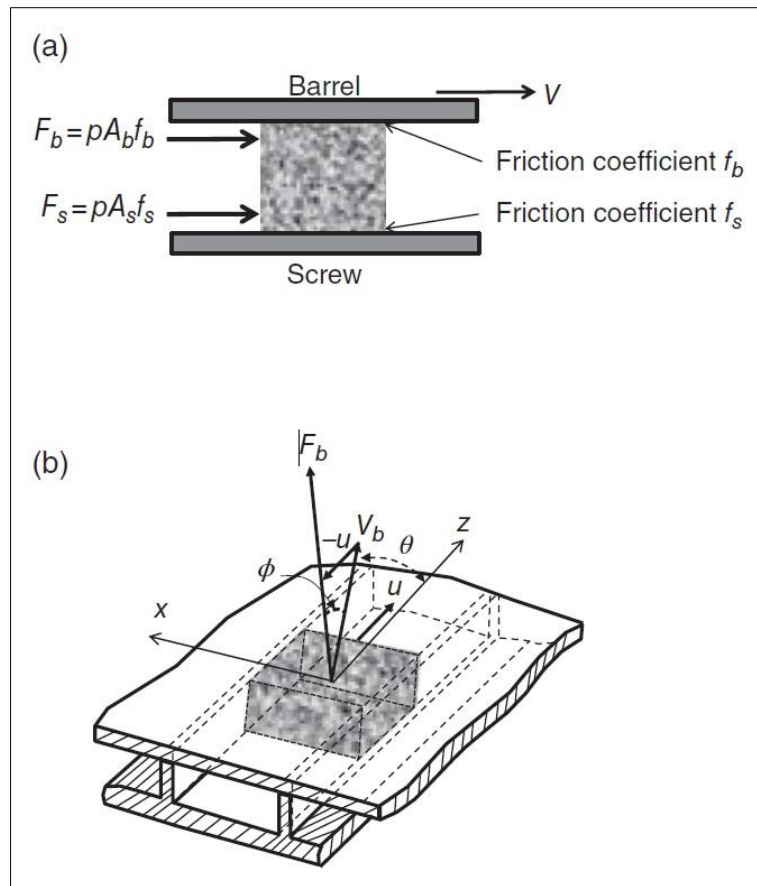


Figura 5.5: (a) Esquema ilustrativo del flujo de arrastre de un anillo sólido. (b) Flujo de arrastre creado por el movimiento a velocidad constante V de una placa.

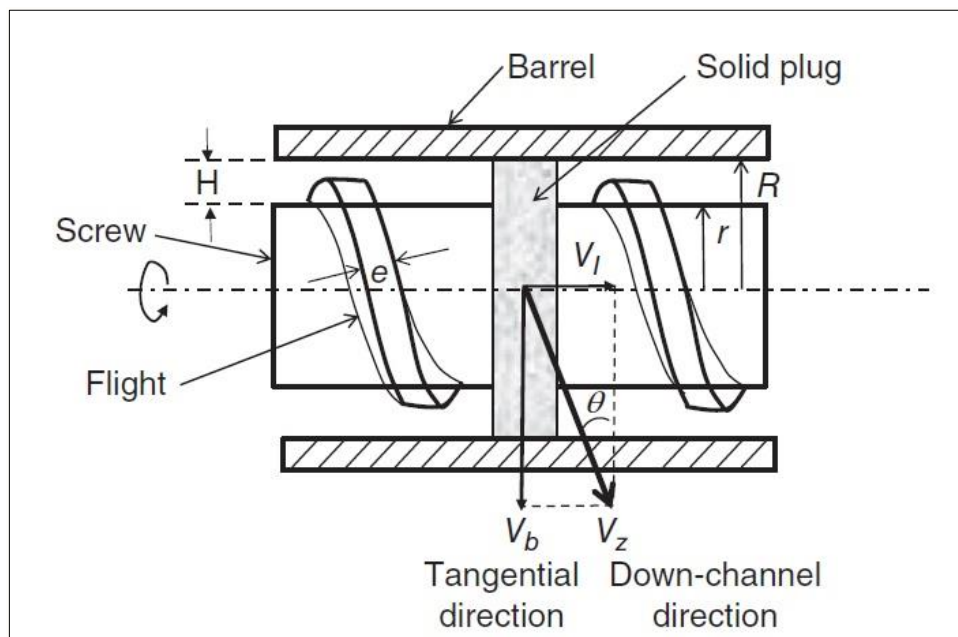


Figura 5.6: Flujo de un anillo de material sólido en el canal de una extrusora de tornillo simple.

Un análisis más elaborado tiene en cuenta el ángulo de la hélice del tornillo. La figura 5.5b, ilustra la velocidad de la placa superior “ V_b ” (cañón), el cual forma un ángulo “ θ ” en dirección al canal (z). La fuerza en el cañón, “ F_b ”, la cual es capaz de arrastrar el anillo, tendrá la dirección de la velocidad resultante entre las componentes de la velocidad del cañón “ V_b ” y la velocidad “ u ” del anillo en la dirección del canal. La fuerza de arrastre del cañón, cuya magnitud es $A_b \cdot f_b \cdot p$, forma un ángulo “ ϕ ” con la velocidad del cañón. Así, la componente de la fuerza en dirección al canal se puede estimar como $A_b \cdot f_b \cdot p \cdot \cos(\theta + \phi)$. La fricción en el tornillo sin considerar la hélice, permite establecer un equilibrio de condiciones:

$$A_b \cdot f_b \cdot p \cdot \cos(\theta + \phi) = A_s \cdot f_s \cdot p \quad 5.7$$

Como se observa en la figura 5.5b, el ángulo “ ϕ ” es determinado por la velocidad del anillo “ u ”. Siendo el coseno una función que varía entre 0 y 1, para ángulos entre $0 < \phi < \pi/2$, la ecuación anterior provee la condición $A_b \cdot f_b > A_s \cdot f_s$ para especificar la acción de transporte del anillo sólido, lo que coincide con las observaciones experimentales mencionadas anteriormente.

El flujo real es, sin embargo, más complejo que el modelo derivado de la figura 5.5. Para acercarnos más a la realidad, se deben incorporar los efectos que tienen las hélices y la curvatura del canal. Esta aproximación se ilustra en la figura 5.6, en la cual una porción del anillo sólido se mueve en el canal curvo, con una velocidad que se compone por una translación axial “ V ”, con una componente a lo largo del canal “ V_z ”, que puede ser calculada por la relación trigonométrica:

$$V_z = \frac{V_l}{\text{sen } \theta} \quad 5.8$$

Además, la velocidad del anillo en la superficie del cañón “ V_b ” se puede obtener de la figura 5.6 como:

$$V_b = \frac{V_l}{\text{tan } \theta} \quad 5.9$$

Las fuerzas de fricción entre el cañón y el anillo sólido dependen de la velocidad relativa entre el cañón y el anillo moviéndose a lo largo del canal, que se determina gráficamente por la diferencia de vectores indicada en el balance de velocidades de la figura 5.7 como $V_b - V_z$:

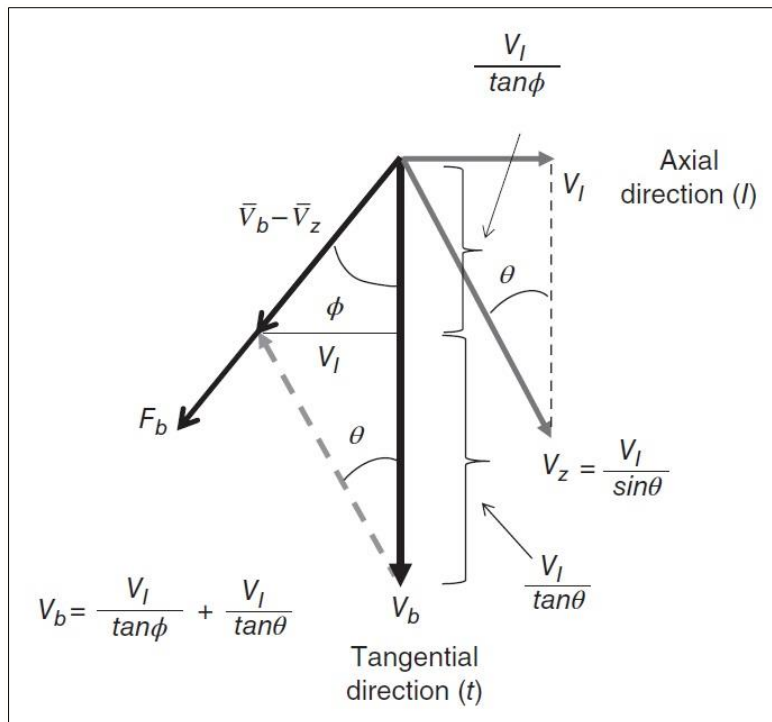


Figura 5.7: Esquema ilustrativo de todas las velocidades involucradas en el flujo del anillo sólido en el canal de una extrusora de tornillo simple.

El ángulo que forma la diferencia de vectores con la velocidad del cañón, mostrada como “ ϕ ”, tiene singular importancia porque provee la dirección de la fuerza de fricción actuante en el límite entre el cañón y el anillo. Así, una forma de obtener ese ángulo es escribir un balance de fuerzas en el sólido. Usando las relaciones geométricas de la figura, se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\tan \phi = \frac{V_l}{V_b - \frac{V_l}{\tan \theta}} \quad 5.10$$

Ordenando términos, la velocidad axial del anillo será:

$$V_l = V_b \cdot \frac{\tan \phi \cdot \tan \theta}{\tan \phi + \tan \theta} \quad 5.11$$

Con la velocidad del anillo en la dirección axial, se puede estimar el flujo de la extrusora. El área a considerar es el área transversal del anillo que se calcula de la geometría del canal del tornillo, incluyendo la curvatura y el ancho de la hélice (ver figura 5.6). Así, el flujo del anillo será:

$$Q = V_l \cdot \int_{d/2}^{D/2} \left(2 \cdot \pi \cdot R - \frac{q_f \cdot e}{\text{sen } \theta} \right) dR = V_l \cdot \left[\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) - \frac{q_f \cdot e \cdot H}{\text{sen } \bar{\theta}} \right] \quad 5.12$$

Donde “ q_f ” es el número de hélices en paralelo, “ H ”, “ d ”, “ D ” y “ e ” son la profundidad del canal, diámetro del tornillo y cañón, y el espesor de la hélice, respectivamente. Considerando que para la mayoría de las extrusoras $d \gg H$, el ángulo de la hélice y el ancho del canal, varían poco en función de la distancia radial y se pueden asumir como valores promedio “ θ ” y “ W ”, así se puede integrar la ecuación 5.10 de forma simple (Rauwendaal, 2001). La velocidad lineal del cañón se puede calcular como $V_b = N \cdot \pi \cdot D$, donde “ N ” es la velocidad del tornillo en radianes por segundo. Sustituyendo la expresión de esta componente de velocidad junto con la ecuación 5.9, en la ecuación 5.10, se obtiene:

$$Q = \pi \cdot N \cdot D \cdot \frac{\tan \phi \cdot \tan \bar{\theta}}{\tan \phi + \tan \bar{\theta}} \left[\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) - \frac{q_f \cdot e \cdot H}{\text{sen } \bar{\theta}} \right] \quad 5.13$$

El área para calcular el flujo se ilustra en la figura 5.8, y muestra que el término $(D^2 - d^2)$ se puede reemplazar por $4 \cdot H \cdot (D - H)$, el cual, sustituyendo en la ecuación 5.13, y acomodando, queda:

$$Q = \pi^2 \cdot N \cdot H \cdot D \cdot (D - H) \cdot \frac{\tan \phi \cdot \tan \bar{\theta}}{\tan \phi + \tan \bar{\theta}} \cdot \left[1 - \frac{q_f \cdot e}{\pi \cdot (D - H) \cdot \text{sen } \bar{\theta}} \right] \quad 5.14$$

La ecuación anterior se puede simplificar considerando el ancho medio del canal “ W ” (ver figura 5.8), el cual se puede estimar como:

$$\bar{W} = \frac{\pi \cdot (D - H) \cdot \text{sen } \bar{\theta}}{q_f} - e \quad 5.15$$

Lo que lleva a la siguiente ecuación:

$$Q = \pi^2 \cdot N \cdot H \cdot D \cdot (D - H) \cdot \frac{\tan \phi \cdot \tan \bar{\theta}}{\tan \phi + \tan \bar{\theta}} \cdot \left[\frac{\bar{W}}{\bar{W} + e} \right] \quad 5.16$$

Esta ecuación predice el flujo de sólidos en la extrusora como función de parámetros geométricos asociados con la máquina, la velocidad del tornillo, y el ángulo “ ϕ ”. Este ángulo, el cual es formado por la fuerza de arrastre actuante en el cañón, “ F_b ”, y la velocidad tangencial “ V_b ”, se asocia con las características de la superficie del cañón y tornillo, y además las propiedades del anillo. La misma se puede estimar con el correspondiente coeficiente de fricción entre el anillo sólido y las superficies del cañón y tornillo. Se puede notar además que la dirección de la fuerza de arrastre en la superficie del cañón, es similar a la de la diferencia vectorial entre la velocidad tangencial “ V_b ”, y la velocidad abajo del canal “ V_z ” de la figura 5.7.

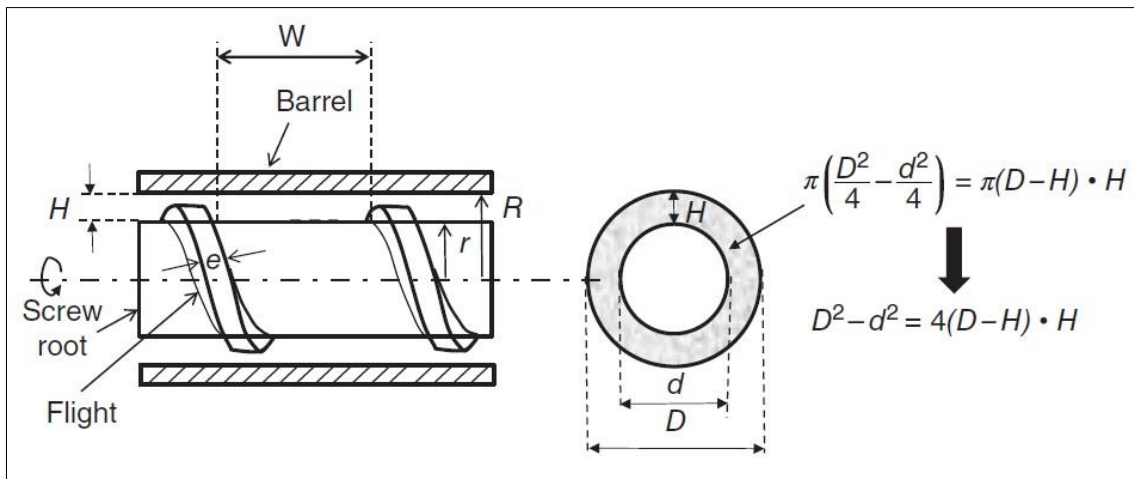


Figura 5.8: Área considerada para el flujo del anillo sólido en el canal de una extrusora de tornillo simple.

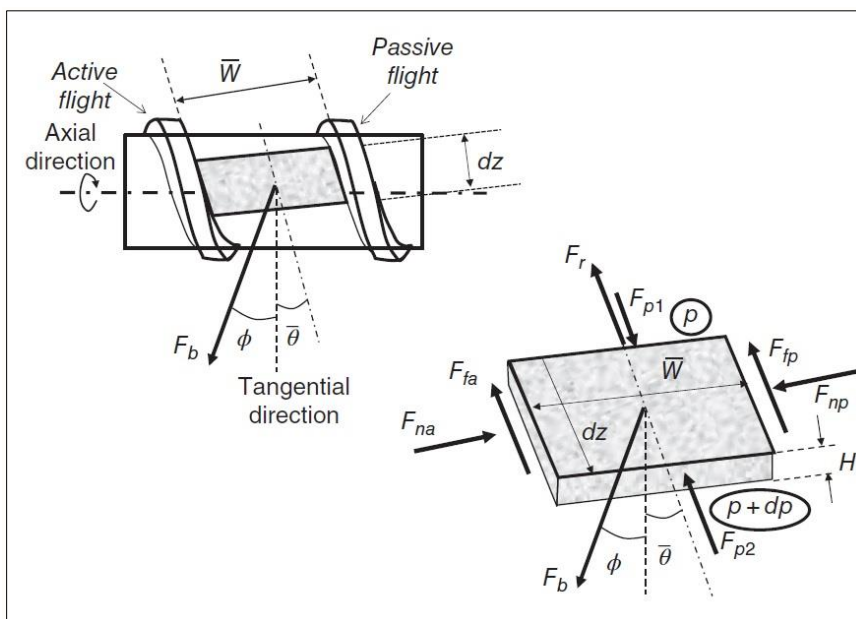


Figura 5.9: Esquemas del balance de fuerzas en un elemento diferencial del anillo de material sólido.

La figura 5.9 muestra las fuerzas involucradas en una región diferencial del anillo sólido cuyo espesor es “dz”, durante su transcurso por el canal del tornillo. Antes de establecer fuerzas y balances de momentos entre estas fuerzas para determinar las variables desconocidas como el ángulo “φ” y una fuerza normal extra que actúa en el filete, señalada como “F*”, es importante escribir las ecuaciones para calcular estas fuerzas y expresarlas en dos componentes, en dirección axial y tangencial. Estas ecuaciones son:

- Fuerza de arrastre “Fb”, actuante en el anillo sólido en un área diferencial “W.dzb”:

$$F_b = f_b \cdot p \cdot \bar{W} \cdot dz_b \quad 5.17$$

Donde “p” es la presión en ese punto y “fb” el coeficiente de fricción entre el anillo sólido y el cañón. La componente axial (señalada como “l” en la figura 5.7) se calcula como:

$$F_{bl} = f_b \cdot p \cdot \bar{W} \cdot dz_b \cdot \text{sen } \phi \quad 5.18$$

Mientras que en la dirección tangencial (señalada como “t” en la 3.8) se calcula como:

$$F_{bt} = f_b \cdot p \cdot \bar{W} \cdot dz_b \cdot \text{cos } \phi \quad 5.19$$

- Fuerza en el anillo a lo largo del canal (dirección “z”): a través de considerar que la presión del sólido es uniforme en la sección transversal, pero varía a lo largo del canal “z”, la diferencia entre las fuerzas “Fp2” y “Fp1” se pueden calcular con ese gradiente de presión como:

$$F_{p2} - F_{p1} = H \cdot \bar{W} \cdot dp \quad 5.20$$

Que separando en las componentes axiales (l) y tangenciales (t) se obtiene:

$$(F_{p2} - F_{p1})_l = H \cdot \bar{W} \cdot dp \cdot \text{sen } \bar{\theta} \quad 5.21$$

$$(F_{p2} - F_{p1})_t = H \cdot \bar{W} \cdot dp \cdot \text{cos } \bar{\theta} \quad 5.22$$

- Fuerzas actuantes en el anillo en los flancos del filete (pasivo “p” y activo “a”): estas fuerzas que actúan en los flancos activos y pasivos del filete se pueden calcular como:

$$F_{np} = p \cdot H \cdot dz \quad 5.23$$

$$F_{na} = p \cdot H \cdot dz + F^* \quad 5.24$$

La fuerza “F*” es una fuerza desconocida adicional que actúa en el flanco activo del filete, empujando el anillo sólido hacia adelante. Es el resultado de la fuerza de arrastre que actúa en la superficie del cañón en dirección normal al flanco del filete, y puede ser determinada sustrayendo las dos ecuaciones anteriores:

$$F^* = F_{na} - F_{np} \quad 5.25$$

Y expresando en sus componentes axial (l) y tangencial (t) se obtiene:

$$(F_{na} - F_{np})_l = F^* \cdot \text{cos } \bar{\theta} \quad 5.26$$

$$(F_{na} - F_{np})_t = F^* \cdot \text{sen } \bar{\theta} \quad 5.27$$

- Fuerzas de fricción actuantes en los flancos del filete (“ F_{fa} ” activo y “ F_{fp} ” pasivo) y en el núcleo del tornillo, “ F_r ”: estas fuerzas expresadas en sus componentes axiales y tangenciales son:

$$F_{fa,l} = f_s \cdot (p \cdot H \cdot dz + F^*) \cdot \text{sen } \bar{\theta} \quad 5.28$$

$$F_{fa,t} = f_s \cdot (p \cdot H \cdot dz + F^*) \cdot \text{cos } \bar{\theta} \quad 5.29$$

$$F_{fp,l} = f_s \cdot p \cdot H \cdot dz \cdot \text{sen } \bar{\theta} \quad 5.30$$

$$F_{fp,t} = f_s \cdot p \cdot H \cdot dz \cdot \text{cos } \bar{\theta} \quad 5.31$$

$$F_{rt,l} = f_s \cdot p \cdot \bar{W} \cdot dz \cdot \text{sen } \bar{\theta} \quad 5.32$$

$$F_{rt,t} = f_s \cdot p \cdot \bar{W} \cdot dz \cdot \text{cos } \bar{\theta} \quad 5.33$$

La asunción de una velocidad constante en la dirección actual permite hacer un balance de todas las fuerzas actuantes en esa dirección:

$$F_{b,l} + (F_{p2} - F_{p1})_l + (F_{na} - F_{np})_l + F_{fa,l} + F_{fp,l} + F_{r,l} = 0 \quad 5.34$$

Que luego de sustituciones, acomodamientos, y las nuevas variables asociadas, resulta en la ecuación que permite estimar “ F^* ”:

$$F^* = \frac{\alpha_1 \cdot p \cdot dz + \alpha_2 \cdot dp}{\text{cos } \bar{\theta} - f_s \cdot \text{sen } \bar{\theta}} \quad 5.35$$

En donde las variables asociadas “ α_1 ” y “ α_2 ” se definen como:

$$\alpha_1 = \bar{W} \cdot (f_b \cdot \text{sen } \phi + f_s \cdot \text{sen } \bar{\theta}) + 2 \cdot H \cdot f_s \cdot \text{sen } \bar{\theta} \quad 5.36$$

$$\alpha_2 = H \cdot \bar{W} \cdot \text{sen } \bar{\theta} \quad 5.37$$

Un balance similar sustentado en asumir un estado estacionario se puede emplear para el momento de las componentes tangenciales de las fuerzas actuantes con respecto al eje del tornillo:

$$F_{bt} \cdot \frac{D}{2} - \left((F_{p2} - F_{p1})_t + F_{fa,t} + F_{fp,t} + F_{na,t} + F_{np,t} \right) \times \frac{\bar{D}}{2} - \left(F_{r,t} \cdot \frac{d}{2} \right) = 0 \quad 5.38$$

Se puede notar en la figura 5.9 que las fuerzas tangenciales y normales actuantes en los flancos del filete se distribuyen en la altura del flanco, el cual es aproximadamente “H” (profundidad del canal). Así, una distancia promedio desde el plano central del anillo al eje del tornillo se puede definir como:

$$\bar{D} = \frac{D + d}{2} \quad 5.39$$

La ecuación 5.36 además asume que las fuerzas actuantes en el anillo sólido son constantes en la sección transversal del anillo. Sustituyendo ecuaciones para las componentes tangenciales de las fuerzas actuantes y acomodando, se obtiene la siguiente ecuación:

$$F^* = \frac{\beta_1 \cdot p \cdot dz - \beta_2 \cdot dp}{\bar{D} \cdot (\text{sen } \bar{\theta} + f_s \cdot \text{cos } \bar{\theta})} \quad 5.40$$

Donde las constantes “β1” y “β2” son:

$$\beta_1 = \bar{W} \cdot \left[f_b \cdot \cos \phi - f_s \cdot \cos \bar{\theta} \cdot \left(\frac{d}{D} + \frac{2H}{\bar{W}} \cdot \frac{\bar{D}}{D} \right) \right] \quad 5.41$$

$$\beta_2 = \bar{W} \cdot H \cdot (\cos \bar{\theta}) \frac{\bar{D}}{D} \quad 5.42$$

Igualando la 5.40 con la 5.35, se obtiene una ecuación diferencial:

$$\frac{dp}{dz} = \frac{\beta_1 - \alpha_1 \cdot K}{\alpha_2 \cdot K + \beta_2} \cdot p \quad 5.43$$

Donde "K" se define como:

$$K = \frac{\bar{D}}{D} \cdot \frac{\text{sen } \bar{\theta} + f_s \cos \bar{\theta}}{\cos \bar{\theta} - f_s \text{sen } \bar{\theta}} \quad 5.44$$

Integrando la ecuación 5.41 entre dos puntos donde la presión es conocida se obtiene:

$$\int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{p} = \int_{z_1}^{z_2} \frac{\beta_1 - \alpha_1 \cdot K}{\alpha_2 \cdot K + \beta_2} \cdot dz \quad 5.45$$

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{\beta_1 - \alpha_1 \cdot K}{\alpha_2 \cdot K + \beta_2} \right) \cdot (z_2 - z_1) \quad 5.46$$

Esta ecuación predice el incremento de la presión durante el flujo del anillo sólido, mediante la geometría del tornillo, así como la velocidad del mismo y el ángulo "φ". Sustituyendo los parámetros "α1", "α2", "β1" y "β2", en la ecuación 5.44, se obtiene la expresión para el ángulo "φ":

$$\cos \phi = K \cdot \text{sen } \phi + M \quad 5.47$$

“M” se puede estimar como:

$$M = \frac{f_s}{f_b} \cdot \left[K \cdot \text{sen } \bar{\theta} \left(2 \cdot \frac{H}{\bar{W}} + 1 \right) + \cos \bar{\theta} \cdot \left(\frac{2H}{\bar{W}} \cdot \frac{\bar{D}}{D} + \frac{d}{D} \right) \right] + \frac{1}{f_b} \cdot \frac{H}{z_2 - z_1} \cdot \left(K \cdot \text{sen } \bar{\theta} + \frac{\bar{D}}{D} \cdot \cos \bar{\theta} \right) \cdot \ln \frac{p_2}{p_1} \quad 5.48$$

Esta ecuación no tiene en cuenta el efecto del radio del ángulo de la hélice y el ancho del canal, que es diferente en la raíz del tornillo “Ws” y en el cañón “Wb”. Así, valores promedios se consideran para el ángulo de la hélice y el ancho del canal, el cual se designa como “θ” y “W” respectivamente. El análisis que consideran estas variables geométricas en función del radio lo hizo Danell y Mol (1956) y Tadmor y Klein (1970). Como estableció Rauwendaal (2001), el desconocimiento en el coeficiente de fricción entre el anillo sólido y el tornillo y cañón puede superar los errores introducidos en considerar valores promedios para estos parámetros geométricos y justificar el uso de los mismos.

La ecuación 5.45 se puede resolver con el seno del ángulo:

$$\text{sen } \phi = \frac{-KM + \sqrt{K^2 - M^2 + 1}}{K^2 + 1} \quad 5.49$$

Esta ecuación permite calcular el ángulo formado por la componente tangencial de la velocidad del cañón y la fuerza de arrastre “Fb” (figura 5.9). Es más, el flujo “Q” del anillo sólido en el canal del tornillo en la región de transporte de pellets, se puede calcular con la ecuación 5.14, siempre que la caída de presión en la zona de transporte sólido sea conocida. De forma inversa, si el flujo de sólido es conocido, la caída de presión en la zona de transporte sólido se puede calcular con la ecuación 5.44.

5.2.3 Sección de transporte de fundido

5.2.3.1 Introducción

La extrusión como proceso produce muchos cambios físicos y químicos en los componentes, estableciendo lo que se conoce como “historia de proceso” en el producto. Las características del producto dependerán de esa historia.

En el proceso de extrusión, la historia del producto puede ser evaluada por la dinámica de los fluidos y la energía de transporte dentro de la extrusora desde puntos de vista experimentales y a través de modelos. Esto permite la estimación de patrones de velocidad, distribución de tiempos de residencia, distribución de tensiones, temperatura, y esfuerzos de corte, que influyen en las propiedades del producto. Sin embargo, solo cuando las hipótesis de continuidad aplican al material extruido las ecuaciones de momento, energía y transferencia de masa podrán describir el flujo no-isotérmico del material en la extrusora.

A continuación, se provee un análisis ingenieril al modelo de momento y transferencia de energía en el estado fundido.

5.2.3.2 Desarrollo

Son varias las asunciones que se necesitan para desarrollar modelos que describan la mecánica del fluido dentro de una extrusora:

- El proceso se encuentra en estado estacionario, lo que significa que el flujo es independiente del tiempo y es completamente desarrollado.
- Las fuerzas inerciales son despreciables debido a la alta viscosidad del fundido. Las fuerzas gravitacionales también se desprecian.
- El fluido es incompresible.
- No hay deslizamiento en las paredes del cañón y tornillo
- Las propiedades reológicas del material fundido se pueden describir con modelos reológicos no elásticos.

El flujo incompresible e isotérmico gobernado por la velocidad y la presión del material dentro del flujo interno del canal de la extrusora, se puede describir por las ecuaciones de continuidad y movimiento del fluido, dadas a continuación (Tadmor & Klein, 1970):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \underline{v} = 0 \quad 5.50$$

$$\frac{\partial (\rho \underline{v})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \underline{v}) = -\nabla p + \rho \underline{g} + \nabla \cdot \bar{\tau} \quad 5.51$$

Donde “ ρ ” es la densidad, “ \underline{v} ” el vector velocidad, “ τ ” la tensión de corte, “ p ” la presión y “ \underline{g} ” la fuerza de la gravedad. Una operación de extrusión se puede considerar como un flujo en estado estacionario de un fluido incompresible y altamente viscoso. Este supuesto permite descartar las derivadas con respecto al tiempo y las derivadas de la densidad con respecto a la posición, así como el efecto de la inercia y de la gravedad, lo que nos conduce a la ecuación simplificada:

$$\nabla \cdot \underline{v} = 0 \quad 5.52$$

$$0 = -\nabla p + \nabla \cdot \bar{\tau} \quad 5.53$$

Las dos ecuaciones anteriores son usadas para describir la mecánica de un flujo continuo con propiedades líquidas, lo que se puede dar al final de la zona de fusión, así como en la sección de compresión de una extrusora.

En la ecuación 5.51, la tensión “ τ ” incorpora las componentes de velocidad del flujo, por medio de funciones específicas que provee la reología del material. El caso más simple es el modelo reológico de un fluido newtoniano, mientras que el caso más complejo, pero también más realista, incluye el modelo reológico de fluidos no newtonianos. El sistema descrito por las ecuaciones 5.50 y 5.51 consiste en un sistema de tres ecuaciones diferenciales para un modelo bidimensional (2D), y un modelo de cuatro ecuaciones diferenciales para un modelo tridimensional (3D). Las variables en función de la posición a ser resueltas, son dos componentes de velocidad y dos perfiles de presión en el modelo 2D, y tres perfiles de velocidad y tres de presión en el modelo 3D.

Fluido newtoniano, proceso isotérmico:

La ecuación de continuidad y movimiento 5.50 y 5.51 se aplican para resolver el flujo en la zona de compresión de la extrusora. En la figura 5.10 se muestra una región de la extrusora. El cañón tiene un diámetro “ D ”, y la holgura entre el tope del filete del tornillo y la superficie interna del cañón es “ δ ”, el cual es del orden de 0.1-0.3% de “ D_s ”, siendo el diámetro del tornillo por ende “ $D_s = D - 2\delta$ ”, y el paso de una vuelta completa es “ B ”. El espesor del filete se designa con “ e ”, y la hélice forma un ángulo “ θ ” con la vertical. La distancia radial entre el núcleo del tornillo y la superficie interna del cañón es “ H ”,

conocida como la profundidad del canal, que varía en la zona de compresión para aumentar el esfuerzo de corte.

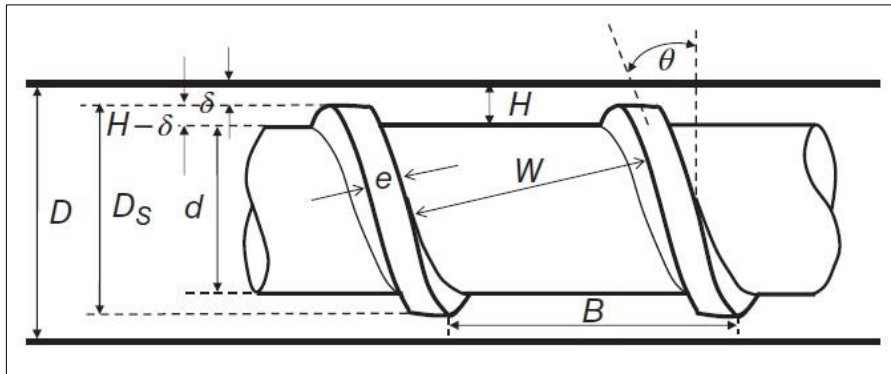


Figura 5.10: Esquema del canal del tornillo incluyendo nombres de las variables geométrica más relevantes.

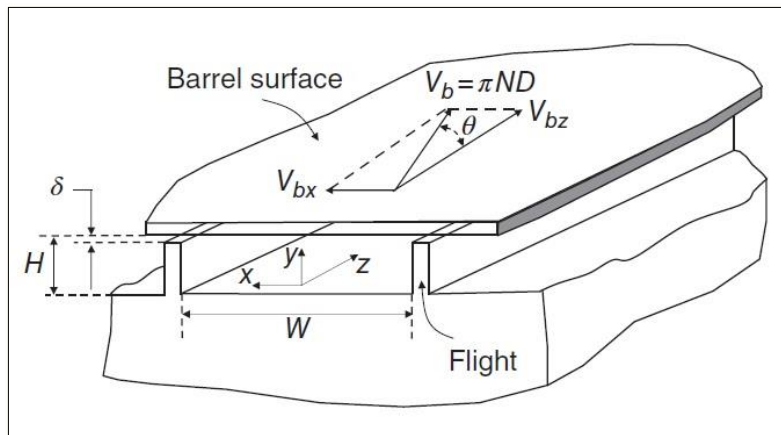


Figura 5.11: Canal desarrollado de una extrusora de tornillo simple indicando las características geométricas principales y componentes de velocidades.

A modo de resolver el modelo de mecánica del fluido, el canal helicoidal se puede desarrollar para obtener un prisma rectangular como el mostrado en la figura 5.11. Por más que la geometría actual del tornillo es helicoidal y tiene curvatura, la pequeña holgura “ δ ” que se emplea en las extrusoras permite asumir un efecto despreciable de la curvatura, y resolver la ecuación en coordenadas rectangulares. Con esta suposición, como se observa en la figura 5.11, el cañón se convierte en una lámina plana con una velocidad $V_b = \pi.N.D$, con una componente en el eje “z” de $V_{bz} = \pi.N.D. \cos \theta$, y una componente transversal al canal “x” de $V_{bx} = \pi.N.D. \sin \theta$. Asumiendo esto, las ecuaciones 5.50 y las componentes “x” “y” y “z” de la ecuación 5.51 se pueden escribir como:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \quad 5.54$$

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \quad 5.55$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \quad 5.56$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \quad 5.57$$

Para un fluido newtoniano, las ecuaciones anteriores se transforman en las siguientes:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \cdot \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) \quad 5.58$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = \mu \cdot \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} \right) \quad 5.59$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \cdot \left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right) \quad 5.60$$

Para un flujo bidimensional completamente desarrollado, las derivadas con respecto al eje "z" se pueden despreciar. La geometría del canal desarrollado de la figura 5.11 replica la geometría de un flujo típico de corte, que, debido a la poca profundidad del canal, la presión no varía en la dirección perpendicular al canal "y", y las velocidades en esa dirección se pueden despreciar. Con esto se simplifica la ecuación del movimiento a:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} = 0 \rightarrow v_x \neq f(x) \quad 5.61$$

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \quad 5.62$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} \right) \quad 5.63$$

La parte derecha de la ecuación 5.60 es función de la coordenada “y” solamente, mientras que la parte izquierda indica que solo es función de la coordenada “x”. Por coherencia entonces la parte izquierda de la ecuación 5.60 debe ser una constante, así se puede integrar la misma a:

$$v_x = \frac{1}{2\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) y^2 + C_1 \cdot y + C_2 \quad 5.64$$

En donde “C1” y “C2” son dos constantes que se determinan usando la condición de “no deslizamiento” en las paredes del cañón ($y = H$) y en el núcleo del tornillo ($y = 0$). Estas condiciones limitantes son $v_x (y = H) = -V_{bx}$ y $v_x (y = 0) = 0$. Como en una extrusora es el tornillo el que rota y no el cañón, se puede considerar lo opuesto sin afectar el resultado final de las ecuaciones, debido a que se emplean velocidades relativas. Usando estas condiciones, las componentes de velocidad del fundido en la dirección “x” son:

$$u_x(\xi) = \frac{H^2}{2 \cdot \mu \cdot V_{bx}} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) \cdot (\xi^2 - \xi) - \xi \quad 5.65$$

En donde $\xi = Y/H$, y $u_x = v_x/V_{bx}$. Para estimar el gradiente de presión en la dirección “x”, se aplica una condición de flujo no fundido (se asume que no hay pérdida), en la dirección “x”, lo que resulta en:

$$\int_0^1 u_x d\xi = \int_0^1 \left[\frac{H^2}{2 \cdot \mu \cdot V_{bx}} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) \cdot (\xi^2 - \xi) - \xi \right] d\xi \quad 5.66$$

Y

$$\left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) = - \frac{6\mu \cdot V_{bx}}{H^2} = - \frac{6 \cdot \mu \cdot \pi \cdot N \cdot D \cdot \text{sen } \theta}{H^2} \quad 5.67$$

Sustituyendo la ecuación 5.65 en la 5.63, se obtiene:

$$u_x(\xi) = 2\xi - 3\xi^2 \quad 5.68$$

La figura 5.12a muestra un esquema del flujo en la dirección “x” del canal prismático formado al desarrollar el tornillo y el cañón, mientras que la figura 5.12b ilustra el perfil de velocidad de las componentes adimensionales en “x” del fundido, descrito por la ecuación 5.66. Como se observan en las figuras, estas componentes producen una situación importante de recirculación y de mezcla en el canal rectangular.

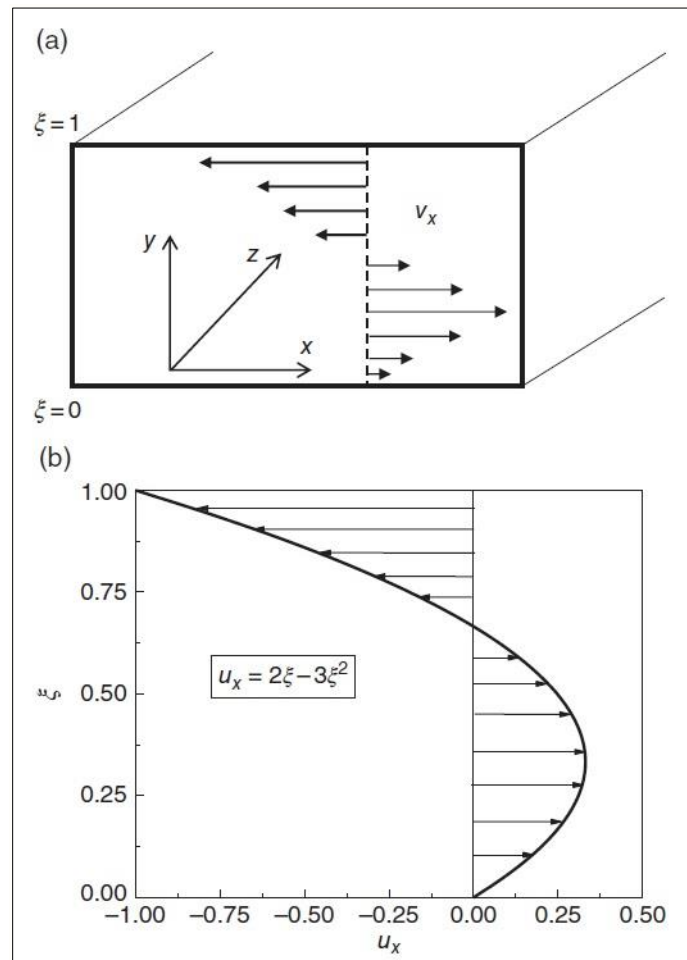


Figura 5.12: (a) Canal rectangular de una extrusora de tornillo simple mostrando el perfil de las componentes en “x” de la velocidad del fluido. (b) Perfil de velocidad de las componentes adimensionales de la velocidad en “x” como función de la dirección adimensional transversal al canal “ ξ ”.

La derivada de la ecuación para estimar el componente axial de velocidad “ v_z ” requiere la solución de una derivada parcial en la ecuación 5.61, que se logra mediante el método de separación de variables y las siguientes condiciones:

$$v_z = 0 \text{ a } \xi = \frac{y}{H} = 0 \quad 5.69$$

$$v_z = V_{bz} \text{ a } \xi = \frac{y}{H} = 1 \quad 5.70$$

$$v_z = 0 \text{ a } \chi = \frac{x}{W} = 0 \quad 5.71$$

$$v_z = 0 \text{ a } \chi = \frac{x}{W} = 1 \quad 5.72$$

Lo que conduce al siguiente resultado (Tadmor & Gogos, 2006):

$$u_z(\chi, \xi) = \frac{4}{\pi} \sum_{i=1,3..}^{\infty} \frac{\sinh(i \cdot \pi \cdot h \cdot \xi)}{\cosh(i \cdot \pi \cdot h)} \cdot \text{sen}(i \cdot \pi \cdot \chi) + \left(\frac{H^2 \partial p}{2 \cdot \mu \cdot V_{bz} \partial z} \right) X \left[\xi^2 - \xi + \frac{8}{\pi^3} \sum_{i=1,3..}^{\infty} \frac{\cosh\left(\frac{i \cdot \pi \cdot (\chi - 0.5)}{h}\right)}{i^3 \cdot \cosh\left(\frac{i \cdot \pi}{2 \cdot h}\right)} \cdot \text{sen}(i \cdot \pi \cdot \xi) \right] \quad 5.73$$

Donde “ u_z ” = v_z/V_{bz} , “ χ ” = x/W , y “ h ” es un factor geométrico definido por $h = H/W$, que por tratarse de un canal poco profundo resulta menor a 1. La ecuación 5.71 contiene términos que contribuyen al flujo de arrastre, y términos que contribuyen al flujo de presión, primariamente dados por el gradiente de presión adimensional:

$$\left(\frac{H^2}{2 \cdot \mu \cdot V_{bz}} \frac{\partial p}{\partial z} \right)$$

La geometría usada para el modelo de flujo se muestra esquemáticamente en la figura 5.13, mientras que los resultados de la solución analítica del modelo (ecuación 5.71) se muestran en la 5.12 para diferentes geometrías del tornillo, dadas por la relación H/W

y diferentes condiciones de procesamiento dadas por la imposición de un gradiente de presión constante $\delta p / \delta z$. Para la preparación de estas figuras, se definió una viscosidad del fundido de 10.000 mPa.s (mili pascal por segundo) y una velocidad lineal “ V_{bz} ” de 2 metros por segundo. La velocidad mencionada se estimó para un caso realista de un tornillo girando a 200 rpm y un diámetro interno de cañón de 10 cm.

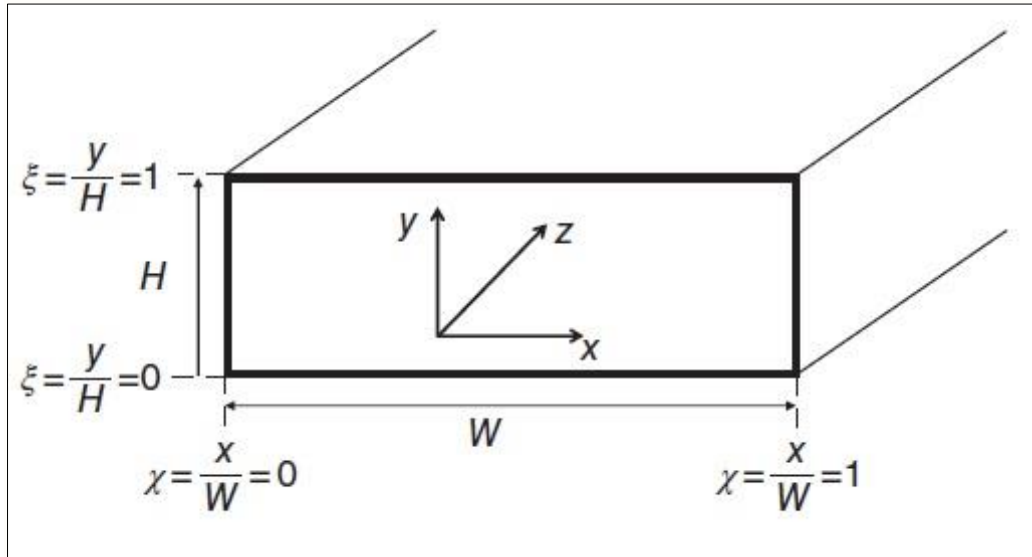


Figura 5.13: Geometría empleada para resolver el modelo del flujo de un fundido en el canal rectangular de una extrusora de tornillo simple.

Las figuras muestran líneas de contorno de la componente de velocidad axial en el canal. Comparando la figura 5.14a y la figura 5.14b que se preparan con un gradiente de presión nulo, por ejemplo, con un perfil de velocidad originado solamente por el flujo de arrastre, se observa que a menor profundidad del canal se aumentan las restricciones del flujo y hay menos separación de las líneas. Esta menor separación está asociada con velocidades de corte mayores, lo que es evidente para canales más angostos (menores valores de H/W).

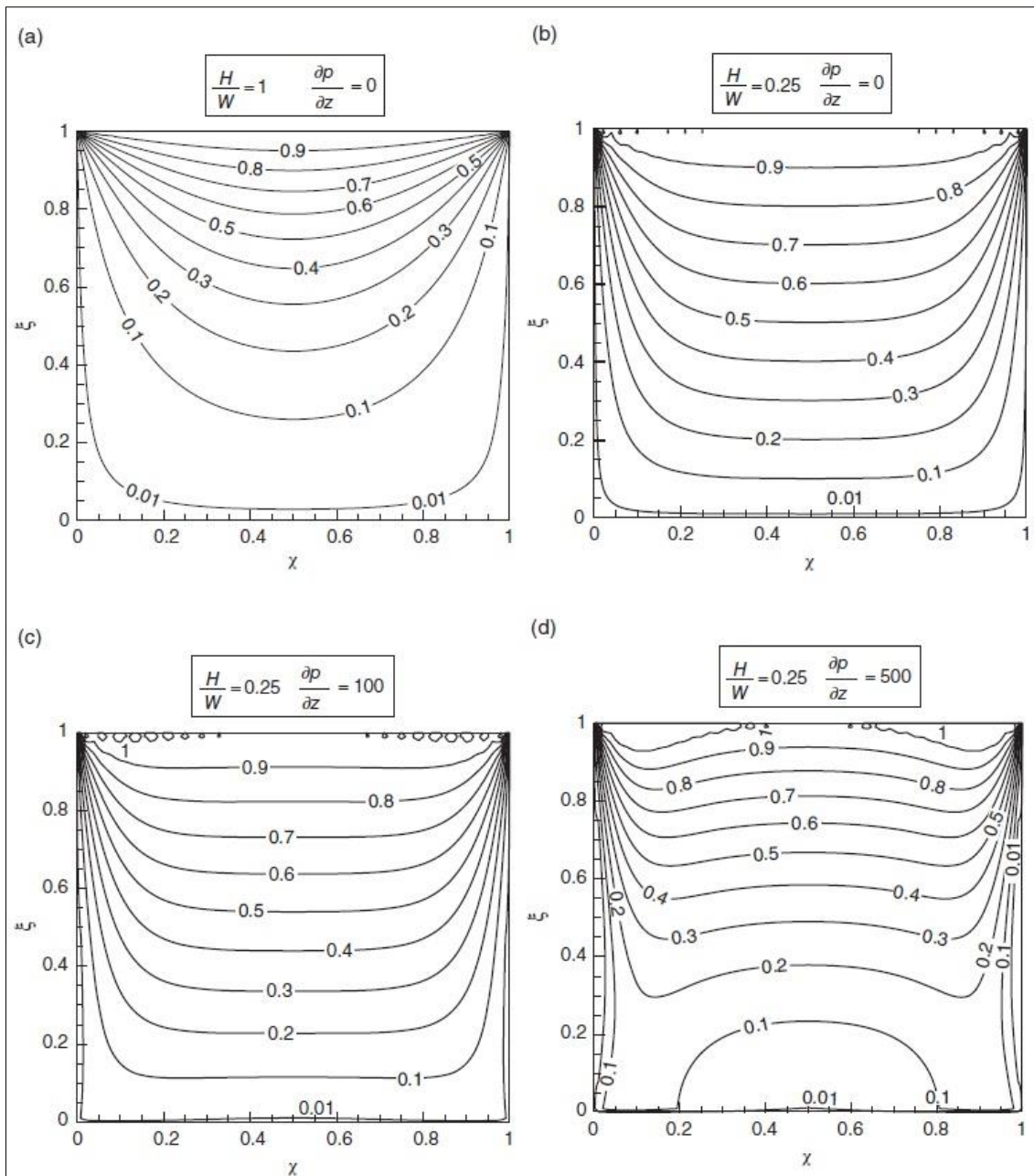


Figura 5.14: Tramas de contorno mostrando el componente axial de la velocidad del fundido como función de las componentes adimensionales de las coordenadas axiales y radiales para diferentes relaciones de gradientes de presión H/W . (a) $H/W = 1$, $\partial p/\partial z = 0$. (b) $H/W = 0,25$, $\partial p/\partial z = 0$. (c) $H/W = 0,25$, $\partial p/\partial z = 100$. (d) $H/W = 0,25$, $\partial p/\partial z = 500$.

El efecto del gradiente de presión impuesto se ilustra comparando la figura 5.14b con la figura 5.14c y la figura 5.14d. Para pequeños gradientes de presión, las líneas de contorno son ligeramente más planas y se observa una menor restricción al flujo (figura 5.14c). Para grandes gradientes de presión, las líneas de contorno tienen un patrón

menos regular e indican la posibilidad de zonas con una velocidad axial negativa (figura 5.14d).

A pesar de que la información dada por la figura 5.14 provee características de flujo en el canal y áreas de potencial recirculación de fluido que podrían aumentar la acción de mezclado en la extrusora, su principal aplicación es para estimar el caudal en la extrusora, así como perfiles de presión, consumo de energía y otras variables importantes para el diseño. En particular, el flujo volumétrico neto “ Q ” puede obtenerse por integración de la ecuación 5.71:

$$Q = W \cdot H \cdot V_{bz} \int_0^1 \int u_z(\chi, \xi) d\xi d\chi \quad 5.74$$

Tadmor & Gogos (2006) dan el resultado de la integración:

$$Q = \frac{V_{bz} \cdot W \cdot H}{2} \cdot F_d + \frac{W \cdot H^3}{12\mu} \cdot \left(-\frac{\partial p}{\partial z}\right) \cdot F_p \quad 5.75$$

Donde “ F_d ” y “ F_p ” son dos parámetros, conocidos como factores de forma, asociados con el flujo de arrastre y de presión respectivamente, y definidos por las siguientes ecuaciones:

$$F_d = \frac{16 \cdot W}{\pi^3 \cdot H} \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{i^3} \tanh\left(\frac{i \cdot \pi \cdot H}{2 \cdot H}\right) \quad 5.76$$

$$F_p = 1 - \frac{192 \cdot H}{\pi^5 \cdot H} \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{i^5} \tanh\left(\frac{i \cdot \pi \cdot H}{2 \cdot H}\right) \quad 5.77$$

Por conveniencia práctica para el uso de la ecuación 5.73, se exponen en la figura 5.15 estos parámetros en función de la relación H/W . Dicha figura muestra claramente que la geometría del tornillo tiene un efecto importante en el flujo de presión. Como se

observa en los perfiles de velocidad dados en la figura 5.14, a mayor profundidad de canal se aumenta la resistencia a ambos flujos, de presión y de arrastre.

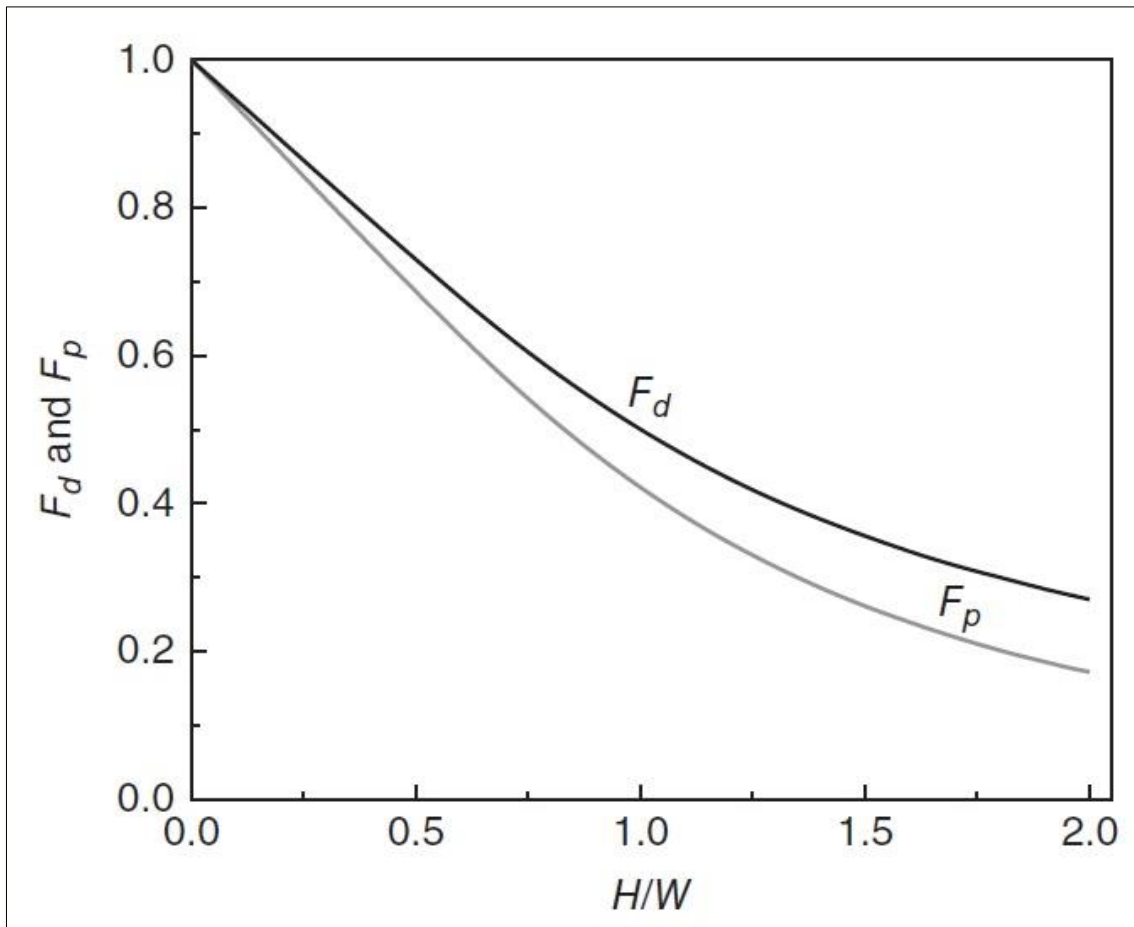


Figura 5.15: Factores de forma F_d y F_p definidos por las ecuaciones 5.74 y 5.75 como función de la relación H/W .

Una forma más simplificada de la ecuación 5.73 se usa frecuentemente para el análisis del caudal total de la extrusora:

$$Q = Q_d + Q_p \quad 5.78$$

Observando la ecuación 5.73 se puede notar que, dependiendo de la magnitud del gradiente de presión, el flujo de presión puede ser negativo. En extrusoras de tornillo simple, el gradiente de presión ($\delta p/\delta z$) es positivo y provoca que el flujo de presión sea negativo (ver figura 5.16).

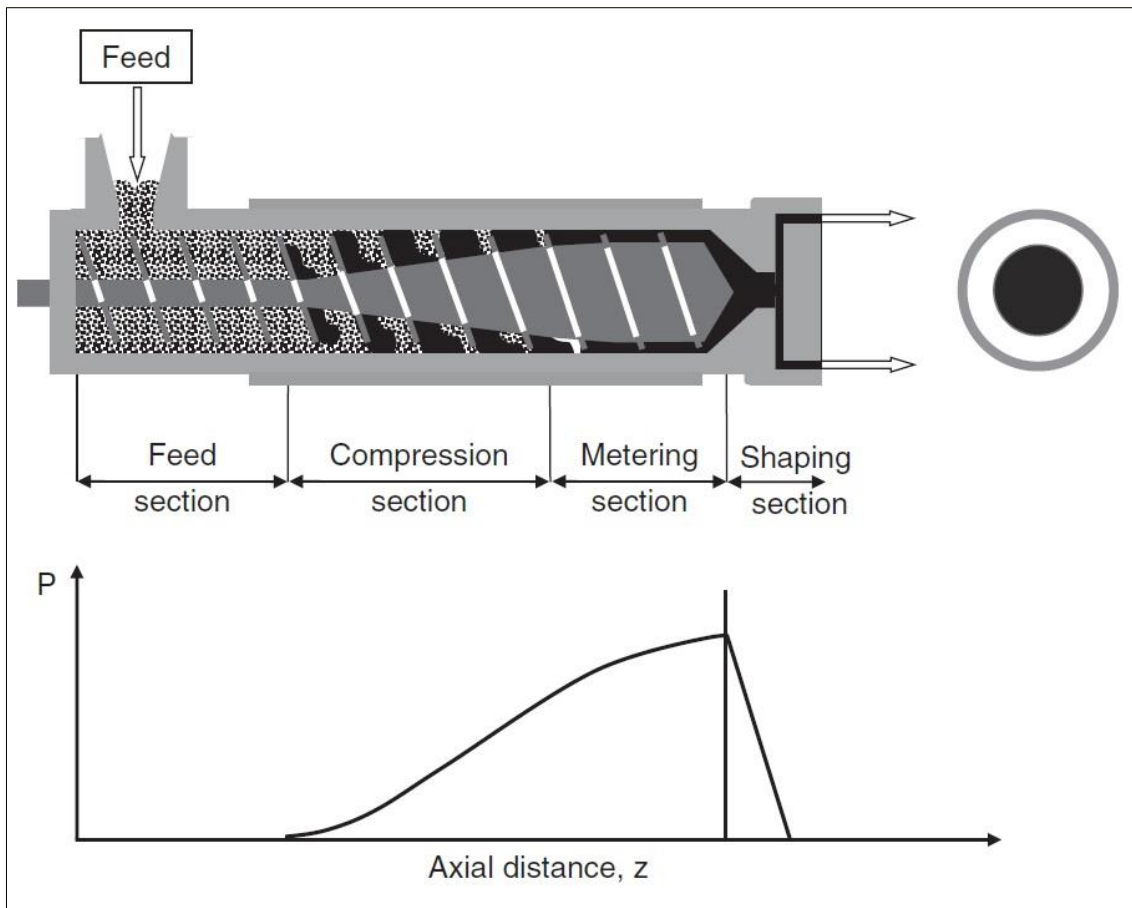


Figura 5.16: Procesamiento termomecánico en una extrusora monoblock de tornillo simple.

Bajo estas condiciones la ecuación 5.76 muestra que $Q < Q_d$. Las simulaciones mostradas en la figura 5.14 ilustran claramente el efecto del gradiente de presión en las componentes axiales de velocidad del flujo fundido. Es más, para gradientes de presión muy elevados, se puede observar una componente axial de velocidad negativa (no se muestra en figura 5.14). Tadmor & Gogos (2006) notaron que estas componentes negativas de velocidad no originan un flujo en sentido contrario a través del tornillo. De hecho, el flujo es contrario al sentido de la dirección "z", pero no en la dirección del eje del tornillo extrusor. Como se observa en la figura 5.17, la velocidad del flujo fundido en la dirección del eje del tornillo se puede calcular en términos de las direcciones "z" y "x" como:

$$v_l = v_x \cos \theta + v_z \sin \theta \quad 5.79$$

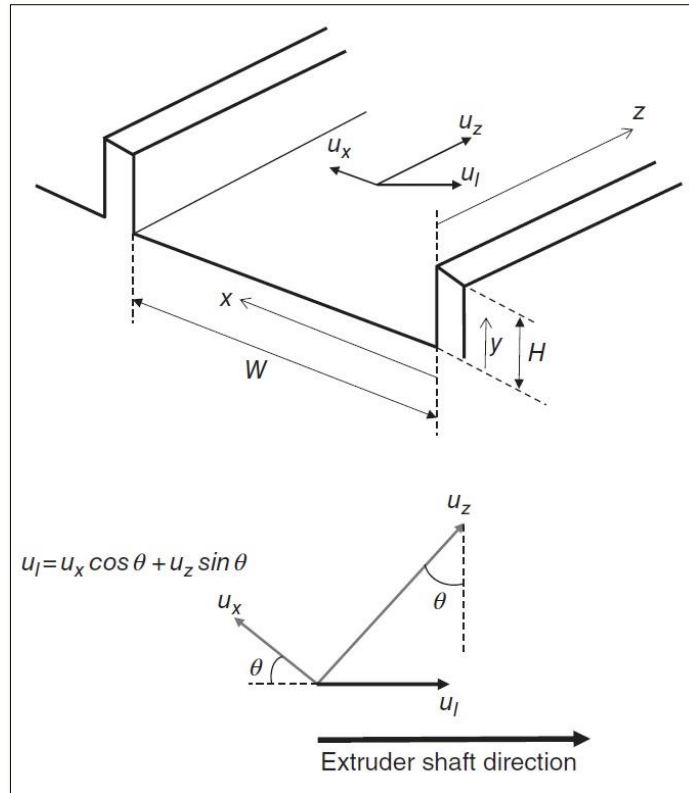


Figura 5.17: Esquemas mostrando las componentes de velocidades del fundido en las direcciones transversales al canal (x), a lo largo del canal (z), y el eje de la extrusora (l).

La ecuación 5.76 provee las condiciones para un flujo neto neutro ($Q=0$) o $Q_p/Q_d = -1$. De la ecuación 5.73, esa relación se puede escribir en términos del gradiente de presión ($\delta p/\delta z$), la geometría de la extrusora (W, H, D y θ), las condiciones de operación (N , en rpm), y la reología del fundido (μ para un fluido newtoniano) como:

$$\frac{Q_p}{Q_d} = - \frac{H^2}{6 \cdot \mu \cdot V_{bz}} \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right) \frac{F_p}{F_d} \quad 5.80$$

Sustituyendo la ecuación 5.78 en la 5.71 se obtiene la siguiente ecuación:

$$u_z(\chi, \xi) = \frac{4}{\pi} \sum_{i=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\text{senh}(i \cdot \pi \cdot h \cdot \xi)}{i \cdot \text{senh}(i \cdot \pi \cdot h)} \text{sen}(i \cdot \pi \cdot \chi) - \left(3 \cdot \frac{Q_p \cdot F_d}{Q_d \cdot F_p} \right) X \left[\xi^2 - \xi + \frac{8}{\pi^3} \sum_{i=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\cosh\left(\frac{i \cdot \pi (\chi - 0,5)}{h}\right)}{i^3 \cosh\left(\frac{i \cdot \pi}{2 \cdot h}\right)} \text{sen}(i \cdot \pi \cdot \xi) \right] \quad 5.81$$

Las ecuaciones 5.66, 5.79 y 5.77 permiten calcular los perfiles de velocidad $u_x(\xi)$, $u_z(\chi, \xi)$ y $u_l(\chi, \xi)$ respectivamente para diferentes condiciones de proceso (principalmente gradientes de presión), que se ilustran en la figura 5.18. Para los cálculos, se usaron los valores $\theta=\pi/4$ y $\chi=0,5$.

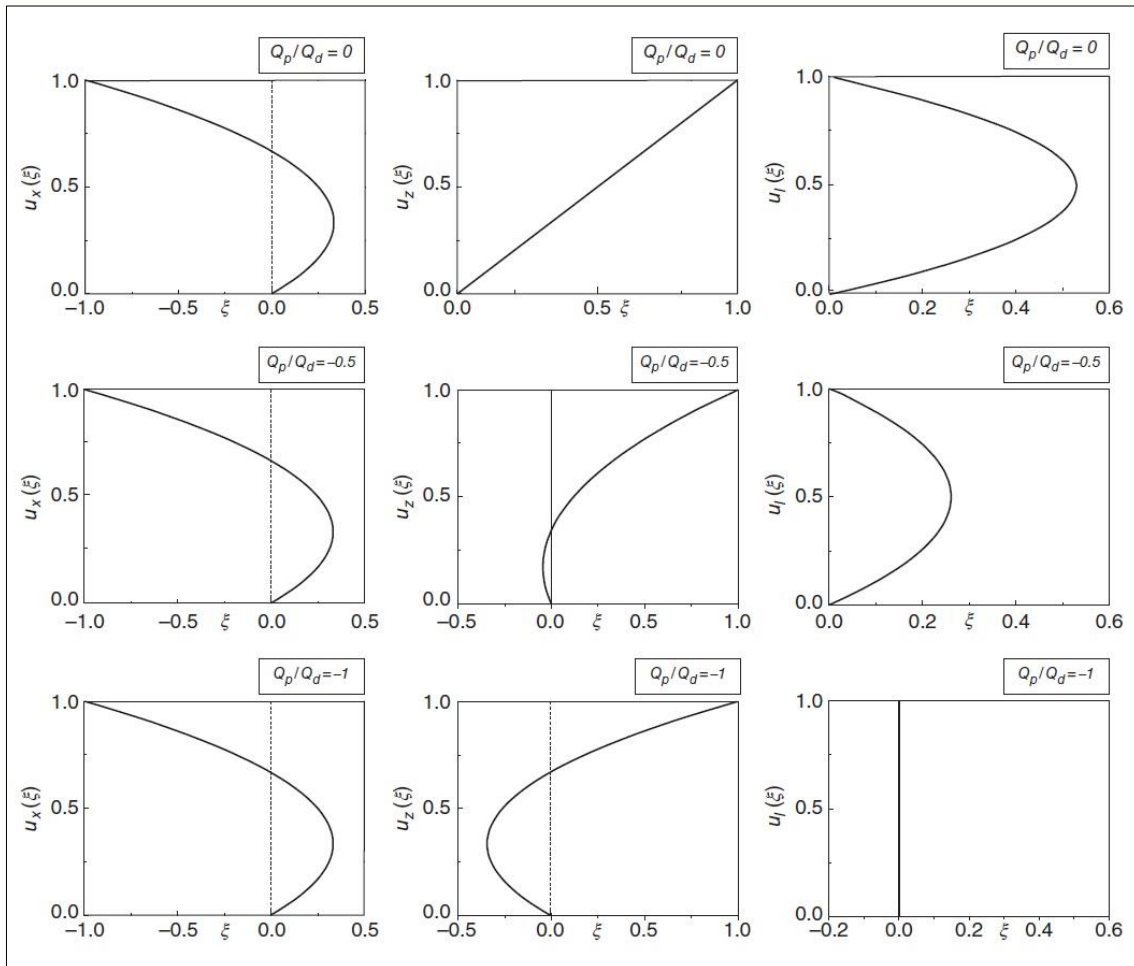


Figura 5.18: Componentes de la velocidad del fundido como función de las direcciones adimensionales del canal transversal a diferentes gradientes de presión o Q_p/Q_d (ver ecuación 5.78). Las componentes de velocidades son en la dirección transversal al canal (x), a lo largo del canal (z), y la dirección del eje (l).

Se puede observar que la componente “ x ” de la velocidad del fundido es solo función de la dirección “ y ” (o ξ) mientras que la componente de la velocidad en “ z ” es función de ambas componentes “ x ” e “ y ” (χ y ξ); lo mismo se aplica para la componente en dirección del eje de la extrusora “ l ”. La primera fila de gráficos de la figura 5.18, muestra valores de las componentes de velocidad adimensionales “ x ”, “ z ” y “ l ” como función de la componente adimensional transversal al canal “ ξ ” para un típico flujo de arrastre, por ejemplo, $Q_p/Q_d = 0$. Como también se puede observar, el perfil de velocidades para la

componente “x” es parabólica, mientras que la componente “z” es lineal (típico de un flujo de arrastre puro). Cuando estas componentes se combinan como se indica en la ecuación 5.77, las componentes en la dirección del eje del tornillo (u_1) resultan en un perfil parabólico. La magnitud de sus componentes de velocidad $u_1(\chi, \xi)$ decrecen significativamente cuando los efectos de la presión aumentan (por ejemplo para $Q_p/Q_d = -0,5$) y eventualmente disminuyen a cero cuando se cumple la condición $Q_p/Q_d = -1$ (como se observa en el grafico inferior derecho de la figura 5.18) Las ecuaciones que proveen estos perfiles de velocidad se pueden usar para calcular la potencia en el eje.

5.2.4 Cálculo de potencia en el eje

Como se muestra en la figura 5.19a, la fuerza actuante en la superficie del cañón “S” se puede calcular por medio del producto vectorial entre el vector unitario normal a la superficie y la tensión, que dependerá de la reología del fundido, según la siguiente ecuación (Morrison, 2001):

$$\underline{f}(\underline{n}) = \underline{n} \cdot \bar{\tau} dS \quad 5.82$$

Y la potencia en el eje será:

$$P_W = \int_S \underline{f}(\underline{n}) \cdot \underline{v} \cdot dS = \int_S [\underline{n} \cdot \bar{\tau}] \cdot \underline{v} \cdot dS \quad 5.83$$

Donde “S” es la superficie sobre la que actúa la fuerza, en este caso la superficie del cañón, y “n” el vector unitario normal a la superficie.

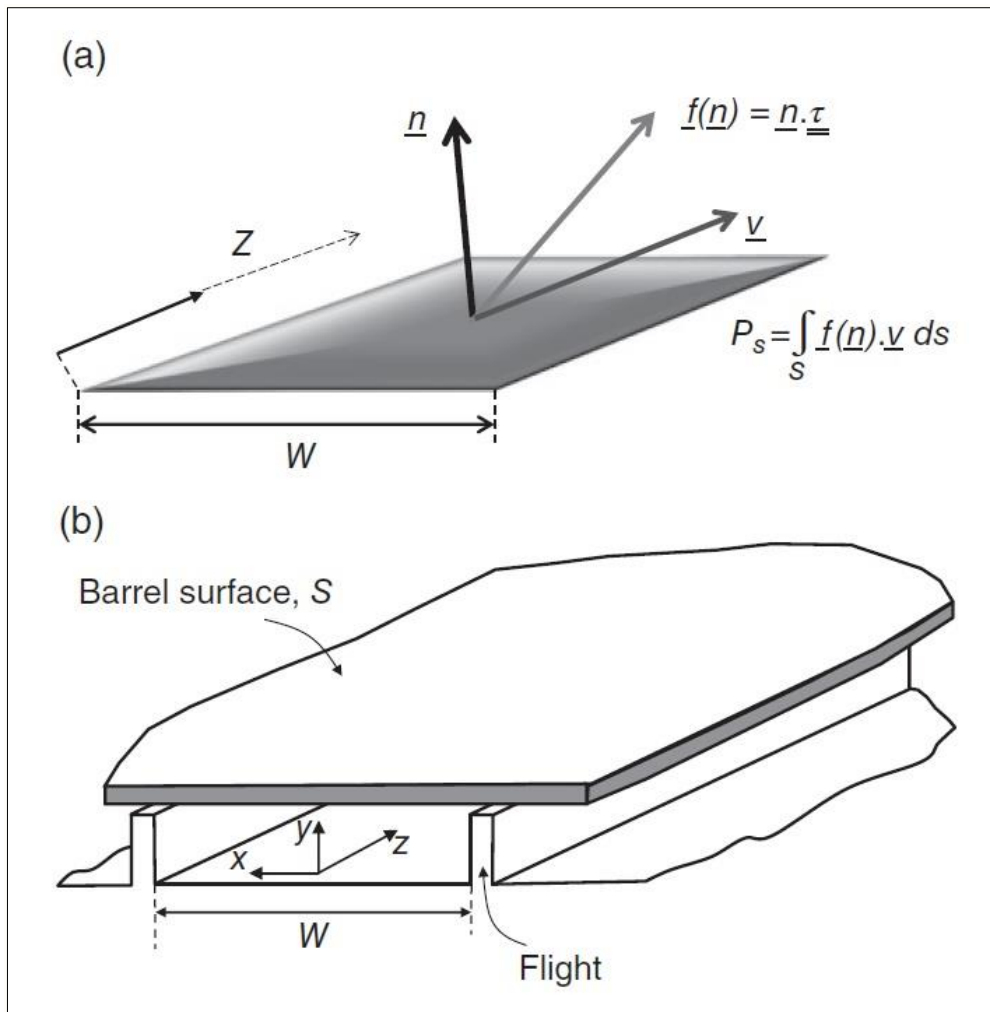


Figura 5.19: Esquemas de la geometría involucrada en el cálculo de la potencia en el eje de la extrusora como función del vector unitario normal a la superficie del cañón y la tensión de tracción actuando en dicha superficie.

Como se muestra en la figura 5.19, la superficie del cañón se asume como $W \cdot Z$, donde "Z" es la longitud desarrollada del canal. Asumiendo unas componentes de tensión y velocidad del fluido uniformes a lo largo del cañón, Tadmor y Gogos (2006) demostraron que la ecuación 5.81 se simplifica a:

$$P_s = \left[\tau_{yz} \Big|_{\text{superficie del cañón}} \cdot V_{bz} + \tau_{yx} \Big|_{\text{superficie del cañón}} \cdot V_{bx} \right] \cdot W \cdot Z \quad 5.84$$

Las componentes de la tensión de corte indicada en la ecuación anterior se pueden obtener del análisis del flujo de arrastre, con la imposición de un gradiente de presión

para fluidos newtonianos, lo cual se llevó a cabo por Tadmor y Gogos (2006) resultando en la siguiente ecuación:

$$\tau_{yz}|_{\text{superficie del cañon}} = \mu \cdot \frac{V_{bz}}{H} \cdot \left(1 - 3 \cdot \frac{Q_p}{Q_d}\right) = \mu \cdot \frac{\pi \cdot N \cdot D \cdot \cos \theta}{H} \cdot \left(1 - 3 \cdot \frac{Q_p}{Q_d}\right) \quad 5.85$$

$$\tau_{yx}|_{\text{superficie del cañon}} = \mu \cdot \frac{V_{bx}}{H} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot N \cdot D \cdot \sin \theta}{H} \quad 5.86$$

Expresando las componentes V_{bz} y V_{bx} en términos de la velocidad del tornillo “ N ” y el ángulo de la hélice “ θ ”, y sustituyendo las ecuaciones 5.83 y 5.84 en la 5.82, se obtiene lo siguiente:

$$P_s = \frac{\mu \cdot \pi^2 \cdot N^2 \cdot D^2}{H} \cdot W \cdot Z \cdot \left[1 - 3 \cdot \frac{Q_p}{Q_d} \cdot \cos^2 \theta\right] \quad 5.87$$

La ecuación anterior expresada en términos del caudal total $Q_p/Q_d = (Q/Q_d) - 1$ y la longitud del tornillo $L = Z \cdot \sin \theta$ se transforma en:

$$P_s = \frac{\mu \cdot \pi^2 \cdot N^2 \cdot D^2}{H \cdot \sin \bar{\theta}} \cdot W \cdot L \cdot \left[1 - 3 \cdot \left(\frac{Q}{Q_d} - 1\right) \cdot \cos^2 \theta\right] \quad 5.88$$

Donde “ θ ” es el ángulo promedio de la hélice.

Por más que las ecuaciones que predicen los perfiles de velocidad en el canal del tornillo tienen mucha aplicación para el cálculo de la potencia requerida para el proceso, y también para estimar la circulación del fluido en el canal (lo que tiene implicación en la acción de mezclado), el flujo neto de la extrusora bajo diferentes condiciones es de fundamental importancia para el proceso y amerita un análisis basado en ecuaciones de flujo; para el análisis, la ecuación 5.73 se puede reescribir como:

$$Q = \alpha \cdot N - \frac{\beta \Delta p}{\mu} \quad 5.89$$

Donde

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \cdot D \cdot (\cos \theta) \cdot W \cdot H \cdot F_d \quad 5.90$$

$$\beta = \frac{W \cdot H^3}{12 \cdot L} \cdot F_p \quad 5.91$$

$$\left(-\frac{\partial p}{\partial z}\right) \approx \frac{p_0 - p_L}{L} = -\frac{\Delta p}{L} \quad 5.92$$

Es útil analizar el flujo neto “Q” como función de variables fundamentales del proceso y la figura 5.20 muestra, basado en la ecuación 5.87, un esquema del flujo neto como función de la velocidad del tornillo, incrementos de presión y temperatura.

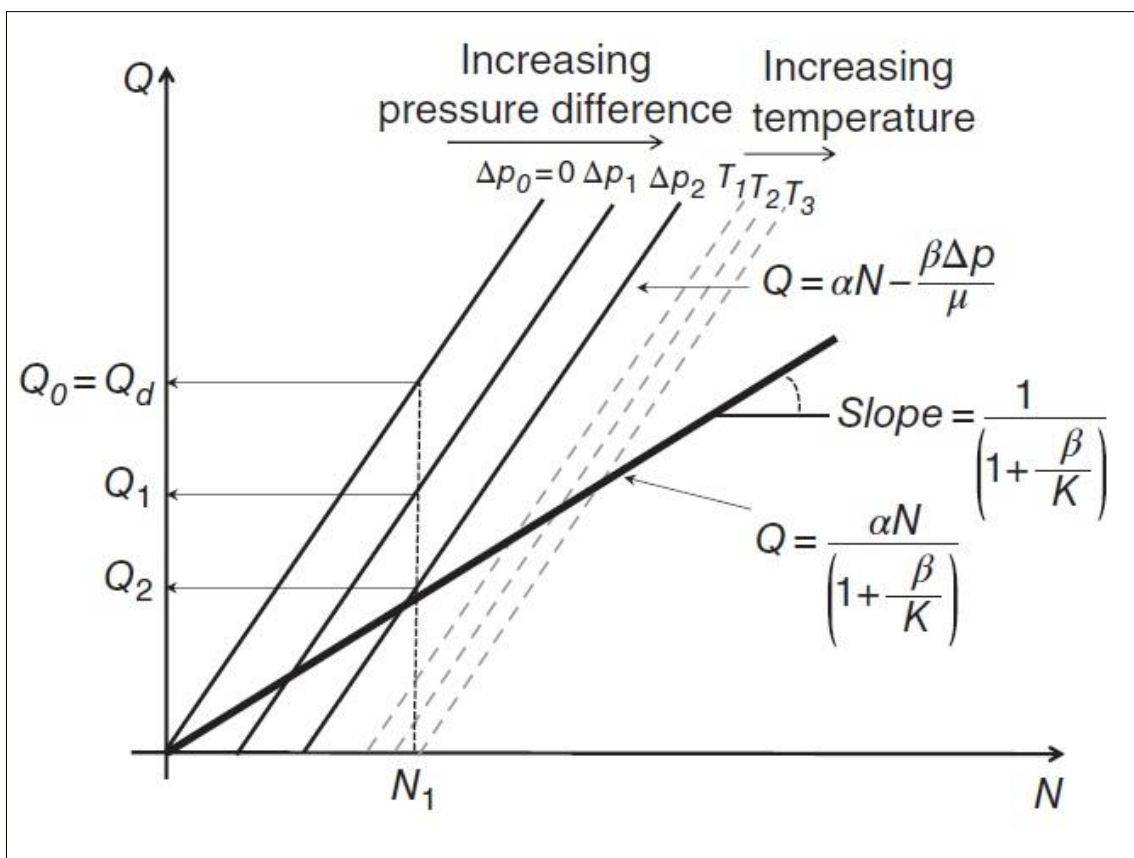


Figura 5.20: Características operativas de una extrusora de tornillo simple mostrando el flujo neto como función de la velocidad del tornillo considerada para diferentes contrapresiones y temperaturas.

El gráfico demuestra claramente que para una cierta velocidad dada (por ejemplo, N1), incrementos de la presión generada en la extrusora resultan en una reducción del flujo neto. Por ejemplo, un decremento desde Q_0 , para $\Delta p = 0$, a Q_1 se observa cuando la presión aumenta de $\Delta p = 0$ a Δp_1 , y así sucesivamente. Un efecto similar se puede observar cuando se aumenta la temperatura de T_1 a T_3 . Este comportamiento se puede explicar por la reducción en la viscosidad debido al aumento en la temperatura, lo que a su vez incrementa el flujo de presión “ Q_p ” lo cual según la ecuación 5.76 reduce el flujo neto. Este análisis considera la aplicabilidad de la ecuación de flujo hasta que el material llega a la boquilla. Hasta ese punto, el flujo se caracteriza por un continuo aumento en la presión a lo largo de la extrusora (ver figura 5.16). Sin embargo, en la boquilla la presión empieza a decaer. Este comportamiento se puede incorporar si la caída de presión en la boquilla se puede estimar. Para el simple caso de un fluido newtoniano que fluye a través de una boquilla cilíndrica, la siguiente ecuación puede usarse:

$$Q_{boquilla} = \frac{\pi \cdot \Delta p_{boquilla} \cdot R_{boquilla}^4}{8 \cdot \mu \cdot L_{boquilla}} = \frac{K \cdot \Delta p_{boquilla}}{\mu} \quad 5.93$$

Donde la constante “ K ” es función de la geometría de la boquilla, la cual para fluidos newtonianos es la siguiente:

$$K = \frac{\pi \cdot R_{boquilla}^4}{8 \cdot L_{boquilla}} \quad 5.94$$

Para otros tipos de geometrías de boquilla, ver la figura 5.21.

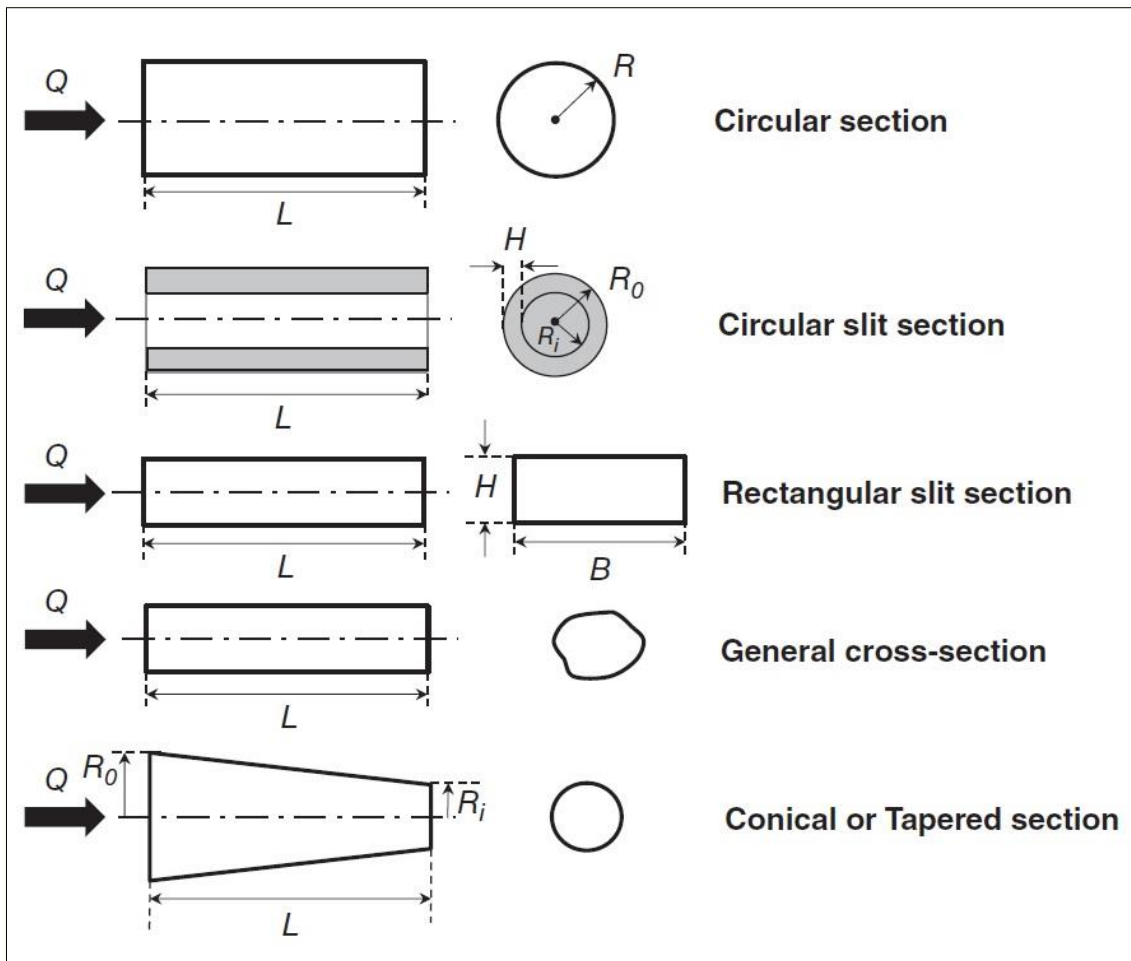


Figura 5.21: Diferentes formatos de boquilla empleados en el proceso de extrusión junto con sus dimensiones geométricas más relevantes.

Para el modelo reológico de potencia que emplea el índice de comportamiento de flujo, se estableció una relación entre el flujo neto y la caída de presión (Michaeli, 2003):

$$Q_{boquilla} = K' \cdot \left(\frac{\Delta p_{boquilla}}{m} \right)^{1/n} \quad 5.95$$

Las ecuaciones para determinar los valores de K y K' se dan en la figura 5.22, donde " m " y " n " son el índice de conductancia y de flujo correspondientes al modelo de potencia. Las ecuaciones de la figura 5.22 se hicieron aplicando ciertas condiciones, similares a las mencionadas anteriormente (Michaeli, 2003):

- Flujo isotérmico
- Flujo estacionario

- Flujo laminar e incompresible, dado por la alta viscosidad del fundido.
- Los efectos internos y externos no se consideran, así como los efectos visco-elásticos. La incorporación de efectos visco-elásticos resultan en modelos que requieren complejas aproximaciones numéricas, porque las soluciones analíticas no son accesibles.
- No hay deslizamiento en el cañón ni en el tornillo.

En orden de incorporar la caída de presión en la boquilla al flujo neto, se puede emplear una forma integrada de la ecuación de continuidad, la cual implica que bajo el estado estacionario el flujo en la extrusora y la boquilla es el mismo:

$$Q = Q_{boquilla} \quad 5.96$$

Reacomodando la ecuación 5.91 y sustituyendo la 5.87 se obtiene la siguiente ecuación para fluidos newtonianos:

$$Q = \frac{\alpha \cdot N}{\left(1 + \frac{\beta}{K}\right)} \quad 5.97$$

La ecuación 5.95 muestra que el flujo neto varía linealmente con la velocidad del tornillo, lo que se representa en la figura 5.20 por una línea recta.

Table 3.1 Equations of to calculate the constant K for different types of die geometries and for Newtonian and non-Newtonian power law fluids.

Die geometry	Newtonian fluid ($\tau = \mu \dot{\gamma}$)	Power law fluid ($\tau = m \dot{\gamma}^n$)
Circular section	$K = \frac{\pi R^4}{8L} \frac{L}{R} \gg 1$	$K' = \frac{\pi n R^{1/n+3}}{2^{1/n} L^{1/n} (1+3n)}$
Circular (annular) section	$K = \frac{2\pi R + H}{12L} H^3 \frac{H}{R} > 0.1$ $K = \frac{\pi R H^3}{6L} \frac{H}{R} \ll 0.1$ (considered as slit)	$K' = \frac{\pi n (R_i + R_o) \cdot (R_o - R_i)^{\frac{1}{n}+2}}{2^{\frac{1}{n}+2} (2n+1) L^{\frac{1}{n}}}$
	$K = \frac{\pi R_i^4}{8L} \left[(1-\kappa^4) - \frac{(1-\kappa^2)^2}{\ln \frac{1}{\kappa}} \right]$ $\kappa = \frac{R_i}{R_o}$	
Rectangular slit section	$K = \frac{B \cdot H^3}{12L} \quad (B \gg H)$ Introduction of correction factor f_p for $B/H \leq 20$ (see Figure 3.28)	$K' = \frac{B \cdot H^{\frac{1}{n}+2}}{2^{\frac{1}{n}+2} (2n+1) L^{\frac{1}{n}}} \text{ for } \frac{B}{H} > 20$
General cross-section	$K = \frac{B \cdot H^3}{12L} \cdot f_p$ For values of f_p , see Figure 3.28	$K' = \frac{2n \cdot A^{\frac{1}{n}+2}}{(3n+1) \cdot L \cdot P^{\frac{1}{n}+1}}$ A and P are the area and the perimeter of the section respectively
Conical (tapered) section	$K = \frac{\pi R_i^4}{8L} \frac{3 \left(\frac{R_o}{R_i} - 1 \right)}{1 - \left(\frac{R_i}{R_o} \right)^3}$	$K' = \frac{\pi n}{2^{\frac{1}{n}+2} (3n+1)} \left(\frac{3n \left(\frac{R_o}{R_i} - 1 \right)}{L \left(1 - \left(\frac{R_i}{R_o} \right)^{\frac{1}{n}} \right)} \right)^{1/n} \cdot R_i^{\frac{1}{n}+3}$

Source: Adapted from Michaeli 2003.

Figura 5.22: Ecuaciones para calcular la constante K para diferentes geometrías de boquilla.

Es importante analizar el comportamiento del flujo neto y como es afectado por la presión y la geometría del tornillo. La figura 5.24 ilustra esquemáticamente el flujo de arrastre predicho como función del cambio de presión (presión en la boquilla) en la extrusora funcionando a distintas velocidades (figura 5.24a) a diferentes profundidades de canal (figura 5.24b).

Las líneas horizontales indican la independencia del flujo de arrastre con las diferencias de presión. Sin embargo, si la presión del flujo, la cual se indica en la ecuación 5.73 es independiente de la velocidad del tornillo, y función lineal del gradiente de presión, se superpone en el flujo de arrastre. Se observa un decremento constante del flujo neto a cada diferencia de presión (contrapresión) en la figura 5.25. El mismo comportamiento resulta si el flujo de presión se superpone al de arrastre para distintas profundidades de canal, lo que se representa en la figura 5.24b. El efecto de la boquilla basado en la

ecuación 5.91 derivada para materiales newtonianos, se ilustra en la figura 5.26. Como se puede observar, se representa por una línea recta.

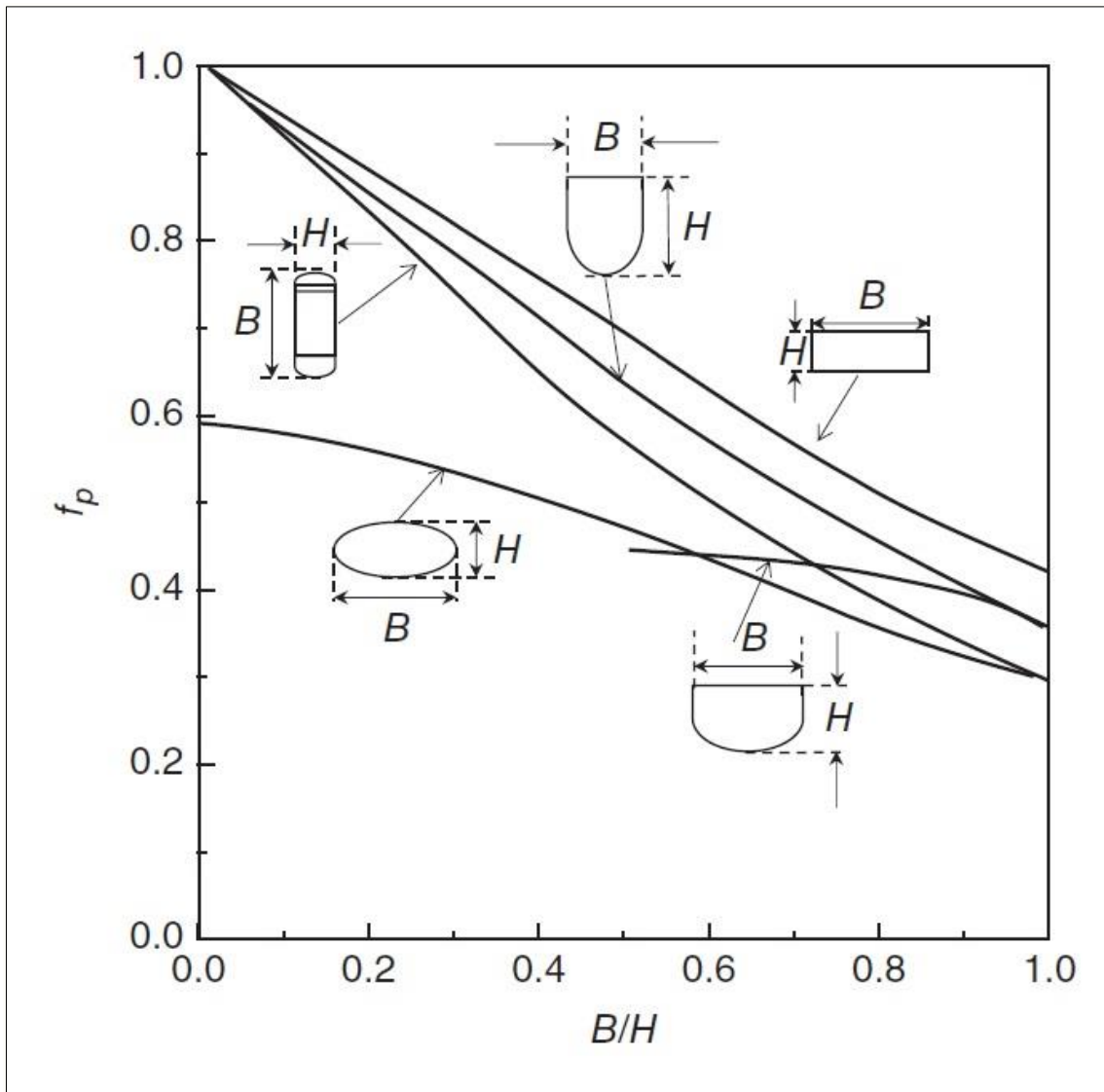


Figura 5.23: Factor de corrección f_p empleado para estimar la conductancia de fluidos newtonianos en geometrías irregulares de boquillas en función de las características geométricas de las mismas.

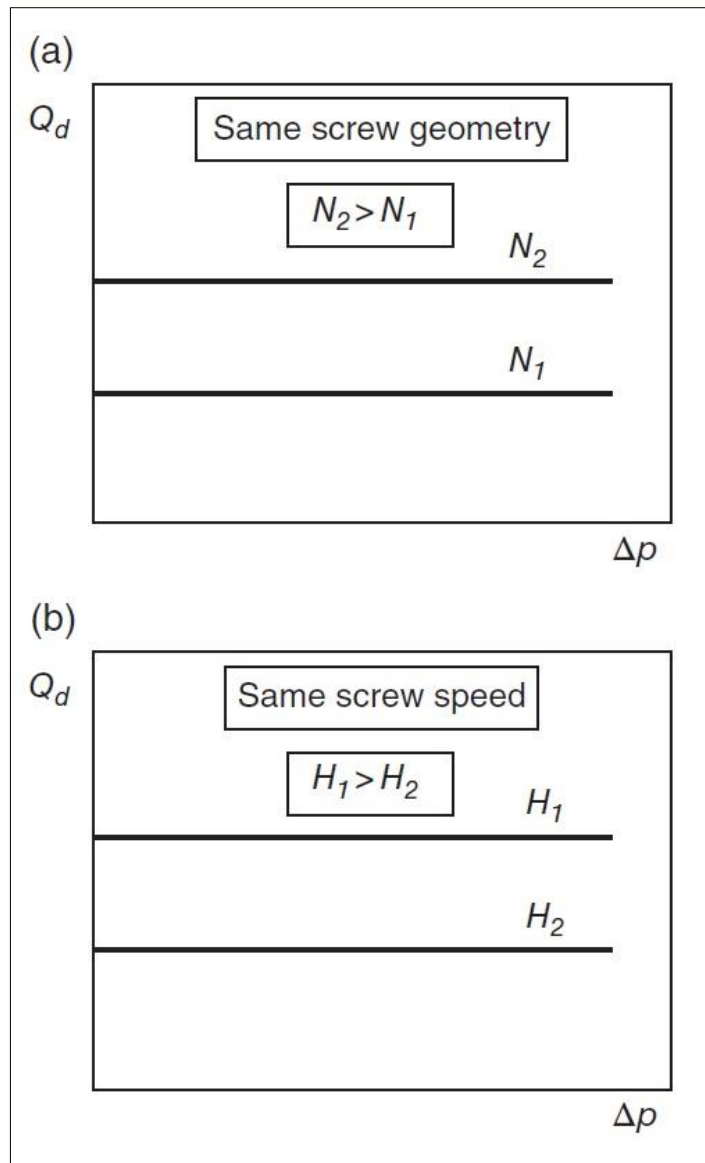


Figura 5.24: Curvas características para extrusoras de tornillo simple mostrando el flujo de arrastre como función de la diferencia de presión (contrapresión). (a) Influencia de la velocidad del tornillo. (b) Influencia de la geometría del tornillo (profundidad del canal H).

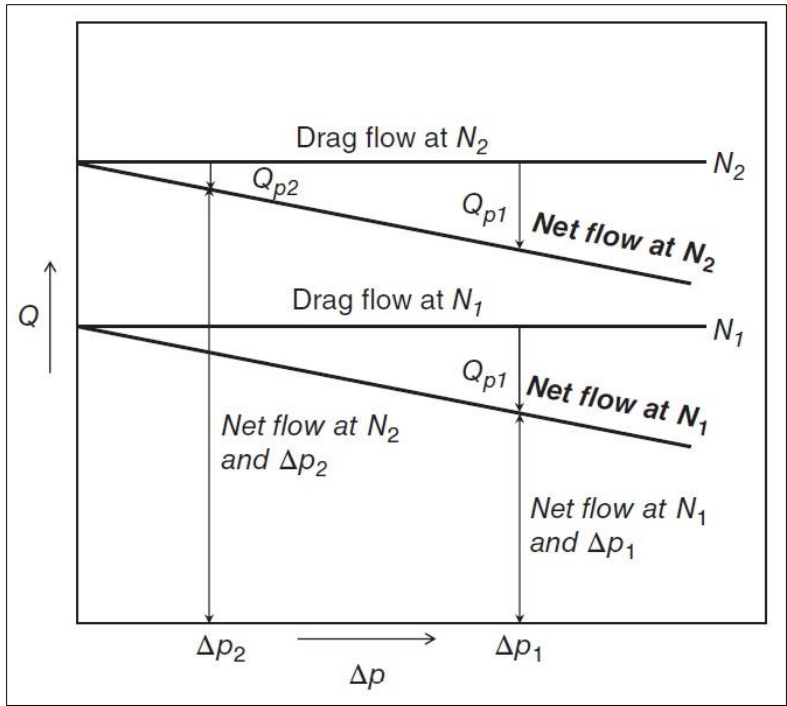


Figura 5.25: Curvas características para extrusoras de tornillo simple en términos del flujo neto como función de la diferencia de presión (contrapresión).

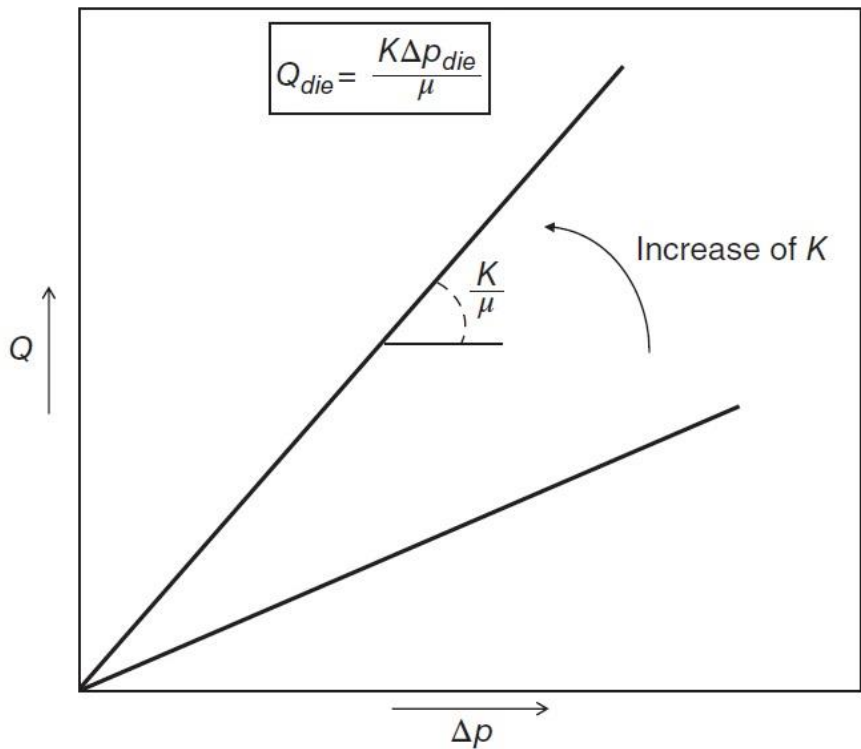


Figura 5.26: Curvas características para el flujo de un fluido newtoniano a través de la boquilla representada como el flujo neto en función de la caída de presión para diferentes boquillas definidas por la conductancia K .

Tanto la ecuación 5.92 o las relaciones de otras geometrías dadas en la figura 5.22 muestran que la constante de la boquilla K aumenta con el incremento del radio de la misma (área de flujo) y disminuye con su longitud. Para localizar el punto de operación estable de la extrusora, es necesario tener en cuenta el flujo neto en el tornillo y la boquilla, matemáticamente descritos por las ecuaciones 5.87 y 5.91 e ilustrados en las figura 5.25 y figura 5.26. Los resultados de la combinación de estos dos efectos se pueden ver en la figura 5.27, donde algunos puntos de operación como A, B, C y D se pueden identificar y son dependientes de las condiciones de proceso.

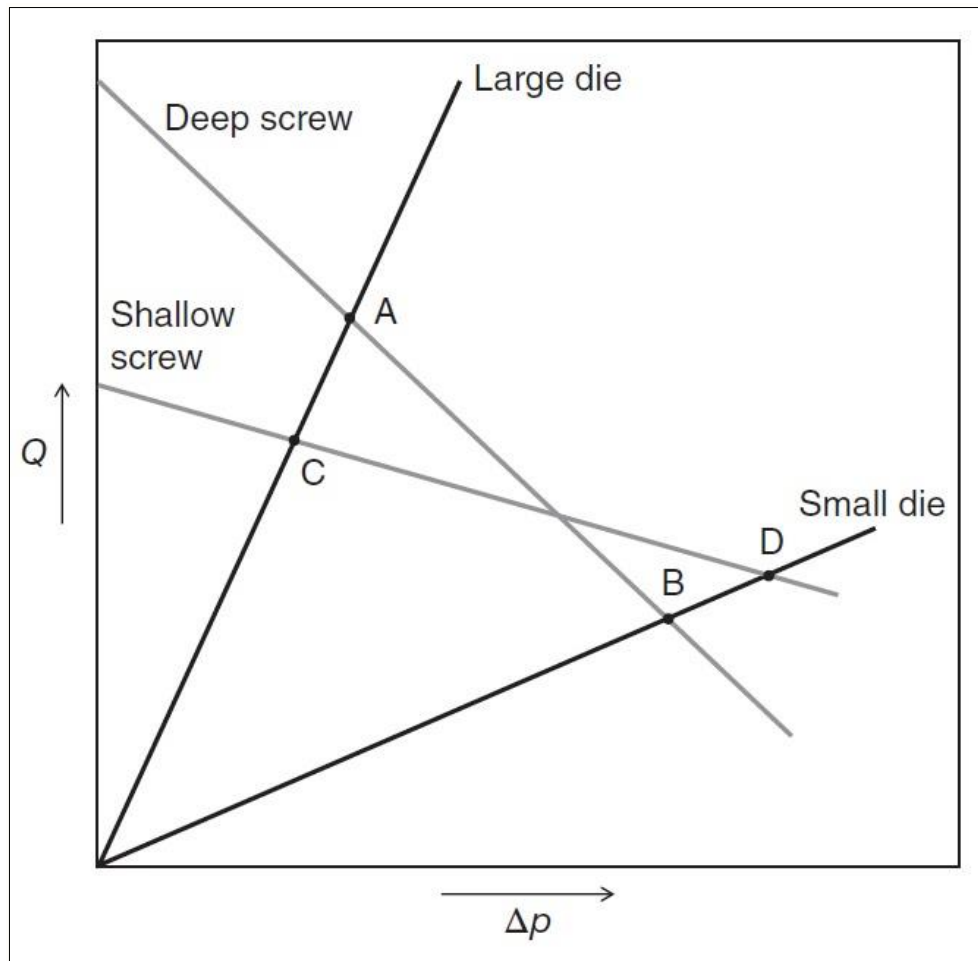


Figura 5.27: Curvas características de trabajo para una extrusora de tornillo simple considerando el flujo en el canal del tornillo y el flujo a través de la boquilla.

La figura 5.27 muestra claramente el incremento en la presión y la reducción del flujo neto de operación con la reducción del tamaño de la boquilla, mientras que la geometría del tornillo se mantiene; el punto de operación se mueve de A a B. Si se comparan los puntos de operación A y C, los cuales resultan para un mismo tamaño de boquilla, pero diferentes geometrías de tornillo, se puede observar que el uso de un tornillo de canal más profundo proveerá de un mayor flujo neto y presión (punto A) que el uso de un

tornillo con un canal más angosto (punto C). Contrariamente, si los puntos de operación B y D, los cuales resultan de usar dos diferentes tipos de tornillo y una boquilla pequeña, se comparan, se puede observar que el uso de canales más angostos provee un mayor flujo neto y presión que aquellos obtenidos usando un tornillo más profundo.

Algunas de las asunciones usadas en este modelo teórico fueron revisadas y ajustadas de acuerdo a observaciones experimentales. Li y Hsieh (1996) argumentaron que hay diferencias en considerar la situación hipotética donde el cañón rota en vez de asumir que es el tornillo el que lo hace. La rotación de las hélices puede influir en el flujo neto. Ellos resolvieron el modelo representado desde la ecuación 5.59 a la 5.61 para fluidos newtonianos y condiciones isotérmicas, pero con el flujo de arrastre asociado a la rotación del tornillo más que del cañón. Existen soluciones que proveen un patrón de flujo similar en términos del flujo neto como suma del flujo de arrastre y de presión indicado en la ecuación 5.76, pero los factores de forma para ambos flujos fueron diferentes. Se afirma que, con las condiciones limitantes revisadas, el modelo puede proveer una predicción más precisa para geometrías en las cuales la relación H/D es alta. Resultados del modelo teórico fueron comparados con datos experimentales en extrusión de materiales newtonianos (Choo et al, 1980; Griffith, 1962).

5.2.5 Aumento de presión en la zona cónica del tornillo

El diámetro del núcleo del tornillo aumenta linealmente, lo que produce un decremento lineal en la altura del canal, como se ilustra en la figura 5.28.

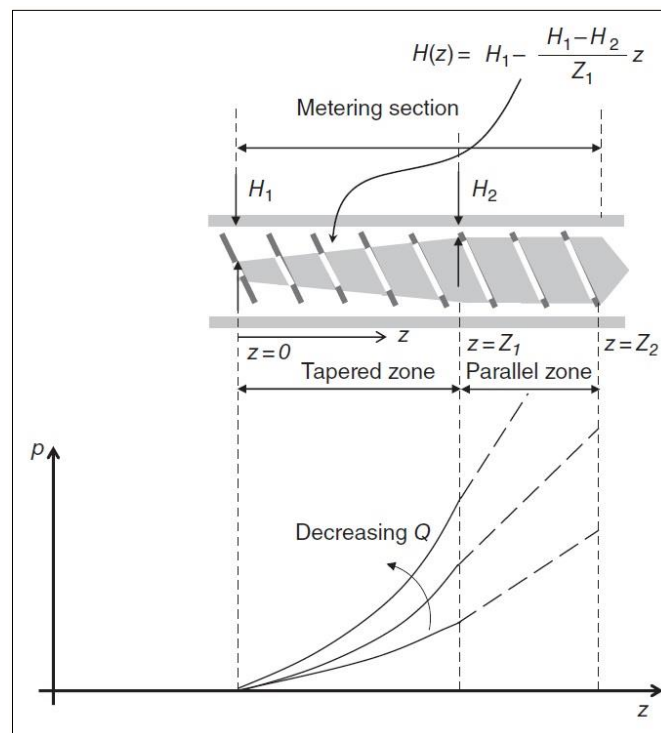


Figura 5.28: Perfiles de presión en extrusoras de tornillo simple y canal cónico. Efecto del caudal del flujo neto en el perfil de presión.

Si como se indica en la figura, a $z=0$, $H(z) = H_1$, y a $z = Z_1$, $H(z) = H_2$, el cambio en la altura del canal en función de la coordenada “z” se puede escribir como:

$$H(z) = H_1 - \frac{H_1 - H_2}{Z_1} \cdot z \quad 5.98$$

Aplicando la derivada respecto a la variable “z” a la ecuación anterior, la variable independiente z se puede cambiar a la variable H como:

$$dz = - \frac{Z_1}{H_1 - H_2} dH \quad 5.99$$

Asumiendo que los coeficientes “Fd” y “Fp” son aproximadamente 1, la ecuación 5.73 se puede acomodar a:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{12 \cdot \mu \cdot V_{bz}}{H^2} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{Q}{W \cdot H \cdot V_{bz}} \right) \quad 5.100$$

Y por integración desde $z = 0$, $H = H_1$ donde la presión es $p = 0$, a $z = Z_1$, $H = H_2$, donde la presión es p_1 , se obtiene la siguiente ecuación:

$$p_1 = \frac{6 \cdot \mu \cdot V_{bz} \cdot Z_1}{H_1 \cdot H_2} \cdot \left(1 - \frac{Q}{W \cdot H_2 \cdot V_{bz}} \cdot \frac{H_1 + H_2}{H_1} \right) \quad 5.101$$

Para $z > Z_1$ la altura del canal es constante, y la integración de la ecuación 5.98 hasta $z = Z_2$ donde la presión es p_2 resulta:

$$p_2 = \frac{6 \cdot \mu \cdot V_{bz} \cdot Z_2}{H_2^2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot Q}{W \cdot H \cdot V_{bz}}\right) \quad 5.102$$

Así, la presión en la boquilla se puede calcular como la suma de estas dos presiones:

$$p = \frac{6 \cdot \mu \cdot V_{bz} \cdot Z_1}{H_1 \cdot H_2} \cdot \left(1 - \frac{Q}{W \cdot H_2 \cdot V_{bz}} \cdot \frac{H_1 + H_2}{H_1}\right) + \frac{6 \cdot \mu \cdot V_{bz} \cdot Z_2}{H_2^2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot Q}{W \cdot H \cdot V_{bz}}\right) \quad 5.103$$

El perfil de presiones de esta geometría cónica se esquematizó en la figura 5.28. La pendiente del perfil de presiones estimado con la ecuación 5.98 no es constante, sino que incrementa a medida que H disminuye, siguiendo la relación $1/H^2$ desde $p = 0$ hasta la presión de boquilla calculada por la ecuación 5.101. La ecuación además muestra que la presión aumenta a medida que disminuye el caudal neto.

5.2.6 Flujo de fuga

Hasta ahora no se hizo mención del flujo de fuga debido a que, en la mayoría de los casos, la holgura existente entre el filete del tornillo y el diámetro interno del cañón es tan pequeña (del orden de las décimas de milímetro), que su resultado casi siempre es despreciable. Únicamente se vuelve práctico en máquinas desgastadas en las cuales se vuelve grande el espacio libre existente.

Stevens y Covas (1995) afirmaron que el flujo de fuga es producido como consecuencia del movimiento relativo entre el filete del tornillo y el cañón, y el gradiente de presión existente en la extrusora. La primera es una forma de flujo de arrastre creado por dos caras paralelas, las cuales se pueden calcular con la siguiente ecuación (Stevens y Covas, 1995):

$$Q_{al} = \frac{\pi^2 \cdot N \cdot D^2 \cdot \delta \cdot \tan \theta}{2} \quad 5.104$$

la cual, luego de varias consideraciones geométricas, se puede estimar como un porcentaje del flujo total de arrastre por la siguiente ecuación:

$$\frac{Q_{dL}}{Q_a} = \frac{\delta}{H \cdot \left(1 - \frac{e}{B}\right) \cdot \cos^2 \theta} \quad 5.105$$

donde “B” es el paso de la rosca y “e” el espesor del filete.

El flujo de fuga debido al flujo de presión se puede estimar por una ecuación que se deriva de asumir un flujo originado por una diferencia de presión entre los dos extremos de un mismo filete. Es importante notar que debido a que existen gradientes de presión en las direcciones longitudinales y transversales, se crean correspondientes flujos de fuga. La correspondiente al flujo longitudinal:

$$Q_{pL} = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3}{12 \cdot \mu \cdot e \cdot \cos \theta} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \quad 5.106$$

Y para el flujo transversal:

$$Q'_{pL} = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3 \cdot N \cdot (B - e) \cdot \tan \theta}{2 \cdot e \cdot H^2} \quad 5.107$$

La relación entre el flujo de fuga debido a la diferencia de presión con respecto al flujo de presión de un fluido newtoniano se puede estimar como:

$$\frac{Q_{pL} + Q'_{pL}}{Q_p} = \frac{\pi^2 \cdot D^2}{(B - e) \cdot e} \cdot \left(\frac{\delta}{H}\right)^3 \cdot \frac{1}{\cos^2 \theta} + \frac{6 \cdot \mu \cdot \pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3 \cdot N}{e \cdot H^5} \cdot \frac{\sen \theta}{\cos^2 \theta \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)} \quad 5.108$$

Es importante tener en cuenta que el flujo de fuga se calcula por vuelta y el flujo de sucesivas vueltas se calcula en serie, así la reducción del flujo neto debido al flujo de fuga no se debe estimar multiplicando el flujo por vueltas por el número de vueltas (Stevens y Covas, 1995). Cálculos de estos flujos empleando tornillos simples estándares y fluidos newtonianos de alta viscosidad han mostrado que el flujo de fuga es relativamente bajo y se puede asumir como despreciable, mientras se mantenga baja la holgura radial.

5.3 Balance energético en la extrusión de polímeros

En todo proceso de extrusión, se debe cumplir la primera ley de la termodinámica, es decir, la conservación de la energía. Durante el proceso de extrusión de cualquier polímero, la energía necesaria es proveída por el motor y por el sistema de calefacción del cañón. Generalmente una porción mínima de la energía del motor se pierde a través de la cadena de transmisión en forma de calor. La mayor parte de la energía mecánica (M_o) del motor empleada para hacer girar el tornillo es convertida en calor por medio de la fricción con el polímero. Otra pequeña parte de la misma se emplea para comprimir al polímero dentro del cañón y para desplazar el material fundido fuera de la extrusora. La presión del material fundido al final de la extrusora cae a la presión ambiente a medida que el mismo fluye fuera de la máquina, convirtiendo la energía mecánica asociada con la presión del material fundido en calor. Virtualmente, cerca del 80% de la energía mecánica del motor se convierte en calor. El calor generado por este motivo es la principal fuente de energía empleada para fundir el nuevo material que ingresa en la máquina. La energía térmica otorgada (Q_o) por las resistencias calefactoras es conducida al polímero a través del cañón. Cuando el material fundido se sobrecalienta por encima de la temperatura deseada, se activa el sistema de enfriamiento que elimina el calor excesivo al ambiente (Q_c). Una porción razonable del calor (Q_l) se pierde al ambiente a través del cañón y del tornillo extrusor. El balance del total de las energías mecánica y térmica es igual al incremento de calor del polímero desde la temperatura de alimentación hasta la temperatura del fundido (ver figura 5.29).

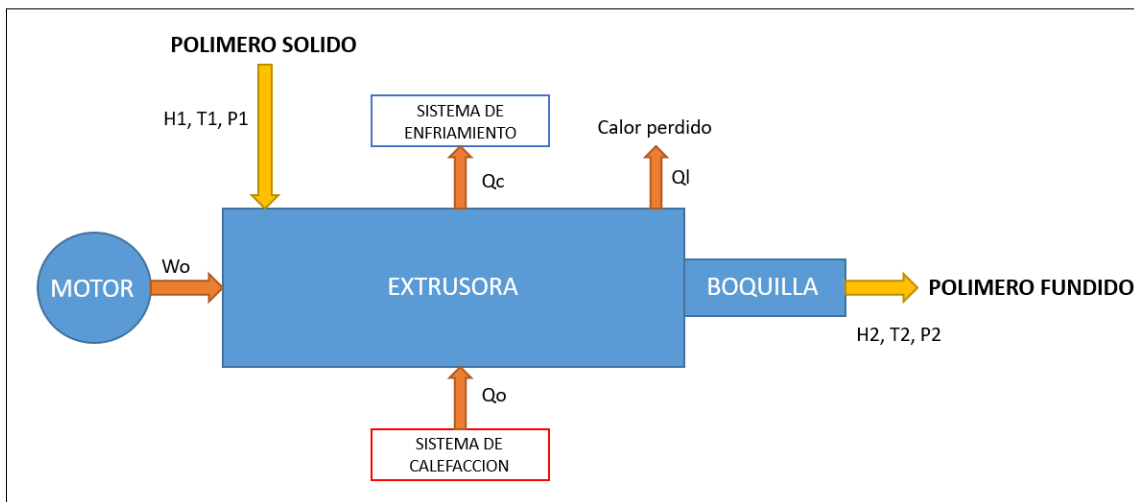


Figura 5.29: Balance térmico en la extrusión de polímeros.

El polímero ingresa en estado sólido en la extrusora a una temperatura T_1 , presión P_1 y entalpía H_1 , y egresa en estado fundido a una temperatura T_2 , presión P_2 y entalpía H_2 . El balance energético según la primera ley de la termodinámica es el siguiente:

$$\Delta H + \Delta PE + \Delta KE = \Delta Q + \Delta W \quad 5.109$$

En donde:

- $\Delta H = H_2 - H_1$ = Incremento de entalpía por unidad de masa (J/kg).
- ΔPE = Incremento en la energía potencial por unidad de masa (J/kg).
- ΔKE = Incremento en la energía cinética por unidad de masa (J/kg).
- ΔQ = Energía térmica neta de entrada por unidad de masa (J/kg).
- ΔW = Energía mecánica neta en la entrada por unidad de masa (J/kg).

Debido a que la diferencia de energía potencial y cinética es despreciable con respecto al incremento de entalpía, la ecuación 5.107 se reduce a:

$$\Delta H = \Delta Q + \Delta W \quad 5.110$$

Refiriéndose a la figura 5.29, se obtienen las siguientes expresiones:

$$\Delta Q = (Q_o - Q_c - Q_l)/G \quad 5.111$$

$$\Delta W = W_o/G \quad 5.112$$

Donde:

- G = caudal másico de salida (kg/s).
- Q_o = energía térmica total producida por las resistencias por unidad de tiempo (J/s).
- Q_c = energía térmica total removida por el sistema enfriador por unidad de tiempo (J/s).
- Q_l = energía térmica total perdida en los alrededores por unidad de tiempo (J/s).
- W = potencia del motor.

5.3.1 Datos experimentales

Para poder determinar cómo se distribuye la energía empleada en las extrusoras, es necesario la realización de observaciones empíricas realizadas mediante experimentos en laboratorios. Esto se debe a la cantidad de variables que intervienen en el proceso y a la dificultad para predecir cómo se van a comportar durante un proceso de extrusión típico. Según la tesis realizada por Nana Levi Njobet titulada “Análisis energético en la extrusión de plásticos”, se obtuvieron los siguientes datos relevantes para los futuros cálculos:

- Del total de la energía mecánica otorgada por el motor, 20% se emplea para hacer girar el tornillo y comprimir el polímero, mientras que el 80% se transforma en calor por fricción y conducción en el cañón.
- Las resistencias calefactoras del cañón se emplean principalmente en el arranque de la máquina y para estabilizar la temperatura, y contribuye solamente en un 20% de la energía total necesaria para fundir el polímero.
- Hacer marchar una extrusora a altas velocidades no solo es ventajoso desde el punto de vista de la productividad, sino que produce beneficios energéticos también, incluyendo la reducción del porcentaje de energía requerida de las resistencias calefactoras, mucha de la cual se pierde en los alrededores.

5.4 Fuentes consultadas

5.4.1 Bibliografía

- Jean-Marie Bouvier, Osvaldo H. Campanella, *Extrusion Processing Technology – Food and Non-Food Biomaterials*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2014.

5.4.2 Tesis

- Nana Levi Njobet, *Energy analysis in the extrusion of plastics*, Arcada, Helsinki, 2012. Disponible en:
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53774/NANA_LEVI.pdf?sequence=1&isAllowed=y

6 ESTUDIO TÉCNICO

6.1 Introducción

Antes de realizar cualquier cálculo o croquis, se deben definir algunos datos que serán el punto de partida para el diseño de la máquina.

Mediante un contacto telefónico con la empresa *PAS extrusoras*, ubicada en la provincia de Buenos Aires, se obtuvo que las máquinas más comercializadas por esta empresa son extrusoras con una capacidad máxima de 100 kg/h, las cuales poseen un diámetro exterior de tornillo de 60 mm para lograr estas producciones.

Entonces, como datos de partida para el diseño, se consideran los siguientes:

- Capacidad máxima de la máquina: 100 kg/h.
- Sistema de intercambio rápido de tonillos. Los polímeros con los que será capaz de trabajar la máquina, serán el HDPE, el LDPE y el PP. El PVC se dejó de lado por el momento, debido a que produce oxidación en las partes de la máquina que no tienen un recubrimiento anticorrosivo. Por lo dicho anteriormente, será necesario diseñar un tornillo para cada uno de los polímeros seleccionados.

A continuación, se realizará el cálculo y diseño de los componentes de la máquina. Como se verá, el diseño es muy empírico en algunos casos, debido a que la mecánica de los fluidos involucrada en un fluido no-newtoniano, como lo es el plástico fundido, no es para nada sencilla.

Para futuro, se piensa colocar un departamento de I+D, el cual se encargue investigar cuál es el diseño óptimo de cada tornillo para cada polímero. En este laboratorio se modificarán los tornillos y se ensayarán para determinar la efectividad de las modificaciones. De esta forma, se podrá aproximar más la geometría real a la geometría ideal de cada tonillo. Esta aproximación será mayor que la que se alcance solamente con cálculos empíricos.

|

6.2 Tornillo

6.2.1 Introducción

El elemento característico más importante de una máquina extrusora es el tornillo extrusor. El diseño apropiado de la geometría de un tornillo extrusor es de importancia crucial para el correcto funcionamiento de la máquina. Si ocurren inestabilidades en el transporte de material a causa de una geometría errónea, incluso el sistema de control más sofisticado no podría solucionar el problema.

El diseño óptimo del tornillo para una aplicación particular depende del polímero a ser procesado, el caudal de salida, requerimientos de mezclado, y diseño de la boquilla.

Las compañías que emplean este tipo de máquinas están interesadas en adquirir tornillos de propósitos generales que puedan procesar todo tipo de polímeros a altas tasas de salida, buen control de temperatura, mezclado uniforme, y buena capacidad de bombeo para generar una presión suficiente y uniforme en la boquilla. Desafortunadamente, en la realidad, un tornillo diseñado para procesar polietileno de alta densidad o polipropileno, no funciona bien con policarbonato o nylon. Un tornillo para procesar todos los polímeros no existe. Un tornillo dado puede ser empleado para producir con muchos polímeros; sin embargo, la máquina no va a operar con la máxima capacidad de salida con una temperatura de fusión y presión estables.

6.2.2 El tornillo estándar

En muchas discusiones sobre extrusoras se hacen referencia a los llamados “tornillos estándar” o convencionales. Para definir este término de forma más cuantitativa, las características generales de un tornillo estándar de extrusión son las siguientes (ver figura 6.1):

- Longitud total (L): 20-30 veces el diámetro (D_s)
- Longitud de la zona de alimentación (L_1): 4-8 veces el diámetro (D_s)
- Longitud de la zona de fusión o compresión (L_2): 6-10 veces el diámetro (D_s)
- Número de hélices: 1
- Paso de la rosca (B): 1 vez el diámetro (D_s)
- Espesor del filete (e): 0,1 veces el diámetro (D_s)
- Profundidad del canal en la zona de alimentación: 0,15-0,2 veces el diámetro (D)

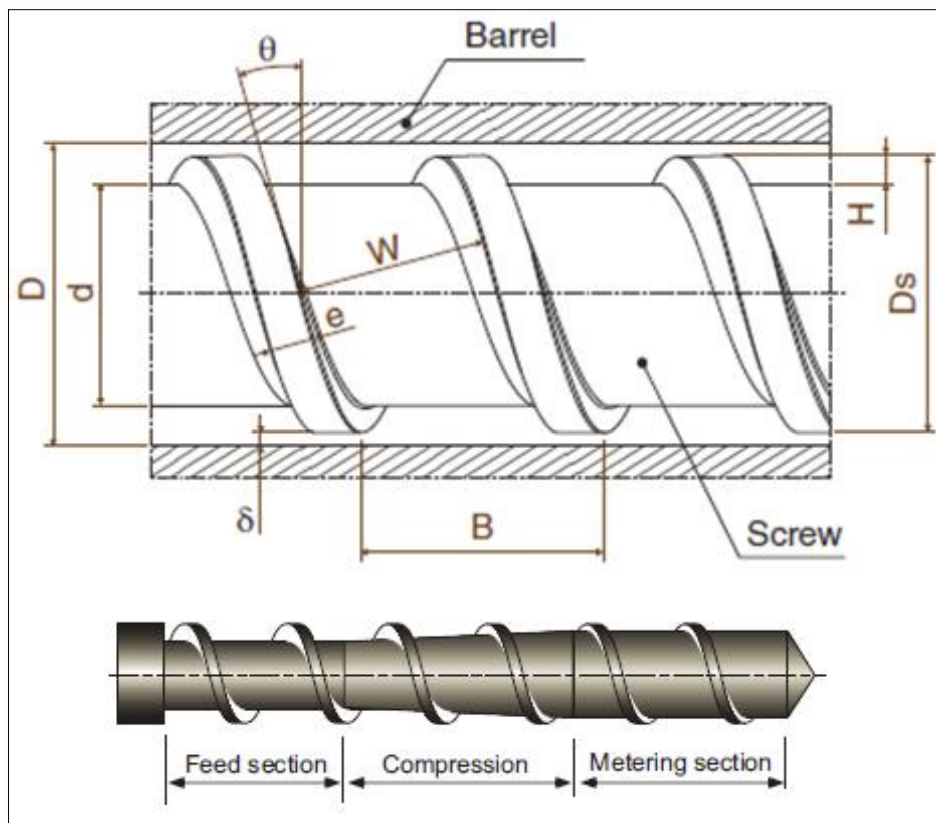


Figura 6.1: Vista de un tornillo estándar con sus características geométricas principales (D : diámetro cañón; D_s : diámetro tornillo; d : diámetro núcleo de tornillo; W : ancho del canal; e : espesor de filete; B : paso de tornillo; δ : holgura radial tornillo-cañón; ϑ : ángulo de filete).

Las dimensiones listadas anteriormente son aproximadas, pero es interesante que la mayoría de los tornillos extrusores en la actualidad poseen esas características. Es necesario aclarar que el diseño estándar no corresponde al diseño más óptimo del tornillo. El mismo se ha desarrollado durante muchas décadas de forma empírica y da resultados razonablemente satisfactorios para la mayoría de los polímeros. Es por este motivo y por su simpleza que en el proyecto presente se empleará el diseño estándar para los cálculos, adaptándose la geometría a cada tipo de polímero, lo cual no elimina la posibilidad de emplear en el futuro algún tornillo cuya geometría dé mejores resultados.

6.2.3 Dimensiones definidas del tornillo (empleando el modelo estándar)

6.2.3.1 Diámetro de tornillo (D_s)

Como se pudo observar anteriormente en la figura 6.1, las características geométricas de un tornillo extrusor toman al diámetro externo como referencia. Tanto la producción como la aplicación de la extrusora dependen del diámetro del tornillo, de la relación de longitud al diámetro, de la velocidad de giro y de las particularidades geométricas del canal helicoidal, perfil de vértices de los filetes y cabezal, número de zonas, etc.

El criterio para definir este parámetro partió de tomar una medida intermedia de diámetro a través de catálogos de fabricantes de máquinas extrusoras. Se definió por ende un diámetro exterior de tornillo de:

$$\checkmark D_s = 60 \text{ mm}$$

Dicho diámetro a su vez coincide con la capacidad productiva de la máquina que se establece en el apartado “características operativas del tornillo” (ver figura 6.6).

6.2.3.2 Longitud del tornillo (L)

Empleando la relación de la longitud del tornillo de 20 a 30 veces el diámetro, se optó por una medida intermedia de 25 veces.

$$L = 25 \times D_s$$

$$L = 25 \times 60 \text{ mm}$$

$$\checkmark L = 1500 \text{ mm}$$

De los cuales se tomó para las distintas zonas (alimentación, compresión y dosificación):

$$L1 \text{ (alimentación)} = 4 \text{ a } 8 \text{ veces } D_s$$

$$L1 \text{ (alimentación)} = 6 \times D_s$$

$$L1 \text{ (alimentación)} = 6 \times 60 \text{ mm}$$

$$\checkmark L1 \text{ (alimentación)} = 360 \text{ mm}$$

$$L3 \text{ (dosificación)} = 6 \text{ a } 10 \text{ veces } D_s$$

$$L3 \text{ (dosificación)} = 9 \times D_s$$

$$L3 \text{ (dosificación)} = 9 \times 60 \text{ mm}$$

$$\checkmark L3 \text{ (dosificación)} = 540 \text{ mm}$$

La longitud de la zona de fusión/compresión se obtuvo por diferencia con la longitud total:

$$L2 \text{ (fusión)} = L - (L1 + L3)$$

$$L2 \text{ (fusión)} = 1500 \text{ mm} - (360 \text{ mm} + 540 \text{ mm})$$

$$\checkmark L2 \text{ (fusión)} = 600 \text{ mm}$$

Éste último valor se encuentra dentro del rango mencionado previamente (6 a 10 veces D_s).

6.2.3.3 Espesor del filete de rosca (e)

Para un tornillo estándar es de 0,1 veces el diámetro:

$$e = 0,1 \times D_s$$

$$e = 0,1 \times 60 \text{ mm}$$

$$\checkmark e = 6 \text{ mm}$$

6.2.3.4 Ángulo de la hélice (θ)

Esta es una de las características del tornillo que varía en función de la reología del tipo de polímero que se emplee. Empleando el índice de comportamiento de flujo “n” de la tabla 6.1 (que representa la variación de comportamiento entre un fluido newtoniano y no newtoniano) para los polímeros que va a procesar la máquina, existe un ángulo de hélice óptimo expresado en el gráfico de la figura 6.2.

Material	Power Law Index, n	Melting Point, T _m (°C)	Glass Transition T _g (°C)	Density g/cc	Thermal Conductivity, k (J/msC)	Specific Heat, cp (kJ/kgC)
PS	0.3	—	101	1.06	0.12	1.20
PVC	0.3	—	80	1.40	0.21	1.10
PMMA	0.25	—	105	1.18	0.2	1.45
SAN	0.3	—	115	1.08	0.12	1.40
ABS	0.25	—	115	1.02	0.25	1.40
PC	0.7	—	150	1.20	0.19	1.40
LDPE	0.35	120	-120	0.92	0.24	2.30
LLDPE	0.6	125	-120	0.92	0.24	2.30
HDPE	0.5	130	-120	0.95	0.25	2.25
PP	0.35	175	-10	0.91	0.15	2.10
PA-6	0.7	225	50	1.13	0.25	2.15
PA-6,6	0.75	265	55	1.14	0.24	2.15
PET	0.6	275	70	1.35	0.29	1.55
PBT	0.6	250	45	1.35	0.21	1.25
PVF	0.38	275	-40	1.76	0.16	1.38
PA-6,6	0.6	275	70	2.15	0.2	1.18

Tabla 6.1: Propiedades de distintos polímeros.

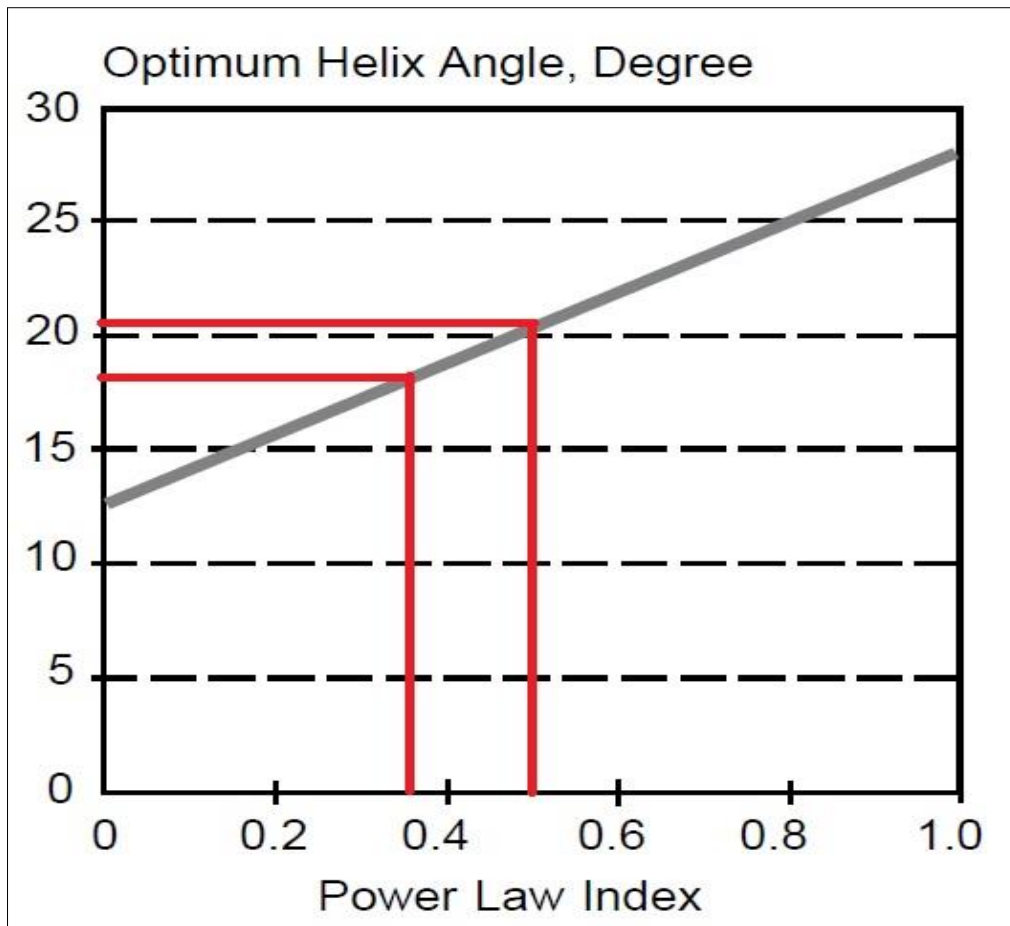


Figura 6.2: Ángulo de hélice óptimo en función del índice de comportamiento de flujo "n" para los polímeros empleados.

Se puede observar que tanto el polietileno de baja densidad (LDPE) como el polipropileno (PP) poseen índices similares. Por lo tanto, su ángulo de hélice óptimo será:

- ✓ $\theta_{LDPE} = 18^\circ$
- ✓ $\theta_{PP} = 18^\circ$

Mientras que el del polietileno de alta densidad (HDPE) será:

- ✓ $\theta_{HDPE} = 21^\circ$

6.2.3.5 Paso de la rosca (B)

El paso de la rosca es función del ángulo del filete y del diámetro del tornillo por medio de la siguiente fórmula:

$$B = \pi \cdot D_s \cdot \tan \theta$$

Por ende, para cada polímero será:

$$B_{LDPE} = \pi \cdot 60 \text{ mm} \cdot \tan 18^\circ$$

$$\checkmark B_{LDPE} = 61,25 \text{ mm}$$

$$B_{PP} = \pi \cdot 60 \text{ mm} \cdot \tan 18^\circ$$

$$\checkmark B_{PP} = 61,25 \text{ mm}$$

$$B_{HDPE} = \pi \cdot 60 \text{ mm} \cdot \tan 21^\circ$$

$$\checkmark B_{PP} = 72,36 \text{ mm}$$

6.2.3.6 Profundidad del canal en la zona de alimentación (h1)

De acuerdo al diseño del tornillo estándar esta profundidad es de 0,15-0,2 veces el diámetro del tornillo (Ds). Se empleó un factor de 0,16:

$$h1 = 0,16 \times D_s$$

$$h1 = 0,16 \times 60 \text{ mm}$$

$$\checkmark h1 = 9,6 \text{ mm}$$

6.2.3.7 Relación de compresión (i)

Antes de calcular la profundidad del canal en la zona de dosificación (h3) es necesario conocer los valores recomendados de la relación de compresión para los distintos polímeros (ver tabla 6.2). Siendo para estos casos:

$$\checkmark i_{LDPE} = 3,5$$

$$\checkmark i_{PP} = 3$$

$$\checkmark i_{HDPE} = 3$$

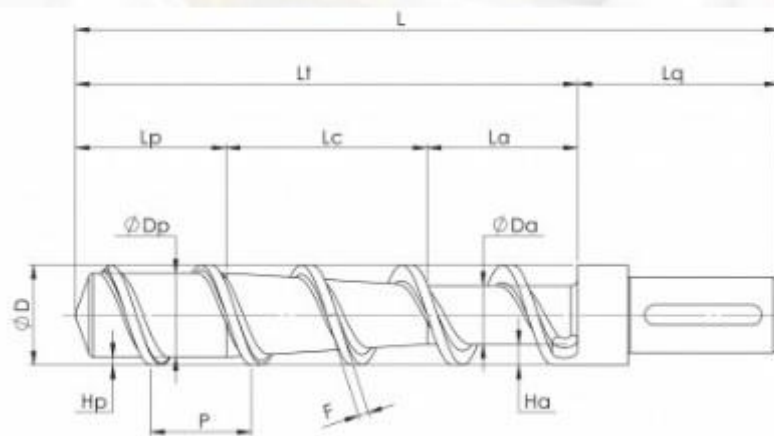
Material	Compression Rate
ABS	2.75:1
Nylon 6	3.9:1
Nylon 6,6	3.6:1
LDPE	3.5:1
LLDPE	Variable Pitch
HDPE	3.0:1
PMMA	1.8:1
PP	3.0:1
Flexible PVC	3.0:1
Rigid PVC	2.5:1
HIPS	2.5:1
PC	2.25:1
PET	3.25:1
PBT	2.5:1
Noryl®	2.1:1
Ultem®	2.1:1

Tabla 6.2: Relaciones de compresión típicas para distintos polímeros.

Para complementar dichos resultados se utilizó el calculador de relación de compresión del sitio web de la empresa francesa *Mecano Technique* (ver *Fuentes consultadas*), dedicada a la fabricación de partes de extrusoras, verificando que las relaciones de compresión son las correctas. Cargando los datos geométricos del tornillo de extrusión de LDPE se obtienen los resultados mostrados a continuación:

COMPRESSION RATIO CALCULATION

D = Barrel diameter	60
Da = input core diameter	40.8
Dp = output core diameter	55.2
	GO!
C/R = Compression ratio	3.5



LEGEND

- L total length
- L_t lead length L/D
- L_q drive shaft length
- L_a feeding zone length
- L_c transition zone length
- L_p metering zone length
- P flight pitch
- F flight width
- H_a feeding depth
- H_p metering depth

Figura 6.3: Relación de compresión del tornillo de LDPE.

Realizando los mismos pasos para el tornillo de PP y el de HDPE:

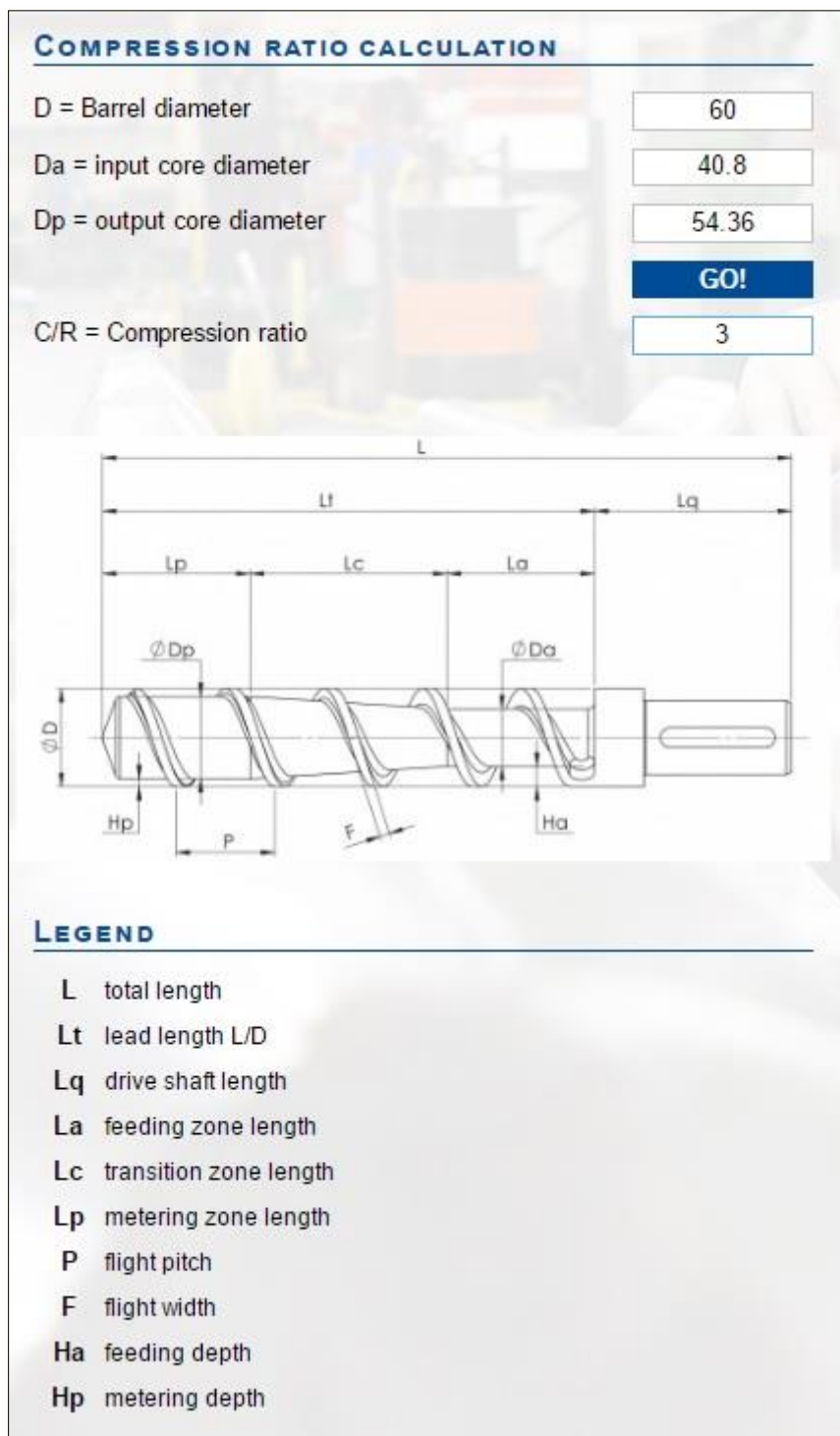


Figura 6.4: Relación de compresión del tornillo de HDPE y PP.

6.2.3.8 Profundidad del canal en la zona de dosificación (h3)

Para este cálculo se empleó la profundidad recomendada por la siguiente fórmula empírica:

$$h3 = 0,5 \cdot \left[Ds - \sqrt{Ds^2 - \frac{4h1}{i} \cdot (Ds - h1)} \right]$$

Por ende, para cada polímero será:

$$h3_{LDPE} = 0,5 \cdot \left[60 \text{ mm} - \sqrt{(60 \text{ mm})^2 - \frac{4 \cdot 9,6 \text{ mm}}{3,5} \cdot (60 \text{ mm} - 9,6 \text{ mm})} \right]$$

$$\checkmark h3_{LDPE} = 2,4 \text{ mm}$$

$$h3_{PP} = 0,5 \cdot \left[60 \text{ mm} - \sqrt{(60 \text{ mm})^2 - \frac{4 \cdot 9,6 \text{ mm}}{3} \cdot (60 \text{ mm} - 9,6 \text{ mm})} \right]$$

$$\checkmark h3_{PP} = 2,82 \text{ mm}$$

$$h3_{HDPE} = 0,5 \cdot \left[60 \text{ mm} - \sqrt{(60 \text{ mm})^2 - \frac{4 \cdot 9,6 \text{ mm}}{3} \cdot (60 \text{ mm} - 9,6 \text{ mm})} \right]$$

$$\checkmark h3_{HDPE} = 2,82 \text{ mm}$$

6.2.3.9 Profundidad del canal en la zona de fusión-compresión (h2)

Debido a que existe una transición entre la profundidad del canal en la zona de alimentación y en la de dosificación, la profundidad del canal en la zona de fusión-compresión es variable. No obstante, a fines prácticos para los cálculos se utilizará una profundidad promedio entre la de alimentación y dosificación.

$$h2 = \frac{h1 + h3}{2}$$

Por lo tanto, para cada polímero será:

$$h2_{LDPE} = \frac{9,6 \text{ mm} + 2,4 \text{ mm}}{2}$$

$$\checkmark h2_{LDPE} = 6 \text{ mm}$$

$$h2_{PP} = \frac{9,6 \text{ mm} + 2,82 \text{ mm}}{2}$$

$$\checkmark h2_{PP} = 6,21 \text{ mm}$$

$$h2_{HDPE} = \frac{9,6 \text{ mm} + 2,82 \text{ mm}}{2}$$

$$\checkmark h2_{HDPE} = 6,21 \text{ mm}$$

6.2.3.10 Diámetros de los núcleos del tornillo (D1 – D3)

Conociendo las profundidades del canal en la zona de alimentación $h1$ y la de la zona de dosificación $h3$, se pueden obtener los respectivos diámetros del núcleo del tornillo, que designaremos como $D1$ y $D3$ respectivamente:

$$D1 = Ds - (2 \cdot h1)$$

$$D1 = 60 \text{ mm} - (2 \cdot 9,6 \text{ mm})$$

$$\checkmark D1 = 40,8 \text{ mm}$$

Debido a que $h1$ no varía para cada polímero, esta medida será común para todos los tornillos empleados en esta máquina. En cambio, al variar $h3$ existirá un $D3$ para cada polímero:

$$D3 = D_s - (2 \cdot h_3)$$

$$D3_{LDPE} = 60 \text{ mm} - (2 \cdot 2,4 \text{ mm})$$

$$\checkmark D3_{LDPE} = 55,2 \text{ mm}$$

$$D3_{PP} = 60 \text{ mm} - (2 \cdot 2,82 \text{ mm})$$

$$\checkmark D3_{PP} = 54,36 \text{ mm}$$

$$D3_{HDPE} = 60 \text{ mm} - (2 \cdot 2,82 \text{ mm})$$

$$\checkmark D3_{HDPE} = 54,36 \text{ mm}$$

6.2.3.11 Ancho del canal (W)

El ancho de canal se mide de forma perpendicular al ángulo del filete. Por lo tanto, se lo puede determinar mediante el paso de la rosca, el espesor del filete y el ángulo del mismo de la siguiente manera:

$$W = B \cdot \cos \theta - e$$

siendo para cada polímero:

$$W_{LDPE} = 61,25 \text{ mm} \cdot \cos 18^\circ - 6 \text{ mm}$$

$$\checkmark W_{LDPE} = 52,25 \text{ mm}$$

$$W_{PP} = 61,25 \text{ mm} \cdot \cos 18^\circ - 6 \text{ mm}$$

$$\checkmark W_{PP} = 52,25 \text{ mm}$$

$$W_{HDPE} = 72,36 \text{ mm} \cdot \cos 21^\circ - 6 \text{ mm}$$

$$\checkmark W_{HDPE} = 61,55 \text{ mm}$$

6.2.3.12 Ángulo de la zona cónica del tornillo (ω)

Este dato hace referencia al ángulo existente en el núcleo cónico de la zona de fusión-compresión y se obtiene de forma geométrica (ver figura 6.5).

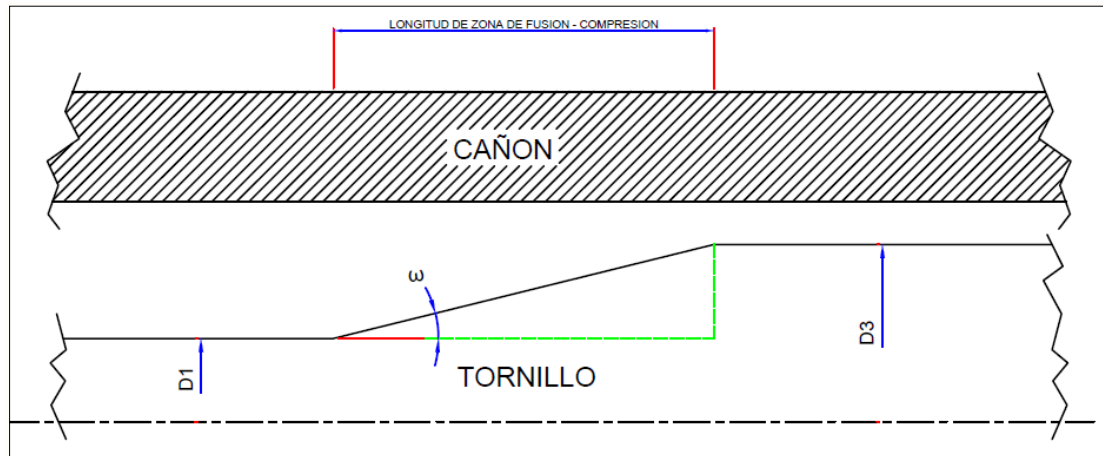


Figura 6.5: Vista esquemática en corte lateral de zona de fusión – compresión. Ángulo de conicidad.

Conociendo los diámetros de los núcleos se puede obtener la altura del triángulo rectángulo que se observa en la figura, que se designará como R_{1-3} , y que variará en función de cada polímero:

$$R_{1-3} = \frac{D3 - D1}{2}$$

$$R_{1-3}(LDPE) = \frac{55,2 \text{ mm} - 40,8 \text{ mm}}{2}$$

$$\checkmark R_{1-3}(LDPE) = 7,2 \text{ mm}$$

$$R_{1-3}(PP) = \frac{54,36 \text{ mm} - 40,8 \text{ mm}}{2}$$

$$\checkmark R_{1-3}(PP) = 6,78 \text{ mm}$$

$$R_{1-3}(HDPE) = \frac{54,36 \text{ mm} - 40,8 \text{ mm}}{2}$$

$$\checkmark R_{1-3}(HDPE) = 6,78 \text{ mm}$$

Mediante estos radios y la longitud de la zona de fusión L2, se obtiene el ángulo de conicidad ω para cada tornillo.

$$\omega = \text{arc tg} \frac{R_{1-3}}{L2}$$

$$\omega_{LDPE} = \text{arc tg} \frac{R_{1-3 (LDPE)}}{L2}$$

$$\omega_{LDPE} = \text{arc tg} \frac{7,2 \text{ mm}}{600 \text{ mm}}$$

$$\checkmark \omega_{LDPE} = 0,687^\circ$$

$$\omega_{PP} = \text{arc tg} \frac{R_{1-3 (PP)}}{L2}$$

$$\omega_{PP} = \text{arc tg} \frac{6,78 \text{ mm}}{600 \text{ mm}}$$

$$\checkmark \omega_{PP} = 0,647^\circ$$

$$\omega_{HDPE} = \text{arc tg} \frac{R_{1-3 (HDPE)}}{L2}$$

$$\omega_{HDPE} = \text{arc tg} \frac{6,78 \text{ mm}}{600 \text{ mm}}$$

$$\checkmark \omega_{HDPE} = 0,647^\circ$$

6.2.3.13 Holgura radial entre tornillo y cañón (δ)

La holgura radial es el espacio existente entre el tope del filete del tornillo y el diámetro interno del cañón que lo alberga (D). Por ende:

$$D = D_s - 2 \cdot \delta$$

Remitiéndose al capítulo anterior, el mismo es del orden de 0.1-0.3% de “ D_s ”. Se escogió una relación de 0,2%:

$$\delta = 0,2 \cdot D_s$$

$$\delta = 0,2 \cdot 60 \text{ mm}$$

$$\checkmark \delta = 0,12 \text{ mm}$$

6.2.3.14 Largo del desagote de la rosca (ld)

Se denominará “desagote de rosca”, como la porción cilíndrica de material existente antes de que comience la rosca de la zona de transporte de sólidos y se la designará con la letra “ ld ”. Para su obtención se tomó la proporcionalidad aproximada de un tornillo existente para una máquina extrusora de la empresa *Plasgom*, ubicada en la ciudad de Rafaela. A través de una visita pautada previamente se permitió medir un tornillo de repuesto y se determinó que dicho largo de desagote es aproximadamente igual al diámetro externo del tornillo (D_s). Empleando dicha proporción:

$$ld \cong D_s$$

$$\checkmark ld = 60 \text{ mm}$$

6.2.3.15 Longitud de muñón de fijación (lm)

El muñón de fijación corresponde al elemento solidario del tornillo que lo fija a la máquina propiamente dicha por medio del manguito de la máquina extrusora, a través del cual se le imprime la rotación necesaria para su funcionamiento. Normalmente posee una ranura para fijar una chaveta. Del mismo modo que con el largo del desagote de la rosca, se tomó la proporcionalidad con un tornillo existente comparando la longitud del muñón con la longitud total del tornillo y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$lm = 11,2\% \cdot (L + ld)$$

$$lm = 11,2\% \cdot (1500 \text{ mm} + 60 \text{ mm})$$

$$\checkmark lm \cong 175 \text{ mm}$$

6.2.4 Características operativas del tornillo

Hasta aquí se definieron las dimensiones principales de los tornillos estándar para los distintos polímeros que se pretenden extruir. Resta dimensionar y verificar su muñón de transmisión, pero para ello será necesario definir las características operativas de la máquina, necesarias para determinar la potencia en el manguito de la extrusora las cuales, a su vez, dependerán de otras características geométricas de la máquina, como ser las dimensiones de la boquilla.

Las características operativas más importantes de la máquina se listan a continuación:

- Velocidad de giro del tornillo (N)
- Presión máxima desarrollada en el cañón (Pmax)
- Flujo de arrastre (Qd)
- Flujo de presión (Qp)
- Flujo de fuga (Ql)
- Flujo neto (Qn)
- Flujo de operación (Qop)
- Presión de operación (Pop)
- Temperatura de trabajo (Tt)

6.2.4.1 Datos de entrada

De todas las características listadas anteriormente, las únicas variables de entrada serán la velocidad de giro del tornillo (N) y la temperatura de trabajo (Tt). Esta última es controlada de forma automática. El resto de las variables dependerán en mayor o menor medida de estas dos.

Debido a que los distintos polímeros empleados (PP, HDPE, LDPE) arrojarán distintos resultados, se estableció una referencia común para los cálculos: los datos de entrada se ajustaron de modo que el caudal másico de salida a descarga libre (esto es, sin boquilla) para todos los casos sea de 100 kg/h.

Se puede observar en la figura 6.6 una curva empírica de la producción de las extrusoras de tornillo simple en función del diámetro del mismo. Se concluye de la observación que el diámetro optado de 60 mm (2,36") coincide con una producción de 100 kg/h (220 lb/h).

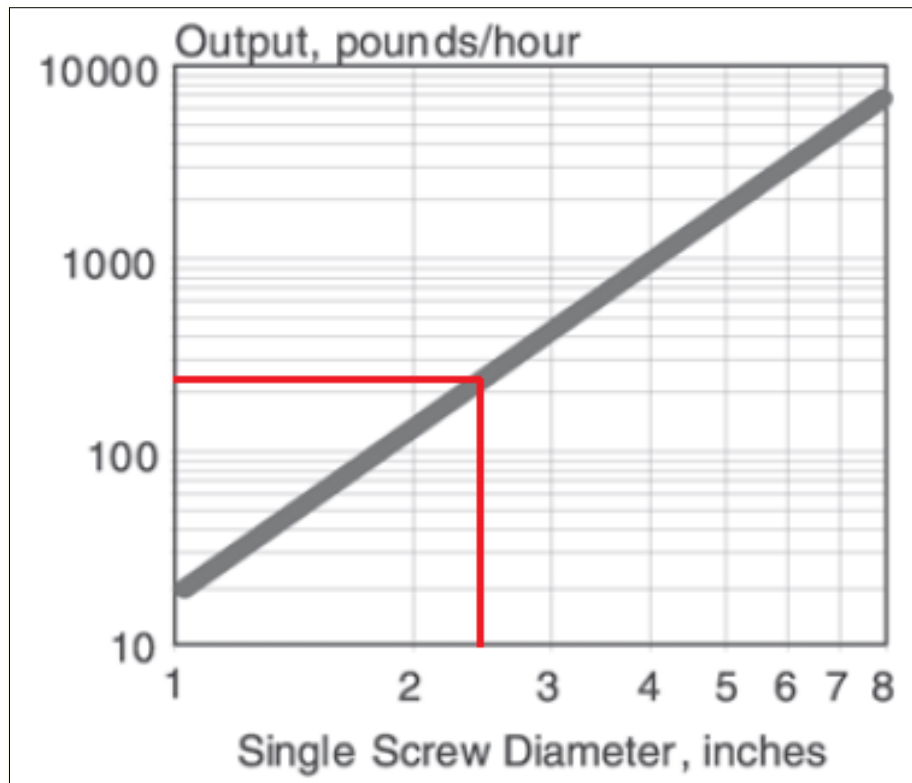


Figura 6.6: Producción en función del diámetro de tornillo.

Esta referencia de caudal másico se complementó por medio de una consulta telefónica realizada al personal de la empresa *PAS Extrusoras* de la provincia de Buenos Aires, en la que se describieron las dimensiones principales del tornillo, que son las que definen la producción de la máquina. Esto no quiere decir que sea la producción máxima de la máquina, debido a que la misma dependerá de las características operativas de la misma y del polímero empleado, no obstante, representa un punto de partida para realizar los cálculos.

6.2.4.2 Método de cálculo

Debido la cantidad de datos y variables que intervienen en los cálculos (remitirse al capítulo anterior), se optó por realizar un método iterativo de aproximación empleando una planilla de cálculo hecha en Excel, en la que varió la velocidad de giro hasta obtener 100 kg/h de producción a descarga libre (sin boquilla) para cada polímero, es decir, se ajustó la variable de entrada en función de la variable de salida. Para la misma se emplearon las fórmulas del capítulo 3.

6.2.4.3 Flujo de arrastre (Qd)

Las velocidades de tornillo obtenidas en revoluciones por minuto y por segundo para obtener la producción deseada se listan a continuación:

$$N_{PP} = 84 \text{ rpm} = 1,4 \text{ rps}$$

$$N_{HDPE} = 70,8 \text{ pm} = 1,18 \text{ rps}$$

$$N_{LDPE} = 80,5 \text{ pm} = 1,34 \text{ rps}$$

Una vez definidas las velocidades del tornillo para los distintos polímeros, y mediante las características geométricas del mismo, se puede definir el flujo de arrastre mediante el primer término de la fórmula 5.89 del capítulo anterior, como:

$$Qd = \frac{\pi}{2} \cdot Ds \cdot (\cos \theta) \cdot W \cdot h^2 \cdot Fd \cdot N$$

donde “Fd” es un factor de forma que (igual que el factor “Fp”) depende de la relación entre la profundidad del filete y el ancho del canal del tornillo (H/W). Para cada polímero esta relación es:

$$\frac{h_{2PP}^2}{W_{PP}} = \frac{6,21 \text{ mm}}{52,25 \text{ mm}} = 0,118$$

$$\frac{h_{2HDPE}^2}{W_{HDPE}} = \frac{6,21 \text{ mm}}{61,55 \text{ mm}} = 0,1$$

$$\frac{h_{2LDPE}^2}{W_{LDPE}} = \frac{6 \text{ mm}}{52,25 \text{ mm}} = 0,114$$

Remitiéndose a la figura 5.15 del capítulo anterior, se define un “Fd” y un “Fp” aproximado para todos los polímeros de:

$$Fd \cong 0,97$$

$$Fp \cong 0,97$$

Se puede calcular ahora el flujo de arrastre para cada caso:

$$Qd_{PP} = \frac{\pi}{2} \cdot 60 \text{ mm} \cdot (\cos 18^\circ) \cdot 52,25 \text{ mm} \cdot 6,21 \text{ mm} \cdot 0,97 \cdot 1,4 \text{ rps}$$

$$\checkmark Qd_{PP} = 39.496.18 \text{ mm}^3 / s = 39,5 \text{ cm}^3 / s$$

$$Qd_{HDPE} = \frac{\pi}{2} \cdot 60 \text{ mm} \cdot (\cos 21^\circ) \cdot 61,55 \text{ mm} \cdot 6,21 \text{ mm} \cdot 0,97 \cdot 1,18 \text{ rps}$$

$$\checkmark Qd_{HDPE} = 38.496.8 \text{ mm}^3 / s = 38,5 \text{ cm}^3 / s$$

$$Qd_{LDPE} = \frac{\pi}{2} \cdot 60 \text{ mm} \cdot (\cos 18^\circ) \cdot 52,25 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} \cdot 0,97 \cdot 1,34 \text{ rps}$$

$$\checkmark Qd_{LDPE} = 36.569.7 \text{ mm}^3 / s = 36,57 \text{ cm}^3 / s$$

Suponiendo una situación de descarga libre, es decir, sin boquilla en el extremo de la extrusora, la contrapresión ejercida es prácticamente nula, por lo que remitiéndose a la ecuación 5.78 del capítulo anterior, se deduce que:

$$Q = Qd - Qp$$

$$Qp = 0 \rightarrow Qd = Q$$

Esto quiere decir que el flujo neto de la extrusora será igual al flujo de arrastre. Bajo estas condiciones, al no existir una contrapresión, el flujo de fuga que se produce en la holgura radial también es prácticamente nulo.

Si se multiplican los flujos de arrastre anteriores por la densidad del estado fundido de cada polímero se puede observar que el caudal másico a descarga libre "Mo" producido es aproximadamente 100 kg/h para cada caso:

$$M_{OPP} = Qd_{PP} \times \rho_{PP}$$

$$M_{OPP} = 39,5 \frac{\text{cm}^3}{s} \times 0,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\checkmark M_{OPP} = 27,65 \frac{\text{g}}{s} \cong 100 \frac{\text{kg}}{h}$$

$$M_{o_{HDPE}} = Qd_{HDPE} \times \rho_{HDPE}$$

$$M_{o_{HDPE}} = 38,5 \frac{cm^3}{s} \times 0,72 \frac{g}{cm^3}$$

$$\checkmark M_{o_{HDPE}} = 27,72 \frac{g}{s} \cong 100 \frac{kg}{h}$$

$$M_{o_{LDPE}} = Qd_{LDPE} \times \rho_{LDPE}$$

$$M_{o_{LDPE}} = 36,57 \frac{cm^3}{s} \times 0,76 \frac{g}{cm^3}$$

$$\checkmark M_{o_{LDPE}} = 27,79 \frac{g}{s} \cong 100 \frac{kg}{h}$$

Resulta interesante notar que si bien el HDPE es más denso que el LDPE en estado sólido (950 kg/m³ y 920 kg/m³ respectivamente), en estado fundido ocurre lo contrario.

6.2.4.4 Presión máxima (Pmax)

Suponiendo la situación en que la salida de la máquina extrusora se encuentra completamente bloqueada (flujo neto anulado), la presión desarrollada será la máxima para las condiciones de funcionamiento establecidas. La misma puede despejarse mediante la igualdad entre el flujo de arrastre y el de presión de la siguiente forma:

$$Q = Qd - Qp$$

$$Q = 0 \rightarrow Qd = Qp$$

Retomando las ecuaciones 5.89 a 5.92 del capítulo anterior:

$$\frac{\pi}{2} \cdot Ds \cdot (\cos \theta) \cdot W \cdot h^2 \cdot Fd \cdot N = \frac{W \cdot h^2^3 \cdot Fp \cdot p}{12 \cdot L \cdot \mu}$$

Despejando "p" del término de la derecha podremos obtener la presión máxima desarrollada:

$$P_{max} = \frac{6 \cdot \pi \cdot D_s \cdot N \cdot L \cdot \mu \cdot \cos \theta}{h^2}$$

Se puede obtener así la presión máxima desarrollada para las condiciones mencionadas de cada polímero:

$$P_{max_{PP}} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ rps} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 90 \text{ Pa} \cdot \cos 18^\circ}{(0,0621 \text{ m})^2}$$

$$\checkmark P_{max_{PP}} = 52.921,14 \text{ Pa} \cong 54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_{max_{HDPE}} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 1,18 \text{ rps} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 80 \text{ Pa} \cdot \cos 21^\circ}{(0,0621 \text{ m})^2}$$

$$\checkmark P_{max_{HDPE}} = 38.920,29 \text{ Pa} \cong 39,71 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_{max_{LDPE}} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 1,34 \text{ rps} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 70 \text{ Pa} \cdot \cos 18^\circ}{(0,06 \text{ m})^2}$$

$$\checkmark P_{max_{LDPE}} = 42.259,44 \text{ Pa} \cong 43,12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

6.2.4.5 Esfuerzo axial máximo sobre el tornillo

Debido a la presión necesaria para hacer fluir el polímero a través de la boquilla de la extrusora, existirá una fuerza de reacción en sentido contrario que actuará sobre el tornillo en dirección a la alimentación. El esfuerzo axial máximo se obtiene multiplicando la presión máxima desarrollada por la sección transversal del tornillo:

$$F_{a_{max}} = P_{max} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_s^2}{4} \right)$$

$$F_{a_{max}} = 54 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot 36 \text{ cm}^2}{4} \right)$$

$$F_{a_{max}} \cong 1.540 \text{ kg} \cong 15.092 \text{ N}$$

6.2.4.6 Curva característica del extrusor

Se está en condiciones de definir la “curva característica del extrusor” (también llamada curva del tornillo) para cada polímero. La misma define la relación entre la presión estática y la velocidad de flujo en una máquina de extrusión con los parámetros operativos establecidos.

Empleando los flujos de arrastre a descarga libre y las presiones máximas (a descarga bloqueada) se definieron las siguientes curvas características (de la figura 6.7 a la figura 6.9).

Sobre las mismas se encontrarán los puntos de operación de la máquina, es decir las condiciones de operación donde se logra el máximo caudal de producción a un mínimo de presión para una boquilla determinada.

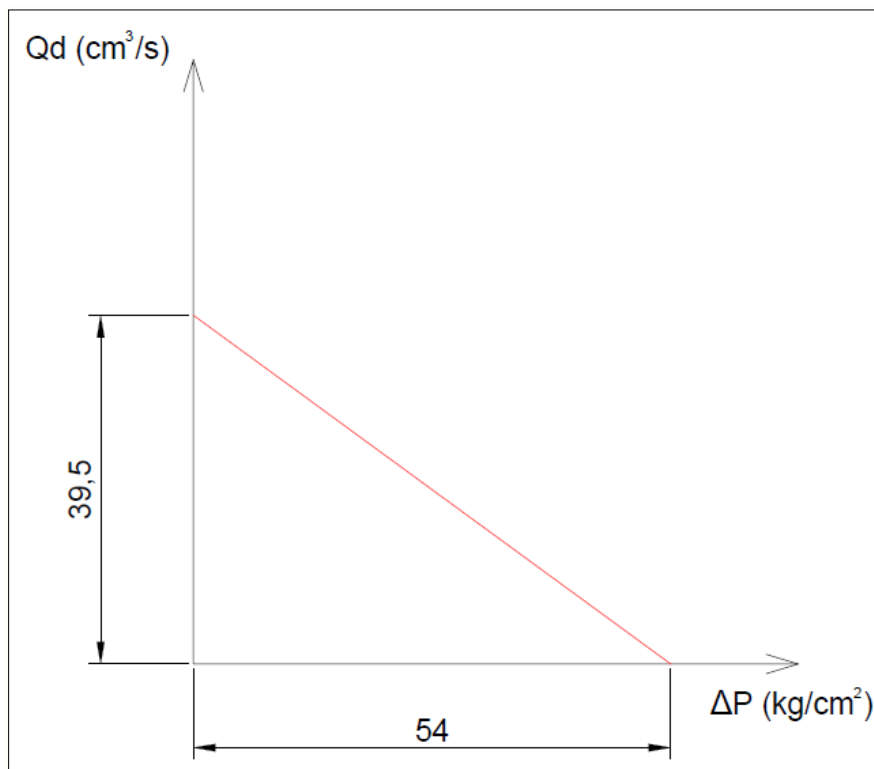


Figura 6.7: Curva característica de tornillo para polipropileno (PP).

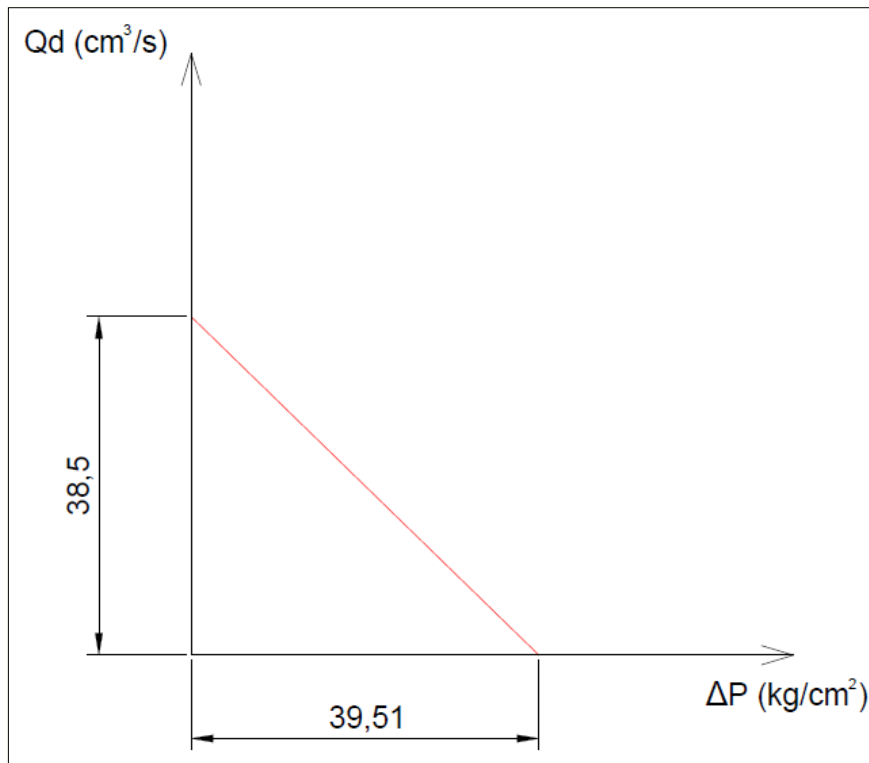


Figura 6.8: Curva característica de tornillo para polietileno de alta densidad (HDPE).

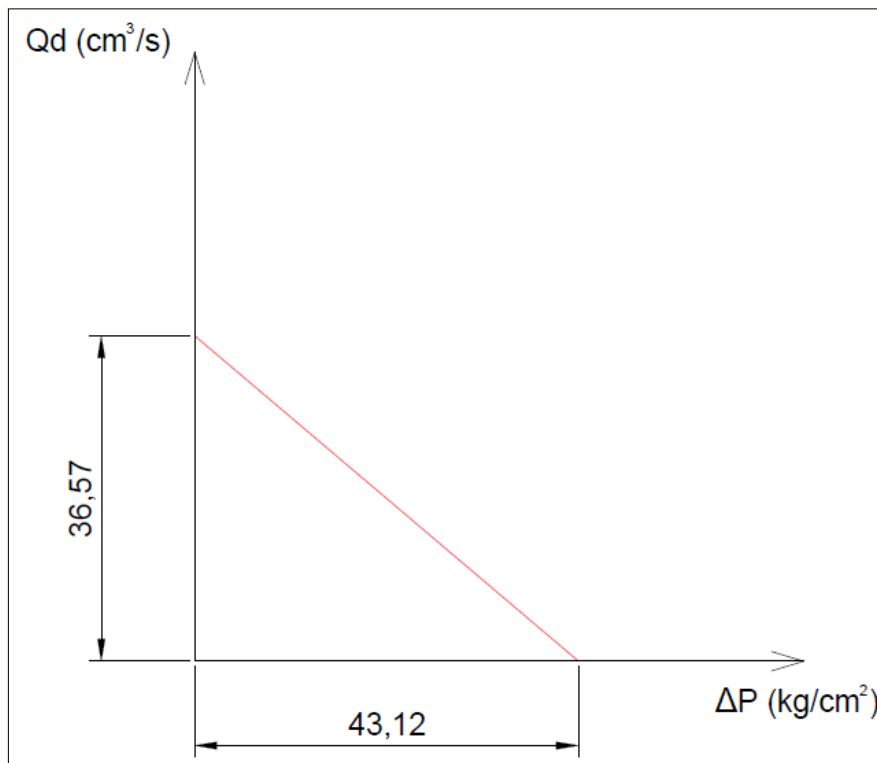


Figura 6.9: Curva característica de tornillo para polietileno de baja densidad (LDPE).

6.3 Boquilla o dado

Con un dado o boquilla en la máquina y el proceso de extrusión en operación, los valores actuales del caudal neto “Q” y de presión “p” se localizarán en algún lugar entre los valores extremos definidos por las curvas anteriores. La localización está determinada por las características del dado. La velocidad de flujo a través del dado dependerá del tamaño y la forma de la abertura, y de la presión aplicada para forzar la fusión a través del mismo.

El flujo a través del dado se determina mediante la fórmula 5.93 del capítulo anterior como:

$$Q_b = \frac{K \cdot \Delta p_b}{\mu}$$

Donde “K” es el factor de forma global para el dado, el cual es la sumatoria inversa de los sub factores de forma para los distintas partes del mismo.

La relación entre “Q_b” y “p” define la “curva característica del dado”. Ésta se dibuja generalmente como una línea recta de pendiente ascendente, que al cortar la curva característica del tornillo define el “punto de operación” para el proceso de extrusión.

Para los cálculos se diseñó la boquilla, que se ilustra en la figura 6.10, empleada para la producción de barras o filamentos.

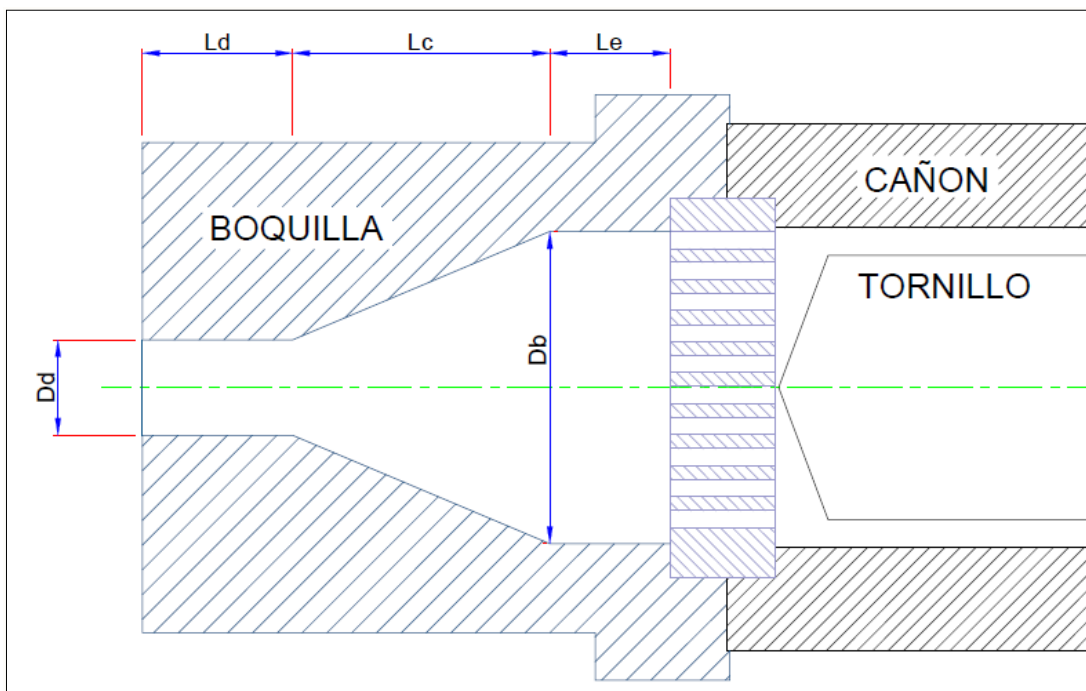


Figura 6.10: Representación esquemática de una boquilla para la fabricación de barras o filamentos.

Las dimensiones principales son comunes para todos los polímeros y se listan a continuación:

- Longitud de entrada (L_e) = 20 mm
- Diámetro de entrada (D_b) = 60 mm
- Longitud de zona cónica (L_c) = 46 mm
- Diámetro de salida (D_d) = 5 mm
- Longitud de salida (L_d) = 60 mm

Mediante estos datos se pueden calcular los sub factores de forma que se denominarán K_1 para la región cilíndrica a la entrada de la boquilla, K_2 para la constante de la región cónica, y K_3 para la región cilíndrica a la salida de la boquilla. Remitiéndose a la figura 5.22 del capítulo anterior, se obtiene:

$$K_1 (\text{cilindro}) = \frac{\pi \cdot \left(\frac{D_b}{2}\right)^4}{8 \cdot L_e}$$

$$K_1 (\text{cilindro}) = \frac{\pi \cdot \left(\frac{60 \text{ mm}}{2}\right)^4}{8 \cdot 20 \text{ mm}}$$

$$K_1 (\text{cilindro}) = 15.904,31 \text{ mm}^3$$

$$K_2 (\text{zona cónica}) = \frac{\pi \cdot \left(\frac{D_b}{2}\right)^4}{8 \cdot L_c} \cdot \frac{3 \cdot \left(\frac{\frac{D_d}{2}}{\frac{D_b}{2}} - 1\right)}{1 - \left(\frac{\frac{D_d}{2}}{\frac{D_b}{2}}\right)^3}$$

$$K_2 (\text{zona cónica}) = \frac{\pi \cdot \left(\frac{60 \text{ mm}}{2}\right)^4}{8 \cdot 46 \text{ mm}} \cdot \frac{3 \cdot \left(\frac{\frac{5 \text{ mm}}{2}}{\frac{60 \text{ mm}}{2}} - 1\right)}{1 - \left(\frac{\frac{5 \text{ mm}}{2}}{\frac{60 \text{ mm}}{2}}\right)^3}$$

$$K_2 (\text{zona cónica}) = 11,01 \text{ mm}^3$$

$$K3 (\text{cilindro}) = \frac{\pi \cdot \left(\frac{Dd}{2}\right)^4}{8 \cdot Ld}$$

$$K3 (\text{cilindro}) = \frac{\pi \cdot \left(\frac{5 \text{ mm}}{2}\right)^4}{8 \cdot 60 \text{ mm}}$$

$$K3 (\text{cilindro}) = 0,26 \text{ mm}^3$$

Una vez determinada los sub factores de forma, se define el factor global “K” de la siguiente manera:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K1} + \frac{1}{K2} + \frac{1}{K3}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{15.904,31 \text{ mm}^3} + \frac{1}{11,01 \text{ mm}^3} + \frac{1}{0,26 \text{ mm}^3}}$$

$$\checkmark K = 0,25 \text{ mm}^3 = 0,00025 \text{ cm}^3 = 0,00000000025 \text{ m}^3$$

6.4 Punto de operación de la extrusora

El cociente entre el factor de forma global de la boquilla “K” y la viscosidad del fluido “μ” definen la pendiente de la curva característica de la boquilla. El punto de operación de la extrusora está definido por los valores de “Q” y “p”, en las cuales se intersecan las características del tornillo con las características del dado.

Las características del tornillo se pueden expresar en la ecuación de una línea recta entre el caudal máximo (Qd) y la presión máxima (Pmax), como:

$$Q = Qd - \frac{Qd}{Pmax} \cdot p$$

Para cada polímero esta ecuación será:

$$Q_{PP} = 39,5 \frac{cm^3}{s} - 0,73 \frac{cm^5}{s.kg} \cdot p$$

$$Q_{HDPE} = 38,5 \frac{cm^3}{s} - 0,97 \frac{cm^5}{s.kg} \cdot p$$

$$Q_{LDPE} = 36,57 \frac{cm^3}{s} - 0,85 \frac{cm^5}{s.kg} \cdot p$$

Debido a que la viscosidad varía para cada polímero, la curva característica del dado también será distinta para cada caso. Realizando el cociente entre “K” y “μ” se obtiene:

$$Q_{PP} = 0,2722 \frac{cm^5}{s.kg} \cdot p$$

$$Q_{HDPE} = 0,30625 \frac{cm^5}{s.kg} \cdot p$$

$$Q_{LDPE} = 0,35 \frac{cm^5}{s.kg} \cdot p$$

Igualando estas ecuaciones correspondientes se despeja y obtiene la presión de operación “Pop” y el flujo de operación “Qop” de la máquina para las condiciones de funcionamiento empleadas:

$$✓ Pop_{PP} = 3.857.291 Pa \cong 39,36 \frac{kg}{cm^2}$$

$$✓ Pop_{HDPE} = 2.958.012 Pa \cong 30,18 \frac{kg}{cm^2}$$

$$✓ Pop_{LDPE} = 2.991.868 Pa \cong 30,53 \frac{kg}{cm^2}$$

Aplicando estos resultados a cualquiera de las ecuaciones de flujo anteriores se obtiene:

$$✓ Qop_{PP} = 10,71 \frac{cm^3}{s}$$

$$\checkmark Q_{opHDPE} = 9,24 \frac{cm^3}{s}$$

$$\checkmark Q_{opLDPE} = 10,68 \frac{cm^3}{s}$$

A continuación, se observan las intersecciones entre las curvas de tornillo (descendente) y de boquilla (ascendente) que definen el punto de operación de la extrusora para los distintos casos (de la figura 6.11 a figura 6.13):

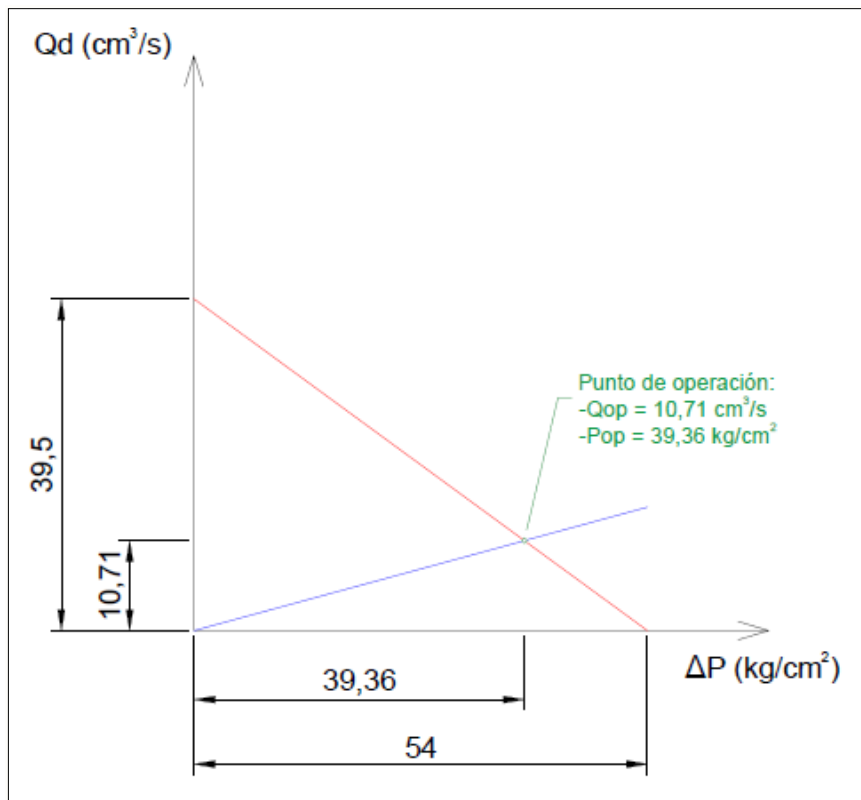


Figura 6.11: Punto de operación para extrusora de polipropileno (PP).

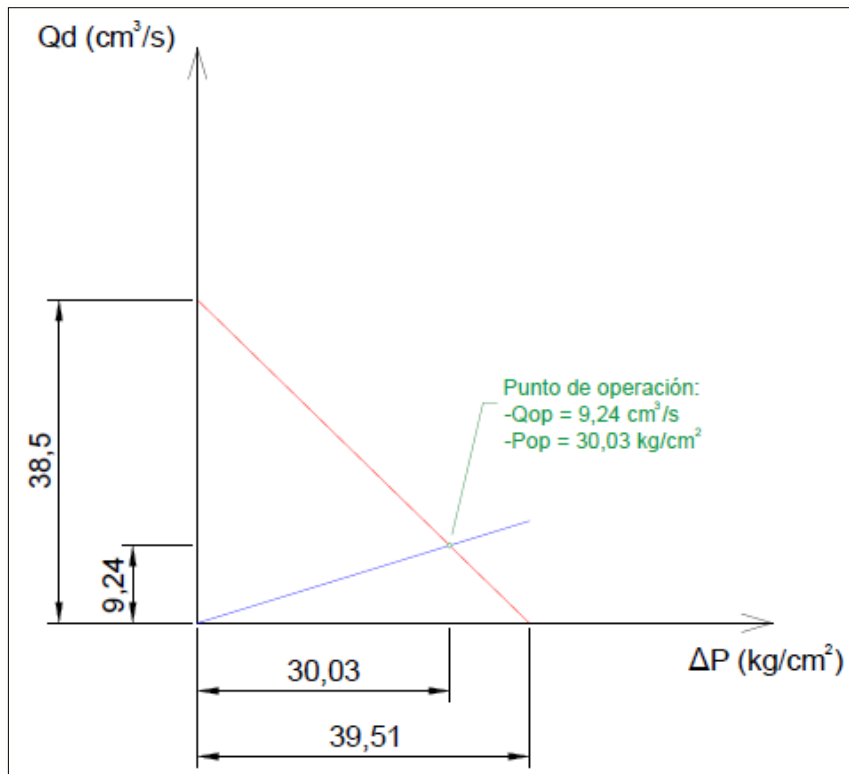


Figura 6.12: Punto de operación para extrusora de polietileno de alta densidad (HDPE).

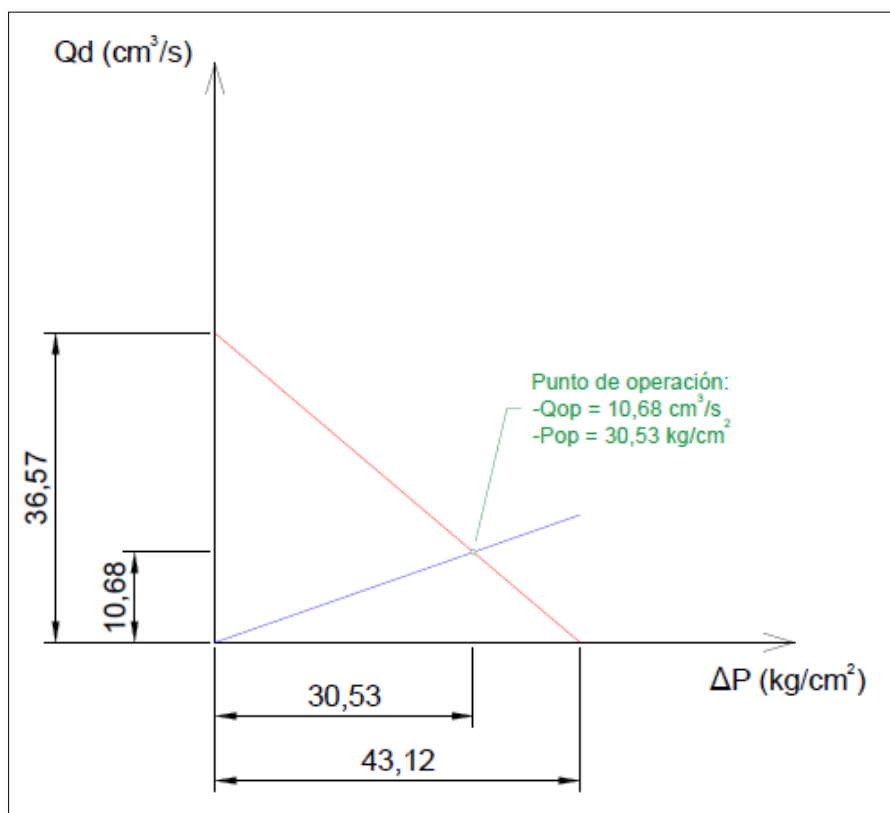


Figura 6.13: Punto de operación para extrusora de polietileno de alta densidad (LDPE).

6.4.1 Flujo de boquilla

Si bien el flujo total saliente de la boquilla es aproximadamente igual al flujo de operación de la extrusora, conceptualmente resulta erróneo considerarlo el mismo. Esto se debe a que, como se observa en la figura 5.16 del capítulo anterior, la presión cae a lo largo de la boquilla hasta llegar a la presión atmosférica, por lo que aplicando la fórmula 5.93, y expresando a ΔP_b como:

$$\Delta P_b = P_{op} - P_{atm}$$

el flujo de boquilla para cada polímero resulta:

$$Q_{b_{PP}} = 10,43 \frac{cm^3}{s}$$

$$Q_{b_{HDPE}} = 8,92 \frac{cm^3}{s}$$

$$Q_{b_{LDPE}} = 10,32 \frac{cm^3}{s}$$

Por lo tanto, multiplicando por la densidad del fundido, los caudales máxicos producidos para las condiciones de funcionamiento mencionadas son:

$$M_{b_{PP}} = 26,28 \frac{kg}{h}$$

$$M_{b_{HDPE}} = 23,13 \frac{kg}{h}$$

$$M_{b_{LDPE}} = 28,23 \frac{kg}{h}$$

6.4.2 Potencia del eje

Una vez definidas las características geométricas y operativas de la máquina, se está en condiciones de definir la potencia en el eje para seleccionar el motor adecuado. Remitiéndose a la ecuación 5.88 del capítulo anterior:

$$P_s = \frac{\mu \cdot \pi^2 \cdot N^2 \cdot D^2}{H \cdot \text{sen } \bar{\theta}} \cdot W \cdot L \cdot \left[1 - 3 \cdot \left(\frac{Q}{Q_d} - 1 \right) \cdot \cos^2 \theta \right]$$

Considerando la situación de descarga libre, la relación entre el flujo neto “Q” y el flujo de arrastre “Qd” resulta igual a la unidad, por lo que el término que se encuentra entre corchetes se desprecia, y la potencia para cada caso resulta:

$$P_{S_{PP}} (\text{desc. libre}) = \frac{90 (\text{Pa} \cdot \text{s}) \cdot \pi^2 \cdot 8,8^2 \left(\frac{1}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,06^2 (\text{m}^2)}{0,00621 (\text{m}) \cdot \text{sen } 18^\circ} \cdot 0,0522 (\text{m}) \cdot 1,5 (\text{m})$$

$$\checkmark P_{S_{PP}} (\text{desc. libre}) = 10.190 \text{ W} = 10,19 \text{ kW} = 13,66 \text{ CV}$$

$$P_{S_{HDPE}} (\text{desc. libre}) = \frac{80 (\text{Pa} \cdot \text{s}) \cdot \pi^2 \cdot 7,41^2 \left(\frac{1}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,06^2 (\text{m}^2)}{0,00621 (\text{m}) \cdot \text{sen } 21^\circ} \cdot 0,0615 (\text{m}) \cdot 1,5 (\text{m})$$

$$\checkmark P_{S_{HDPE}} (\text{desc. libre}) = 6.530 \text{ W} = 6,53 \text{ kW} = 8,76 \text{ CV}$$

$$P_{S_{LDPE}} (\text{desc. libre}) = \frac{70 (\text{Pa} \cdot \text{s}) \cdot \pi^2 \cdot 8,43^2 \left(\frac{1}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,06^2 (\text{m}^2)}{0,006 (\text{m}) \cdot \text{sen } 18^\circ} \cdot 0,0522 (\text{m}) \cdot 1,5 (\text{m})$$

$$\checkmark P_{S_{LDPE}} (\text{desc. libre}) = 7.530 \text{ W} = 7,53 \text{ kW} = 10,10 \text{ CV}$$

A continuación, se muestran los cálculos hechos para una situación de restricción producida por la boquilla. En este caso no se podrá ignorar el término con corchetes de la ecuación debido a la diferencia entre el flujo neto y el de arrastre. Para cada caso la potencia resulta:

$$P_{SPP} = \frac{90 \text{ (Pa.s)} \cdot \pi^2 \cdot 8,8^2 \left(\frac{1}{s^2}\right) \cdot 0,06^2 \text{ (m}^2\text{)}}{0,00621 \text{ (m)} \cdot \text{sen } 18^\circ} \cdot 0,0522 \text{ (m)} \cdot 1,5 \text{ (m)} \cdot \left[1 - 3 \cdot \left(\frac{10,71}{39,5} - 1\right) \cdot \text{cos}^2 18^\circ\right]$$

$$\checkmark P_{SPP} \text{ (c/boquilla)} = 30.330 \text{ W} = 30,33 \text{ kW} = 40,68 \text{ CV}$$

$$P_{SHDPE} = \frac{80 \text{ (Pa.s)} \cdot \pi^2 \cdot 7,41^2 \left(\frac{1}{s^2}\right) \cdot 0,06^2 \text{ (m}^2\text{)}}{0,00621 \text{ (m)} \cdot \text{sen } 21^\circ} \cdot 0,0615 \text{ (m)} \cdot 1,5 \text{ (m)} \cdot \left[1 - 3 \cdot \left(\frac{9,24}{38,5} - 1\right) \cdot \text{cos}^2 21^\circ\right]$$

$$\checkmark P_{SHDPE} \text{ (c/boquilla)} = 19.520 \text{ W} = 19,52 \text{ kW} = 26,17 \text{ CV}$$

$$P_{SLDPE} = \frac{70 \text{ (Pa.s)} \cdot \pi^2 \cdot 8,43^2 \left(\frac{1}{s^2}\right) \cdot 0,06^2 \text{ (m}^2\text{)}}{0,006 \text{ (m)} \cdot \text{sen } 18^\circ} \cdot 0,0522 \text{ (m)} \cdot 1,5 \text{ (m)} \cdot \left[1 - 3 \cdot \left(\frac{10,68}{36,57} - 1\right) \cdot \text{cos}^2 18^\circ\right]$$

$$\checkmark P_{SLDPE} \text{ (c/boquilla)} = 22.000 \text{ W} = 22 \text{ kW} = 29,50 \text{ CV}$$

Como es de esperar, la restricción provocada por la boquilla produce un incremento en la potencia requerida. Se debe notar que para realizar los cálculos anteriores se empleó una boquilla cuya abertura es estrecha, sólo 5 mm de diámetro. En aquellos casos en que la abertura sea mayor esta potencia disminuirá considerablemente.

Como conclusión, se optó por emplear una potencia de salida de eje de 50 CV en el reductor principal para ponerse a cubierto de cualquier imprevisto que pueda provocar un incremento en la potencia.

6.4.3 Momento torsor del tornillo

El momento torsor será función de la potencia y las revoluciones del tornillo según la siguiente fórmula:

$$Mt \text{ (kg.cm)} = 71.620 \frac{\text{Potencia (HP)}}{N \text{ (rpm)}}$$

A continuación, se mostrará el momento torsor necesario para la producción de cada tipo de polímero:

$$Mt_{PP} = 71.620 \frac{40,68 \text{ HP}}{84 \text{ rpm}}$$

$$\checkmark Mt_{PP} = 34.684,5 \text{ kg.cm}$$

$$Mt_{HDPE} = 71.620 \frac{26,17 \text{ HP}}{70,8 \text{ rpm}}$$

$$\checkmark Mt_{HDPE} = 26.473,1 \text{ kg.cm}$$

$$Mt_{LDPE} = 71.620 \frac{29,5 \text{ HP}}{80,5 \text{ rpm}}$$

$$\checkmark Mt_{LDPE} = 26.245,83 \text{ kg.cm}$$

Se observa que el mayor grado de sollicitación a la torsión ocurre en la extrusión del polipropileno.

6.4.4 Momento flector del tornillo

Se puede interpretar al tornillo como una barra en voladizo apoyada en un extremo. Para el cálculo de su peso de la sección en voladizo, se realizó un dibujo del tornillo empleado para PP mediante SolidWorks y se empleó el analizador de propiedades físicas que posee el programa. Los resultados se muestran en la figura 6.14.

Debido a que la única característica geométrica cuya variación es notable entre los tornillos de los distintos polímeros es el ángulo del filete para el caso del HDPE, el peso

de los mismos será prácticamente similar. Es por ello que para simplificar los cálculos se empleó el peso calculado para el tornillo de PP.

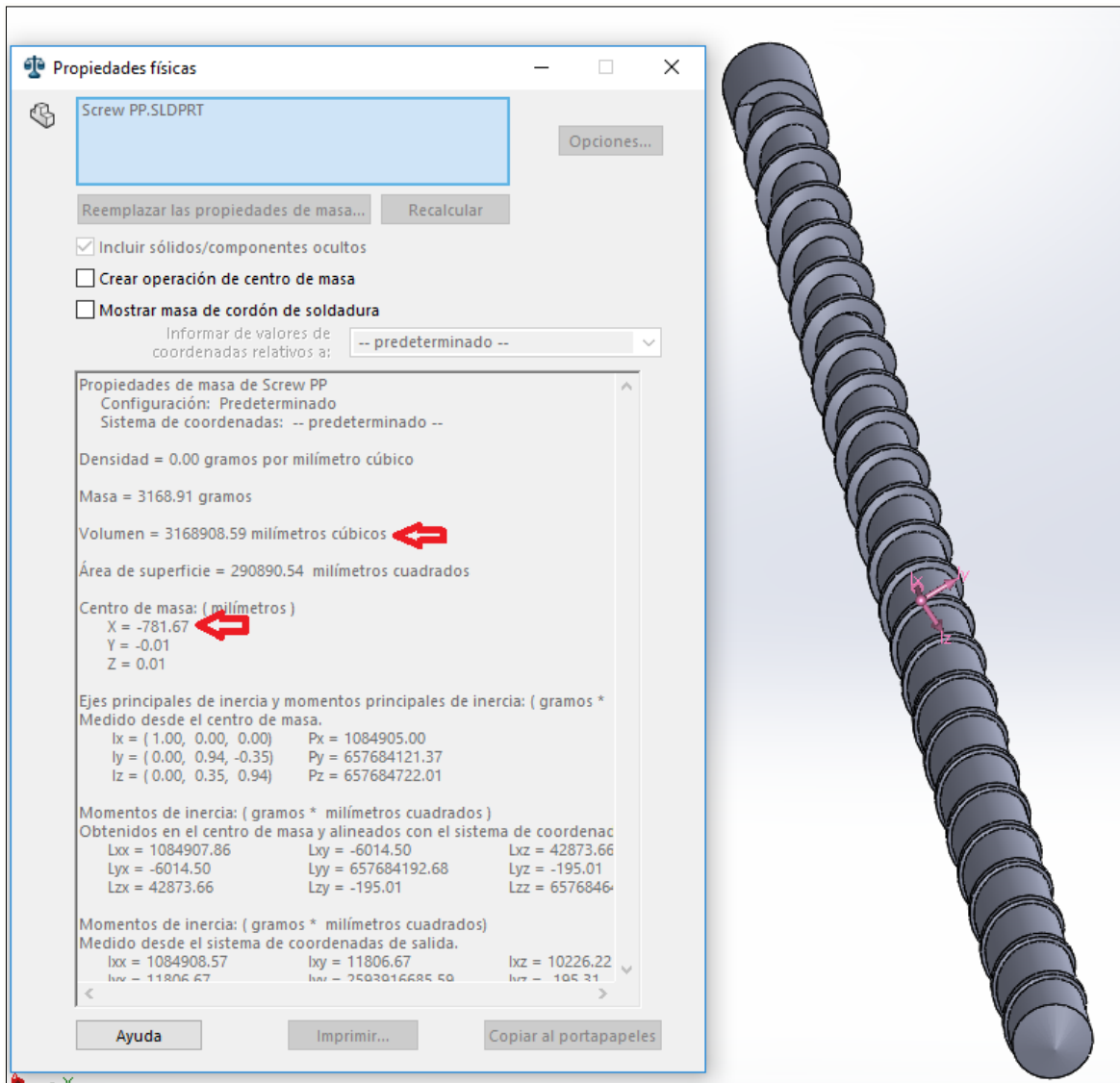


Figura 6.14: Resultados del analizador de propiedades físicas para un tornillo destinado a la extrusión de PP.

Debido a que:

$$\text{Peso} = \delta (\text{peso específico}) \times V (\text{volumen})$$

Y considerando un tornillo de acero ($\delta = 7.850 \text{ kg/m}^3$) se obtiene:

$$P (kg) = 7.850 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,003168909 m^3$$

$$\checkmark P \cong 25 kg$$

Sabiendo la distancia al centro de masa, se puede calcular el momento flector provocado por el peso del tornillo:

$$Mf (kg.cm) = P (peso) \times X (\text{distancia al centro de masa})$$

$$Mf = 25 kg \cdot 78,2 cm$$

$$\checkmark Mf = 1.955 kg.cm$$

6.4.5 Material del tornillo

A la hora de seleccionar el material para el tornillo se deben tener en cuenta las condiciones de operación del mismo y los factores químicos y mecánicos que afectaran la pieza, ya que la misma estará sometida a un ambiente agresivo dado los elementos corrosivos además de las sollicitaciones mecánicas.

Analizando diferentes opciones se optó por emplear acero 4140 el cual ofrece una serie de ventajas teniendo en cuenta las condiciones, además de ser un acero común utilizado en muchos elementos de máquinas. Sus elementos de aleación incluyen el Cromo (0,4-1,2 %) y Molibdeno (0,08-0,25 %).

El acero 4140 posee alta templabilidad en aceite. Su alto contenido de Cromo le proporciona buenos valores de dureza además de un excelente comportamiento a la corrosión. El Molibdeno ofrece igualmente valores favorables de resistencia, haciéndolo esencialmente útil en el formado de este tipo de partes. Por sus propias características responde a todos los tratamientos térmicos y es de muy fácil maquinabilidad aún después de ser tratado. Resiste temperaturas de más de 540°C sin perder ninguna de sus cualidades. Dicho tornillo será sometido a un tratamiento de nitrurado para proteger su superficie de la corrosión.

6.4.6 Verificación del núcleo del tornillo

Hasta este punto se definieron las condiciones operativas y el material del tornillo. Por ende se deberá verificar si el mismo soporta las sollicitaciones presentadas.

La zona crítica del tornillo donde se presume se concentrará la mayor tensión, será en la sección conformada entre el desagote de la rosca, y el comienzo del tornillo (ver figura 6.15). Esto se debe principalmente a la sección pequeña que posee el núcleo del tornillo en el inicio (zona de alimentación) a comparación con el resto de las secciones del mismo.

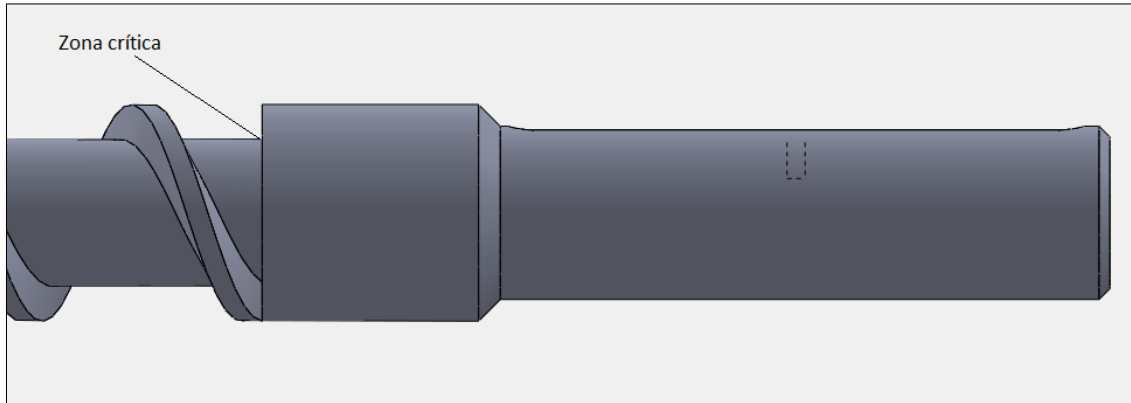


Figura 6.15: Zona crítica del tornillo.

Las tensiones de fluencia y fatiga para el acero 4140 seleccionado se muestran respectivamente a continuación:

$$\sigma_{fl} = 10.900 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_l = 6.600 \frac{kg}{cm^2}$$

Ésta última tensión no se considerará debido a que durante el régimen de extrusión, el efecto de flexión provocada por el peso del tornillo desaparecerá, por lo que el mismo no estará sometido a fatiga, solamente a torsión simple.

Para la verificación se empleará la hipótesis de Von Mises, que establece lo siguiente:

$$\sigma_{actuante} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

Donde " σ " representa los esfuerzos normales máximos y " τ " los tangenciales máximos. Como se mencionó anteriormente, los esfuerzos normales se desprecian, por lo que se trabajará solo con los tangenciales. Esta tensión actuante deberá ser menor al valor admisible por la pieza. Continuando con los cálculos, las tensiones tangenciales máximas se obtienen mediante el momento torsor máximo y el módulo resistente polar:

$$\tau_{max} = \frac{Mt_{max}}{W_p}$$

Donde “ W_p ” es el módulo resistente polar a la torsión, que para el núcleo del tornillo resulta:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot 40,8^3}{16}$$

$$W_p = 13.335 \text{ mm}^3 = 13,34 \text{ cm}^3$$

Y las tensiones tangenciales máximas:

$$\tau_{max} = \frac{34.684,5 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{13,34 \text{ cm}^3}$$

$$\tau_{max} = 2.600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Ahora resta definir la tensión máxima actuante mediante la hipótesis de Von Mises. Reemplazando los valores de la misma y considerando que las tensiones normales no se tienen en cuenta, se obtiene:

$$\sigma_{actuante} = 4.503,3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se tiene que cumplir que:

$$\sigma_{actuante} \leq \sigma_{admisible}$$

A su vez:

$$\sigma_{admisible} = C \cdot \sigma_{fl}$$

Donde “ σ_{fl} ” es la tensión de fluencia del material y “ C ” un coeficiente de seguridad menor a 1.

Por seguridad se asumirá un coeficiente de seguridad de:

$$C = 0,44$$

Por ende, el valor de la tensión admisible a la torsión será:

$$\sigma_{adm} = 10.900 \frac{kg}{cm^2} \cdot 0,44$$

$$\sigma_{adm} = 4.796 \frac{kg}{cm^2}$$

Dicho valor admisible resulta mayor a la tensión actuante, por lo cual verifica correctamente.

Debido al grado de incertidumbre de los cálculos anteriores, en cuanto a asunciones de coeficientes de seguridad, se realizará una simulación complementaria a través de Solid Works, sobre la porción aislada donde se presume se concentrarán las mayores tensiones, y sin considerar el filete. En la misma, se fijará el desagote del tornillo y se aplicará el momento torsor máximo de 34.684,5 kg.cm (o 3.400 N.m) correspondientes al régimen de extrusión de polipropileno, en el núcleo del tornillo, además se realizará un control de mallado en la misma zona. Los resultados para tensiones de Von Mises se observan en la figura 6.16:

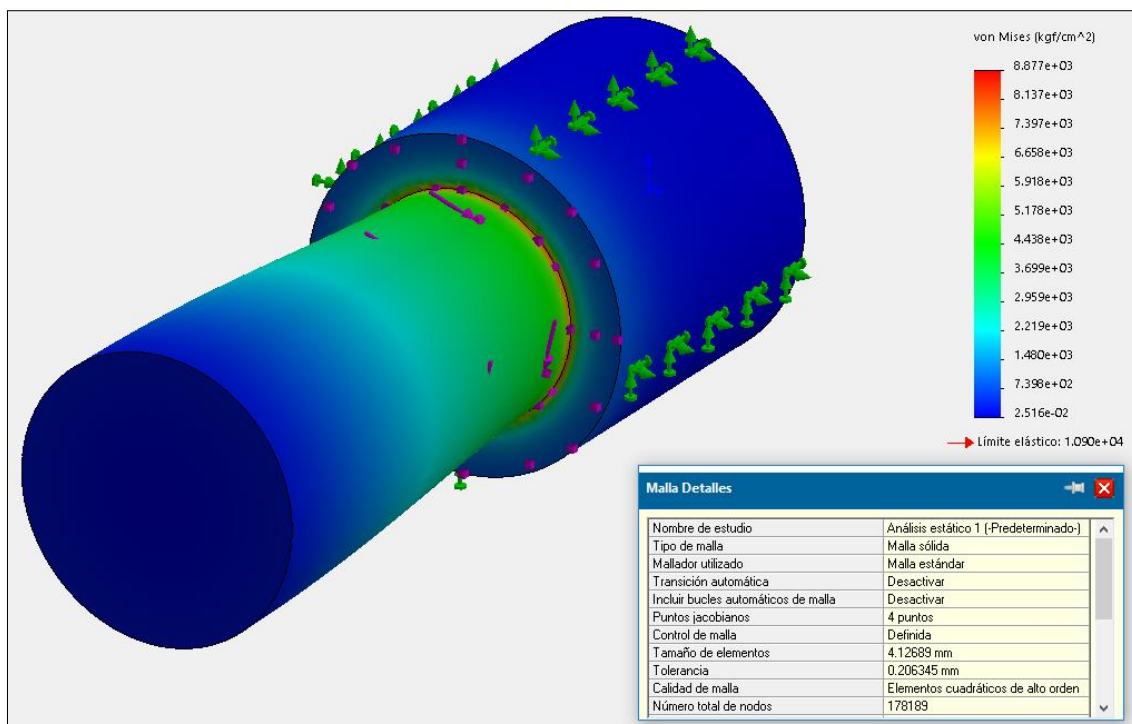


Figura 6.16: Resultados de la simulación por elementos finitos.

Del resultado de la simulación se concluye que dicha sección soportará las solicitaciones de torsión generadas durante la extrusión de polipropileno (caso más desfavorable).

Cabe señalar que el filete del tornillo en el núcleo será positivo a los efectos de soportar mayores tensiones que las calculadas y simuladas anteriormente. Es por ello que se realizará además un dimensionamiento y análisis del muñón del tornillo para ver si el mismo soportará las solicitaciones planteadas.

6.5 Cálculo y evaluación del muñón

Mediante los datos de sollicitación del tornillo obtenidos anteriormente, se está en condiciones de calcular y verificar el muñón del tornillo.

Previo a esto último se realizará un análisis resumido sobre dos alternativas de diseño planteadas, de las cuales se escogerá aquella que sea la más factible de construir adoptando un criterio técnico-económico.

Cualquiera sea el caso escogido, los cálculos parten de considerar los esfuerzos y momentos a los que se encuentra sometido el muñón del tornillo.

6.5.1 Análisis de alternativas para diseño de muñón

Para la transmisión entre el manguito y el tornillo se plantearon dos diseños: el primero se basa en una transmisión mediante chavetas múltiples (similar a la toma de fuerza de un tractor); el segundo consiste en un diseño más simplificado, empleando solo una chaveta para el acople.

La primera alternativa facilita la inserción del tornillo extrusor de la máquina, debido a que resulta menos complicado alinear las chavetas múltiples del muñón estriado, con las ranuras equivalentes del manguito de transmisión al cual se acopla. El operario una vez introduzca el tornillo por el cañón, no deberá girar demasiado el primero para hacer coincidir sus chavetas con sus ranuras.

No obstante, este atractivo en su diseño, posee ciertas desventajas:

- Alta complejidad: El diseño de muñón con chavetas múltiples es más complejo que el de chaveta simple.
- Carencia de un elemento fusible: Si bien la chaveta principal de transmisión se encuentra en el eje de salida del motorreductor, eliminar un elemento de protección en el tornillo implica que en caso de existir una falla y se corte la chaveta principal, se deba desarmar toda la máquina para reemplazarla, lo cual resulta impráctico.
- Dificultad en la fabricación: Teniendo en cuenta que el tornillo se encuentra en voladizo, para evitar el contacto con el cañón se dispone de una holgura radial muy pequeña. Esto provoca que las tolerancias que se posee en el muñón con el manguito transmisor sean muy finas. Esta situación sumada a la complejidad del diseño, plantea la necesidad de máquinas y herramientas especiales de alto costo para su fabricación (por ejemplo, para lograr el ranurado múltiple del manguito será necesario poseer una brochadora), lo cual añade un costo extra a la máquina.

Estas desventajas, sumadas al hecho de que el proyecto presente se desarrolla desde un inicio con máquinas-herramientas básicas (ver apartados posteriores), orientan la elección del diseño a la segunda alternativa, es decir, un tornillo con muñón de chaveta simple. Si bien esta alternativa plantea una dificultad en su inserción (se deberá alinear una chaveta con una ranura), su simpleza de fabricación y diseño resultan más convenientes.

Esto no quiere decir que el muñón de chavetas múltiples se descarte del todo, sino que en las etapas iniciales del proyecto no resulta conveniente emplearlo. A medida que la empresa crezca en capital y tecnología, se deberá reevaluar este diseño para poder emplearlo en máquinas futuras.

6.5.2 Diseño y verificación de muñón con chaveta simple

Para el diseño del muñón de chaveta simple, se empezará por definir un diámetro mayor al del núcleo del tornillo, y calcular si el mismo verifica a las solicitaciones mencionadas en los apartados anteriores. Se propone un valor inicial de:

$$d = 48 \text{ mm}$$

Los cálculos se realizan para la zona comprendida entre el desagote del tornillo y el inicio del muñón. Se procederá de igual modo que en la verificación del núcleo del tornillo empleando la hipótesis de Von Mises y despreciando el efecto de las tensiones normales.

El módulo resistente a la torsión (polar) será:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot 48^3}{16}$$

$$W_p = 21.714,7 \text{ mm}^3 \cong 21,7 \text{ cm}^3$$

Y las tensiones tangenciales máximas:

$$\tau_{max} = \frac{34.684,5 \text{ kg.cm}}{21,7 \text{ cm}^3}$$

$$\tau_{max} = 1.598,36 \frac{kg}{cm^2}$$

Ahora resta definir la tensión máxima actuante mediante la hipótesis de Von Mises. Reemplazando los valores de la misma y considerando que las tensiones normales no se tienen en cuenta, se obtiene:

$$\sigma_{actuante} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_{actuante} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot 1.598,36^2}$$

$$\sigma_{actuante} = 2.768,44 \frac{kg}{cm^2}$$

Se tiene que cumplir que:

$$\sigma_{actuante} \leq \sigma_{admisible}$$

A su vez:

$$\sigma_{admisible} = C \cdot \sigma_{fl}$$

Donde " σ_{fl} " es la tensión de fluencia del material y "C" un coeficiente de seguridad menor a 1.

Por seguridad se asumirá un coeficiente de seguridad de:

$$C = 0,418$$

Por ende, el valor de la tensión admisible a la torsión será:

$$\sigma_{adm} = 10.900 \frac{kg}{cm^2} \cdot 0,418$$

$$\sigma_{adm} = 4.556,2 \frac{kg}{cm^2}$$

Se puede concluir que, al ser la tensión admisible a la torsión, mayor a la actuante la zona de cambio de forma entre el desagote del tornillo y el muñón, el mismo soportará las solicitaciones planteadas. Debido a la gran diferencia entre la tensión admisible y la actuante en el muñón, se puede confirmar que el núcleo del tornillo será la sección más solicitada del mismo.

6.5.3 Cálculo de chaveta simple

En el apartado 6.4.6 Verificación del núcleo del tornillo se determinó que la tensión admisible límite, actuando a torsión es:

$$\sigma_{adm} = 4.796 \frac{kg}{cm^2}$$

Mediante esta tensión a la torsión, y el módulo resistente previamente calculado, se obtiene el momento torsor máximo admisible por el núcleo del tornillo:

$$\tau = \frac{Mt}{W_p}$$

$$4.796 \frac{kg}{cm^2} = \frac{Mt}{13,34 cm^3}$$

$$Mt = 64.000 kg.cm$$

Debido a que este último es el valor límite, la chaveta deberá actuar antes de llegar a dicho valor. Se puede observar que dicho momento torsor límite sobrepasa por mucho al valor máximo que ejerce la máquina extrusora a la hora de procesar polipropileno (caso más desfavorable). Retomando, este último valor es de:

$$Mt_{pp} = 34.684,5 kg.cm$$

Es por ello que los cálculos se realizarán considerando un momento torsor de chaveta que se encuentre dentro de estos límites establecidos, igual a:

$$Mt_{chaveta} = 36.500 kg.cm$$

Según tabla 8-1 del libro “Elementos de máquinas” de Héctor N. Cosme, para un diámetro de muñón de 48 milímetros, las dimensiones recomendadas para una chaveta rectangular son:

- h (altura) = 9 mm
- b (ancho) = 14 mm

Se empleará una chaveta de acero SAE 1045 cuya tensión de fluencia es:

$$\sigma_{fl} = 3.100 \frac{kg}{cm^2}$$

Debido a la naturaleza de la carga se empleará un coeficiente de seguridad de 2/3 de dicho valor, es decir:

$$\sigma_u = \frac{2}{3} \sigma_{fl} = \frac{2}{3} 3.100 \frac{kg}{cm^2} = 2.067 \frac{kg}{cm^2}$$

La tensión tangencial admisible será la mitad de ese valor:

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_u}{2} = 1.033,5 \frac{kg}{cm^2}$$

Se inicia la verificación determinando el largo necesario de la chaveta dimensionada al corte.

$$\tau_{adm} = \frac{F}{b \cdot l}$$

Conociendo el momento torsor establecido y el diámetro del muñón, se puede obtener la fuerza F:

$$Mt = F \cdot \frac{D}{2}$$

$$36.500 \text{ kg} \cdot \text{cm} = F \cdot \frac{4,8 \text{ cm}}{2}$$

$$F = 15.208,3 \text{ kg}$$

Mediante esta fuerza, el ancho de la chaveta, y la tensión tangencial admisible, el largo necesario resulta:

$$1.033,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{15.208,3 \text{ kg}}{1,4 \text{ cm} \cdot l}$$

$$l = 10.51 \text{ cm}$$

Ahora se procede a calcular el largo de la chaveta al aplastamiento y se comparará dicho resultado con el obtenido anteriormente. Para el aplastamiento se emplea la siguiente fórmula:

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot F}{l \cdot h}$$

$$2.067 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{2 \times 15.208,3 \text{ kg}}{l \cdot 0,9 \text{ cm}}$$

$$l = 16,35 \text{ cm} \cong 16 \text{ cm}$$

Debido a que este valor es mayor que el anterior, la chaveta se verá más condicionada al aplastamiento. Por ende, este último valor representa el largo final de la chaveta.

6.5.4 Sistema de extracción de tornillos

Para poder extraer el tornillo del manguito que imprime su movimiento de rotación, será necesario sujetarlo de uno de sus extremos para poder jalarlo hacia afuera del cañón. Debido a la poca luz existente entre el tornillo y cañón, no es posible introducir algún elemento que cumpla con dicha tarea. Es por ello que el tornillo poseerá un agujero roscado en su extremo, para de ese modo poder enroscar algún elemento para poder jalarlo y extraerlo. Para que no ingrese material al agujero, se encontrará tapado por un tornillo enroscado en él, como ilustra la figura 6.17.

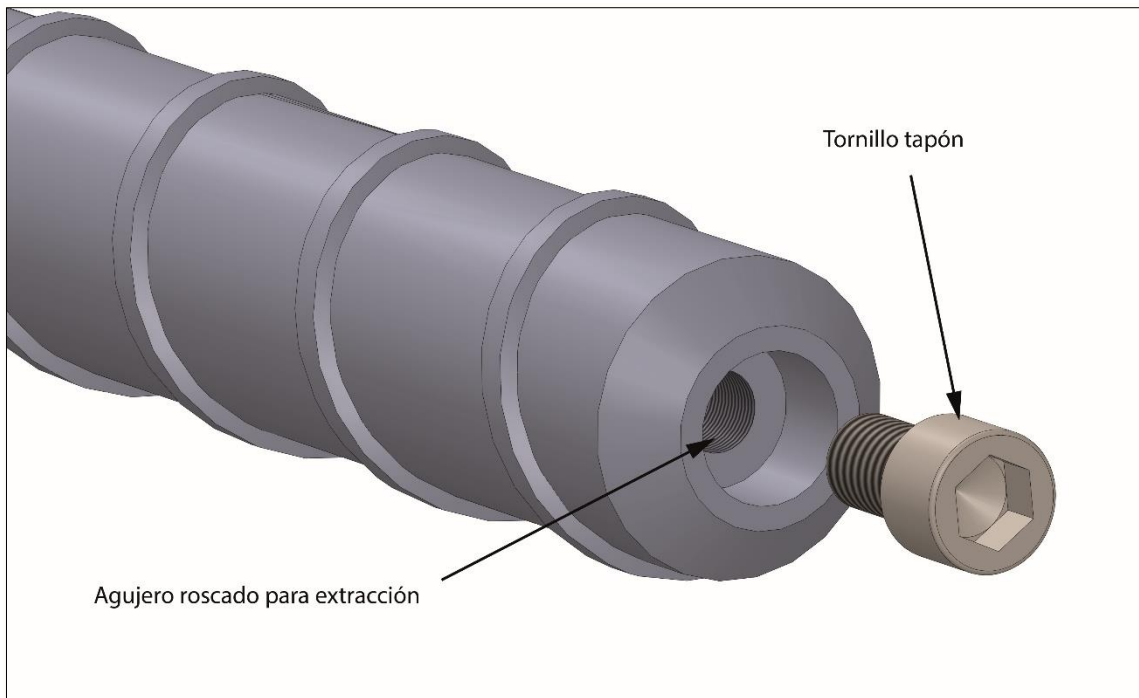


Figura 6.17: Sistema de extracción de tornillos.

6.5.5 Diseños definitivos

En la figura 6.18 se muestra una vista general del tornillo para la extrusión de polipropileno. Las dimensiones para este tornillo, y los empleados para la extrusión de polietileno de baja densidad y de alta densidad se detallan en la planimetría adjunta.

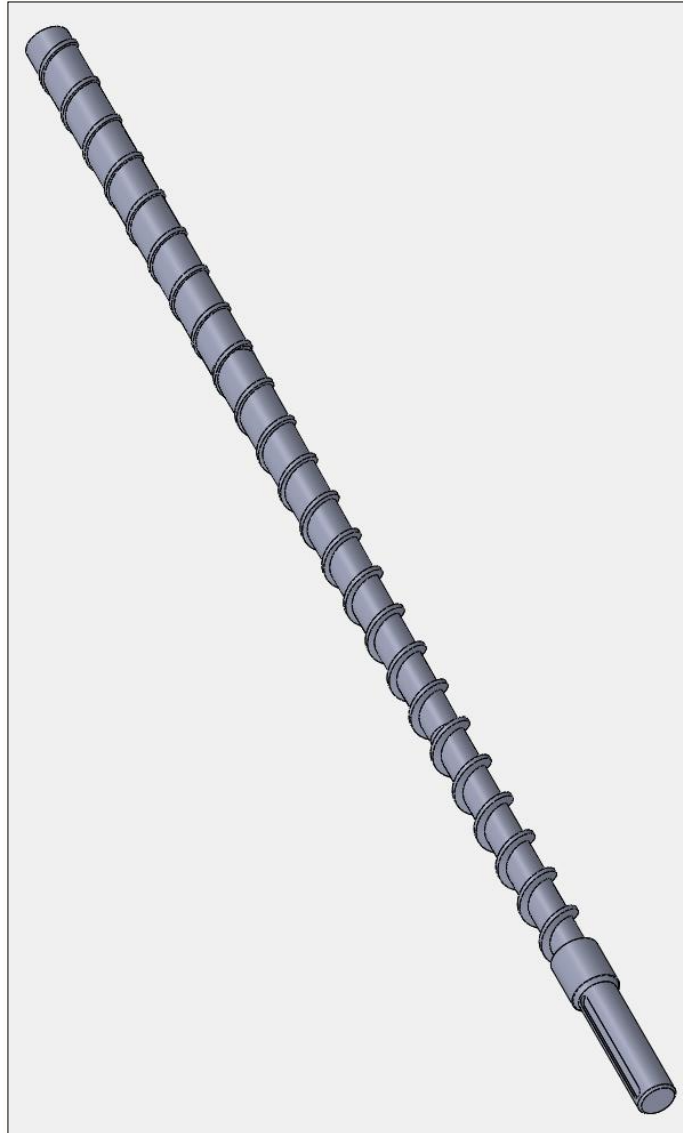


Figura 6.18: Tornillo para extrusión de polipropileno (PP).

6.5.6 Conclusiones

Los cálculos realizados verifican que tanto el núcleo del tornillo como el muñón del mismo se encuentran correctamente dimensionados para soportar los esfuerzos máximos de torsión provocados por la extrusión de polipropileno (caso más desfavorable por su alto esfuerzo de torsión implicado). Se optó por esta alternativa debido a su simpleza en diseño, construcción y menor costo.

Si bien el huelgo entre el cañón y el tornillo es muy reducido, se corre el riesgo de que el tornillo entre en contacto con las paredes internas del cañón. Por ello, es necesario aclarar que, durante la extrusión, el colchón hidrodinámico provocado por el plástico fundido, provocará una fuerza ascendente tenderá a centrar el tornillo en el cañón, evitando que éste lo roce y, además, mitigará el esfuerzo de flexión provocado por el peso del tornillo. Este riesgo existe durante el arranque de la máquina, en las primeras 20 vueltas, hasta que el material es transportado desde la boca de entrada hasta la boquilla. A medida que el proceso de extrusión llega a su régimen, el esfuerzo de flexión irá disminuyendo, y el esfuerzo de torsión aumentará.

6.6 Sistema de impulsión de la extrusora

6.6.1 Introducción

El sistema de impulsión de la extrusora es la encargada de hacer girar el tornillo a la velocidad deseada. Debe ser capaz de mantener una velocidad constante debido a que fluctuaciones de la misma resultarán en fluctuaciones del rendimiento de la máquina y errores en las dimensiones del producto extruido. Es por ello que la constancia en la velocidad es un requerimiento muy importante para el sistema de impulsión. El mismo además deberá ser capaz de suministrar la cantidad requerida de torque al tornillo. Un tercer requerimiento para la mayoría de los sistemas de impulsión es la capacidad de variar la velocidad en un amplio rango. Los principales sistemas son los siguientes:

- Sistema de impulsión mediante motor de corriente alterna (AC).
- Sistema de impulsión mediante motor de corriente continua (DC).
- Sistema de impulsión hidráulico.

6.6.2 Sistema de impulsión mediante motor de corriente alterna (AC)

El sistema de impulsión mediante empleo de motores de corriente alterna más común corresponde al variador de frecuencia. El mismo utiliza un motor eléctrico del tipo jaula de ardilla conectado a un convertidor de frecuencia o variador. Estos motores de inducción poseen ciertas ventajas: bajo precio, simpleza, robustez, ausencia de escobillas, bajo mantenimiento, construcción compacta.

En este sistema la fuente de energía convierte la corriente alterna en corriente continua. Luego invierte la misma en orden de proveer la frecuencia requerida y el voltaje para el motor de corriente alterna (ver figura 6.19). Así, el total de la energía necesaria circula a través de dos conjuntos de dispositivos de estado sólido. Por lo tanto, el costo de este conjunto de motor y variador suele ser mayor a comparación del sistema de impulsión mediante motor de corriente continua.

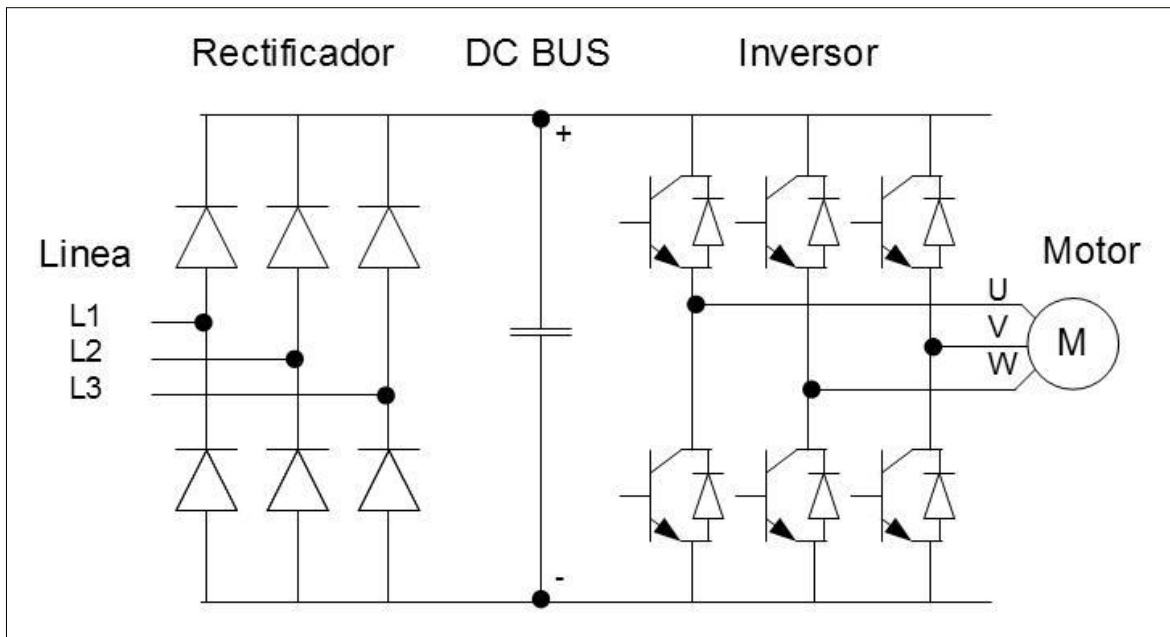


Figura 6.19: Sistema convertidor de frecuencia para motores de corriente alterna.

La corriente continua resultado de la rectificación y posterior suavización de la corriente alterna de las fases de entrada es conmutada a través de tres fases de salida que generan una onda de forma aproximada a la sinusoidal. La conmutación es realizada por medio de seis SCR's (rectificadores controlados de silicio), que se disparan secuencialmente a una determinada frecuencia deseada, mediante el circuito de estado sólido.

6.6.3 Sistema de impulsión mediante motor de corriente continua (DC)

Antiguamente, las extrusoras que poseían estos sistemas empleaban motores de corriente alterna para impulsar generadores de corriente continua que a su vez impulsaban los motores de este tipo. En la actualidad, los sistemas de impulsión mediante motores de corriente continua operan desde una fuente de energía de estado sólido. Este arreglo de componentes suele ser más simple y barato que el variador de frecuencia, incluso si se tiene en cuenta el alto coste de los motores de corriente continua. La desventaja principal de estos motores es el alto coste de mantenimiento debido al desgaste de los conmutadores y escobillas del rotor. El esquema de este sistema se muestra en la figura 6.20.

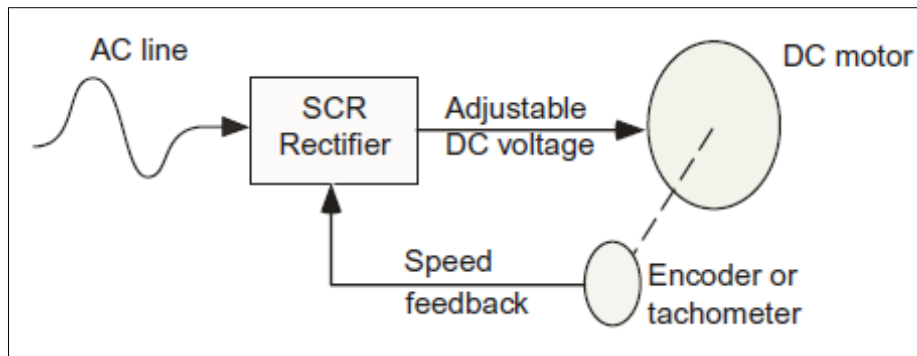


Figura 6.20: Sistema de impulsión mediante motor de corriente continua y fuente rectificadora.

Este sistema puede manejar tanto un torque constante o una carga constante, y en algunos casos ambas (mediante el debilitamiento de campo). Cualquier sobrecarga que se pueda presentar en el motor se debe manifestar en el dimensionamiento de la fuente de estado sólido. Por lo general, estos sistemas se proveen con una capacidad de sobrecarga del 150% por un minuto. Para una parada rápida se pueden emplear resistencias conectadas en la armadura mediante contactores.

Es necesario considerar que el voltaje continuo que proveen las fuentes de estado sólido generalmente posee un pobre factor de forma. La magnitud de este factor de forma depende de la configuración del circuito rectificador. Cuanto más pobre es este factor, más alta es la corriente de rizado en el motor. Esto incrementa la temperatura del mismo y reduce la eficiencia energética.

6.6.4 Sistema de impulsión hidráulico

Un sistema de impulsión hidráulico generalmente consiste de un motor de corriente alterna de velocidad constante que impulsa una bomba hidráulica, la cual, a su vez, activa el motor hidráulico, y por supuesto, sus sistemas de control asociados. El sistema completo se lo suele denominar como sistema hidrostático. Algunas de sus ventajas son el ajuste de velocidad fino, torque, y potencia; aceleración más suave y controlable; capacidad de estancarse sin daño; y fácil control.

La eficiencia general de los sistemas hidrostáticos es bastante buena. Para un sistema bien diseñado, la eficiencia total puede ser tan alta como un 70%. El uso de acumuladores y válvulas del tipo lógicas es beneficioso para la eficiencia, particularmente cuando se encuentran conectados a controladores programables. Las curvas de eficiencia típica para motores de alto torque y bajas revoluciones se muestran en la figura 6.21.

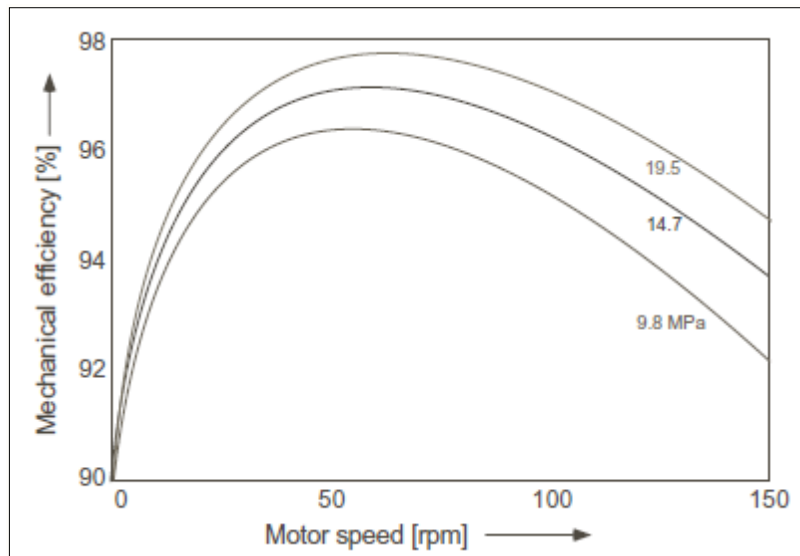


Figura 6.21: Curvas típicas de eficiencia mecánica vs revoluciones por minuto.

Se observa que se puede obtener una excelente eficiencia en un rango desde 0 a 150 rpm, el cual es el rango de operación típico para las extrusoras. Se puede notar además que altas presiones de operación aumentan la eficiencia mecánica. El inconveniente de esta situación es la alta tensión mecánica en los retenes, acoples y otros componentes, lo cual puede incrementar el costo del sistema.

Una ventaja significativa de la impulsión hidrostática para las extrusoras es la eliminación de la necesidad de una transmisión intermedia entre el motor hidráulico y el tornillo. Debido a la disponibilidad de motores hidráulicos de bajas revoluciones, se puede prescindir de los costosos reductores empleados en la mayoría de las máquinas extrusoras. Por lo tanto, cuando se compara el costo de un sistema hidrostático con un sistema de impulsión mediante motores AC o DC, se debe incluir el costo del reductor. Otra ventaja es el hecho de que otros elementos que operen con energía hidráulica como, por ejemplo, el intercambiador de filtros del cabezal, se pueden operar desde el mismo circuito. Es por ello que estos sistemas son populares en extrusoras del tipo recíprocas, empleadas en los procesos de inyección y soplado que emplean moldes hidráulicos.

A pesar de estas ventajas atractivas de los sistemas hidrostáticos de impulsión, raramente se emplean en extrusoras no recíprocas como las de nuestro caso. La razón para ello no es obvia, debido a que estos sistemas son en muchos aspectos competitivos con respecto, por ejemplo, a los sistemas de impulsión mediante motores DC, y en otros aspectos mejores inclusive, debido a la ausencia del reductor de velocidad. Una razón posible es que los sistemas hidráulicos permanecen bajo sospecha por muchas personas, debido a que los sistemas antiguos no eran muy precisos ni confiables. Algunas pocas compañías norteamericanas suministran sistemas hidráulicos para máquinas extrusoras: "Feed Screw Division" de "New Castle Industries" y "Wilmington Plastics Machinery". Se

afirma que los sistemas hidráulicos son menos costosos que los que emplean motores DC en extrusoras de tamaño pequeño, de hasta 90 mm diámetro de tornillo.

6.6.5 Comparación entre los distintos sistemas y conclusión

Para seleccionar el sistema de impulsión se empleará la tabla 6.3.

SISTEMA DE IMPULSIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Motor AC	Bajo precio del motor a comparación de un DC o un hidráulico; robustez; poco costo de mantenimiento; facilidad de obtención de los componentes; construcción compacta; confiabilidad; simpleza en su uso; es el sistema más empleado.	Precio alto del variador; costo adicional del reductor de velocidad.
Motor DC	Requiere de una fuente de estado sólido cuyo precio es menor al de un variador; buena capacidad de torque y regulación de velocidad del motor.	Precio del motor más alto que los motores asíncronos; alto costo de mantenimiento; desgaste de escobillas; poca eficiencia energética; se emplea solo en algunos casos; costo adicional del reductor de velocidad.
Motor hidráulico	Ajuste fino de torque y velocidad; buena eficiencia energética; no requiere reductor de velocidad; autolubricante; puede operar otros elementos hidráulicos.	Necesidad de una central hidráulica para su funcionamiento; alto costo de repuestos (retenes, mangueras, sellos, acoples y motor); mayor cantidad de puntos de control para mantenimiento (mayor costo); poca facilidad de obtención de sus componentes; resulta más conveniente en sistemas que empleen otros elementos hidráulicos (inyectoras); rara vez se emplea en extrusoras no recíprocas.

Tabla 6.3: Comparación entre los distintos sistemas de impulsión.

De la tabla anterior se concluye que el sistema de impulsión mediante motor asíncrono, reductor y convertidor de frecuencia resulta el más adecuado para los requerimientos de la máquina.

Si bien los sistemas hidráulicos de hoy en día son más confiables que los empleados antiguamente, su empleo en máquinas extrusoras no recíprocas es poco conocido, por lo cual no se cuenta con información suficiente para juzgar su efectividad en la máquina presentada en el actual proyecto. No obstante, se plantea a futuro la evaluación de una máquina extrusora capaz de emplear un motor hidráulico como sistema de impulsión.

6.6.6 Sistema de impulsión AC empleado

Se optó por el empleo de motorreductores de la marca “SEW Eurodrive”, empresa de origen alemán líder en la fabricación de reductores, motorreductores, servomotores, convertidores de frecuencia, entre otros, que posee una sucursal en la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe.

Dicha empresa ofrece el conjunto de motor AC + reductor + convertidor de frecuencia propio.

Para el caso presente se escogió motorreductores de engranajes helicoidales y ejes paralelos de la línea F, más precisamente el modelo FF127DV225S4 que posee su motor eléctrico, eje de salida macizo y brida de acople. La figura 6.22 muestra la vista anterior de dicho motorreductor junto con sus dimensiones principales:

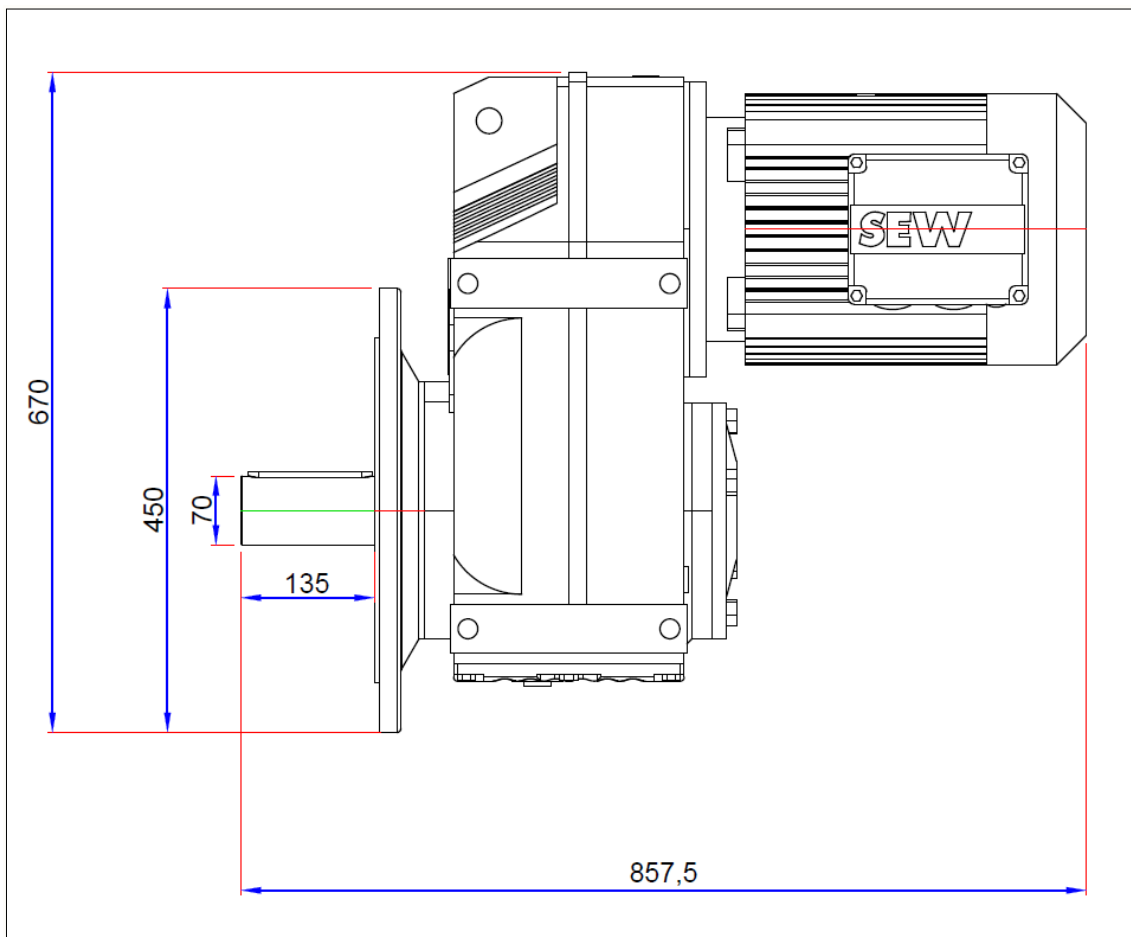


Figura 6.22: Vista anterior y dimensiones de motorreductor de engranajes helicoidales y ejes paralelos, línea F.

El mismo tiene un peso aproximado de 220 kilogramos en conjunto con su motor, y como se observa en el siguiente fragmento obtenido del catálogo del fabricante (ver

tabla 6.4), los rangos de velocidades y momentos torsores a la salida que maneja esta combinación de motor y reductor se encuentran dentro de los límites calculados para la extrusora.

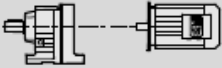
P_m [kW]	n_a [1/min]	M_a [Nm]	i	$F_{Ra}^{1)}$ [N]	SEW r_B				
30	66	4310	22.11	15100	1.00				
	73	3910	20.07	15500	1.10				
	85	3360	17.25*	16000	1.30				
	98	2930	15.06	16300	1.45				
	115	2490	12.77	16400	1.75	FA	97	DV	200L4
	132	2180	11.16	16400	1.90	FAF	97	DV	200L4
	162	1770	9.06	15400	1.35	F	97	DV	200L4
	179	1600	8.22	15300	1.45	FF	97	DV	200L4
	208	1380	7.07	15100	1.70				
	238	1200	6.17	14900	1.85				
	281	1020	5.23	14600	2.1				
	321	890	4.57	14300	2.3				
	37	17	20600	85.80*	88600	0.85			
19		18900	78.46	88700	0.95				
22		16400	68.28*	88400	1.10				
24		14500	60.25	87800	1.25	FA	157	DV	225S4
28		12600	52.24	86800	1.45	FAF	157	DV	225S4
32		11200	46.48*	85700	1.60	F	157	DV	225S4
37		9630	40.06	84000	1.85	FF	157	DV	225S4
45		7820	32.55	81400	2.3				
53		6630	27.60	79100	2.7				
27		13300	55.31	60900	0.90				
30		11700	48.80	61100	1.00	FA	127	DV	225S4
35		10100	42.15	61100	1.20	FAF	127	DV	225S4
39		8960	37.28	60700	1.35	F	127	DV	225S4
47		7530	31.33	59900	1.60	FF	127	DV	225S4
58		6080	25.30	58500	1.95				
55		6460	26.86	58900	1.30				
60		5910	24.57	58300	1.45				
69		5140	21.38	57100	2.3				
78		4530	18.87	56000	2.4	FA	127	DV	225S4
90		3930	16.36	54600	2.8	FAF	127	DV	225S4
101		3500	14.55	53400	3.1	F	127	DV	225S4
117		3010	12.54	51900	3.3	FF	127	DV	225S4
144		2450	10.19	49600	3.9				
166		2130	8.86	47700	3.3				
186		1890	7.88	46500	3.2				
53		6630	27.57	36200	1.20				
58		6040	25.14	36200	1.30				
68	5230	21.76*	36200	1.50					
77	4610	19.20*	36000	1.70					
89	3990	16.58	35600	1.95	FA	107	DV	225S4	
100	3530	14.67	35100	2.2	FAF	107	DV	225S4	
119	2960	12.33	34400	2.4	F	107	DV	225S4	
148	2390	9.96	33300	2.7	FF	107	DV	225S4	
152	2330	9.69	32400	2.1					
176	2010	8.37	31700	2.4					
199	1780	7.40	31000	2.6					
236	1500	6.22	30000	3.1					

Tabla 6.4: Extracto del catálogo del fabricante de motorreductores.

En cuanto al convertidor de frecuencia, se optó por la serie compacta de SEW modelo MOVITRAC "B" MC07B0370-503-4-00 cuya potencia trifásica de salida es de 37 kW/50 CV y corriente nominal de salida de 73 Amperios. A continuación, se muestra un extracto del catálogo del fabricante que muestra las dimensiones principales del variador (ver figura 6.23):

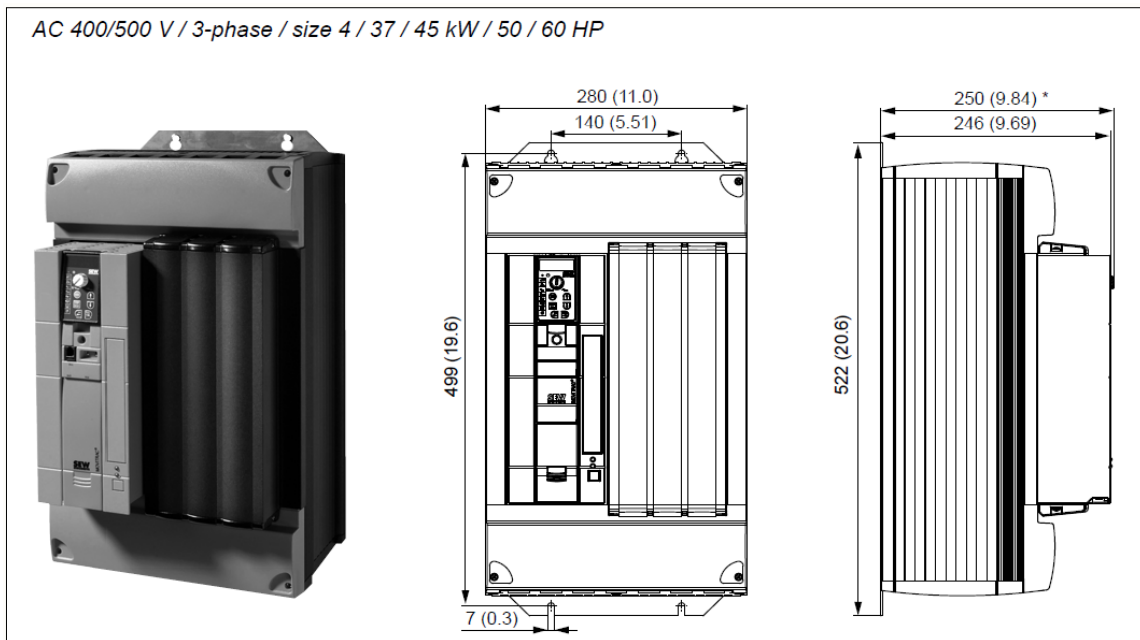


Figura 6.23: Dimensiones principales convertidor de frecuencia.

6.7 Transmisión

6.7.1 Introducción

La presente sección contempla el manguito junto con sus rodamientos de apoyo y la estructura que los alberga. Este primer elemento sirve de acople entre el tornillo extrusor y el eje de salida del sistema motriz, que por lo general comienza con un motor eléctrico seguido de un sistema reductor de velocidad y multiplicador de torque.

Es necesario verificar su dimensionamiento, debido a que además de producir la rotación del tornillo, deberá absorber los esfuerzos axiales producidos por la alta presión desarrollada durante el proceso de extrusión.

6.7.2 Tren de transmisión

La figura 6.24 muestra el tren de transmisión diseñado para nuestra extrusora de tornillo simple.

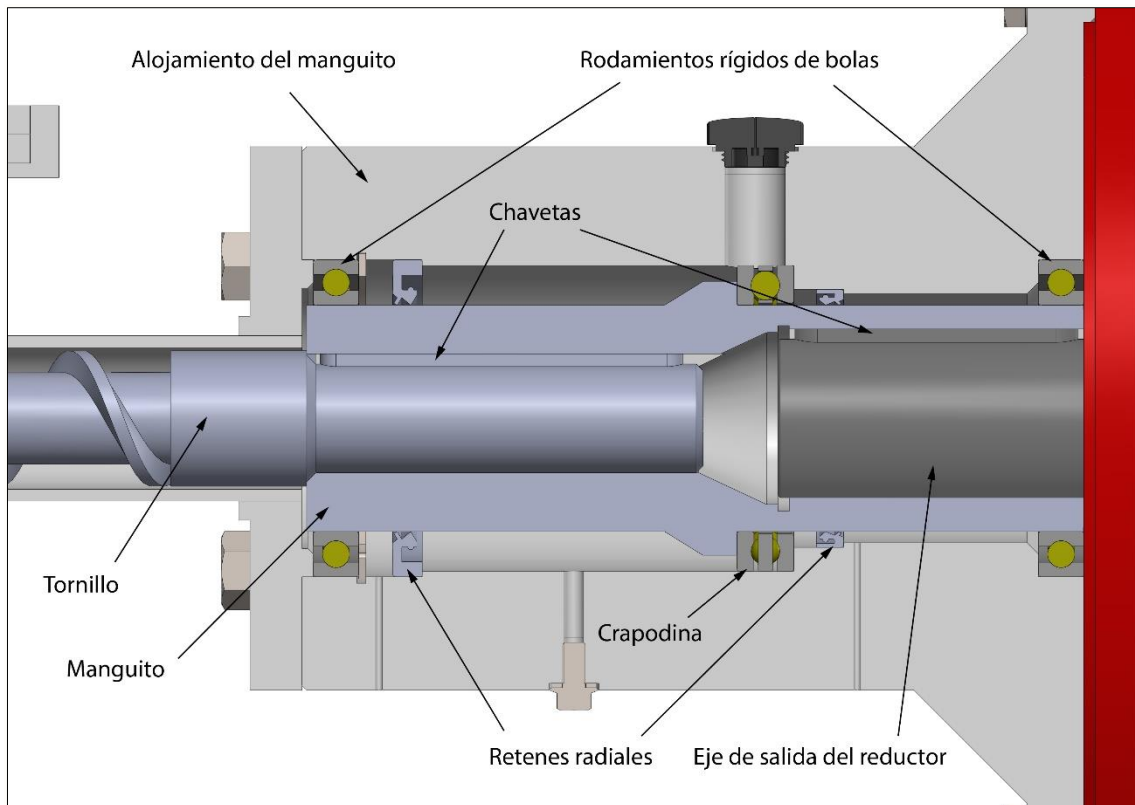


Figura 6.24: Tren de transmisión.

Se puede observar la forma particular del manguito para apoyarse sobre la crapodina que absorberá el esfuerzo axial producido. El mismo posee además sus propios chaveteros para albergar las chavetas tanto del tornillo como del eje de salida del reductor. Los rodamientos rígidos de bolas absorberán la carga radial y mantendrán alineados el tornillo y el eje de salida de reductor.

6.7.3 Dimensionamiento y verificación del manguito

Para el dimensionamiento del eje se tiene en cuenta la entrada de movimiento, así como la salida. La primera etapa se define a partir del reductor empleado y su eje de salida. La segunda se ha definido durante la verificación del muñón del tornillo. Otro aspecto a considerar para su dimensionamiento, es el diámetro del aro interior estandarizado de los rodamientos. En la figura 6.25 se muestra una vista en corte del eje. En la planimetría adjunta se detallan sus dimensiones.

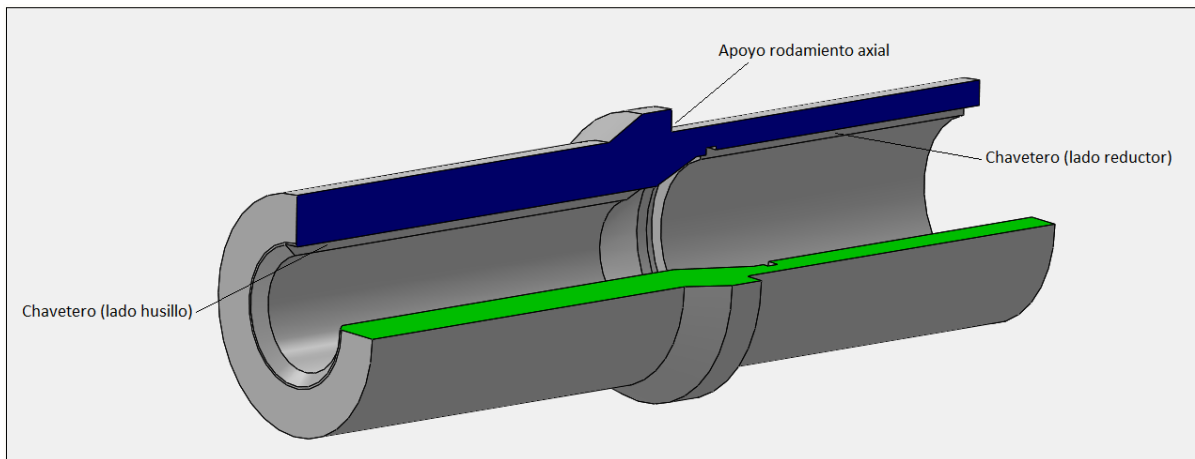


Figura 6.25: Manguito transmisor de movimiento en corte.

Debido a la forma intrincada del eje y a los esfuerzos que intervienen durante el funcionamiento de la máquina extrusora, se optó por realizar un análisis de elemento finito mediante el software de diseño SolidWorks, considerando como material del eje el acero SAE 4140 templado en aceite y revenido a 425°C.

6.7.3.1 Verificación a la compresión

Para el presente análisis se consideró el esfuerzo axial de 15.092 N (equivalentes a los 1.540 kg máximos desarrollados en la extrusión de polipropileno), y se dejó fija la cara de la pestaña sobre la cual apoya el rodamiento que absorberá el esfuerzo axial. Dicha fuerza se aplicó en el área de contacto que posee el tornillo con el manguito donde se aloja. En la misma se aplicó un control de mallado fino para un cálculo más representativo. En la figura 6.26 se muestra el resultado de las tensiones normales al eje X (axial), en la figura 6.27 el resultado de las tensiones de Von Mises, y en la figura 6.28 se observan las deformaciones máximas, junto con el detalle del mallado empleado para el cálculo.

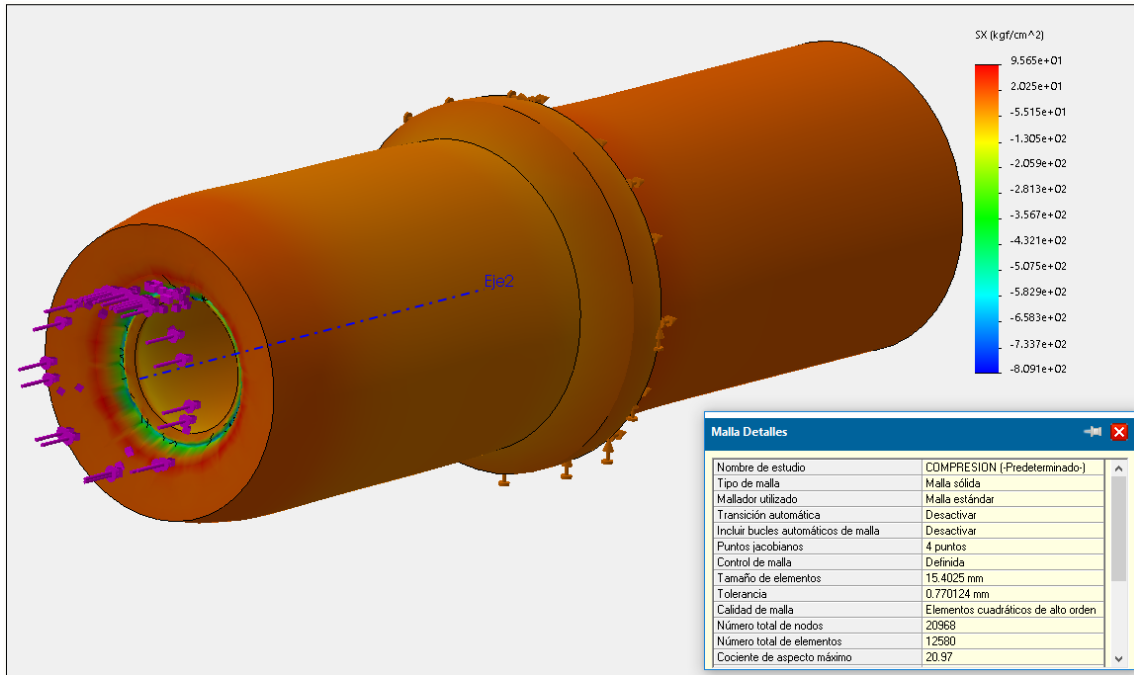


Figura 6.26: Resultado de tensiones normales (eje X).

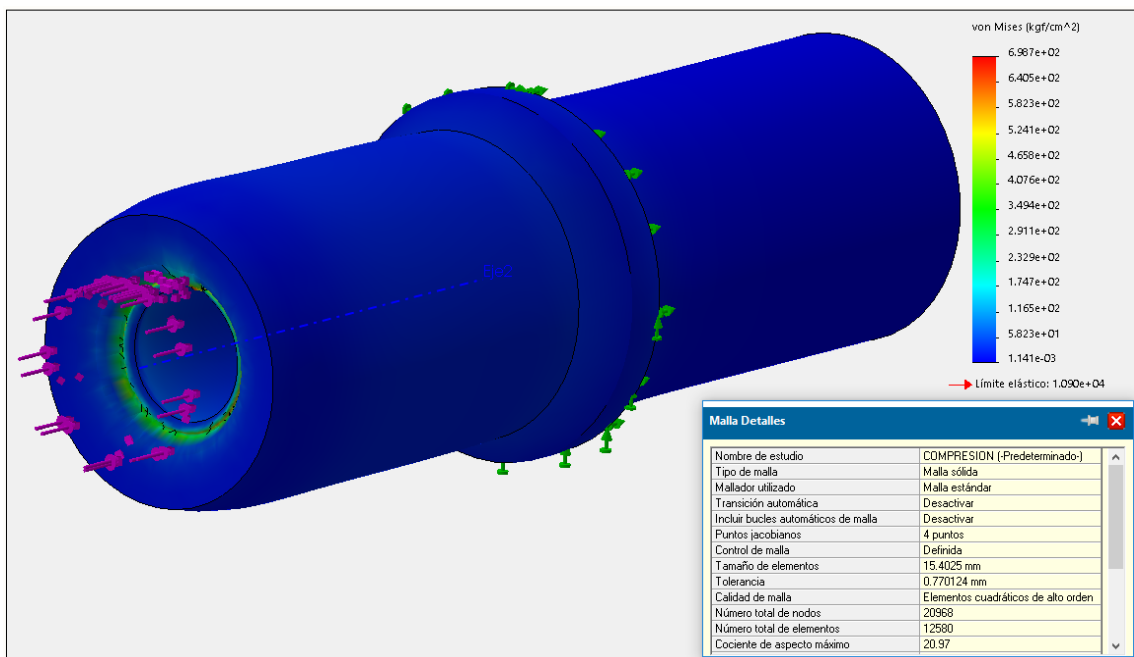


Figura 6.27: Resultado de tensiones de Von Mises (compresión).

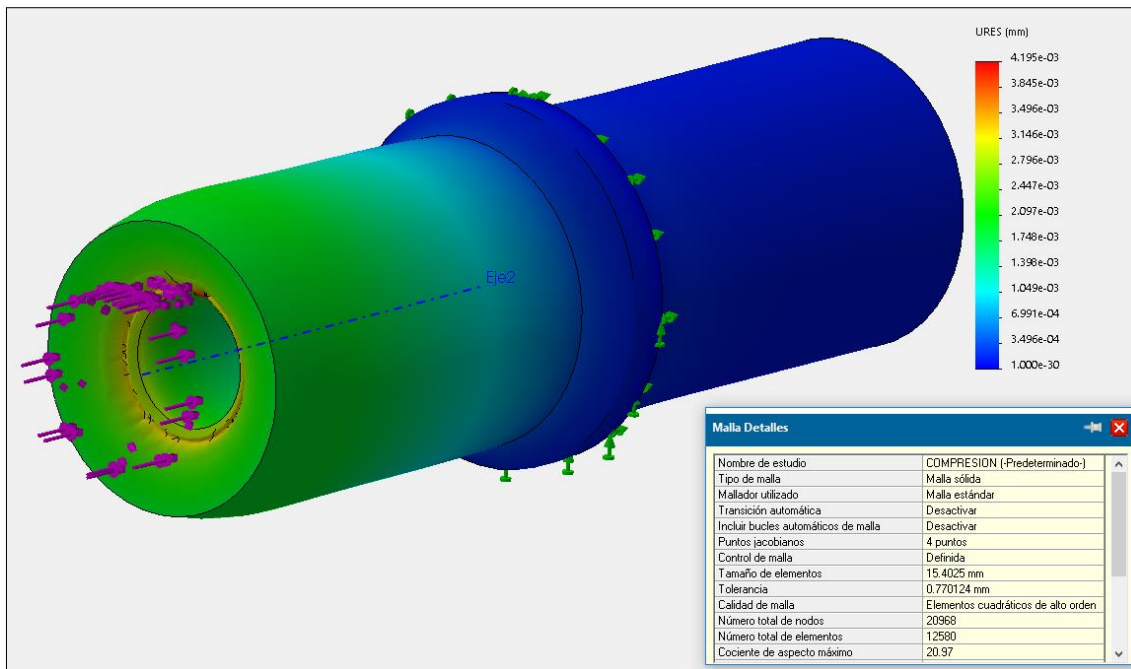


Figura 6.28: Deformaciones máximas a la compresión.

6.7.3.2 Verificación a la torsión

Para la verificación a la torsión se consideró el momento torsor máximo de 3.400 N.m (equivalente a los 34.684,5 kg.cm desarrollados en la extrusión de polipropileno). Dicho momento se aplicó en la superficie interna del manguito mientras se dejaron fijas sus caras cilíndricas externas. La figura 6.29 muestra los resultados de tensiones de Von Mises, y la figura 6.30 las deformaciones máximas a la torsión.

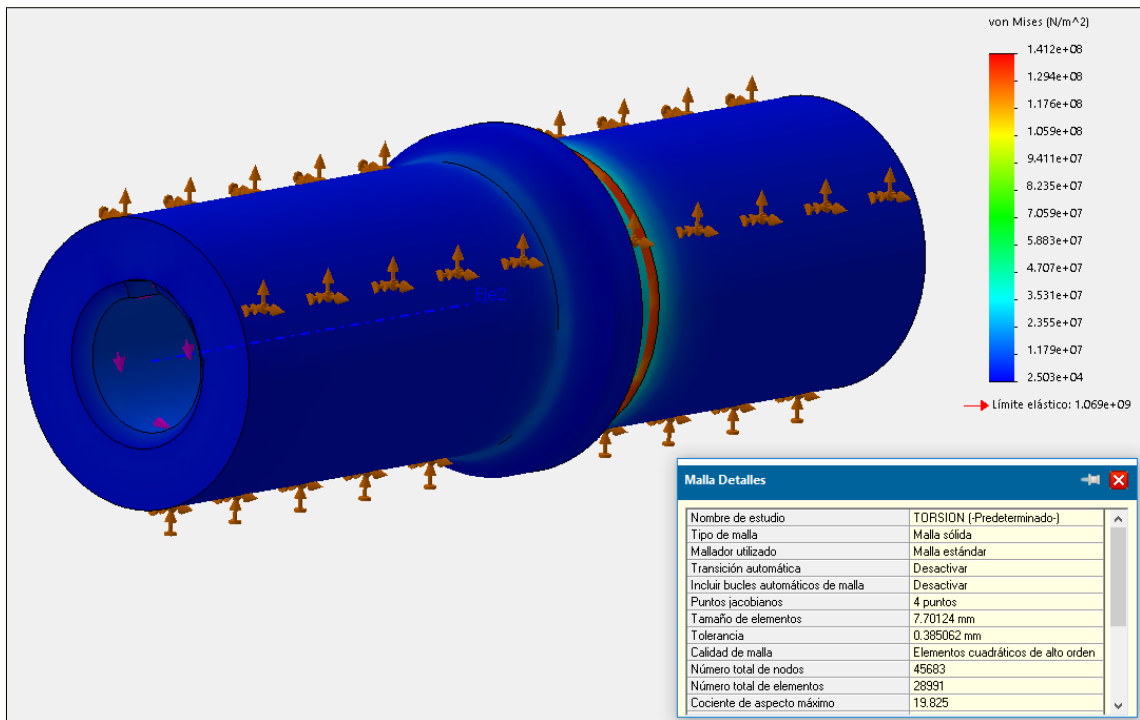


Figura 6.29: Resultado de tensiones de Von Mises (torsión).

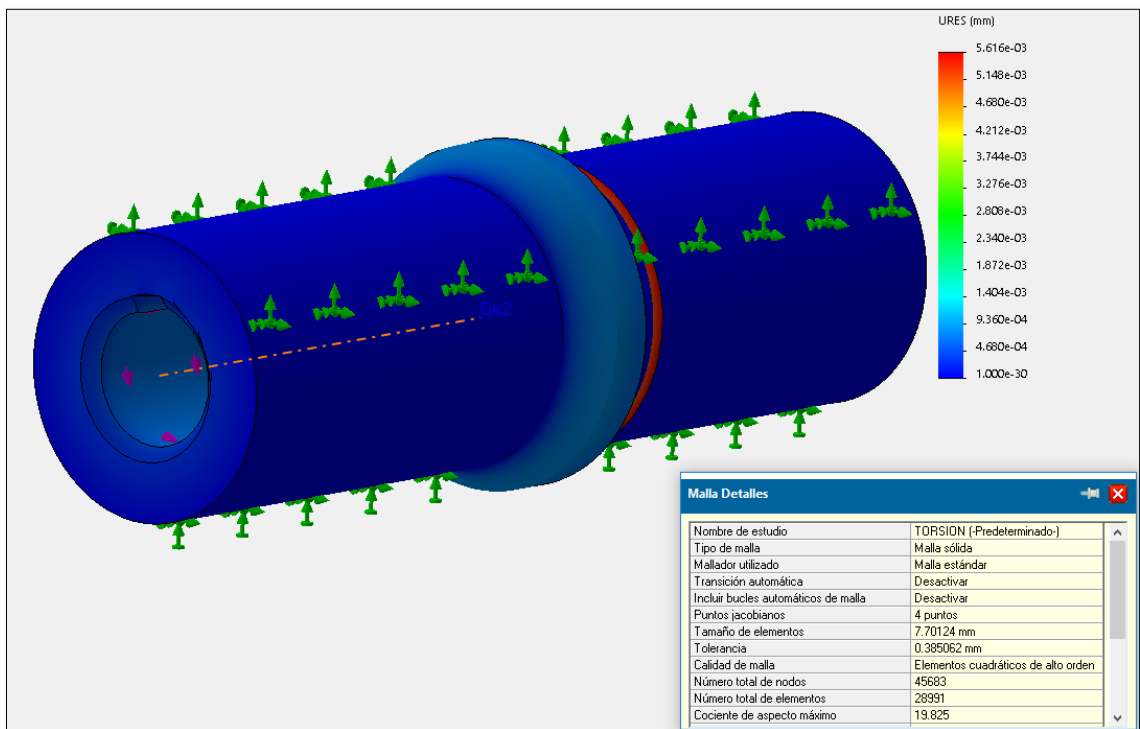


Figura 6.30: Resultado de deformaciones máximas a la torsión.

6.7.3.3 Verificación a los esfuerzos combinados

Como último análisis se realizó la verificación por elemento finito de los esfuerzos axiales y de torsión combinados, ejecutando el control de mallado del mismo modo que en los cálculos anteriores y aplicando los esfuerzos correspondientes. Las figura 6.31 y figura 6.32 muestran respectivamente las tensiones de Von Mises y deformaciones máximas.

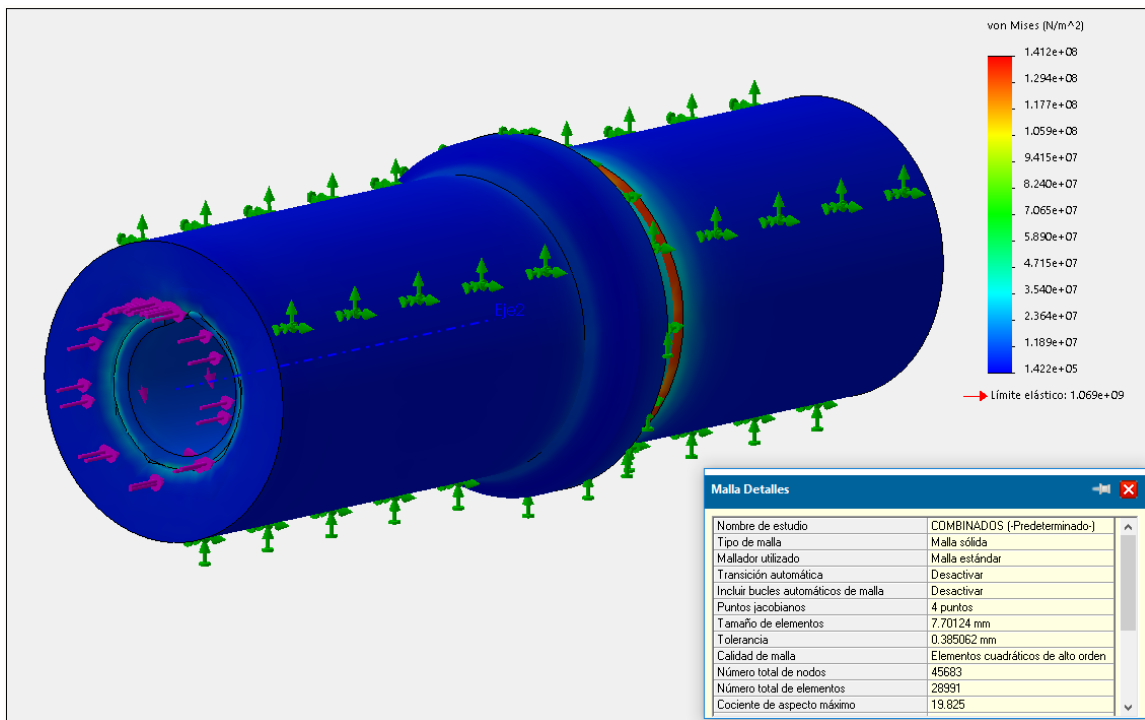


Figura 6.31: Tensiones de Von Mises (esfuerzos combinados).

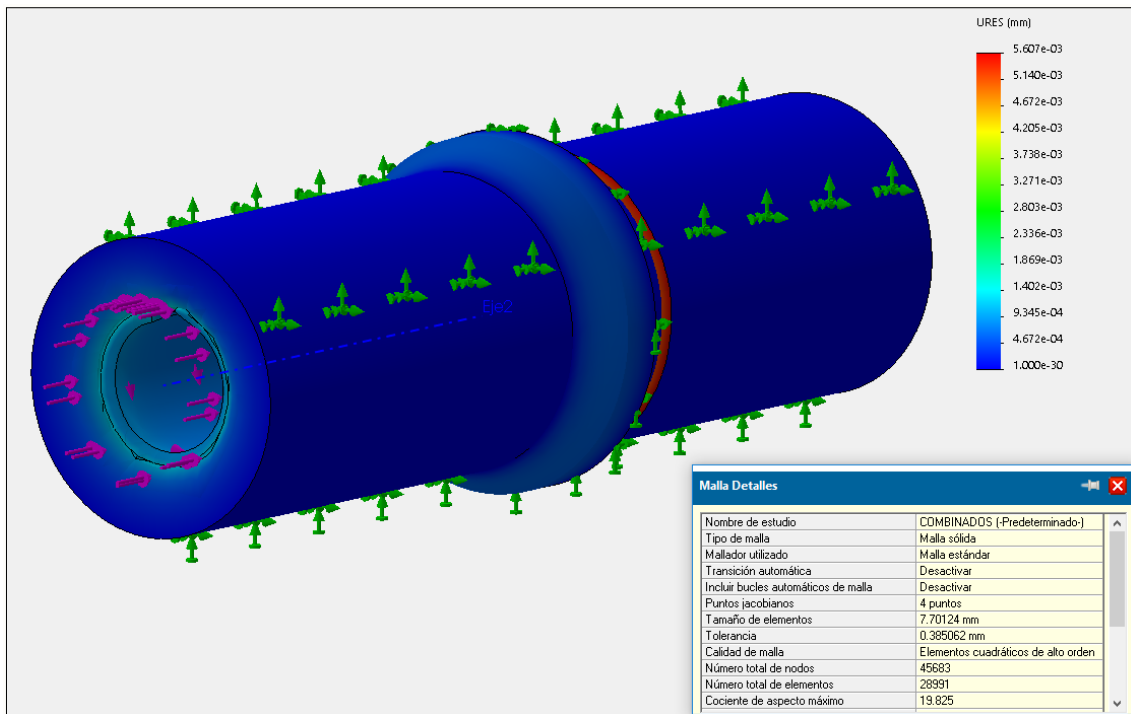


Figura 6.32: Deformaciones máximas (esfuerzos combinados).

6.7.3.4 Conclusión del análisis

Del análisis anterior se puede observar que las tensiones máximas desarrolladas no superan el límite elástico del material. La pieza resistirá los esfuerzos a los que estará sometido durante la extrusión del polipropileno que, como se observa en los apartados anteriores, resulta el caso más desfavorable.

6.8 Rodamientos

Para seleccionar los rodamientos, de partió del diámetro exterior del manguito. En la tabla 6.5 y la tabla 6.6 se observan las dimensiones, características principales y el modelo de los rodamientos marca SKF rígidos de bolas y axial de bolas (crapodina) seleccionados, respectivamente.

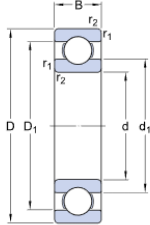
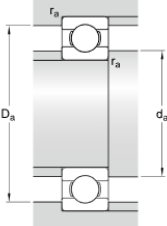
61920																					
Dimensiones																					
		<table border="1"> <tr><td>d</td><td>100</td><td>mm</td></tr> <tr><td>D</td><td>140</td><td>mm</td></tr> <tr><td>B</td><td>20</td><td>mm</td></tr> <tr><td>d₁</td><td>≈ 112.9</td><td>mm</td></tr> <tr><td>D₁</td><td>≈ 127.1</td><td>mm</td></tr> <tr><td>r_{1,2}</td><td>min. 1.1</td><td>mm</td></tr> </table>		d	100	mm	D	140	mm	B	20	mm	d ₁	≈ 112.9	mm	D ₁	≈ 127.1	mm	r _{1,2}	min. 1.1	mm
d	100	mm																			
D	140	mm																			
B	20	mm																			
d ₁	≈ 112.9	mm																			
D ₁	≈ 127.1	mm																			
r _{1,2}	min. 1.1	mm																			
Dimensiones de los resaltes																					
		<table border="1"> <tr><td>d_a</td><td>min. 106</td><td>mm</td></tr> <tr><td>D_a</td><td>max. 134</td><td>mm</td></tr> <tr><td>r_a</td><td>max. 1</td><td>mm</td></tr> </table>		d _a	min. 106	mm	D _a	max. 134	mm	r _a	max. 1	mm									
d _a	min. 106	mm																			
D _a	max. 134	mm																			
r _a	max. 1	mm																			
Datos del cálculo																					
Capacidad de carga dinámica básica	C	42.3	kN																		
Capacidad de carga estática básica	C ₀	41.5	kN																		
Carga límite de fatiga	P _u	1.63	kN																		
Velocidad de referencia		9500	r/min																		
Velocidad límite		6000	r/min																		
Factor de cálculo	k _r	0.02																			
Factor de cálculo	f ₀	16.4																			
Masa																					
Rodamiento de masa		0.83	kg																		

Tabla 6.5: Rodamiento de una hilera de bolas SKF 61920.

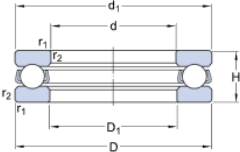
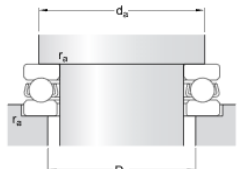
► 51120																					
product_table_popular_item[87]																					
Dimensiones																					
		<table border="1"> <tr><td>d</td><td>100</td><td>mm</td></tr> <tr><td>D</td><td>135</td><td>mm</td></tr> <tr><td>H</td><td>25</td><td>mm</td></tr> <tr><td>d₁</td><td>≈ 135</td><td>mm</td></tr> <tr><td>D₁</td><td>≈ 102</td><td>mm</td></tr> <tr><td>r_{1,2}</td><td>min. 1</td><td>mm</td></tr> </table>		d	100	mm	D	135	mm	H	25	mm	d ₁	≈ 135	mm	D ₁	≈ 102	mm	r _{1,2}	min. 1	mm
d	100	mm																			
D	135	mm																			
H	25	mm																			
d ₁	≈ 135	mm																			
D ₁	≈ 102	mm																			
r _{1,2}	min. 1	mm																			
Dimensiones de los resaltes																					
		<table border="1"> <tr><td>d_a</td><td>min. 121</td><td>mm</td></tr> <tr><td>D_a</td><td>max. 114</td><td>mm</td></tr> <tr><td>r_a</td><td>max. 1</td><td>mm</td></tr> </table>		d _a	min. 121	mm	D _a	max. 114	mm	r _a	max. 1	mm									
d _a	min. 121	mm																			
D _a	max. 114	mm																			
r _a	max. 1	mm																			
Datos del cálculo																					
Capacidad de carga dinámica básica	C	80.6	kN																		
Capacidad de carga estática básica	C ₀	265	kN																		
Carga límite de fatiga	P _u	9.15	kN																		
Velocidad de referencia		2400	r/min																		
Velocidad límite		3200	r/min																		
Factor de carga mínima	A	0.44																			
Masa																					
Rodamiento de masa (incluida la arandela de asiento, cuando corresponde)		0.97	kg																		

Tabla 6.6: Rodamiento axial de bolas SKF 51120 (crapodina).

En cuanto a la lubricación de los rodamientos, se seleccionarán los rodamientos rígidos de bolas antes nombrados con sellos de goma. De esta forma estos rodamientos serán de libre mantenimiento. Por otro lado, la crapodina, por su construcción, no está disponible con sellos de goma o blindaje. Por tal motivo, se deberá lubricar periódicamente con aceite y colocar retenes a ambos lados para evitar la fuga del mismo. La lubricación de la crapodina se tratará en la sección 6.8.2 "Lubricación de la crapodina".

6.8.1 Cálculo de la vida útil de los rodamientos

6.8.1.1 Vida útil del rodamiento axial de bolas

Previo a los cálculos se reiteran las sollicitaciones principales que sufre el rodamiento axial de bolas durante el régimen de extrusión de polipropileno. Para dicho caso:

- $n = 84$ rpm
- $F_a = 1.540$ kg = 15,092 kN

No se ha considerado el esfuerzo radial provocado por el peso del tornillo debido a que el colchón hidrodinámico formado durante el régimen de extrusión mitigará su efecto

sobre los rodamientos. El mismo se empleará en los cálculos de los rodamientos radiales de bolas.

El rodamiento axial de bolas se encargará de absorber el esfuerzo axial máximo producido. Su vida útil se calcula como:

$$\frac{L}{10^6} = \left(\frac{C}{P_o} \right)^3$$

Donde:

- L = vida útil del rodamiento en n° de revoluciones
- C = capacidad de carga dinámica (kN)
- P_o = carga equivalente (kN)

Por ende:

$$\frac{L}{10^6} = \left(\frac{85,2 \text{ kN}}{15,092 \text{ kN}} \right)^3$$

$$L = 180.000.000 \text{ revoluciones}$$

Que, dividiendo por la velocidad de rotación y operando:

$$L = 35.698,3 \text{ horas}$$

6.8.1.2 Vida útil de los rodamientos de bolas

Para el cálculo de la vida útil de estos rodamientos se consideró a la máquina funcionando en vacío a las máximas revoluciones posibles (que no corresponden al régimen de extrusión de polipropileno). Por ende, se deberá tener en cuenta el peso del tornillo. Para dicho caso:

- n = 125 rpm
- Fr = 12,5 kg = 0,1225 kN (es lo que soportará cada rodamiento de bolas)

La vida útil de este tipo de rodamientos se calcula como:

$$\frac{L}{10^6} = \left(\frac{C}{P_o} \right)^3$$

Donde:

- L = vida útil del rodamiento en n° de revoluciones
- C = capacidad de carga dinámica (kN)
- P_o = carga equivalente (kN)

Por ende:

$$\frac{L}{10^6} = \left(\frac{42,3 \text{ kN}}{0,1225 \text{ kN}} \right)^3$$

$$L = 4,12 \cdot 10^{13} \text{ revoluciones}$$

Que, dividiendo por la velocidad de rotación y operando:

$$L = 4.489.737.426 \text{ horas}$$

Se puede concluir que ambos rodamientos se encuentran correctamente dimensionados frente a las solicitaciones propuestas.

6.8.2 Lubricación de la crapodina

Como se dijo anteriormente, la crapodina no se consigue con sellos de goma ni blindaje. Por ende, debemos atender a su lubricación, lo cual comprende la selección del aceite y cómo lo vamos a retener en su sitio. Utilizaremos el método de lubricación por baño de aceite.

6.8.2.1 Selección retenes radiales

Para lograr el sellado del espacio en donde se encuentra montada la crapodina, se necesitan dos retenes radiales, uno a cada lado de ella, según se ve en la figura 6.24. Para la selección de los retenes, se ingresó a la tabla del catálogo con los siguientes datos:

- diámetro del eje, en nuestro caso es el diámetro exterior del manguito.
- diámetro del alojamiento, que por cuestiones constructivas y de montaje, no pueden ser arbitrarias.

Para la selección de los retenes, se consultaron los catálogos de las empresas SKF, SAV, DBH y Sabó. La única que nos provee una de las medidas que necesitamos, es la empresa DBH. A continuación, se detallan los retenes radiales escogidos.

El retén de la izquierda (figura 6.24) estará apoyado contra un resalte del alojamiento del manguito. Según las especificaciones de SKF, el resalte en el cual apoya la crapodina y transmite la fuerza axial proveniente el tornillo, no puede ser menor a 114 mm. Por tal razón, los datos de selección de este retén son:

- ✓ \varnothing eje: 100 mm
- ✓ \varnothing alojamiento: 114 mm

El retén que cumple con estas dimensiones es el N° DBH: 9679. Tipo: Mx. Altura: 12 mm.

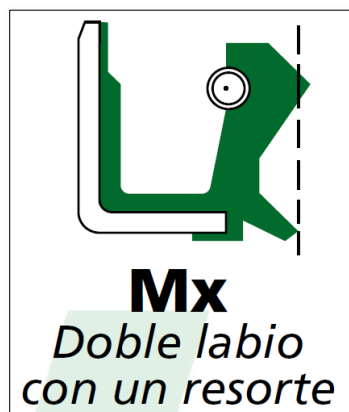


Figura 6.33: Sección del retén radial DBH 9679, tipo Mx.

El retén de la derecha, estará apoyado contra un resalte del alojamiento del manguito. El diámetro del alojamiento del retén será igual al diámetro exterior de dicho rodamiento. Debido a esto, los datos de selección son los siguientes:

- ✓ \varnothing eje: 100 mm
- ✓ \varnothing alojamiento: 140 mm

El retén que cumple con estas dimensiones es el N° DBH: 8995. Tipo: Lx. Altura: 13 mm.



Figura 6.34: Figura 6.31: Sección del retén radial DBH 8995, tipo Lx.

Ambos retenes están disponibles únicamente con doble labio. El segundo labio funciona como guardapolvo, para protección a la entrada de polvo externo. Si bien no es necesario en nuestro caso, ya que los rodamientos rígidos de bolas obstruyen el paso de cualquier suciedad, su presencia no genera ningún inconveniente.

En cuanto al material de los labios, éste está condicionado por la temperatura continua de trabajo. Ésta puede elevarse por el calor transmitido por conducción, proveniente de la zona de procesamiento del plástico. Pero, por otro lado, este calor transmitido se ve mitigado por la barrera térmica generada por la refrigeración líquida y por las pérdidas por radiación y convección del aire circundante. Por todo esto, estimamos que en esta zona no se superarán los 100 °C.

En conclusión, el material de los labios seleccionado para ambos retenes será el fluoroelastómero, también conocido, por su nombre comercial, como *vitón*. Es un material que soporta la gama más extensa de temperaturas y la mayor resistencia química. Los fluoroelastómeros resisten temperaturas desde -40°C hasta 204°C. Resisten los productos más especiales, lubricantes y químicos que pueden destruir al nitrilo, los poliacrílicos, y las siliconas. Este material ofrece un funcionamiento y vida de servicio excepcionales.

El sellado perfecto no puede lograrse, entre otras cosas, debido a que el labio necesita recibir cierta lubricación para no ser destruido por el calor de la fricción. En consecuencia, en la parte inferior del alojamiento del manguito, se practicó una perforación de 3 mm de diámetro en frente de cada retén, con el objetivo de evacuar el aceite que pueda fugarse a través de ellos (ver figura 6.39).

6.8.2.2 Selección del aceite.

Para la selección del aceite, se utilizaron las recomendaciones del catálogo de SKF. Esta guía aplica para aceites minerales. El aceite seleccionado debe poseer una viscosidad mínima a temperatura de funcionamiento normal, para que proporcione una película lo suficientemente espesa entre los elementos rodantes y las pistas.

La viscosidad nominal v_1 requerida para brindar una lubricación adecuada a una temperatura de referencia estandarizada internacional de 40 °C (105 °F), se determina por el gráfico de la figura 6.35.

La velocidad máxima a la que trabajará la máquina será de 125 rpm. El diámetro medio del rodamiento será:

$$dm = \frac{135 \text{ mm} + 100 \text{ mm}}{2} = 117,5 \text{ mm}$$

Con estos datos, utilizamos dicho gráfico y obtenemos la viscosidad nominal 75 mm²/s (viscosidad cinemática).

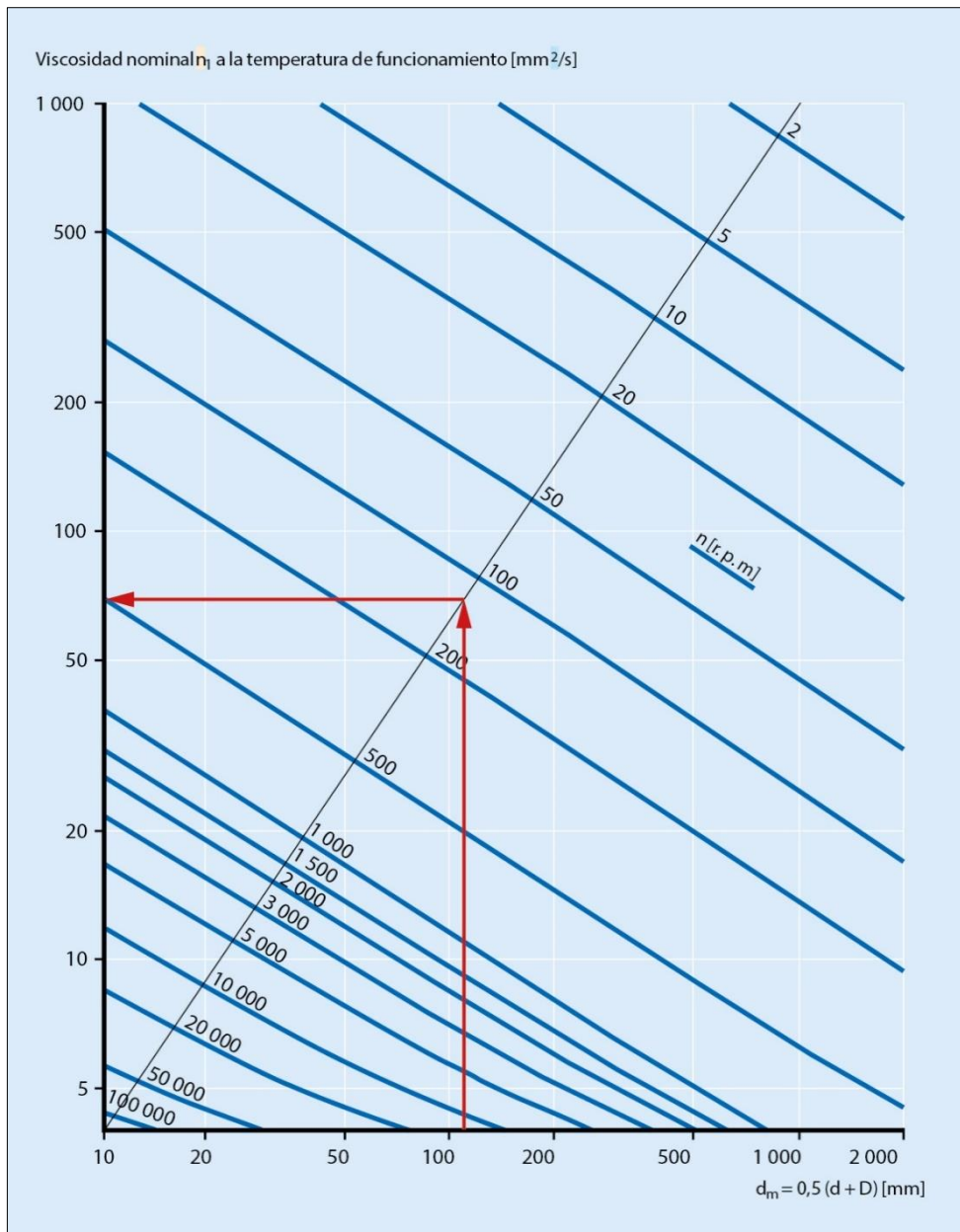


Figura 6.35: Viscosidad nominal v_1 a la temperatura de referencia.

Con este dato, y suponiendo que la temperatura de funcionamiento normal de nuestra máquina será de 100 °C, utilizamos el gráfico de la figura 6.36 para obtener el grado de viscosidad ISO (ISO VG). Este gráfico es válido para aceites minerales con un índice de viscosidad de 95.

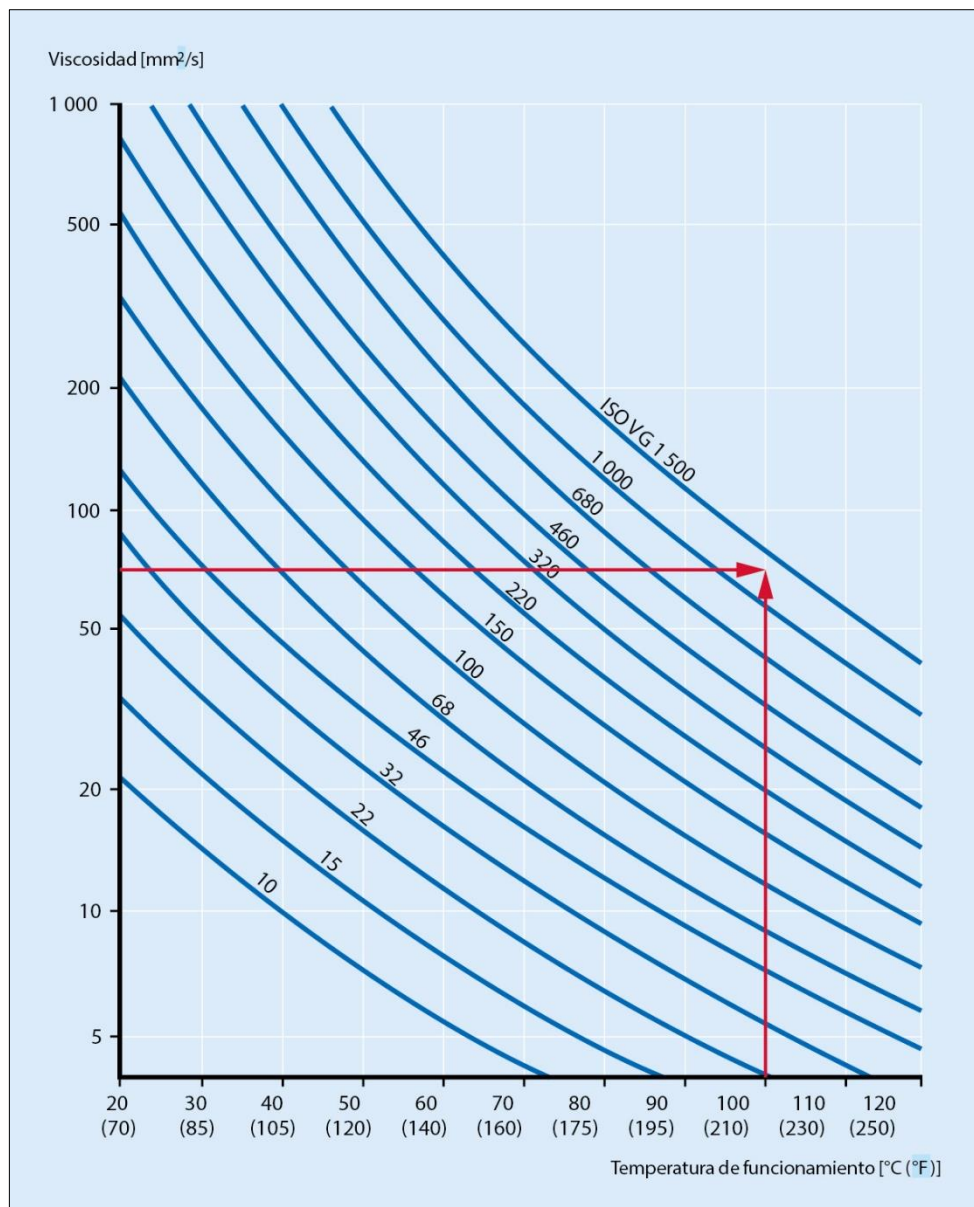


Figura 6.36: Grado de viscosidad ISO según temperatura de funcionamiento.

Obtenemos un aceite ISO VG 1500, lo que quiere decir que tendrá 1500 mm²/s (o cSt) a una temperatura de referencia de 40 °C.

Por lo tanto, el aceite a utilizar deberá tener las siguientes características:

- Tipo: mineral
- Índice de viscosidad: 95
- Grado de viscosidad ISO (ISO VG): 1500

Según el catálogo de SKF, con una temperatura de trabajo de 100 °C, el cambio de aceite debe efectuarse cada 3 meses. Para poder llevarlo a cabo, en la parte inferior del

alojamiento del manguito, se colocará un tornillo M10 con junta plana, a modo de tapón de drenaje. Para el ingreso del aceite al alojamiento, se colocará un tapón plástico M30 (figura 6.37) en la parte superior, justo encima de la crapodina. El conjunto ensamblado, con todos estos elementos, se puede observar en la figura 6.39.



Figura 6.37: Tapón del ingreso del aceite M30.

SKF también recomienda que, cuando el rodamiento se detiene, el nivel de aceite debería casi alcanzar el centro del elemento rodante inferior. Por esta razón, el volumen de aceite necesario será de 150 cm³.

6.9 Alojamiento del manguito y rodamientos

Para el diseño del alojamiento se tuvo en cuenta la brida de salida del reductor, la longitud del manguito y los alojamientos para los rodamientos rígidos de bolas y el axial. En la figura 6.38 se muestra el diseño final del alojamiento del manguito y rodamientos, y en la figura 6.39, una vista en corte del ensamblaje definitivo del conjunto. Adjunto al informe se encuentra el plano con las dimensiones del mismo.

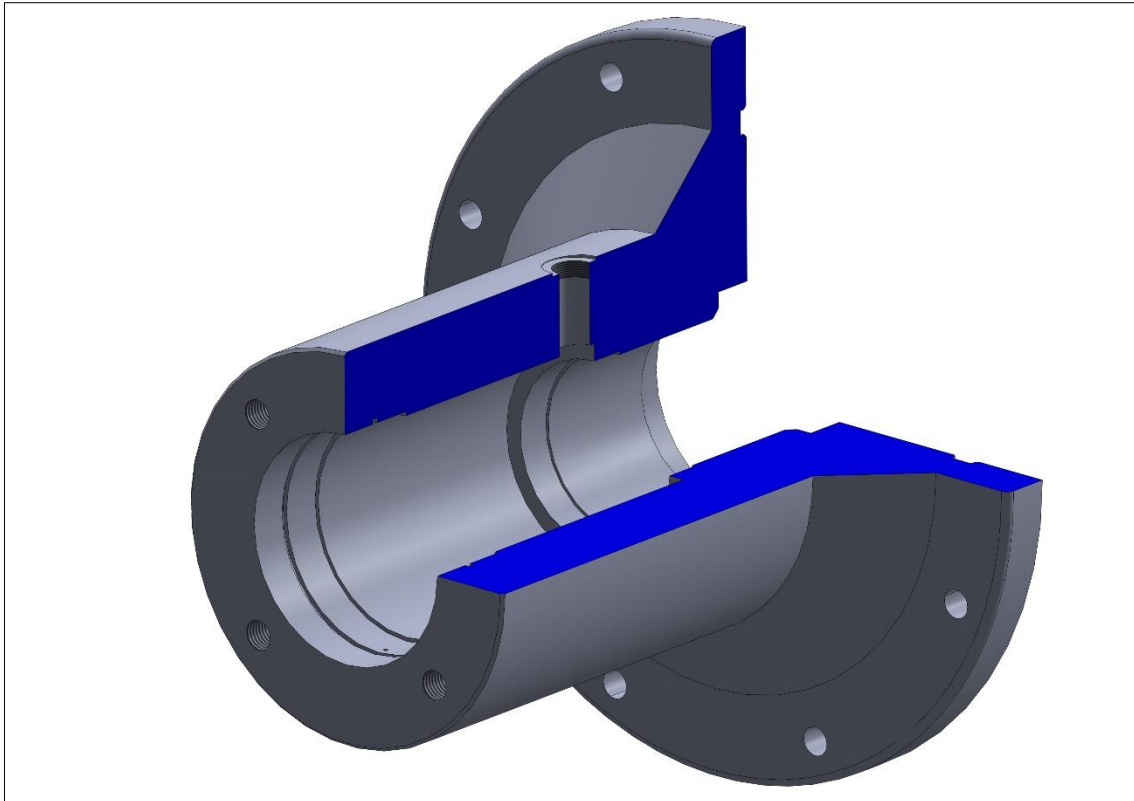


Figura 6.38: Corte del alojamiento del manguito.

El rodamiento radial de bolas frontal se asegurará contra un anillo seeger interno y la brida de la sección de alimentación (que posee la tolva en su ensamblaje), como se observa en la figura 6.24. Al tirar del tornillo para desmontarlo, esta brida evitará el desplazamiento del rodamiento frontal, mientras que un resalte en el alojamiento bloqueará el rodamiento posterior. El manguito tendrá un anillo seeger externo que hará que trabe con el rodamiento posterior. De esta manera, se asegura de que el tren de transmisión no se desarmará al intentar quitar el tornillo.

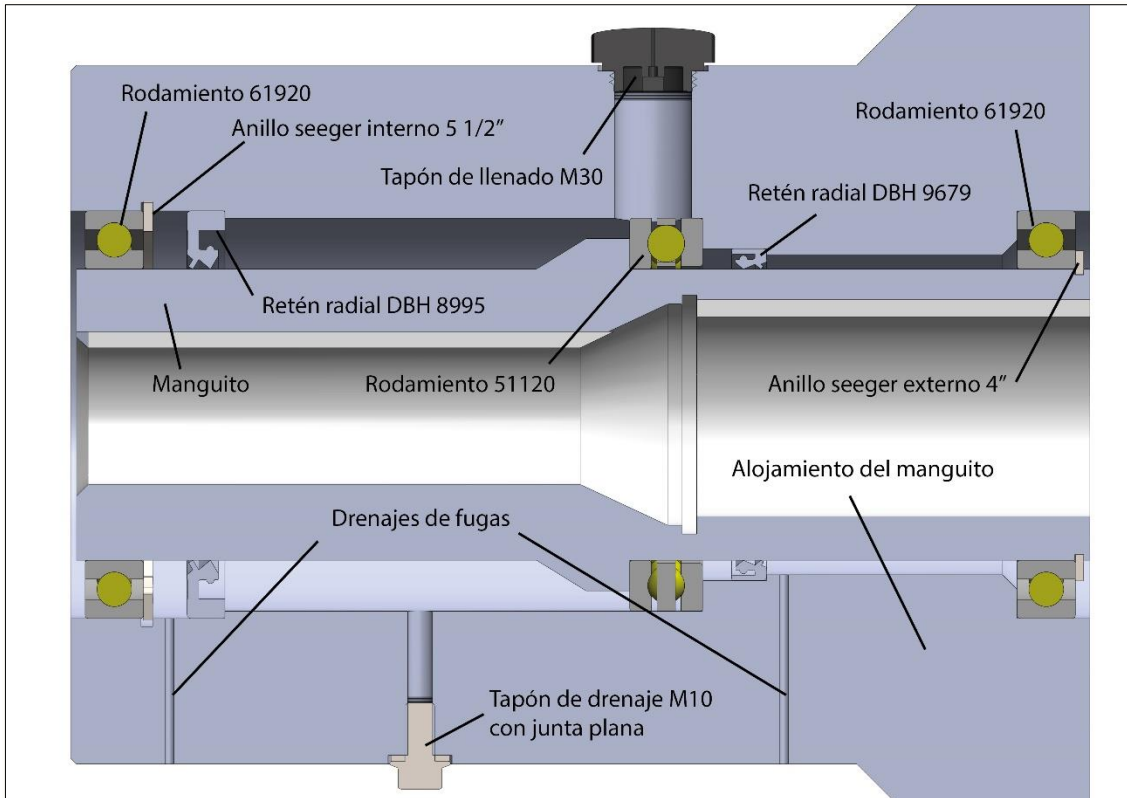


Figura 6.39: Vista en corte de conjunto ensamblado.

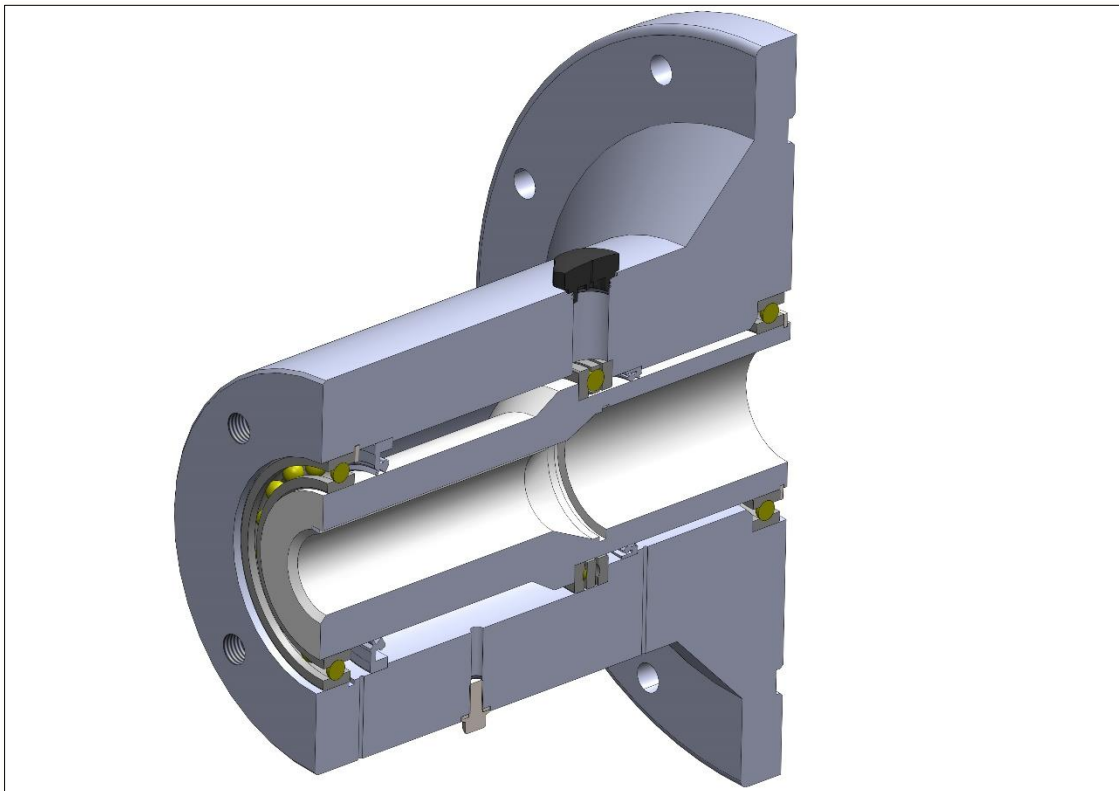


Figura 6.40: Perspectiva del conjunto ensamblado.

6.10 Chaveta principal

La chaveta que posee el eje de salida del reductor deberá ser correctamente dimensionada para actuar de elemento protector tanto del muñón del tornillo, como del manguito. Se dimensionará la misma para cortarse una vez alcanzado un determinado nivel de torsión.

En apartados anteriores se determinó que el momento torsor máximo que puede soportar el muñón de chaveta simple del tornillo es de:

$$Mt = 44.702 \text{ kg.cm}$$

A su vez, se dimensionó la chaveta del muñón del tornillo para soportar un momento torsor de:

$$Mt_{chaveta \text{ husillo}} = 36.500 \text{ kg.cm}$$

Por cuestiones de practicidad, resulta más conveniente que en un caso desfavorable de sobre torsión se corte la chaveta del tornillo y no la que acopla el reductor con el manguito, debido a que esta última es de más difícil acceso. Empleando este criterio, definimos el momento torsor que deberá soportar la chaveta del reductor:

$$Mt_{chaveta \text{ reductor}} = 38.000 \text{ kg.cm}$$

Con este resultado se procede al dimensionamiento de la chaveta del reductor.

El chavetero del eje de salida del reductor (según el catálogo del fabricante) puede albergar una chaveta de las siguientes dimensiones máximas:

- h (altura) = 9 mm
- b (ancho) = 20 mm
- l_{\max} (largo máximo) = 125 mm

La chaveta que se seleccione deberá tener un largo igual o menor al máximo mencionado.

Se empleará una chaveta de acero SAE 1045 cuya tensión de fluencia es:

$$\sigma_{fl} = 3.100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Debido a la naturaleza de la carga se empleará un coeficiente de seguridad de 2/3 de dicho valor, es decir:

$$\sigma_u = \frac{2}{3} \sigma_{fl} = \frac{2}{3} 3.100 \frac{kg}{cm^2} = 2.067 \frac{kg}{cm^2}$$

La tensión tangencial admisible será la mitad de ese valor:

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_u}{2} = 1.033,5 \frac{kg}{cm^2}$$

Se inicia la verificación determinando el largo necesario de la chaveta dimensionada al corte.

$$\tau_{adm} = \frac{F}{b \cdot l}$$

Conociendo el momento torsor y el diámetro del eje del reductor, se puede obtener la fuerza F:

$$Mt = F \cdot \frac{D}{2}$$

$$38.000 \text{ kg} \cdot \text{cm} = F \cdot \frac{7 \text{ cm}}{2}$$

$$F = 10.857,14 \text{ kg}$$

Mediante esta fuerza, el ancho de la chaveta, y la tensión tangencial admisible, el largo necesario resulta:

$$1.033,5 \frac{kg}{cm^2} = \frac{10.857,14 \text{ kg}}{2 \text{ cm} \cdot l}$$

$$l = 5,25 \text{ cm}$$

Ahora se procede a calcular el largo de la chaveta al aplastamiento y se comparará dicho resultado con el obtenido anteriormente. Para el aplastamiento se emplea la siguiente fórmula:

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot F}{l \cdot h}$$

$$2.067 \frac{kg}{cm^2} = \frac{2 \times 10.857,14 \text{ kg}}{l \cdot 0,9 \text{ cm}}$$

$$l = 11,67 \text{ cm} \cong 12 \text{ cm}$$

Debido a que este valor es mayor que el anterior, la chaveta se verá más condicionada al aplastamiento. Por ende, este último valor representa el largo final de la chaveta.

6.11 Sección de alimentación

6.11.1 Introducción

La sección de alimentación de una máquina extrusora incluye las áreas de ingreso del pellet virgen de polímero a fundir, que a su vez involucran los primeros filetes del tornillo extrusor. En algunas extrusoras no existe una sección de alimentación separada, sino que la misma forma parte integral del cañón. Sin embargo, este formato presenta el inconveniente de no poder refrigerarse en dicha zona, lo cual podría producir la fundición prematura del material a ingresar, y a su vez un bloqueo en la alimentación. Además, si los pellets empiezan a fundirse y adherirse a los primeros filetes del tornillo, pueden ocasionar problemas en el transporte de material (que como se mencionó en el capítulo anterior, conviene que se encuentre en estado sólido al inicio de su transporte).

Es por estos inconvenientes que la sección de alimentación se realiza de forma separada al cañón.

6.11.2 Tolva

La tolva es el contenedor que se utiliza para introducir el material a granel en la extrusora. Éste se carga por la parte superior, y avanza hacia la extrusora por gravedad. Un esquema de este elemento, con sus diferentes zonas, se puede ver en la figura 6.33.

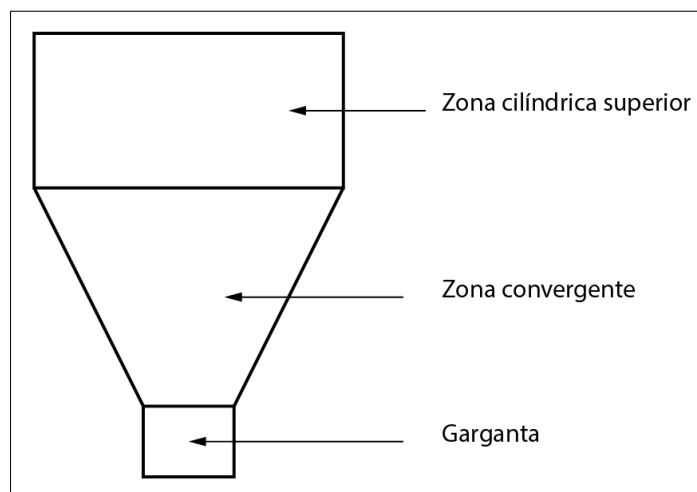


Figura 6.41: Esquema de tolva.

La tolva debe ser diseñada de tal manera que proporcione 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 (ver figura 6.42). Por esta razón, se opta por construir una tolva de sección circular para nuestra máquina extrusora.

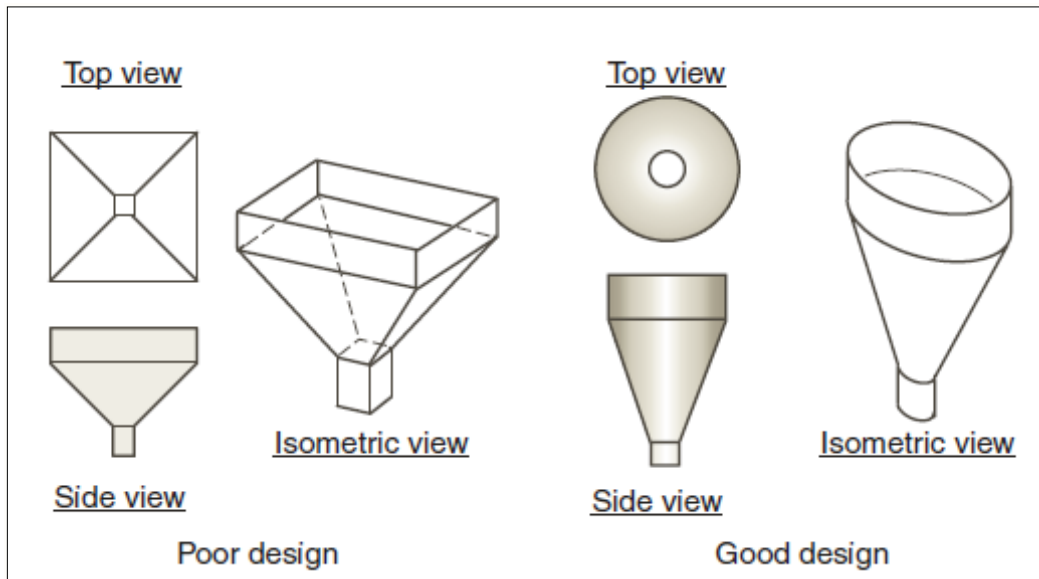


Figura 6.42: Diseño deficiente vs diseño eficiente de tolva de alimentación.

En ocasiones, para asegurar el flujo constante de material, son necesarios algunos equipos complementarios como vibradores, agitadores o tornillos forzadores, para hacer fluir el material y evitar atascamientos. Esto es un punto a considerar, sobre todo cuando el tamaño de los pellets no es uniforme, por ejemplo, al emplear material reciclado. Como la máquina presentada en este informe estará diseñada para material virgen en un principio, no se contemplará ningún equipo complementario de alimentación. En nuestro caso, la carga se hará manualmente y el material avanzará solamente por efecto de la gravedad.

Los factores a tener en cuenta para el diseño de la tolva son:

- 1) Capacidad de almacenamiento.
- 2) Densidad aparente del material a granel (pellets).
- 3) Material de construcción de la tolva.
- 4) Granulometría de los pellets.
- 5) Humedad de los pellets.
- 6) Ángulo de reposo de los pellets.

7) Ángulo de inclinación de la tolva.

Primero analizaremos la inclinación de la zona convergente de la tolva. El ángulo mínimo de inclinación de una tolva depende del ángulo de reposo del material granular. A su vez, el ángulo de reposo depende de:

- Granulometría del material.
- Porcentaje de humedad.

El ángulo de reposo se estima formando un montón con la muestra representativa de material granular, dejando caer la misma desde una altura determinada sin ejercer presión sobre la carga. El ángulo que forma el talud sobre el piso, representa el ángulo de reposo (ver figura 6.43).



Figura 6.43: Ángulo de reposo de materiales granulares.

La inclinación mínima de la caída de la tolva (β) que permite que el material granular fluya, es aproximadamente 15° más que el ángulo de reposo:

$$\beta = \alpha + 15^\circ$$

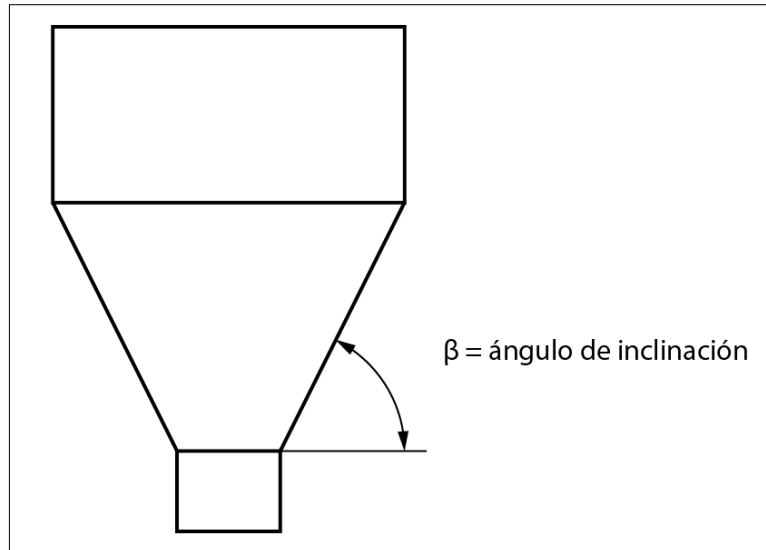


Figura 6.44: Ángulo de inclinación de la zona convergente.

Según diversas fuentes, el ángulo de reposo de arena gruesa o grava sin humedad, las cuales poseen una granulometría similar a los pellets de plástico, ronda los 40°. Por lo tanto, el ángulo de inclinación mínimo de la sección de alimentación resultaría de 55°. Para asegurarnos de que el material fluya sin dificultades, tomamos un ángulo de 60°.

En cuanto al volumen de la tolva, consideramos el siguiente criterio: una vez que se llena completamente la tolva, la extrusora debe trabajar por lo menos una hora con una boquilla para filamento de 5 mm de diámetro (la cual se presentó anteriormente) hasta que la tolva se vacíe por completo y necesite una recarga. La mayor capacidad de producción se da para el caso del LDPE con 28,23 kilogramos por hora. Redondeando, la tolva debe ser capaz de albergar, completamente llena, al menos unos 30 kg de pellets de polietileno de baja densidad.

Según la tabla 6.7, extracto de materiales a granel otorgado por la empresa Anval, se puede obtener el volumen aparente de los pellets de polietileno, expresado en libras por pie cúbico en la columna izquierda, y kilogramos por metro cúbico en la columna de la derecha.

Perlite Ore	65	1041
Petroleum Coke	55	881
Petroleum Coke Dust	25	400
Phenofil	30	481
Phenol Formaldehyde	30	481
Phenolic Powder	32	513
Phosphate	80	1282
Phosphate Rock Crushed	69	1105
Phosphate Rock Dust	90	1442
Phosphate Rock ground	70	1121
Plaster Of Paris	49	785
Plastic (Beads)	46	737
Plastic (Cubes)	38	609
Plastic (Flakes)	48	769
Plastic (Pellets)	45	721
Plastic Powder	42	673
Plastic Resin	40	641
Polyamide Resin	31	497
Polycarbonate Resin	44	705
Polyester Adhesive Powder	30	481
Polyester Flakes	27	433
Polyester Resin	34	545
Polyethylene	43	689
Polyethylene Beads	42	673
Polyethylene Film		128
Polyethylene Flakes		96
Polyethylene Granular	30	481
Polyethylene Pellets	35	561
Polyethylene Powder	35	561
Polyhedral Alcohol	37	593

Tabla 6.7: Densidades aparentes de distintos elementos a granel.

Mediante este valor, y la capacidad de producción horaria mencionada anteriormente se obtiene un volumen inicial:

$$V = \frac{\text{masa}}{\text{densidad aparente}}$$

$$V = \frac{30 \text{ kg}}{561 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 0,053 \text{ m}^3$$

Como éste es un valor mínimo, se redondea hacia arriba, quedando:

$$V \approx 0,06 \text{ m}^3 = 60.000 \text{ cm}^3$$

Una vez definido el volumen mínimo que debe poseer la tolva y su ángulo de inclinación, estamos en condiciones de dimensionarla. La misma estará compuesta por una zona cilíndrica superior, por donde ingresan los pellets a la tolva, una zona convergente que los guía hacia la garganta y ésta última que se adapta al diámetro de la entrada al cañón de la máquina (ver figura 6.45).

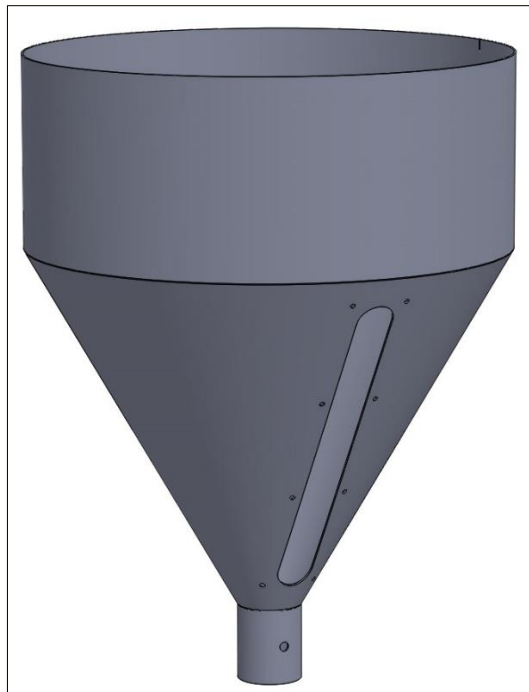


Figura 6.45: Diseño de tolva de alimentación.

El volumen total de la tolva será la sumatoria de los volúmenes de las dos zonas cilíndricas y de la troncocónica. Para llegar a este volumen total, debemos calcular las dimensiones de estas geometrías, lo cual supone un problema en el cual el número de incógnitas supera el número de ecuaciones. Debido a esto, existen infinitas soluciones, es decir, infinitas combinaciones de dimensiones posibles que satisfagan las ecuaciones. Por esta razón, se adoptan distintos valores y se va iterando, hasta llegar a los siguientes resultados:

$$V1 (\text{cilindro superior}) = \frac{\pi \cdot (50 \text{ cm})^2}{4} \cdot 20 \text{ cm}$$

$$V1 (\text{cilindro superior}) = 39.270 \text{ cm}^3$$

El diámetro interior de la garganta (63 mm) debe coincidir con el diámetro interior del tubo que conforma la tee de la zona alimentación de la máquina:

$$V2 (garganta) = \frac{\pi \cdot (6,3 \text{ cm})^2}{4} \cdot 8 \text{ cm}$$

$$V2 (garganta) = 250 \text{ cm}^3$$

$V3$ (tronco de cono)

$$= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 38 \text{ cm} \cdot \left[\left(\frac{50 \text{ cm}}{2} \right)^2 + \left(\frac{6,3 \text{ cm}}{2} \right)^2 + \left(\frac{50 \text{ cm}}{2} \cdot \frac{6,3 \text{ cm}}{2} \right) \right]$$

$$V3 (\text{tronco de cono}) = 28.400 \text{ cm}^3$$

$$VT (\text{volumen total tolva}) = 39.270 \text{ cm}^3 + 250 \text{ cm}^3 + 28.400 \text{ cm}^3$$

$$VT (\text{volumen total tolva}) = 67.920 \text{ cm}^3$$

$$\beta = \arctan \left(\frac{380 \text{ mm}}{\frac{500 \text{ mm} - 63 \text{ mm}}{2}} \right) = 60^\circ$$

Se cumple con el ángulo de inclinación (β) y se supera en un 13,2 % el volumen mínimo establecido anteriormente, por lo que estas dimensiones son aceptadas.

Para la fabricación de esta tolva, se punzonará y se rolará chapa negra lisa nº 14, la cual posee un espesor de 2 mm. Con este espesor de chapa, se asegura una buena rigidez de la pieza y que ésta no se revire cuando se calienta al soldarla.

Para interrumpir el paso de los pellets, se ha colocado una válvula mariposa en la garganta de la tolva. El diseño de la pieza se puede ver en la figura 6.46 y su ensamble en la tolva se presenta en la figura 6.47.

La mariposa puede ser útil en situaciones de atasco de la máquina o para realizarle algún mantenimiento, bloqueando el paso de los pellets, sin necesidad de vaciar la tolva.

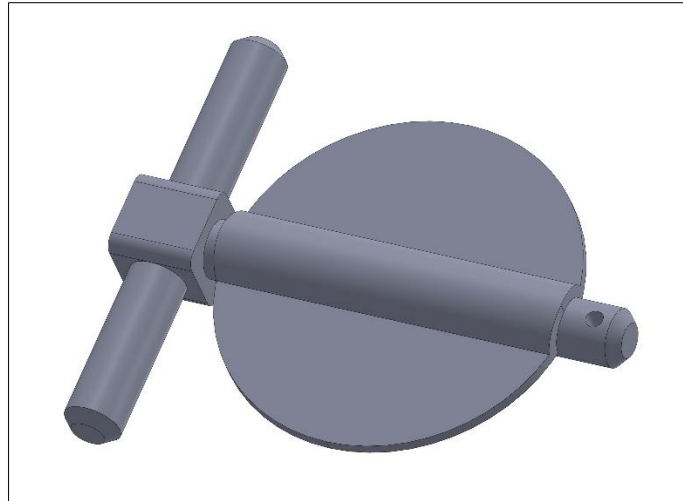


Figura 6.46: Diseño de la válvula mariposa.

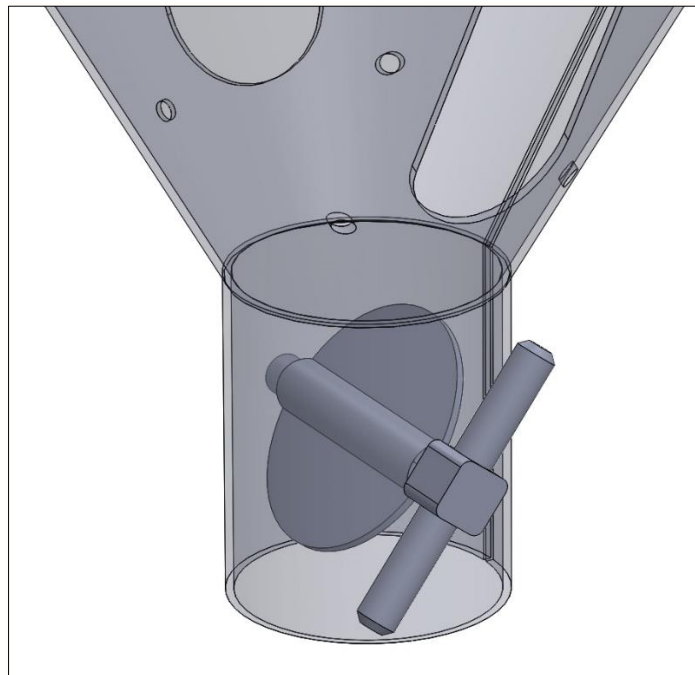


Figura 6.47: Válvula mariposa colocada en la tolva.

La boca de la garganta de la tolva se soldará a una corredera, la cual se deslizará por una guía. El objetivo de esto último, es que los pellets que se encuentran en la tolva se puedan descargar fácilmente en una bolsa o balde, deslizando la tolva hacia un costado, hasta que la garganta quede alineada con el tubo de descarga. Para facilitar la comprensión, se muestra el mecanismo en la figura 6.48. La figura 6.49 muestra la tolva en posición de descarga.

Los topes de la guía son tonillos cabeza cilíndrica con hexágono embutido y rosca M6 x 12 mm. Los dos topes de los extremos delimitan el recorrido de la corredera y ayudan a alinear la garganta de la tolva con las bocas de la guía. Incluso, este sistema facilita la remoción de la tolva, ya que solo basta con remover uno de los topes y deslizar la corredera por la guía, hasta desmontarla. Existe un tercer tope central, cuyo fin es el de asegurar la tolva en su posición, evitando que no se mueva accidentalmente, tanto en alimentación, como en descarga. Esto es especialmente importante cuando la máquina está operando, ya que el desplazamiento indeseado de la tolva provocaría una deficiencia en la alimentación de pellets.

Además, se puede adicionar un imán en la parte externa de la garganta de la tolva, para evitar que ingresen objetos ferrosos extraños a la máquina. De esta forma, se evitan paradas inesperadas en la producción y daños en órganos importantes de la máquina por ingreso de cuerpos extraños.

Los planos de todas las piezas hasta aquí presentadas, se encuentran en la sección 6.19 *Anexos*.

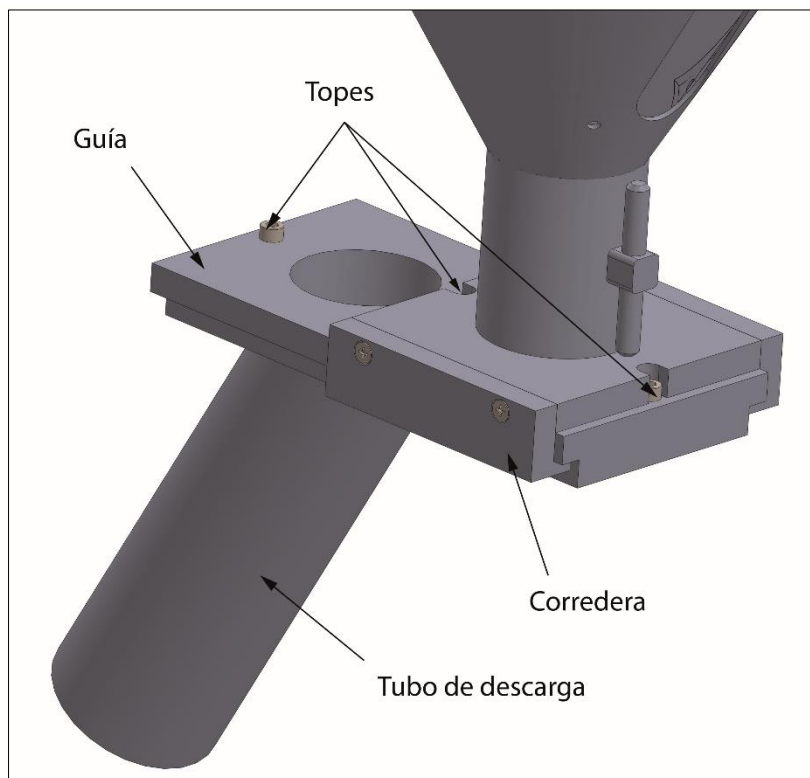


Figura 6.48: Guía y corredera de la tolva.

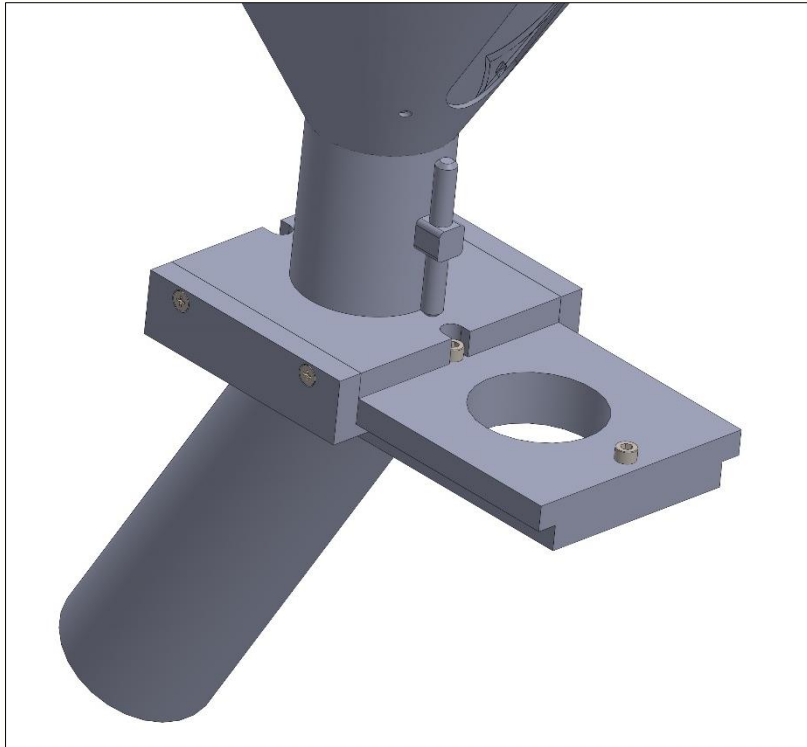


Figura 6.49: Tolva en posición de descarga.

6.11.3 Tee refrigerada

Esta última zona de la sección de alimentación corresponde al ingreso de los pellets en los primeros filetes del tornillo en su zona de transporte. Será necesaria una tee refrigerada por agua para minimizar el calentamiento de los pellets en el ingreso, lo cual podría provocar su reblandecimiento, pegándose entre ellos y causando una obstrucción.

Para su diseño se tuvo en cuenta las dimensiones del alojamiento del manguito y sus rodamientos, y la brida que acopla con el cañón. Ésta última posee dos perforaciones extras para colocar dos pasadores que servirán para soportar el esfuerzo de corte derivado de la torsión provocada por la extrusión. Las dimensiones de estos pasadores se calculan a continuación:

Datos de entrada:

- $Mt = 40.000 \text{ kg.cm}$
- $r = 69,85 \text{ mm}$

Donde “ r ” es la distancia entre el centro de la brida y la perforación donde irá ubicado cada perno (corresponde a la distancia entre el centro de la brida y los agujeros de los bullones).

Se puede observar además que dicho momento torsor escogido supera al que puede soportar la chaveta del tornillo y la del reductor, debido a que dichos pernos no están pensados como elementos de protección.

El material del pasador es el acero SAE 1045 cuya tensión de fluencia normal y de fluencia al corte son, respectivamente:

- $\sigma_{fl} = 3.100 \text{ kg/cm}^2$
- $\tau_{fl} = 1.550 \text{ kg/cm}^2$

El esfuerzo de corte "P" se obtiene mediante el momento torsor y el radio "r" como:

$$Mt = P \cdot r$$

$$40.000 \text{ kg.cm} = P \cdot 6,985 \text{ cm}$$

$$P = 5.726,56 \text{ kg}$$

El área del pasador es circular, por ende:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Donde "d" es el diámetro del pasador. Ahora, como la tensión de corte es la fuerza dividida por el área, se puede despejar el diámetro mínimo que deberá tener el pasador para soportar dicha carga:

$$\tau_{fl} = \frac{P}{n^{\circ} \text{pernos} \cdot A}$$

$$1.550 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{5726,56 \text{ kg}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

Despejando y operando, el diámetro necesario de cada pasador será de:

$$d = 1,53 \text{ cm}$$

Como conclusión, se utilizarán dos pasadores normalizados de 16 mm de diámetro y 45 mm de largo, lo que nos otorgará un margen de seguridad para soportar más esfuerzo de corte derivado de la torsión.

Se propone el diseño mostrado en las figura 6.50 y figura 6.51. La boca del caño por donde entran los pellets, será soldada a la guía que se observa en la figura 6.48.

La refrigeración de la camisa interna de 2 ½" se realizará por medio de circulación de agua en una camisa externa de 3 ½" dividida por medio de un tabique de espesor de 3,2 mm tal cual se observa en el detalle en el plano n° 10600504 adjunto en la sección 6.19 *Anexos*. Para el ingreso y salida del agua refrigerante se colocaron dos medias cuplas de ¾" con rosca NPT.

Para controlar la temperatura de la zona de alimentación, se puede hacer uso de un chiller. El valor típico de la carga térmica a extraer es de 0,5 toneladas de refrigeración. Dicho valor se obtuvo del libro "*Extrusion: the definitive processing guide and handbook, Harold F. Giles*".

Se puede observar la forma particular de la brida que se fija mediante bulones al alojamiento del manguito. La misma posee un reborde que cumple la función de alinear la sección de alimentación con la transmisión, y además asegura al rodamiento de bolas del alojamiento del manguito.

En la figura 6.52 se aprecia el ensamblaje que comprende la sección de alimentación de la extrusora.

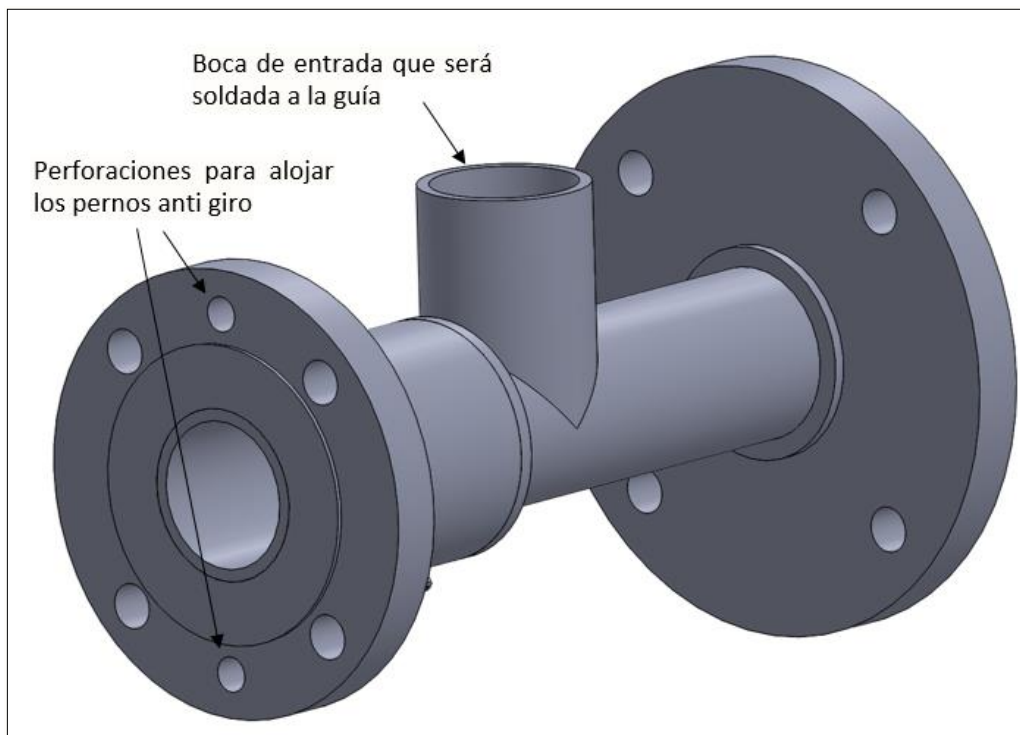


Figura 6.50: Tee de la zona de alimentación.

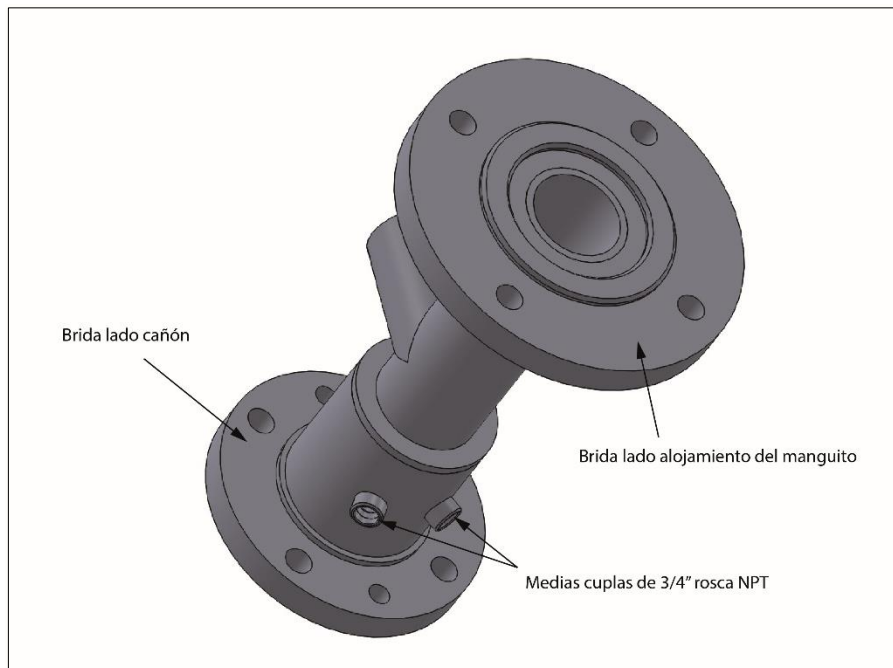


Figura 6.51: Vista inferior de la tee de la zona de alimentación.

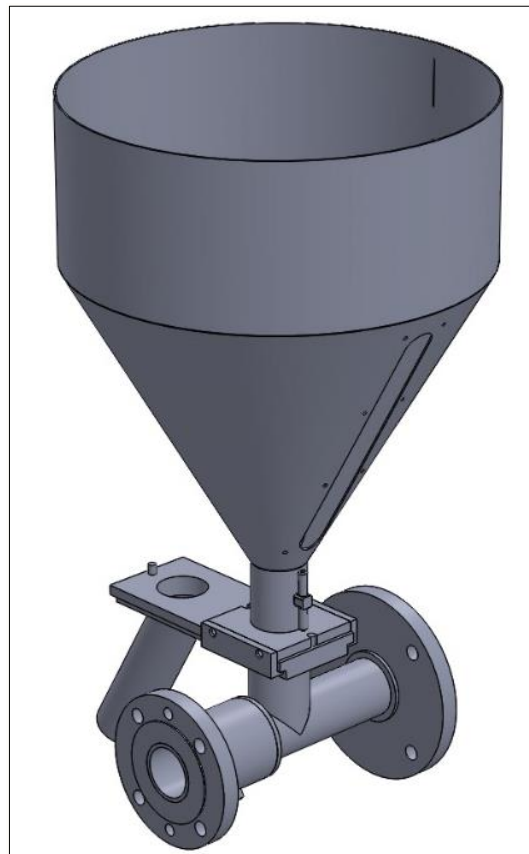


Figura 6.52: Ensamblaje sección alimentación.

El material a emplear para la fabricación de la tee será ser acero SAE 1045 sin tratamiento térmico ni superficial.

6.12 Sección cañón extrusor

6.12.1 Introducción

El cañón de la extrusora consiste en un simple cilindro bridado en sus extremos, capaz de soportar altas presiones y de poseer suficiente rigidez estructural para no deformarse. La mayoría de los cañones están fabricados con un tratamiento en su superficie interna para incrementar su vida útil. Las técnicas más comunes empleadas son el nitrurado y las aleaciones bimetálicas.

En su extremo en dirección al flujo posee un espaciamiento para colocar el plato rompedor con su paquete de filtros.

6.12.2 Dimensionamiento y verificación del cañón

La verificación más importante que se debe realizar sobre el cañón es la capacidad del mismo para soportar las presiones máximas desarrolladas. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula del espesor mínimo necesario para recipientes sometidos a presión de la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME):

$$t = \frac{P_i \cdot r}{\sigma_{adm} \cdot E - 0,6 \cdot P_i}$$

Donde:

- t = Espesor de pared necesario
- P_i = Presión interna
- r = Radio interior
- σ_{adm} = Tensión admisible del material
- E = Factor de soldadura ($E = 1$ para materiales sin soldadura)

Se empleará un acero común SAE 1045 sin templar. El mismo será sometido a un proceso de nitrurado interno para protegerlo de la corrosión.

En la siguiente tabla, se puede observar el grado de contribución a la corrosión y a la abrasión que presentan ciertos polímeros, y los materiales que se recomiendan para los tornillos. Se puede observar que todas las variantes del PVC presentan un mediano grado de corrosión, a comparación con el LDPE, HDPE y PP.

Table 5.3. Polymer Characteristics and Screw Materials

Polymer	Abrasiveness	Corrosiveness	Base Material	Flight Hardening Material
Nylon 6, LDPE	Soft	Not Corrosive	AISI 4140	Stellite 12, Flame Hardened to 50 RC
Flexible PVC	Soft	Medium	AISI 4140	Stellite 12
FEP	Soft	High	Inconel 718; Hastelloy C-276; AISI 4140	Stellite 12, Age Hardened to 39–42 RC
HDPE, PP, GP PS	Medium	Not Corrosive	AISI 4140	Colomony 56
Rigid PVC	Medium	Medium	AISI 4140; Nitralloy 135M	Colomony 56
High Loadings FR	Medium	High	Inconel 718; Hastelloy C-276	Colomony 56, Age Hardened to 39–43 RC
Glass Filled	High	Not Corrosive	CPM 9V/10V; AISI D2	Heat Treated to 39–43 RC
Clay Filled PVC	High	Medium	Nitralloy 135M	Coltung 1
PTFE/TFE Filled	High	High	AISI 4140	Coltung 1

Tabla 6.8: Características de los polímeros y materiales de los tornillos.

Retomando los cálculos, la tensión admisible del cañón, al no estar sometido a un esfuerzo de fatiga, será la tensión de fluencia del acero SAE 1045, es decir:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{fl} = 3.100 \frac{kg}{cm^2}$$

Por lo tanto, el espesor de pared necesario resulta:

$$t = \frac{54 \frac{kg}{cm^2} \cdot \frac{6,024 cm}{2}}{3.100 \frac{kg}{cm^2} \cdot 1 - 0,6 \cdot 54 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$t = 0,05 cm = 0,5 mm$$

Se observa que dicho resultado es muy pequeño, pero como se mencionó anteriormente, será necesario emplear un espesor que le otorgue rigidez al cañón. Debido a que no existe un criterio específico para definir dicha medida, se consultó con la empresa *PAS Extrusoras*, quienes recomendaron que para la longitud de dicho cañón se emplee un espesor de pared de 20 mm. Otro de los motivos de dicha elección fue la necesidad de mantener la temperatura del cañón una vez se llegue a la temperatura de trabajo. Se propone el siguiente diseño (ver figura 6.53):

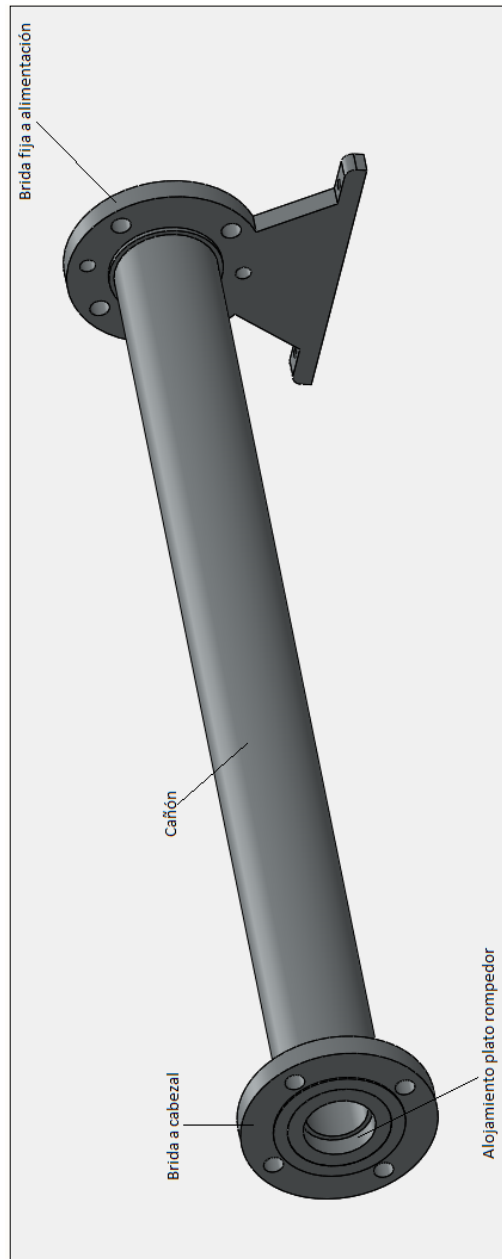


Figura 6.53: Diseño del cañón.

En la planimetría del cañón adjunta en la sección 6.19 *Anexos*, se puede notar que su longitud es menor a la del tornillo (de 1500 mm) debido al espacio ocupado por la zona de ingreso de los pellets. Las ubicaciones y dimensiones de las perforaciones para la instrumentación de control (pirómetros, sensores de presión, etc.) no se detallan en el diseño del cañón, debido a que su ubicación dependerá de la cantidad y dimensiones de las resistencias calefactoras.

Una de las bridas (la que se une con la sección de alimentación) será fija a la estructura de la máquina, mientras que la otra (que se une con el cabezal) será móvil. Esto se debe

a que sobre esta última se colocará el alineador. El mismo se empleará para ajustar la luz entre el cañón y el tornillo y estará fijo a la estructura de la máquina. Su forma se muestra en la figura 6.54 y sus dimensiones en la planimetría adjunta. Debido a que dicha pieza no debe soportar grandes esfuerzos se pretende usar un acero común SAE 1010 sin templar.

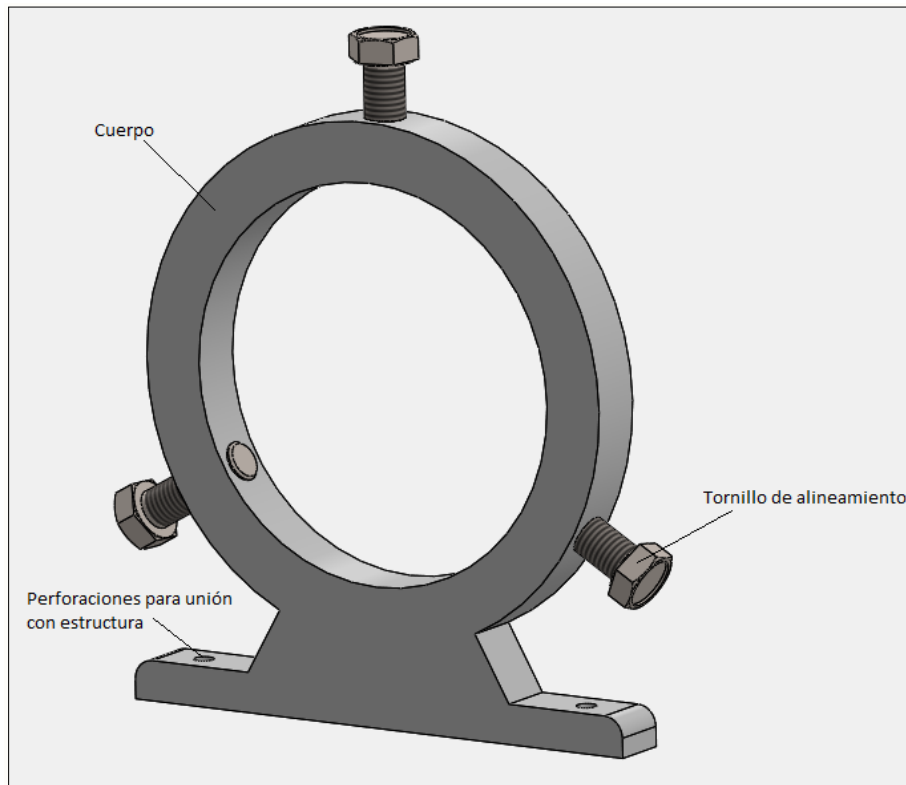


Figura 6.54: Alineador del cañón.

6.12.3 Desgasificación

Uno de los problemas que suelen afectar al proceso de extrusión y que es causa de rechazo del producto, es la formación de burbujas en el material extruido figura 6.55. Este defecto no solo produce problemas en la apariencia del material, sino irregularidades en las propiedades físicas del mismo. Dicho fenómeno tiene distintos orígenes:

- Degradación de material por alta temperatura puede generar gases.
- Vapor generado por la humedad de los pellets.
- Aire atrapado en los intersticios de los pellets.

Dichos gases mencionados que se encuentran bajo presión durante el proceso de extrusión, se expanden rápidamente una vez que la misma es removida. Esta rápida expansión puede generar un hoyo en el material extruido.

Otros tipos de burbujas que pueden formarse son debido a huecos de vacío que suelen aparecer en secciones, a medida que el material se enfría y se encoje.

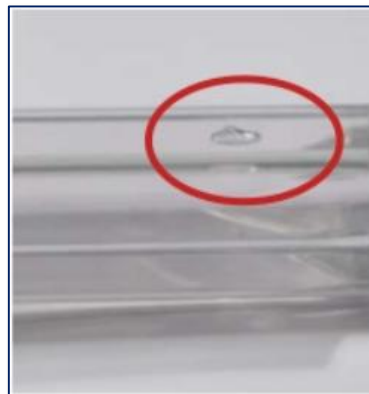


Figura 6.55: Formación de burbujas en producto extruido.

Dicho inconveniente puede ser solucionado colocando puntos de venteo a lo largo del cañón y tornillos de varias etapas. La figura 6.56 muestra una extrusora con un punto de venteo y un tornillo de dos etapas.

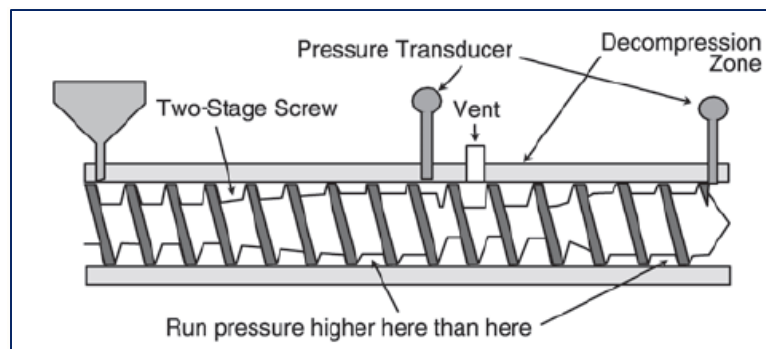


Figura 6.56: Extrusora con tronillo de dos etapas y punto de venteo.

La primera etapa del tornillo es similar a un tornillo estándar, con la sección de alimentación, compresión (transición) y dosificación, seguidas por una zona de descompresión. La etapa final tiene una forma más pronunciada en su sección final. Debido a que la presión es esencialmente cero y que el canal es más profundo en la sección de descompresión, se previene que el material fundido escape por el orificio de venteo.

Uno de los inconvenientes de emplear tornillos con dos etapas, es el acortamiento efectivo de la relación L/D. Normalmente, el puerto de venteo se ubica a dos tercios la distancia entre la tolva y la boquilla; por lo tanto, los pellets deben ser alimentados,

fundidos y dosificados en dos tercios el largo del cañón. Un L/D de 30:1 con venteo, equivale a un L/D de 20:1 sin venteo, limitando el tiempo requerido para fundir el polímero a un valor de producción determinado. Con zonas de alimentación, transporte y dosificación, es imposible fundir el mismo volumen de polímero que una extrusora con el mismo L/D sin venteo, por lo que la producción en extrusoras con venteo se ve reducida. Esta es la razón por la cual las extrusoras con venteo son normalmente más largas (30:1, 36:1 o mayor L/D). Extrusoras con múltiples orificios de venteo tienen L/Ds de 40 a 50:1, generando inconvenientes en cuanto a la flexión del tornillo y al mayor número de soportes necesarios para sostener el cañón de la máquina.

La siguiente tabla extraída de “*Extrusion: the definitive processing guide and handbook*, Harold F. Giles”, muestra una guía general para el diseño de tornillos.

Parameter	Effect on Screw
Output	Calculate screw diameter from chart.
Number of vent or feed ports	0 L/D = 25 1 L/D = 30 2 L/D = 35–40 3 L/D = 45
Barrel	Smooth: Use normal compression ratio. Grooved: Use low compression ratio.
Bulk/actual density ratio	>50% of melt density: Use normal feed depth. <50% of melt density: Use large feed depth.
Melt viscosity	Helix angle from power law index. High viscosity, use a deep metering section. Low viscosity, use shallow metering section.
Melting rate	For higher melting rate, use small clearance, large helix angle, and multiple flights. Can also use internal screw heating.
Melt quality	For higher melt quality, use efficient mixing section.

Tabla 6.9: Guía general para diseño de tornillos.

Se puede observar que para la relación L/D presentada en el proyecto (25:1), al ser un tornillo relativamente corto, no serán necesarios puntos de venteo. Esto quiere decir que el proceso de desgasificación se dará normalmente a través de la tolva de la extrusora.

6.12.3.1 Formación de burbujas en el producto extruido

Se mencionó en apartados anteriores el inconveniente que genera la formación de burbujas en el material extruido y se señaló que este efecto era producido de dos formas:

- 1- Gas atrapado (aire, vapor, volátiles de la degradación de resinas, etc.)
- 2- Vacío

Lo más importante cuando ocurre este inconveniente es determinar qué tipo de burbuja se está formando. De esta manera se podrá determinar la causa y fijar un curso para una acción correctiva.

Una mera observación de la burbuja no basta para determinar de qué tipo es, no obstante, existe un test sencillo que se puede realizar. El mismo consiste en calentar de forma suave (no aplicando excesivo calor en poco tiempo) mediante una pistola de aire caliente o similar, la zona en la que se encuentra la burbuja. A medida que se calienta, la burbuja cambiará de forma. Si es una burbuja de gas, el mismo en su interior se calentará y expandirá, elevando la superficie, y eventualmente explotará. Si se trata de una burbuja de vacío, la misma colapsará debido a la presión atmosférica empujando la superficie reblandecida.

Normalmente se debe escoger una burbuja de por lo menos 3 mm de diámetro (o mayor) y asegurarse que la pieza no tiene más de 4 horas desde su extrusión.

Algunas causas y acciones correctivas frente a estos problemas se listan a continuación:

- El aire atrapado en el cañón debe ser removido antes de la boquilla o pueden formarse hoyos en el producto final. Normalmente en extrusoras de tornillo simple el aire escapa por la tolva siempre y cuando el sistema este inundado con pellets. En caso de alimentación deficiente, la velocidad del husillo deberá ser más lenta para prevenir el ingreso de aire después de la zona de transición. El aire que quede atrapado en la zona de dosificación, será forzado a salir por la boquilla y a genera burbujas en el producto final. La presencia de aire saliendo de la boquilla en extrusoras alimentadas correctamente puede ser un indicador de que no todo el material es fundido en la zona de transición, permitiendo que pellets no fundidos junto con aire penetren en la zona de dosificación. Para corregir este problema se debe aumentar la temperatura en la zona de transición para asegurarse de que todo el material se funda en dicha zona. Empleando filtros más finos se aumenta la contrapresión, evitando que el aire escape por la boquilla.
- Una temperatura muy alta de fusión puede provocar que los pellets o sus aditivos se degraden y generen gas en la descarga de la extrusora. Para evitar esto se puede disminuir la temperatura o intercambiar el tornillo por uno que produzca menor rozamiento.
- La contaminación por resina previamente procesada puede causar una reacción química en la extrusora que lleva a la generación de gases. Esto se corrige fácilmente purgando la máquina con resinas no reactivas, y removiendo o evitando cualquier tipo de contaminación previa a la carga de material por la tolva.
- La humedad que ingresa a la extrusora a través de los pellets puede convertirse en vapor. Si esta humedad no es removida antes de la boquilla a través de vacío o ventilación atmosférica, se pueden producir hoyos en el producto. Esto se soluciona empleando pellets pre secados. Si bien no se elimina toda la humedad (ya que puede condensar en su superficie), la concentración que se

genera es menor que la cantidad crítica para formar burbujas y hoyos en el producto.

- Agujeros de vacío en productos de gran espesor se deben al encogimiento debido al enfriamiento del producto. En este tipo de productos, apenas el material fluye fuera de la boquilla, se forma una capa sólida. A medida que el material sigue enfriándose, la capa aumenta su espesor. En cierto punto, el material fundido dentro del área sólida no puede contener al material que se va solidificando en la superficie exterior, pero el mismo se sigue enfriando y encogiéndose. Debido a que el exterior ya se encuentra solidificado, las paredes no pueden ser jaladas hacia el centro. El enfriamiento del material fundido que se encuentra adentro, causa un encogimiento hacia afuera de la superficie, lo que provoca una burbuja de vacío en la matriz. Una posible solución consiste en enfriar más lentamente el material extruido, permitiendo que el exterior se encoja hacia el centro.

6.12.4 Plato rompedor y filtros

El plato rompedor se compone de un disco metálico de gran espesor con varias perforaciones paralelas al eje del tornillo. De este modo, se elimina el flujo en sentido torsional que produce el giro del tornillo y se fuerza al polímero a fluir en línea recta. Sin el plato rompedor, el movimiento en espiral podría extenderse hasta la salida de la boquilla y causar distorsiones en la superficie del producto extruido.

Los filtros sirven para retener los contaminantes presentes en la masa fundida de polímero. Consisten en mallas metálicas con diferente número de *mesh*, lo que representa la cantidad de alambres por pulgada; cuanto mayor es el número, más alambres por pulgada, resultando en agujeros más pequeños y mejor filtrado. Los filtros se ubican en contra del plato rompedor, entre éste último y el tornillo. Se comienza con un filtro grueso más cercano al tornillo, seguido de uno más fino y otro aún más fino, terminando con un filtro grueso que sirve de soporte para el más fino, evitando que se rompa cuando se desarrollan presiones elevadas. Una configuración típica del paquete de filtros es 20/40/60/20 mesh, en ese orden, comenzando por el que está más cerca del tornillo.

Tanto en la figura 6.57, como en la figura 6.58, se muestran vistas en perspectiva del plato rompedor. Las dimensiones se detallan en la planimetría adjunta.

Para su construcción se propone emplear el mismo acero SAE 1045 que el utilizado en el cañón. Se realizará un tratamiento de nitrurado sobre sus caras laterales y sus agujeros de paso para protegerlo de la corrosión y desgaste.

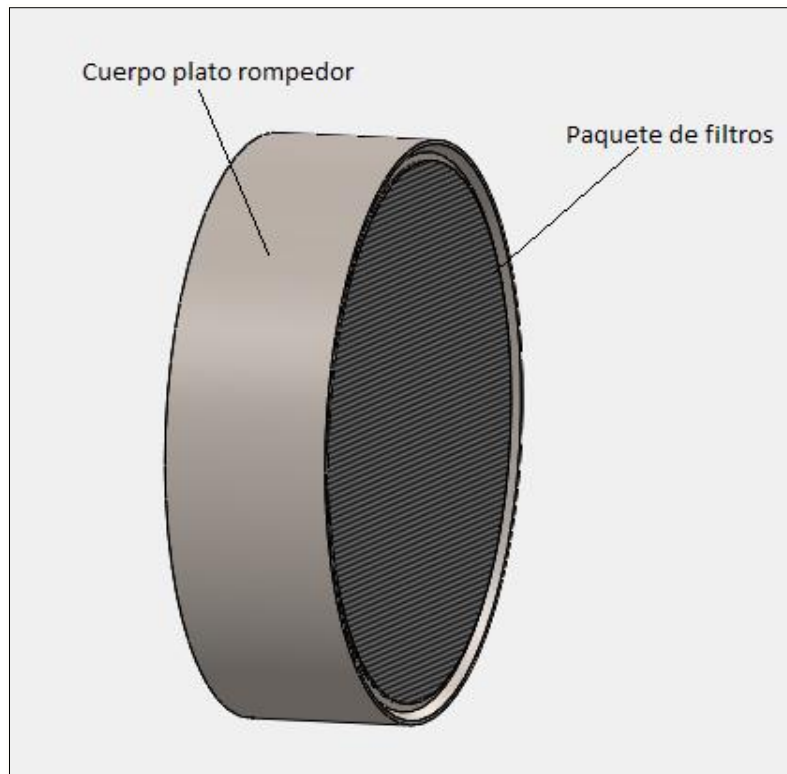


Figura 6.57: Ensamblaje plato rompedor y mallas.

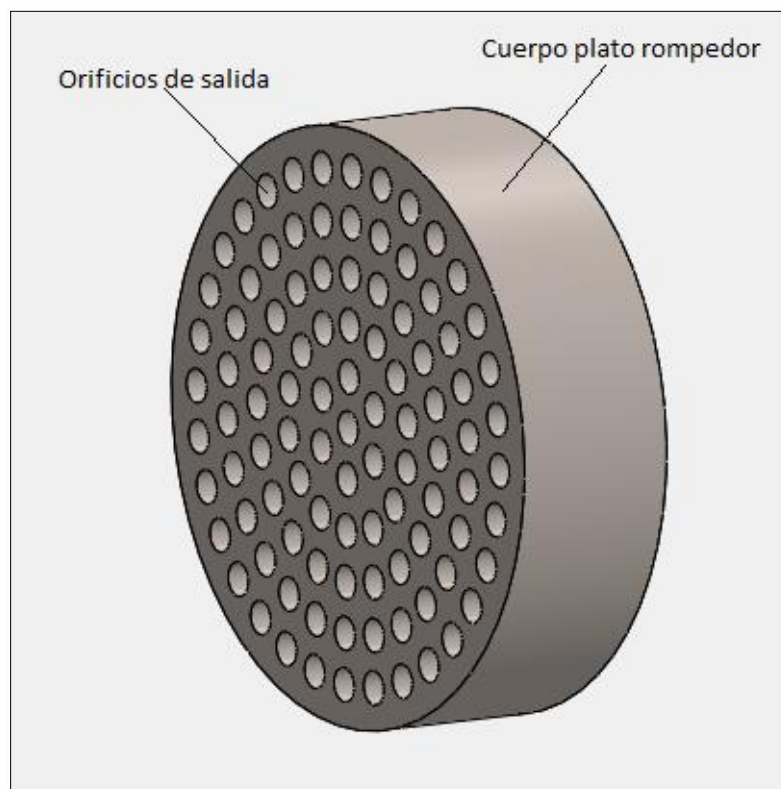


Figura 6.58: Vista posterior del plato rompedor.

6.12.5 Cálculo y dimensionamiento de bandas calefactoras

El correcto funcionamiento de una máquina extrusora depende de una combinación entre la energía mecánica producida por el tornillo (la cual a su vez produce calor por rozamiento y compresión del polímero dentro del cañón), y del calor producido por las resistencias eléctricas (bandas calefactoras) que abrazan al cañón. Estas últimas se emplean principalmente para fundir el polímero que permanece en el cañón momentos antes de que el proceso comience, para formar el fundido inicial, y para balancear las temperaturas del cañón para propósitos específicos, como ser el aumento de la cantidad de polímero a fundir.

Según lo visto en el capítulo anterior, las pérdidas de calor en una extrusora se deben principalmente a:

- Enfriamiento en la zona de alimentación.
- Enfriamiento del cañón con ventiladores.
- Pérdidas por transmisión de calor por convección y radiación del cañón al medio ambiente.
- Transmisiones.

Según “*Extrusion: the definitive processing guide and handbook, Harold F. Giles*” (página 81), dicha pérdida en una extrusora es de aproximadamente 61%.

La potencia teórica necesaria para fundir el polímero (sin considerar las pérdidas), se obtiene a partir de la suma del calor sensible y el calor latente de fusión del polímero:

$$\text{Potencia teórica} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T + \dot{m} \cdot \Delta H_{\text{fusión}}$$

En dónde:

- \dot{m} es el caudal másico de plástico fundido.
- c es el calor específico.
- $\Delta H_{\text{fusión}}$ es el calor de fusión.
- ΔT es la diferencia de temperatura

Teniendo en cuenta las pérdidas, la potencia real a suministrar es:

$$\text{Potencia real} = \text{Potencia teórica} \cdot \eta$$

Donde η es el rendimiento, el cual vale aproximadamente 61%, según lo mencionado anteriormente.

Ahora bien, según lo visto a finales del capítulo anterior, sólo el 20% (aproximadamente) de la potencia de calefacción la otorgan las resistencias. Es por ello que la potencia necesaria de resistencias eléctricas será calculada de la siguiente forma:

$Potencia\ resistencias = Potencia\ real \cdot 0,2$

A partir de la tabla 6.10 obtenida de "Extrusion: the definitive processing guide and handbook, Harold F. Giles", se definen los perfiles de temperatura del cañón recomendadas para distintos polímeros.

Material	Screw Compression Ratio	Feed Zone, °F (°C)	Transition Zone, °F (°C)	Metering Zone, °F (°C)	Die Zone, °F (°C)
ABS	2.75:1	400° (204°)	425° (219°)	440° (227°)	460° (238°)
Nylon 6	3.9:1	420° (216°)	460° (238°)	480° (249°)	500° (260°)
Nylon 6,6	3.6:1	530° (277°)	535° (280°)	545° (285°)	540° (282°)
LDPE	3.5:1	340° (171°)	355° (180°)	365° (185°)	375° (191°)
LLDPE		300° (149°)	325° (163°)	364° (185°)	410° (210°)
HDPE	3:1	340° (171°)	380° (193°)	400° (204°)	400° (204°)
PP	3:1	375° (190°)	410° (210°)	430° (221°)	430° (221°)
Polystyrene	3:1	350° (177°)	400° (204°)	440° (227°)	450° (232°)
HIPS	2.5:1	375° (191°)	420° (216°)	450° (232°)	450° (232°)
PMMA	1.8:1	360° (182°)	400° (204°)	430° (221°)	445° (230°)
Flexible PVC	2.5:1	265° (130°)	340° (171°)	355° (181°)	365° (181°)
Rigid PVC	2.5:1	300° (149°)	320° (160°)	340° (171°)	365° (181°)
PC	2.25:1	510° (266°)	530° (277°)	550° (288°)	560° (293°)
Noryl®	2.1:1	450° (232°)	480° (249°)	510° (266°)	510° (266°)
Ultem®	2.1:1	600° (316°)	640° (338°)	675° (357°)	675° (357°)
PET	3:1	520° (270°)	550° (290°)	510° (265°)	510° (265°)
PBT	2.5:1	470° (243°)	490° (254°)	500° (260°)	500° (260°)
Polysulfone	2.5:1	550° (288°)	600° (316°)	650° (343°)	650° (343°)
Acetal	3.6:1	400° (204°)	390° (199°)	400° (204°)	410° (210°)
Thermoplastic Polyurethane	3:1	330° (166°)	360° (182°)	380° (193°)	380° (193°)

Tabla 6.10: Perfiles de temperatura recomendados para la extrusión de distintos polímeros.

El calor específico y el requerido para la fusión de los distintos polímeros, se pueden obtener de la tabla 6.11 obtenida de "John Brydson, *Plastics Materials 7th edition*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1999." (página 80).

Table 8.1 Heat required (enthalpy required) to raise polymers to their processing temperatures from an ambient temperature of 20°C and the heat required to be removed in cooling a polymer from the melt to mould temperature

Polymer	Melt temperature (°C)	Mould temperature (°C)	SG	Specific heat (J kg ⁻¹ K ⁻¹)	Heat required to melt		Heat removed on cooling	
					J/g	J/cm ³	J/g	J/cm ³
FEP	350	220	2.2	1600	528	240	240	109
Polyethersulphone	360	150	1.37	1150	391	285	242	177
Polyether ether ketone	370	165	1.3	1340	469	361	275	212
Polyethylene terephthalate (crystalline)	275	135	1.38	2180	556	403	305	221
Polystyrene	200	20	1.05	1720	310	295	310	295
Polyacetal	205	90	1.41	3000	555	394	345	245
Polycarbonate	300	90	1.2	1750	490	408	368	307
ABS	240	60	1.04	2050	451	434	369	355
Polymethyl methacrylate	260	60	1.18	1900	456	386	380	322
Polyphenylene sulphide	320	135	1.4	2080	624	446	385	275
PPO (Noryl-type)	280	80	1.06	2120	551	520	434	409
Polysulphone	360	100	1.24	1675	570	459	436	351
Polyethylene terephthalate (amorphous)	265	20	1.34	1970	483	360	483	360
Nylon 11/12	260	60	1.03	2440	586	568	488	474
LDPE	200	20	0.92	2780	500	543	500	543
Nylon 6	250	80	1.13	3060	703	623	520	460
Nylon 66	280	80	1.14	3075	800	701	615	539
Polypropylene	260	20	0.91	2790	670	736	670	736
HDPE	260	20	0.96	3375	810	843	810	843

Tabla 6.11: Propiedades térmicas de distintos polímeros.

Mediante la información obtenida, se puede comenzar con los cálculos para cada polímero:

- Para el PP:

$$Potencia\ teórica = 100 \frac{kg}{h} \cdot 2,79 \frac{KJ}{kg\ ^\circ C} \cdot (221\ ^\circ C - 25\ ^\circ C) + 100 \frac{kg}{h} \cdot 670 \frac{KJ}{kg}$$

$$Potencia\ teórica = 121.684 \frac{KJ}{h}$$

$$Potencia\ real = 121.684 \frac{KJ}{h} \cdot \frac{1\ h}{3600\ s} \cdot 0,61$$

$$Potencia\ real = 20,62\ KW$$

$$Potencia\ resistencias = 20,62\ KW \cdot 0,2$$

$$Potencia\ resistencias = 4,12\ KW$$

- Para el HDPE:

$$Potencia\ teórica = 100 \frac{kg}{h} \cdot 3,37 \frac{KJ}{kg\ ^\circ C} \cdot (204\ ^\circ C - 25\ ^\circ C) + 100 \frac{kg}{h} \cdot 810 \frac{KJ}{kg}$$

$$\text{Potencia teórica} = 141.323 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

$$\text{Potencia real} = 141.323 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot 0,61$$

$$\text{Potencia real} = 23,94 \text{ KW}$$

$$\text{Potencia resistencias} = 23,94 \text{ KW} \cdot 0,2$$

$$\text{Potencia resistencias} = 4,78 \text{ KW}$$

- Para el LDPE:

$$\text{Potencia teórica} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 2,78 \frac{\text{KJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \cdot (191 ^\circ\text{C} - 25 ^\circ\text{C}) + 100 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 500 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Potencia teórica} = 96.148 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

$$\text{Potencia real} = 96.148 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot 0,61$$

$$\text{Potencia real} = 16,3 \text{ KW}$$

$$\text{Potencia resistencias} = 16,3 \text{ KW} \cdot 0,2$$

$$\text{Potencia resistencias} = 3,25 \text{ KW}$$

Se optó por emplear una potencia total instalada en resistencias de 10 kW. Este margen de potencia extra permitirá a la máquina llegar a su temperatura de trabajo en una menor cantidad de tiempo y otorgar calor extra a la extrusión en caso de ser necesario.

Las resistencias que se emplean en este tipo de máquina son las del tipo abrazadera (ver figura 6.59).



Figura 6.59: Resistencias tipo abrazadera.

Las resistencias de abrazadera tienen forma circular y se despliegan y cierran alrededor del cañón para facilitar su intercambio. Las mismas pueden ser de 2 tipos: las resistencias de abrazadera de cuerpo inoxidable, que pueden trabajar a una carga superficial de 4 W/cm² y hasta 400°C y las resistencias de abrazadera de cuerpo cerámico, que pueden trabajar a una carga superficial de 8 W/cm² y hasta 700°C.

El área exterior del cañón es:

$$A = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 100,24 \text{ mm} \cdot 1.138 \text{ mm} = 3.583,71 \text{ cm}^2$$

Empleando resistencias de 4 W/cm² y hasta 400°C, el área necesaria a cubrir con resistencias es:

$$\text{Área total a cubrir} = \frac{10.000 \text{ W} \cdot 1 \text{ cm}^2}{4 \text{ W}} = 2.500 \text{ cm}^2$$

Ahora se calcula el largo del cañón a cubrir con resistencias:

$$L = \frac{A}{\pi \cdot D} = \frac{250.000 \text{ mm}^2}{\pi \cdot 100,24 \text{ cm}} \cong 800 \text{ mm}$$

Se utilizarán 8 resistencias en total, por lo tanto:

$$\text{Largo resistencia} = \frac{800 \text{ mm}}{8} = 100 \text{ mm}$$

6.12.6 Cerramiento del cañón y ventilación

Se cubrirá el cañón y las resistencias eléctricas con un cerramiento, con el fin de evitar el contacto del operario con las partes calientes de la máquina. También se utilizará como estructura a la que se montarán los ventiladores, y direccionará el flujo de aire que éstos generen.

El cerramiento se fabricará en su totalidad con chapa negra lisa n° 14, la cual nos asegura una rigidez suficiente. Éste está compuesto por dos partes, la tapa o estructura superior y el fondo o estructura inferior. Ambas están unidas entre sí por bisagras, lo que permite abrir el cerramiento levantando la tapa, para poder inspeccionar las resistencias eléctricas y la instrumentación de control (sondas de presión y temperatura).

Las tapas laterales del fondo poseen perforaciones que coinciden con las de las bridas del cañón, permitiendo fijarlas a ellas. Para esto, se utilizarán los mismos tornillos que están presentes en las uniones bridadas. En la estructura inferior se realizarán las caladuras necesarias para montar los ventiladores centrífugos que evacuarán el calor en exceso.

La tapa cuenta con dos manijas plásticas que permiten al operario levantarla de forma segura, sin hacer contacto con la chapa caliente. También cuenta con 4 rejillas en la parte superior, con el fin de evacuar el flujo de aire de los ventiladores.

Para la ventilación se optó por colocar un ventilador centrífugo por cada par de resistencias calefactoras. Se emplearán, por ende, cuatro ventiladores centrífugos cuya potencia es de 0,09 kW y de 380 m³/h de caudal desplazado cada uno marca SODECA modelo CMP 512 2T.

La figura 6.60 muestra una propuesta de diseño del cerramiento para el cañón y la descripción de sus partes. Las dimensiones se detallan en la planimetría adjunta. Las perforaciones para los cables de las resistencias y de instrumentos no se detallan debido a que la ubicación de los mismos dependerá del diseño definitivo de la máquina.

La figura 6.61 muestra el ensamblaje que comprende la sección del cañón, con una descripción breve de sus partes.

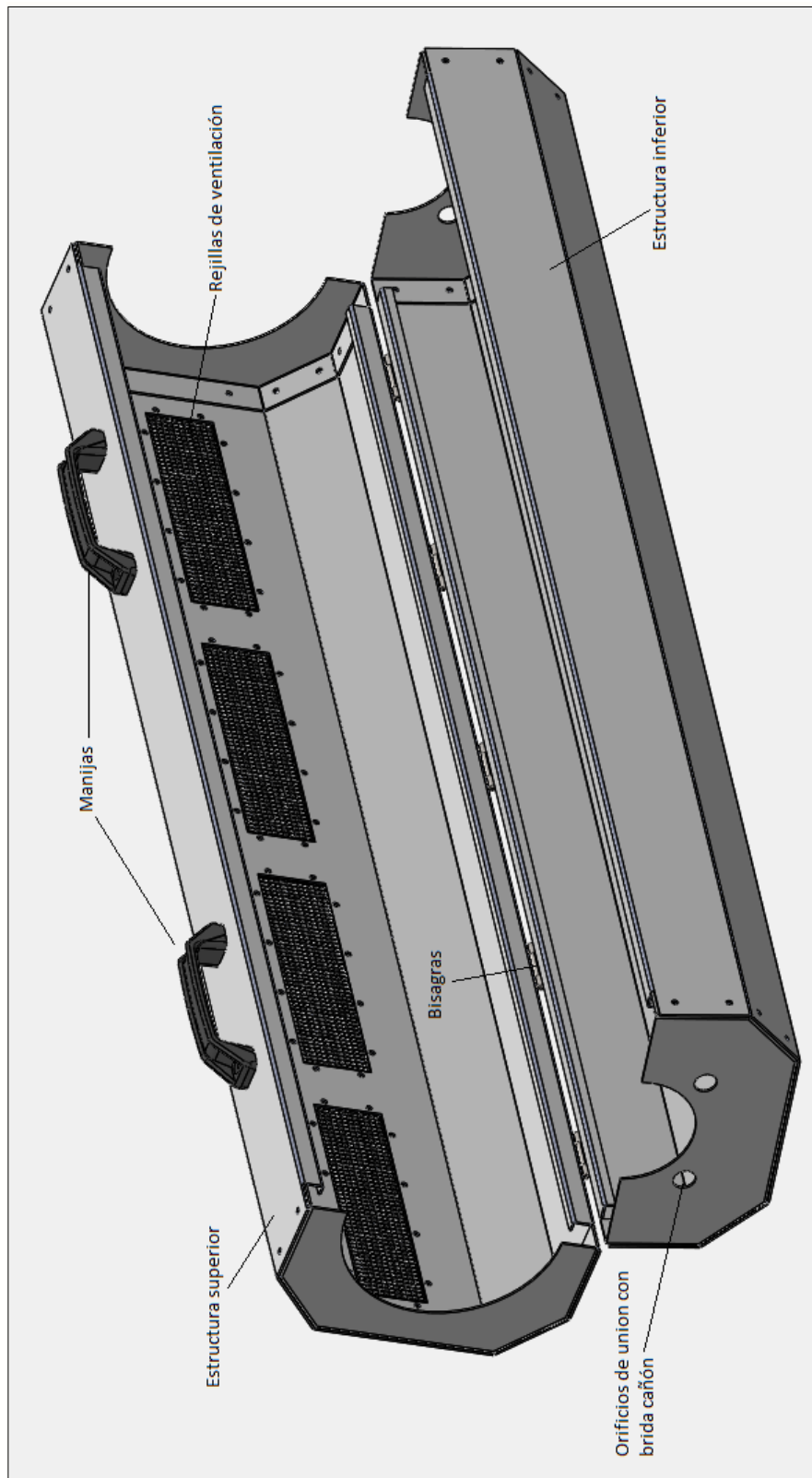


Figura 6.60: Cerramiento del cañón.

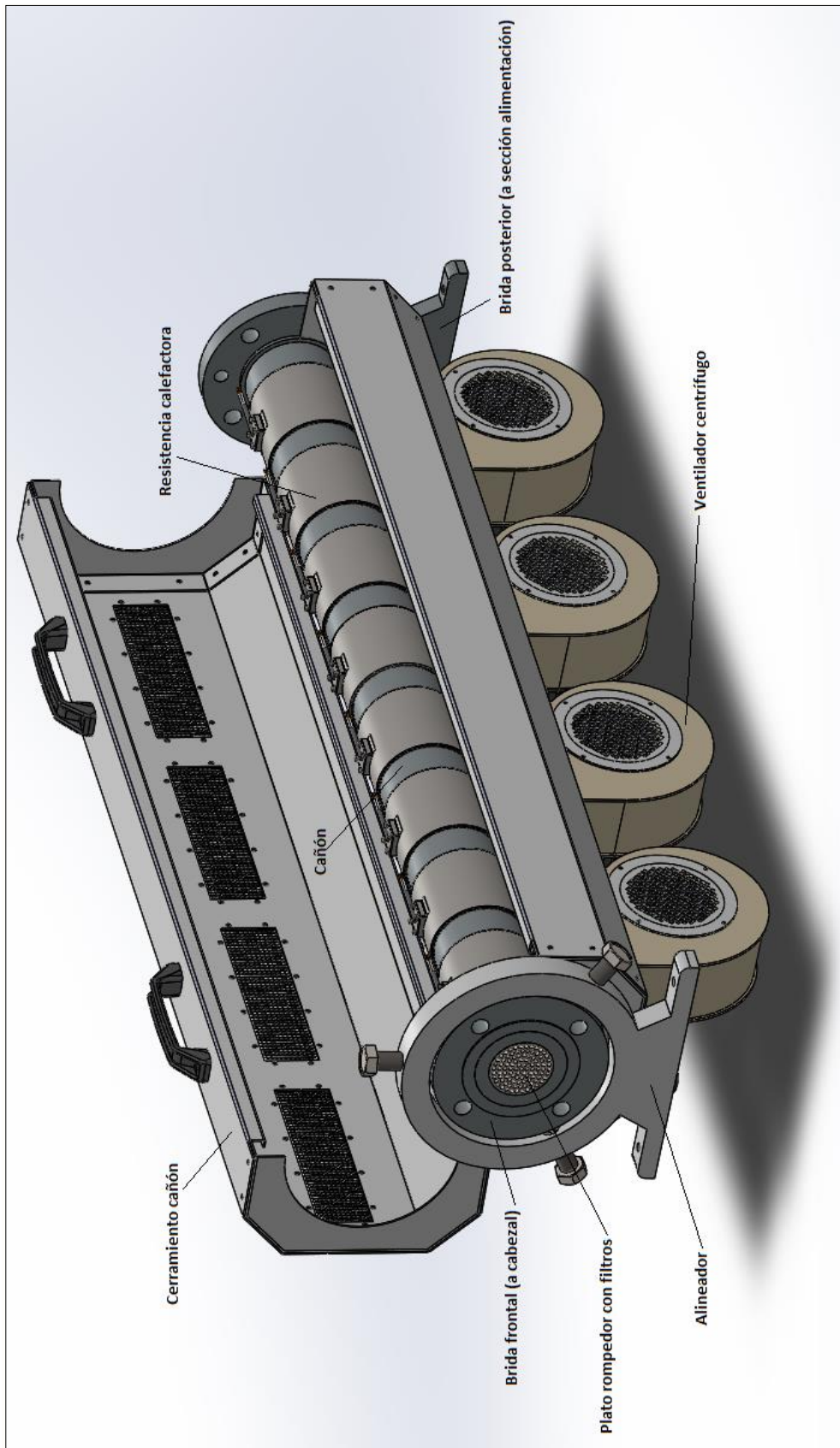


Figura 6.61: Ensamblaje de la sección del cañón.

6.13 Sección cabezal extrusor

6.13.1 Introducción

El cabezal extrusor corresponde a la etapa final del proceso. Dicho término engloba la estructura sobre la que se sostiene y asegura la boquilla, que, junto con otro elemento denominado “tip” o punta, le otorgan la forma final al producto extruido. En función de la forma de estos dos componentes se pueden obtener distintos perfiles.

Debido a que el perfil a extruir dependerá de las necesidades del cliente, y que el diseño y construcción de un cabezal resulta complicado debido a sus dimensiones y formas intrincadas, el presente proyecto no contempla la fabricación del mismo por parte de la empresa. No obstante, a continuación, se describe los distintos componentes que componen un diseño preliminar para el cabezal que podría albergar boquillas para la producción de filamentos y caños.

6.13.2 Boquilla

El diseño, forma y dimensiones de una boquilla dependerán del perfil que se quiera extruir. El diseño mostrado a continuación sigue los lineamientos establecidos en los apartados anteriores empleados para el cálculo de la potencia de la máquina. Su diseño en corte se muestra en la figura 6.62. Debido a que el flujo de material fundido circula dentro del mismo, la superficie interna de las boquillas se somete a un tratamiento contra la corrosión (ejemplo: el nitrurado empleado en la superficie interna del cañón).

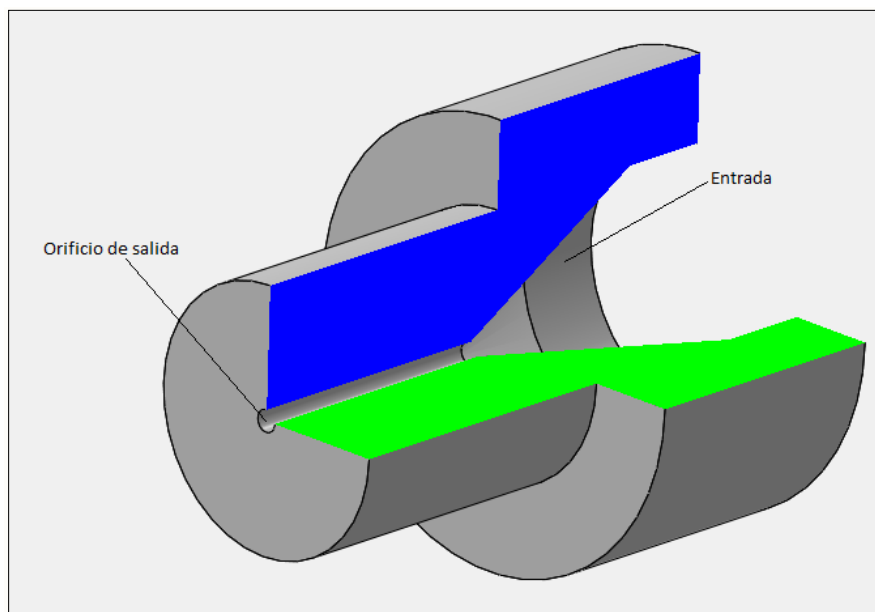


Figura 6.62: Vista en corte de la boquilla para filamentos.

6.13.3 Cabezal

Para la fabricación tanto de caños como de filamentos, se puede emplear un cabezal como el mostrado en la vista en corte de la figura 6.63. Su diseño posee dicha forma intrincada para provocar que el flujo de plástico fundido este constantemente en contacto con sus paredes caliente.

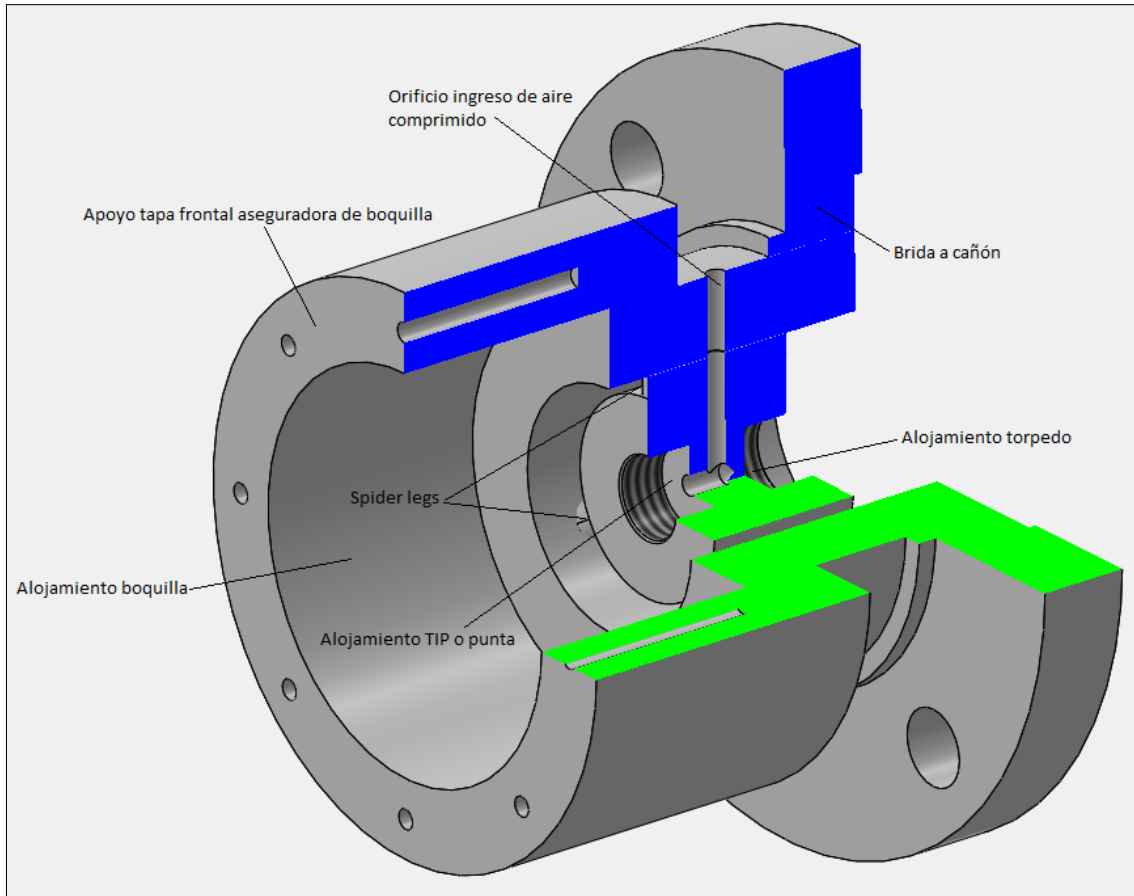


Figura 6.63: Cabezal en corte.

Para evitar que el flujo de material fundido deje de estar en contacto con las paredes calientes del cabezal una vez ingresa al mismo, se deben colocar dos componentes fundamentales: el torpedillo y el "tip" o punta. El primero se coloca inmediatamente después de que el flujo abandona el plato rompedor y su forma cónica direcciona el flujo hacia las paredes internas del cabezal (su forma no depende de la boquilla). El tip, sin embargo, actúa en conjunto con la boquilla para otorgarle la forma deseada al producto extruido, por lo tanto, su diseño y forma dependerán del perfil que se desea obtener. Ambos elementos se encuentran roscados en sus respectivos alojamientos.

En la figura 6.64 se aprecia la vista en corte del cabezal diseñado para extruir filamentos y en la figura 6.65, la vista en corte del cabezal para la extrusión de caños.

Se puede observar una perforación transversal en el cabezal. Dicha perforación se emplea en la fabricación de caños para hacer circular aire comprimido y evitar que el perfil se aplaste y cierre una vez sale de la boquilla, debido a que todavía se encuentra en estado visco elástico.

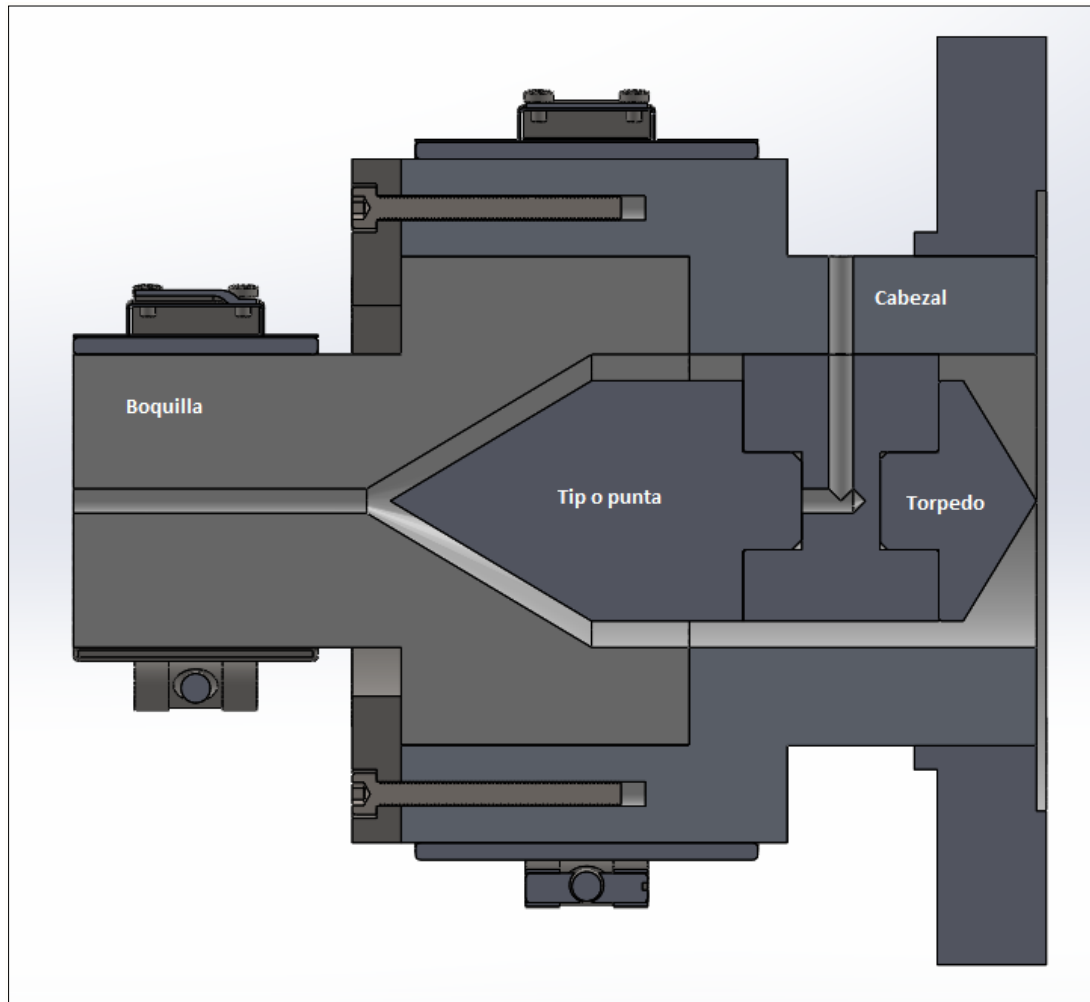


Figura 6.64: Vista en corte de cabezal para extrusión de filamentos.

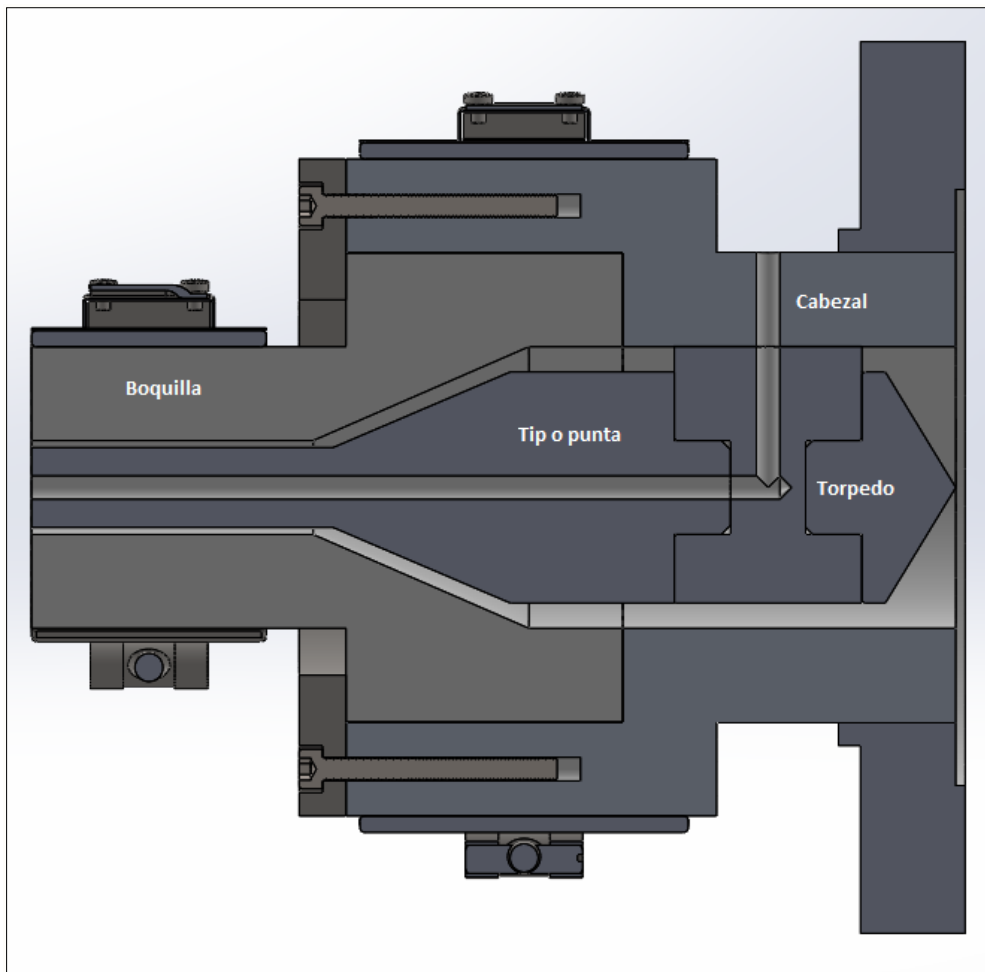


Figura 6.65: Vista en corte del cabezal para extrusión de caños.

Debido a la circulación de plástico fundido, las superficies internas del cabezal y boquilla, y las externas del torpedo y tip se someten a un tratamiento de protección contra la corrosión, como el nitrurado. Para asegurar la boquilla contra el cabezal, se emplea una tapa perforada.

La figura 6.66 muestra la vista general de un cabezal empleado para extruir filamentos junto con una descripción de sus componentes principales.

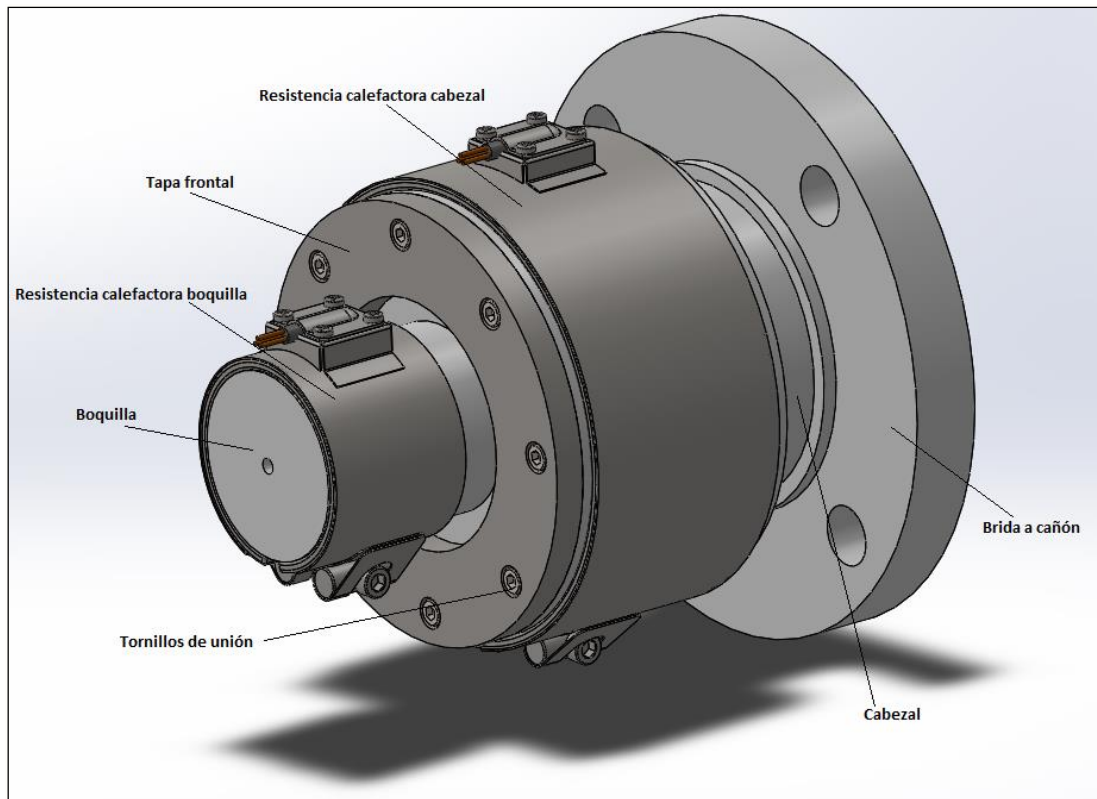


Figura 6.66: Ensamblaje del cabezal para extrusión de filamentos.

6.13.4 Cálculo y dimensionamiento de tornillos

6.13.4.1 Bridas

Las bridas de la máquina extrusora emplearán el mismo tipo de tornillos para su unión mutua. Los mismos estarán sometidos al esfuerzo axial proveniente de la presión máxima que se puede desarrollar en el cañón, es decir 15.092 N (o 1540 kg).

Como se mencionó en apartados anteriores, el esfuerzo de torsión provocada por el proceso será absorbido por los pernos colocados en las bridas de unión entre el cañón extrusor y la sección de alimentación, y no se incluyen en los cálculos presentes.

Como datos de inicio se emplearán 4 tornillos de clase 5.8 (o mayor) de rosca métrica M20, cuyas características se muestran a continuación:

- Clase 5.8 = tensión de fluencia σ_{fl} : 4.082 kg/cm²
- Diámetro de la tuerca = 34,64 mm
- Área del tornillo A_s = 245 mm²
- Largo L_t = 60 mm

Al no existir junta entre las bridas, la fuerza de pre apriete "V" se calcula como:

$$V = Q \cdot Fe \cdot \left(\frac{Cc}{Ct + Cc} \right)$$

Donde:

- V = fuerza de pre apriete
- Q = factor de 1,2 a 2
- Fe = carga externa real por tornillo
- Cc = constante de restitución de la chapa
- Ct = constante de restitución de tornillo

La fuerza por tornillo será:

$$Fe = P = \frac{1.540 \text{ kg}}{4}$$

$$Fe = P = 385 \text{ kg}$$

Las constantes de restitución se calculan como:

$$Cc = \frac{A \cdot E}{Lc}$$

$$Ct = \frac{As \cdot E}{Lt}$$

Donde:

- E = módulo de elasticidad del material (E = 2.100.000 kg/cm² para el acero)
- Lc = espesor de la chapa
- Lt = largo de tornillo
- As = área de tornillo
- A = área de trabajo

Ésta última variable se calcula como:

$$A = \frac{\pi \cdot De^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Donde "d" es el diámetro externo del tornillo y "De" se calcula como:

$$De = 1,5 \cdot \text{diámetro de tuerca} + \frac{Lt}{2}$$

Ahora se podrá calcular el pre-apriete. Procediendo de abajo hacia arriba:

$$De = 1,5 \cdot 34,64 \text{ mm} + \frac{60 \text{ mm}}{2}$$

$$De = 81,96 \text{ mm}$$

El área de trabajo resulta:

$$A = \frac{\pi \cdot (81,96 \text{ mm})^2}{4} - \frac{\pi \cdot (20 \text{ mm})^2}{4}$$

$$A = 4.961,7 \text{ mm}^2$$

Las constantes de restitución de chapa y tornillo son:

$$Cc = \frac{4.961,7 \text{ mm}^2 \cdot 21.000 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}{22,3 \text{ mm}} = 4.672.453 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$

$$Ct = \frac{245 \text{ mm}^2 \cdot 21.000 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}{60 \text{ mm}} = 85.750 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$

Empleando un $Q = 1,2$, la fuerza de pre apriete resulta:

$$V = 1,2 \cdot 385 \text{ kg} \cdot \left(\frac{4.672.453 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}}{85.750 \frac{\text{kg}}{\text{mm}} + 4.672.453 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}} \right)$$

$$V = 454 \text{ kg}$$

El torque a aplicar por tornillo se calcula como:

$$T = C \cdot Dm \cdot V$$

Donde:

- C = constante de 0,2 para tornillos sin lubricar y 0,15 para lubricados
- Dm = diámetro medio de la rosca (18,376 mm por tabla para M20)
- V = fuerza de pre apriete

$$T = 0,2 \cdot 1,8376 \text{ cm} \cdot 454 \text{ kg}$$

$$T = 166,85 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

La carga adicional variable del tornillo se calcula de la siguiente forma:

$$P_z = \frac{P}{1 + \frac{Cc}{Ct}}$$

$$P_z = \frac{385 \text{ kg}}{1 + \frac{4.672.453 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}}{85.750 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}}}$$

$$P_z = 6,93 \text{ kg}$$

Para la verificación del tornillo será necesario comparar la fuerza de pre apriete sobre el área del mismo. La misma deberá ser menor que la tensión de prueba del tornillo, la cual se encuentra tabulada en función del grado del mismo. Para un tornillo de clase 5.8 resulta:

$$\sigma_{pr} = 380 \text{ MPa} = 3.877,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El valor de la tensión producida por el pre apriete deberá ser menor o igual a dicho valor:

$$\frac{V}{A_s} \leq \sigma_{pr}$$

$$\frac{454 \text{ kg}}{2,45 \text{ cm}^2} \leq 3.877,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$185,3 \frac{kg}{cm^2} \leq 3.877,5 \frac{kg}{cm^2}$$

Al cumplirse dicha condición, se puede concluir que los tornillos de la brida se encuentran correctamente dimensionados a las solicitaciones máximas de la máquina.

6.14 Soporte de la máquina

6.14.1 Introducción

Es necesaria una estructura que sostenga toda la máquina, la mantenga nivelada y que además la posicione de forma que permita un trabajo cómodo para el operario.

Una vez definida las dimensiones principales de los elementos que componen la máquina extrusora, se propone el diseño de la estructura que, luego de sufrir varias reformas durante su proceso, se expone en la figura 6.67. Las dimensiones principales del mismo se detallan en la planimetría adjunta.

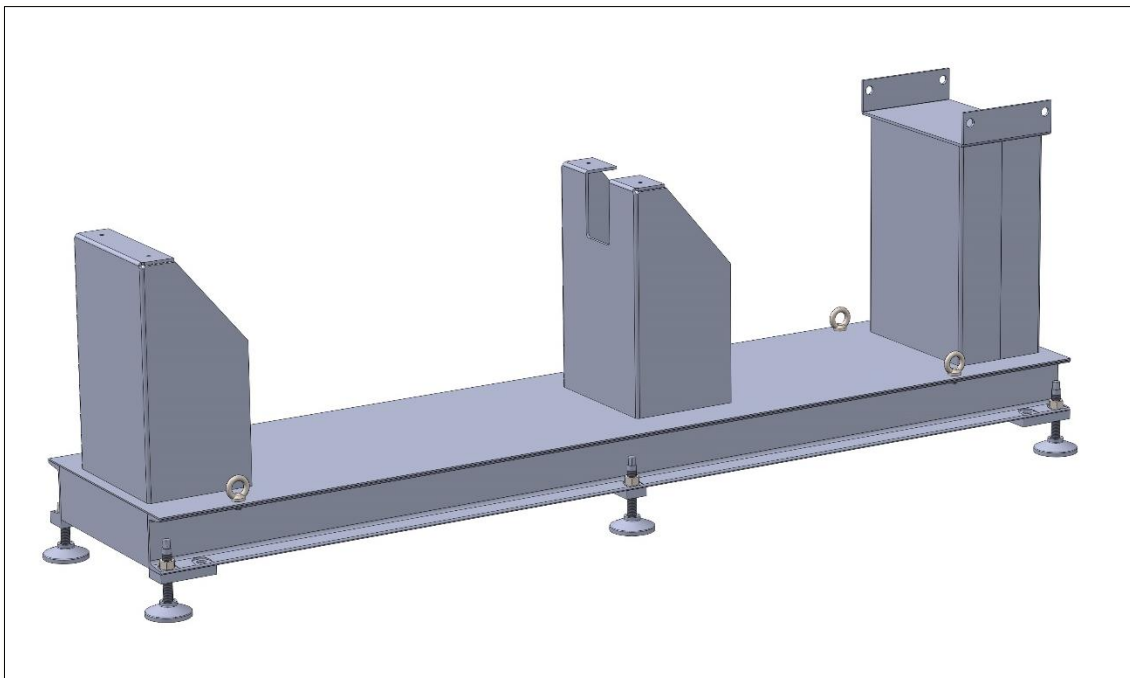


Figura 6.67: Soporte de la máquina.

6.14.2 Bastidor

Para su construcción, se parte de un bastidor formado por perfiles normales U (UPN) 120 soldados entre sí. Como se ve en la figura 6.68, cuenta con dos perfiles longitudinales, unidos por seis perfiles transversales. Cada columna descansa sobre dos de estos perfiles transversales.

Se ha seleccionado este tipo y medida de perfil, para asegurar la robustez de la base, ya que ésta debe soportar todo el peso de la máquina y del soporte mismo y, a su vez, los esfuerzos generados durante el izaje de la máquina.

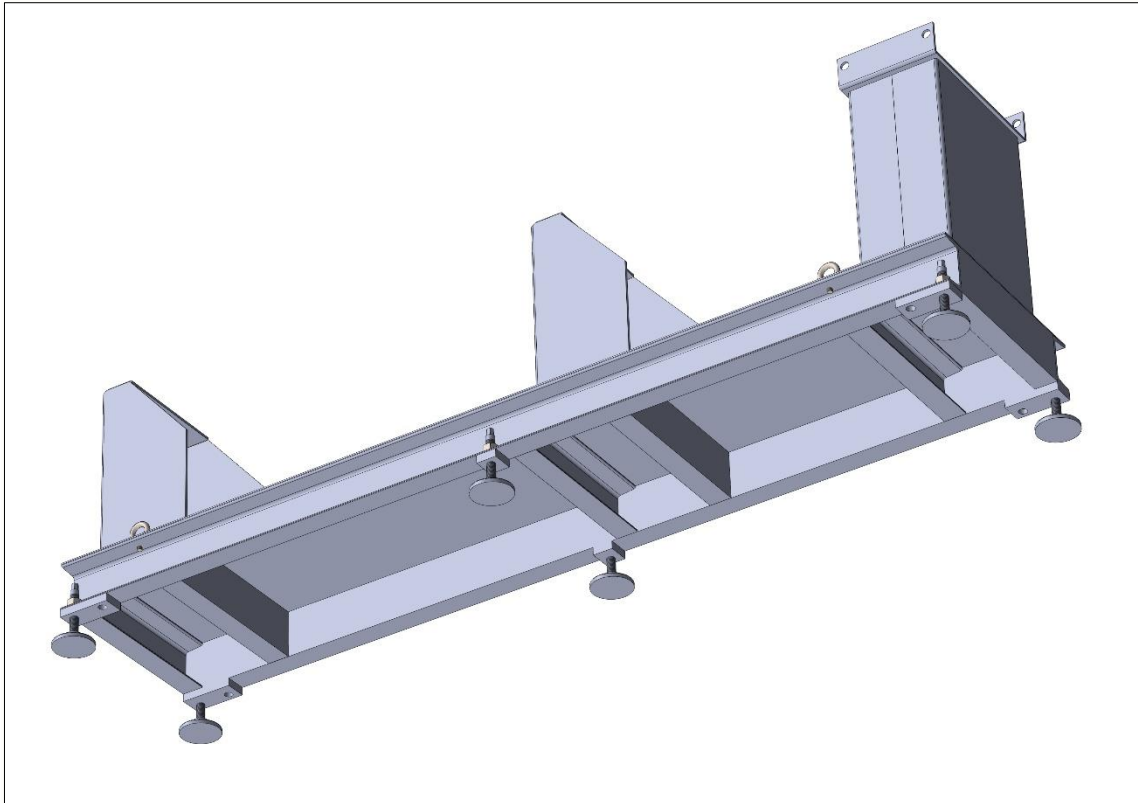


Figura 6.68: Visto el soporte desde abajo, se revela el bastidor formado por perfiles UPN 120.

Es posible que el suelo sobre el que descansa la máquina, no esté perfectamente nivelado. Para asegurar que ésta trabaje siempre perfectamente nivelada y sin movimientos, se han colocado seis patas ajustables a lo largo de los perfiles longitudinales del bastidor, como se aprecia en la figura 6.68.

Las patas se regulan en altura gracias a tornillos M20 x 1,5 mm (rosca fina), que enroscan en el bastidor de la máquina, el cual posee seis agujeros pasantes roscados para tal fin. Se ha seleccionado una rosca fina para mayor precisión en el ajuste de la altura del soporte. Además, al ser de paso pequeño, el rendimiento del tornillo es menor, lo que se traduce en una mayor resistencia al giro provocado por las vibraciones (lo que causaría desajustes en la altura). De todas formas, para asegurarse de que los tornillos no giren producto de las vibraciones, se han colocado contratuerzas en cada uno de ellos. La vista en detalle de las patas está en la figura 6.69.

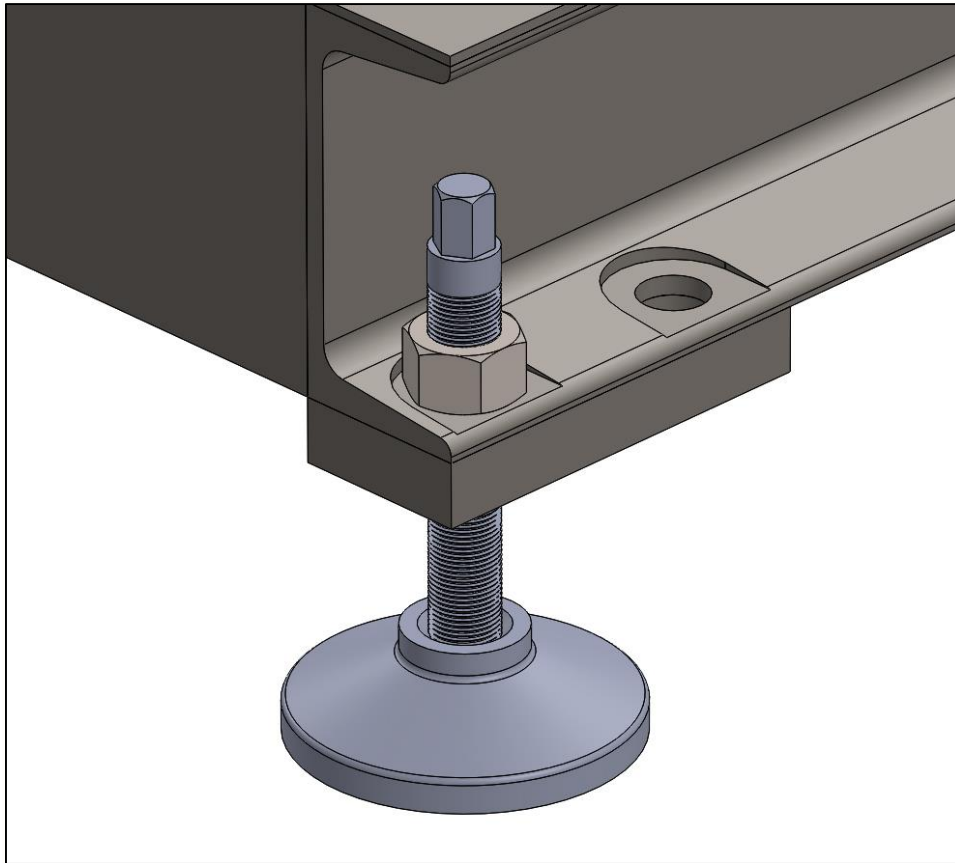


Figura 6.69: Pata del soporte.

También, como se puede observar en las figura 6.68 y figura 6.69 , se han practicado agujeros pasantes lisos en las cuatro esquinas del bastidor, con el fin de usarlos para fijar la máquina al piso mediante tornillos.

El bastidor está cubierto por una chapa negra lisa de 1/8" soldada a él. Su propósito es, además de ocultar el bastidor para mejorar la estética, poder soldar sobre ella, las tres columnas sobre las cuales se fija la extrusora, mediante tornillos.

6.14.3 Columnas

Las columnas están fabricadas con chapa negra lisa de 1/4" plegada. Con este espesor de chapa, junto a los pliegues y diseño, se asegura rigidez y poca oscilación provocada por vibraciones. Las columnas frontales tienen una base ancha, para soportar la flexión que puedan llegar a sufrir debido a cargas en dirección al eje del tornillo de la extrusora. La columna central, a diferencia de la frontal, posee un corte para no interferir con uno de los ventiladores. La columna trasera, que sostiene al reductor, está formada por dos chapas plegadas en C soldadas entre sí.

6.14.4 Izaje

Para izar la máquina y transportarla en hacia donde se necesite, ésta cuenta con cuatro puntos de izaje, en los cuales se enganchan las eslingas. Estos puntos de izaje son cáncamos enroscados en los perfiles UPN longitudinales del bastidor.

Realizando un cálculo rápido, se determinó que los cáncamos M12 son suficientemente resistentes. La tabla 6.12 proporciona los datos necesarios para su selección.



ROSCA METRICA d1	MEDIDAS EN MM					CARGA DE TRABAJO Kgrs	
	d3	d4	h	k	l		
M 6 x 1,00	36	20	36	8	13	80	58
M 8 x 1,25	36	20	36	8	13	140	95
M 10 x 1,50	45	25	45	10	17	230	170
M 12 x 1,75	54	30	53	12	20,5	340	240
M 14 x 2,00	54	30	53	12	20,5	500	360
M 16 x 2,00	63	35	62	14	27	700	500
M 18 x 2,50	63	35	62	14	27	930	660
M 20 x 2,50	72	40	71	16	30	1200	830

Tabla 6.12: Cáncamos machos métricos DIN 580.

La figura 6.70 muestra los dos cáncamos ubicados en la parte anterior de la base de la máquina.

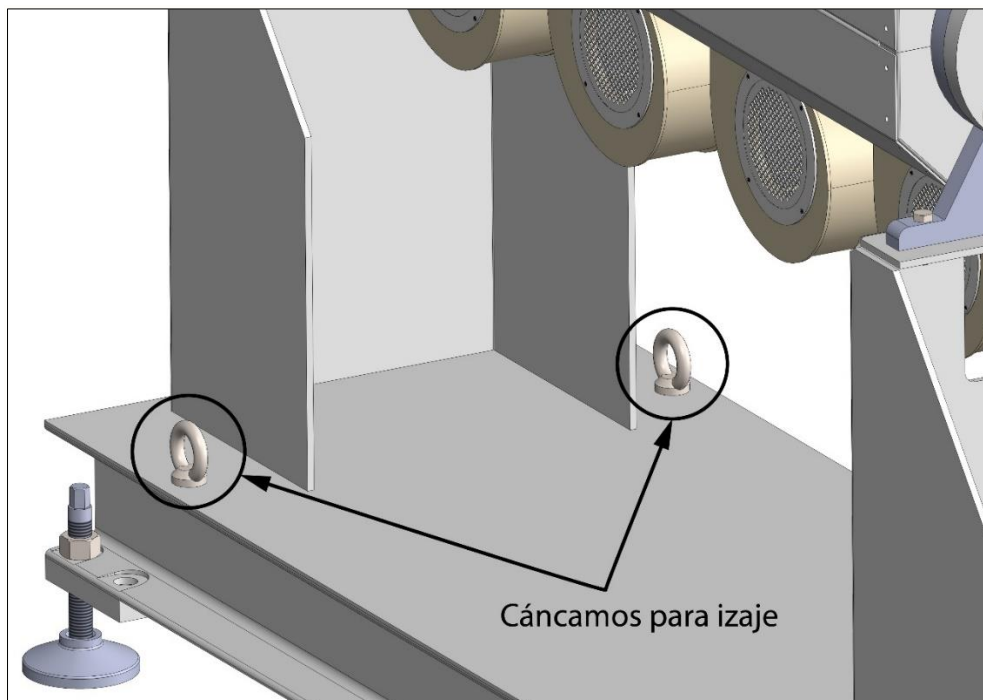


Figura 6.70: Ubicación de los cáncamos de izaje anteriores.

La figura 4.70 muestra los dos cáncamos ubicados en la parte posterior de la base de la máquina.

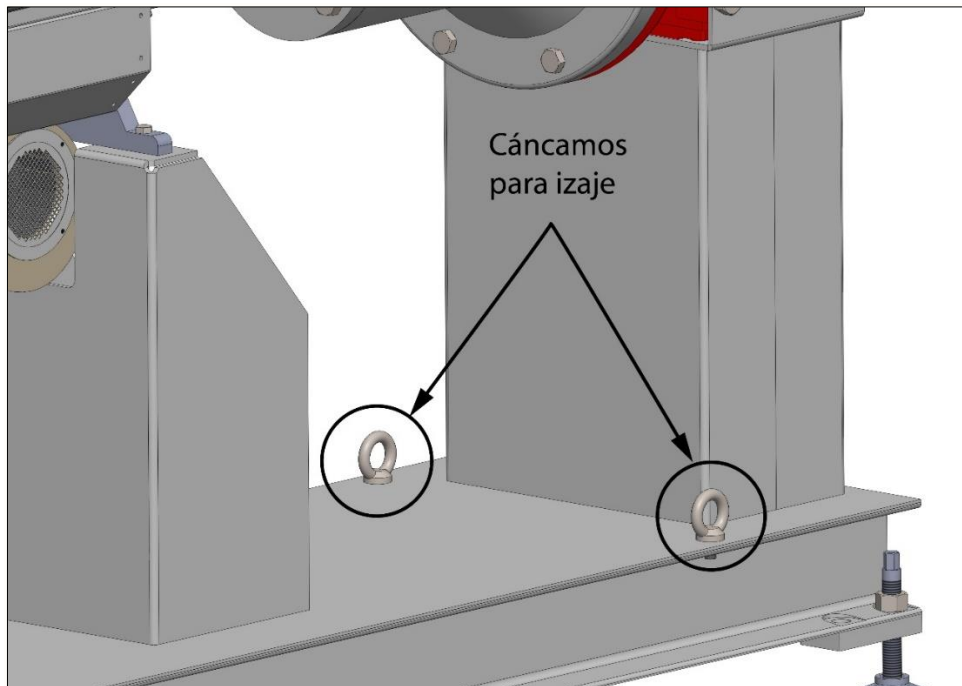


Figura 6.71: Ubicación de los cáncamos de izaje posteriores.

En la figura 6.72 se describe la posición de las eslingas y del gancho de la grúa. Éste debe estar posicionado justo por encima del centro de gravedad de la máquina, es decir, en la vertical que pasa por el centro de gravedad.

Antes de izar la máquina, se debe prestar atención a dos cuestiones:

1. La primera, es la necesidad de quitar la tolva, ya que se corre el riesgo de dañarla con las eslingas.
2. La segunda, es que la distancia mínima vertical entre el piso de la máquina y el gancho de la grúa, debe ser de al menos 2000 mm. Si esto no se cumple, las eslingas aplastarían el cerramiento y, además, una de ellas puede tocar y someter a esfuerzos a uno de los motores de los ventiladores, lo que provocaría daños en la máquina.

En caso que se prefiera o sea necesario, se puede retirar uno de los ventiladores antes de izar la máquina.

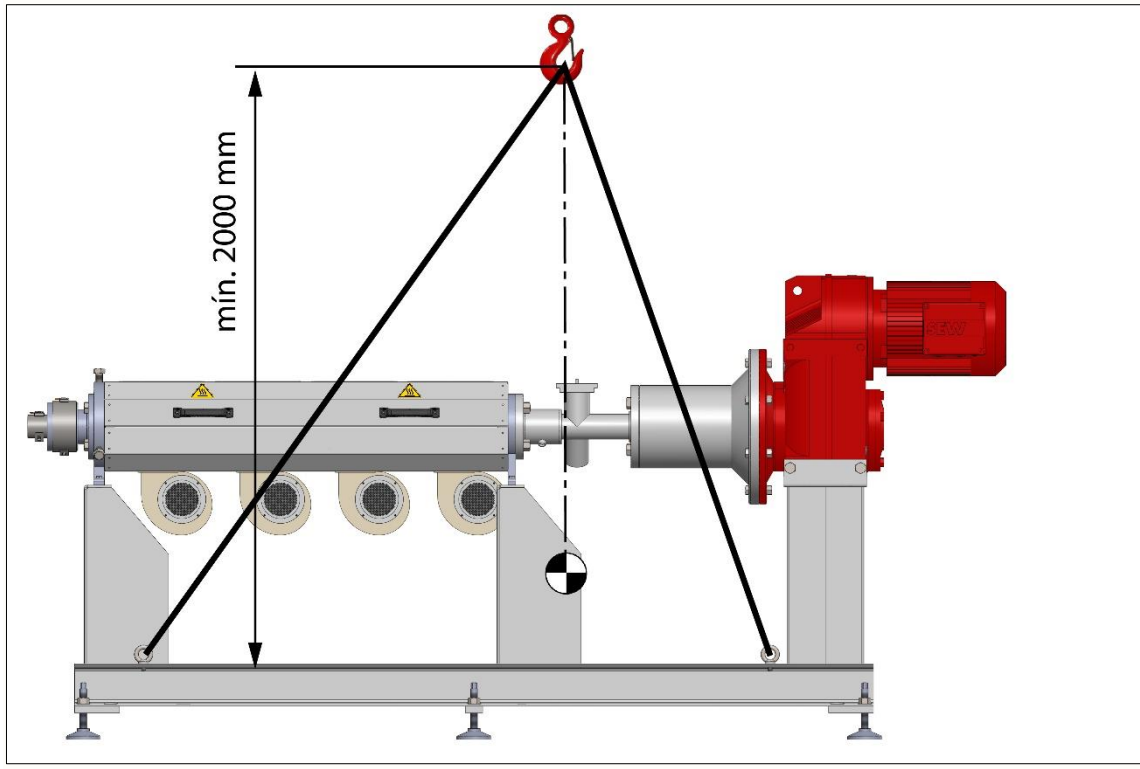


Figura 6.72: Correcta ubicación del gancho de la grúa y las eslingas.

6.15 Sección instrumentación, automatización y control

6.15.1 Introducción

La instrumentación de una máquina extrusora corresponde a uno de los componentes más críticos en el proceso de extrusión. Una razón importante de esta afirmación es que el proceso interno de la máquina es prácticamente invisible. En la mayoría de los casos la única observación visual posible es el material extruido saliendo por la boquilla. Cuando un problema ocurre en la extrusora, resulta difícil determinar la fuente y localización del mismo. La instrumentación hace posible determinar qué ocurre dentro de la máquina.

Para asegurar una buena calidad del producto, mantenerlo dentro de las tolerancias, dimensiones uniformes, etc., es necesario cumplir con:

- Correcta temperatura de la masa fundida (en la zona de dosificación).
- Mantener constante la temperatura del polímero fundido durante el proceso.
- Correcta presión de la masa fundida en el cabezal.
- Mantener constante la presión del polímero fundido durante el proceso.
- Mantener homogeneidad en el producto.

Para lograr con estos objetivos, se debe automatizar el proceso mediante un control de lazo cerrado.

Los parámetros que se deben monitorear para asegurar que el proceso se desarrolla correctamente son:

- Temperaturas en las distintas zonas del cañón (reales y setpoints).
- Carga de la extrusora (amperaje de consumo del motor).
- Velocidad del tornillo.
- Temperatura de la masa fundida.
- Presiones de la masa fundida (antes del paquete de filtros y en el cabezal).

Las únicas variables que puede modificar el operario para alterar el proceso son:

- Setpoints de temperaturas.
- Velocidad del tornillo.

6.15.1.1 Control de temperatura de las zonas del cañón.

En nuestra extrusora decidimos dividir el cañón en cuatro zonas. Cada zona contará con dos resistencias abrazadera (bandas calefactoras), con una termocupla tipo K entre ambas y un ventilador centrífugo en la parte inferior del cañón. Habrá un controlador de temperatura por cada zona, cuya salida analógica al PLC provocará que este se

encargue de modular la potencia entregada a las bandas calefactoras y al ventilador mediante un control PID, para lograr que la temperatura real de la zona sea igual al setpoint en todo momento.

Para llegar a la temperatura de trabajo (setpoint), las bandas calefactoras deben encenderse. La termocupla sensorá la temperatura en esa zona del cañón, el lazo de control PID del PLC, modulará la potencia entregada a las bandas calefactoras.

En caso de que la temperatura supere el setpoint debido a un excesivo calor generado por el rozamiento del tornillo con el polímero, las resistencias permanecerán apagadas mientras se enciende el ventilador para disminuir la temperatura y evitar un sobrecalentamiento. El sobrecalentamiento se debe evitar, ya que puede degradar el polímero.

Existen controladores on/off, los cuales encienden las resistencias al 100% si la temperatura leída está sobre el setpoint y las apagan cuando ésta lo supera. Esto resulta en una oscilación de gran amplitud de la temperatura alrededor del setpoint, debido a la inercia térmica causada por la elevada capacidad calorífica que poseen la pared del cañón, el polímero y el tornillo. En cambio, un controlador PID, lleva la temperatura al setpoint lo más rápido posible y la mantiene en ese valor en un rango muy estrecho, independientemente de las perturbaciones que provengan del exterior. Este tipo de control es mucho más efectivo y es el que se utilizará en la extrusora.

Para que el control PID trabaje en forma óptima, esto es, llegar al setpoint y mantenerse en él con la mínima oscilación posible, se deben setear correctamente las constantes Kp, Ki y Kd. Estas constantes corresponden al control proporcional, integral y derivativo, respectivamente. Los controladores poseen la función de "autotuning", la cual determina de forma automática estos parámetros.

6.15.1.2 Temperatura de la masa fundida

Mantener constante y en un valor correcto la temperatura del polímero fundido, es un factor crítico en lo que respecta al control y repetitividad del proceso de extrusión. La viscosidad del polímero y el caudal están directamente relacionados con la temperatura de la masa fundida. Incrementar la temperatura del polímero fundido disminuye su viscosidad, provocando una menor resistencia a fluir a través de los filtros, plato rompedor y cabezal. Esto disminuye la contrapresión y aumenta el caudal, es decir, aumenta la producción de la máquina. También se disminuye el calor generado por la fricción con el tornillo.

Por otro lado, una disminución en su temperatura, aumenta su viscosidad, provocando una mayor resistencia a fluir a través de los elementos antes descritos. Esto provoca una disminución de la contrapresión y disminuye el caudal, o sea, disminuye la salida de

producto por el cabezal. Una viscosidad alta genera también mayor calor por fricción con el tornillo, causando posible degradación del polímero y una mayor carga para el motor.

6.15.1.3 Presión de la masa fundida

El control de la presión de la masa fundida en el cabezal (después del plato rompedor) es tan importante como el control de su temperatura. Mantener constante la presión y temperatura de la masa fundida, produce una salida constante de material por la boquilla de la extrusora. Esto se traduce en un producto con dimensiones uniformes de la sección transversal, asumiendo que las velocidades del tornillo y del equipo que jala del producto, están correctamente seteadas.

La presión se mide antes del plato rompedor y en el cabezal. Si la presión en el cabezal se mantiene constante, la producción de la máquina se mantendrá constante. Un incremento en la presión antes del plato rompedor debido al ensuciamiento de los filtros, causa una disminución de presión en el cabezal, ya que menos material es bombeado desde la extrusora al cabezal, resultando en una reducción en el área de la sección transversal del producto. Para compensar esta reducción de presión en el cabezal, la velocidad del tornillo se incrementa. Mientras esto aumenta la presión antes del plato rompedor, permite una producción constante hasta que se pueda instalar un paquete de filtros limpios.

El transductor de presión debe colocarse entre el último filete del tornillo y el plato rompedor. No se debe medir por donde pasa el filete del tornillo, ya que en esta zona se producen grandes fluctuaciones periódicas de la presión. Estas fluctuaciones son amortiguadas por los filtros y el plato rompedor, al reorientar el flujo. Si estas fluctuaciones llegaran a la boquilla, las dimensiones de la sección transversal del producto cambiarían constantemente y las tolerancias del producto final serían muy grandes.

6.15.1.4 Encendido de la máquina

Lo descrito anteriormente hace referencia a la máquina ya en estado estacionario de operación. Al encender la máquina y seleccionar el programa de extrusión, se prenden automáticamente las resistencias y la refrigeración de la alimentación. Si la tolva está cargada con pellets entre los niveles máximo y mínimo y la tapa del cerramiento está correctamente cerrada, se enciende el motor, haciendo girar el tornillo a 20 rpm. Cuando se obtenga una salida consistente de plástico fundido por la boquilla, el operario procede a elevar la velocidad del tornillo hasta el valor de operación.

En caso de que haya poca o nula salida de plástico fundido por la boquilla, es muy probable que exista un tapón de plástico sólido u otro tipo de obstrucción. La presión se

incrementará rápidamente y el motor se detendrá automáticamente para prevenir daños. Una vez que se elimina la obstrucción, se podrá reanudar del proceso.

6.15.2 Sensores de presión

La medición de la presión del material fundido en la extrusora es importante por dos razones:

- 1- Monitoreo y control del proceso
- 2- Seguridad

La presión en el cabezal de la extrusora determina la salida del mismo. Es la presión necesaria para sobrepasar la resistencia de la boquilla. Cuando la presión en el cabezal cambia con el tiempo, también lo hace el material a la salida y las dimensiones del producto extruido. Al monitorearse la variación de la presión con el tiempo, se puede observar si el proceso de extrusión es estable o inestable. La figura 6.73 esquematiza como al variar la presión se modifica el caudal de salida y las dimensiones del producto.

También es importante medir la presión en la extrusora para prevenir serios accidentes que derivan de una presión excesiva generada. Las mismas pueden causar una explosión. El cañón extrusor puede fisurarse y abrirse bajo una presión muy alta generada, o la boquilla podría salir disparada de la extrusora.

Por lo general, al monitorearse la presión se emplean automatismos de corte del proceso cuando la misma se eleva más allá hacia un valor crítico. Debido a que las fluctuaciones de presión en el proceso ocurren a una alta frecuencia, una rápida respuesta de medición es importante.

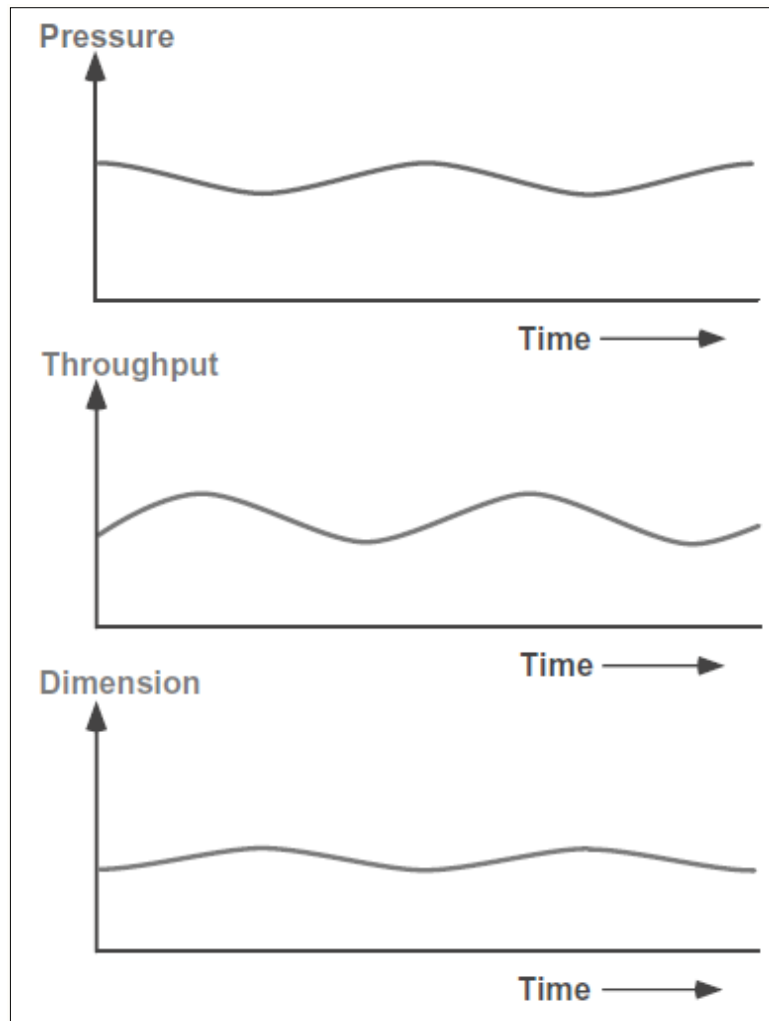


Figura 6.73: Variación del caudal de salida y las dimensiones en función de la presión.

Hoy en día existen numerosos transductores de presión. Los más comunes en la extrusión son los extensómetros, y los transductores piezo-resistivos.

En los extensómetros, el sensor mide la deformación de un diafragma. Por lo general estos diafragmas no pueden estar sometidos a altas temperaturas, por lo que el sensor emplea un diafragma primario en contacto con el polímero fundido y un acople al diafragma secundario que posee el extensómetro, que puede ser de forma capilar, neumático o mecánico (ver figura 6.74).

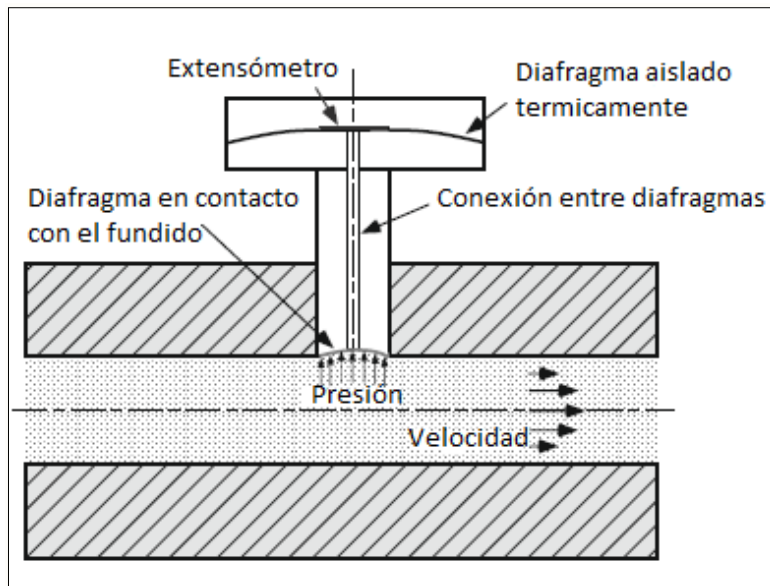


Figura 6.74: Sensor de presión extensométrico.

Otros transductores de presión emplean un elemento piezo-eléctrico. El mismo tiene la habilidad de transformar una pequeña deformación mecánica (señal de entrada) en una señal eléctrica de salida (voltaje o corriente).

Algunos transductores emplean semiconductores piezo-resistivos implantados en un chip. La resistencia de dicho material varía con la deformación o la presión. Cuando dicho chip se deforma en un diafragma, el cambio en la resistencia puede ser medido por medio de un puente de Wheatstone. La figura 6.75 muestra el elemento de sensado de un transductor piezo-resistivo.

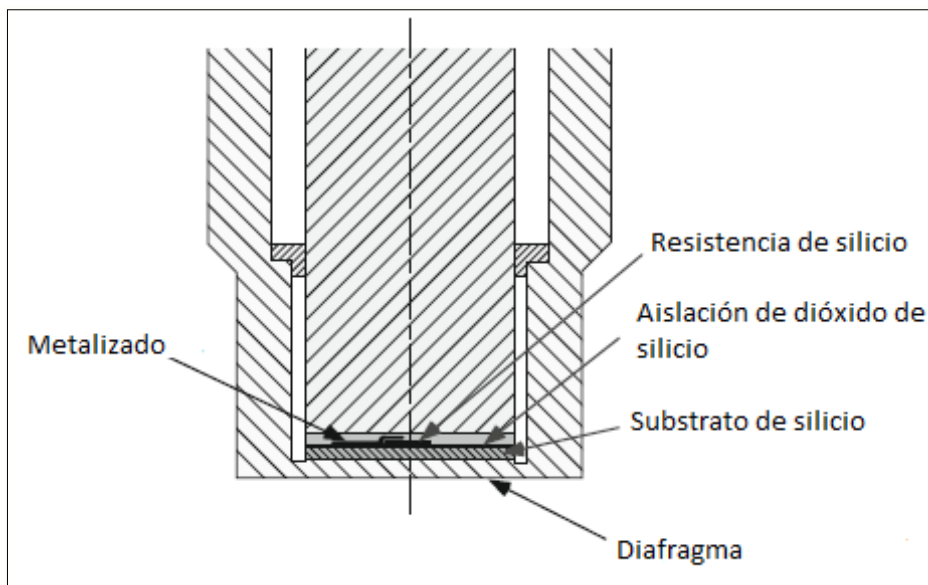


Figura 6.75: Sensor de presión piezo-resistivo.

La tabla 6.13 resume una comparativa de las características más importantes de los sensores mencionados anteriormente:

Tipo de transductor	Robustez	Sensibilidad a la temperatura	Respuesta dinámica	Error total
Extensómetro (neumático)	Buena	Pobre	Pobre	Alrededor del 1,5%
Extensómetro (capilar)	Justa	Justa	Justa	0,5-3%
Extensómetro (mecánico)	Justa	Pobre	Justa	Alrededor del 3%
Piezoeléctrico	Buena	Pobre	Buena	0,5-1,5%
Piezo resistivo	Buena	Buena	Buena	0,2-0,5%

Tabla 6.13: Comparativa de transductores de presión.

Se concluye que los transductores más adecuados corresponden a los del tipo **piezo-resistivos**. Los mismos ofrecen una serie de ventajas. El transductor es bastante robusto debido al espesor de su diafragma. Al no existir fluido en su interior, no hay preocupación que una rotura del mismo contamine el producto (a comparación de los extensómetros hidráulicos que emplean mercurio). La frecuencia natural de los transductores piezo-resistivos es del orden de tres veces los extensómetros. Como resultado, su respuesta dinámica es mayor.

Se emplearán dos sensores de presión. El primero se ubicará en el extremo de salida del cañón debido a que la máxima se registra en dicha zona. El segundo se hallará en el cabezal, inmediatamente después del plato rompedor (ver figura 6.76). Este último se empleará para medir la caída de presión existente, y determinar el estado de saturación de los filtros.

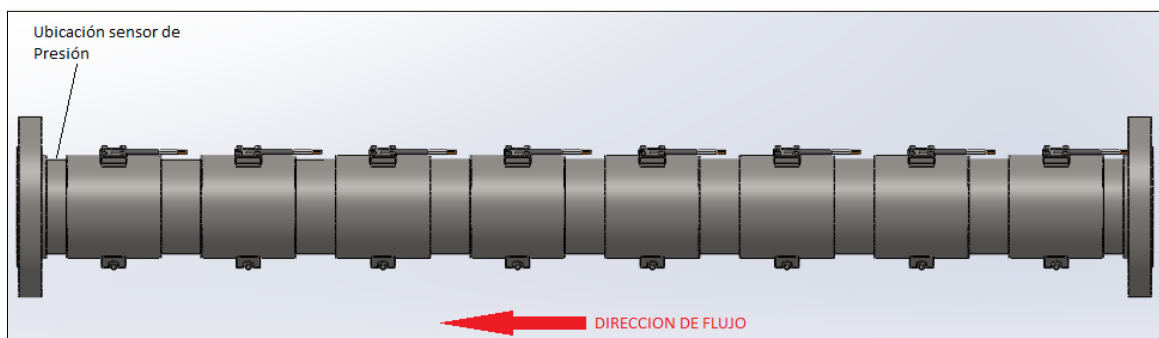


Figura 6.76: Ubicación del sensor de presión en el cañón.

6.15.3 Sensores de temperatura

La medición de la temperatura en una máquina extrusora ocurre principalmente a lo largo del cañón y en la boquilla. La misma puede ser medida mediante sensores de temperatura resistivos, termocuplas, y pirómetros infrarrojos.

Existen dos tipos de sensores de temperatura resistivos: los que emplean un material conductor y los que emplean un material semiconductor. Ambos tipos de sensores operan bajo el principio de la variación de la resistencia de un elemento con la temperatura.

Los sensores resistivos conductivos (RTD) emplean un elemento metálico para medir la temperatura. La resistencia de la mayoría de los metales aumenta conforme lo hace la misma; por ende, al medir la resistencia se puede determinar la temperatura. El Platino se emplea donde se requiere una medición precisa y donde se opera en altas temperaturas. Los más comunes son los sensores PT100 (ver figura 6.77).



Figura 6.77: Sensor resistivo PT100.

Los sensores de tipo semiconductores se basan en la disminución de la resistencia de un elemento semiconductor con el aumento de la temperatura. El elemento más común es el termistor. Debido a su reducido tamaño, se pueden emplear en lugares que otros sensores no (ver figura 6.78).



Figura 6.78: Termistor.

Las termocuplas (TC) también conocidos como transductores termoeléctricos, se basan en un par de alambres de distintos metales unidos entre sí en un extremo (punto caliente o extremo de sensado). El otro extremo de los alambres se encuentra en un punto frío o de referencia a temperatura constante (ver figura 6.79). Cuando existen una diferencia de temperatura entre el extremo de sensado y de referencia, se produce una pequeña diferencia de potencial. Este fenómeno es conocido como efecto termoeléctrico. La cantidad de voltaje producido dependerá de esa diferencia de temperatura y de los metales involucrados.

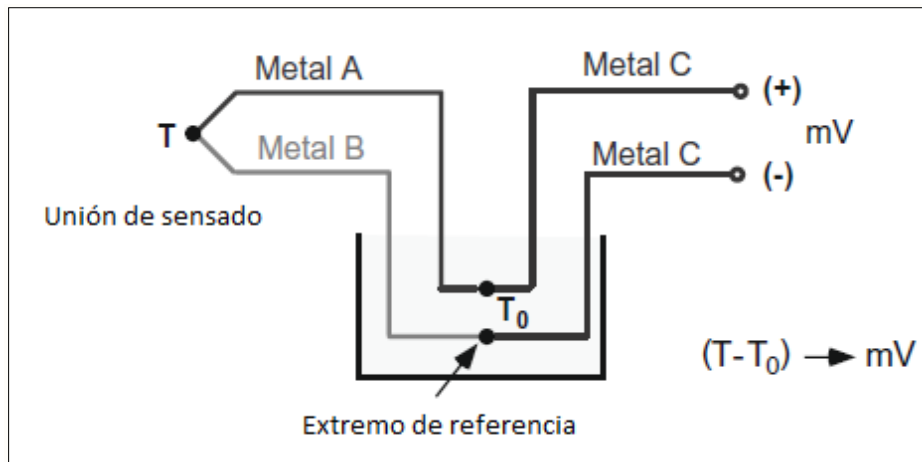


Figura 6.79: Esquema básico de una termocopla.

La tabla 6.14 resume una comparativa entre los sensores de temperatura mencionados.

Tipo de sensor	Termocupla	RTD	Termistor
Estabilidad	1-2°C en 1 año	<0,1% en 5 años	0,1-3°C en 1 año
Sensibilidad	0,01-0,05 mV/°C	0,2-10 Ohm/°C	100-1000 Ohm/°C
Intercambiabilidad	Buena	Excelente	Pobre
Rango de temperatura	(-)250 a 2300°C	(-)250 a 1000°C	(-)100 a 280°C
Señal de salida	0-60 mV	1-6 V	1-3 V
Tamaño mínimo	25 µm diámetro	3 mm diámetro	0,4 mm diámetro
Linealidad	Excelente	Excelente	Pobre
Respuesta en el tiempo	Buena	Justa	Buena
Sensado puntual	Excelente	Justa	Excelente
Sensado en área	Pobre	Excelente	Pobre
Costo	Bajo	Alto	Bajo

Tabla 6.14: Comparativa de sensores de temperatura.

De la información obtenida de la tabla anterior, y ponderando el costo, respuesta en el tiempo y rango de temperatura, se concluye que la mejor opción la constituye la **termocupla**.

A lo largo del cañón, se emplearán cuatro termocuplas tipo K con vaina de ¼" de diámetro, debido a que es el tipo de termocupla más común en extrusoras. Estarán distribuidas según se muestra en la figura 6.80, cada una de las cuales controlarán sus resistencias adyacentes.

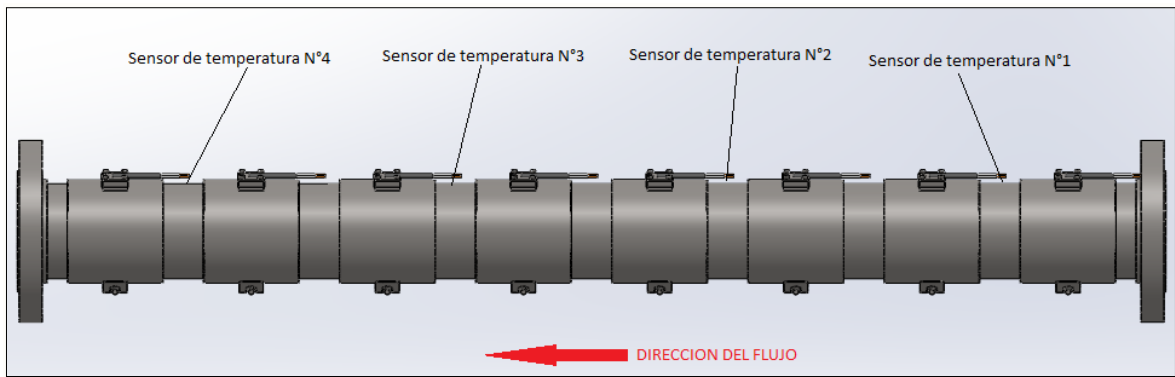


Figura 6.80: Ubicación de sensores de temperatura.

6.15.1 Control de nivel tolva – sensor capacitivo

El control de nivel en la máquina extrusora, tendrá lugar en la tolva de carga de los pellets de material virgen. En dicha tolva, se deberá mantener el nivel de los pellets dentro del rango establecido por dos sensores: uno de nivel máximo y otro de nivel mínimo.

Debido a la naturaleza no metálica del material con el que se alimenta la tolva, se emplearán dos sensores del tipo capacitivos.

Los sensores de proximidad capacitivos son similares a los inductivos. La principal diferencia entre los dos tipos es que los sensores capacitivos producen un campo electrostático en lugar de un campo electromagnético.

Los interruptores de proximidad capacitivos sensan objetos tanto metálicos como no metálicos (papel, vidrio, líquidos, plásticos, tela, etc).

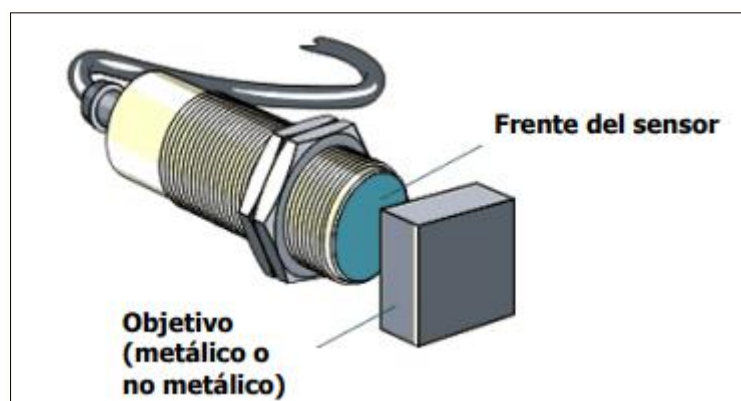


Figura 6.81: Sensor de proximidad capacitivo.

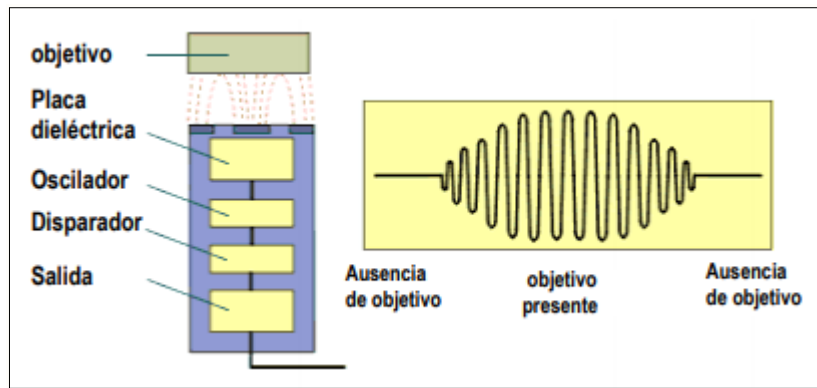


Figura 6.82: Principio de funcionamiento de sensores capacitivos.

La superficie de sensado del sensor capacitivo está formada por dos electrodos concéntricos de metal de un capacitor. Cuando un objeto se aproxima a la superficie de sensado y entra en el campo electrostático de los electrodos, cambia la capacitancia de un circuito oscilador. A medida que el mismo empieza a oscilar, el disparador lee la amplitud de dicha oscilación. Cuando ésta alcanza un nivel específico, la etapa de salida del sensor cambia. Conforme el objeto se aleja del sensor, la amplitud del oscilador decrece, conmutando su salida a su estado original.

Se emplearán sensores capacitivos del tipo 2 hilos AC NA. Los mismos son capaces de actuar en un rango de tensiones de 20 a 250 VAC. Sus respectivas salidas serán conectadas a relés de 4 contactos, y se empleará un contacto de cada relé mencionado como entrada digital al PLC (ver planimetría adjunta). Si el sensor de bajo nivel no se encuentra activado, el sistema arrojará una alarma por bajo nivel. Si el sensor de nivel máximo se encuentra activado, se conmutará el estado de una salida digital, la cual se emplearía para comandar el sistema de alimentación de la tolva (sea un tornillo sinfín por ejemplo).

6.15.1 Control de apertura de puerta – final de carrera magnético

Debido a que las resistencias calefactoras se encuentran conectadas a 220 Volts, se deberá proveer de algún medio de seguridad para evitar algún posible contacto con el operador de la máquina.

Para ello se colocará un sensor final de carrera magnético en la puerta del cerramiento del cañón. Su salida será NC hacia una de las entradas digitales del PLC, es decir que cuando la puerta esté cerrada, la entrada digital se encuentra activada. De ese modo, en caso de que el cable del sensor se dañe, las resistencias no se activarán y se evitará un posible accidente. Además se activará una alarma luminosa para señalar la apertura de la puerta.

La figura 6.83 muestra el esquema de conexionado de un final de carrera magnético marca Rencha, y la tabla 6.15 sus características técnicas.

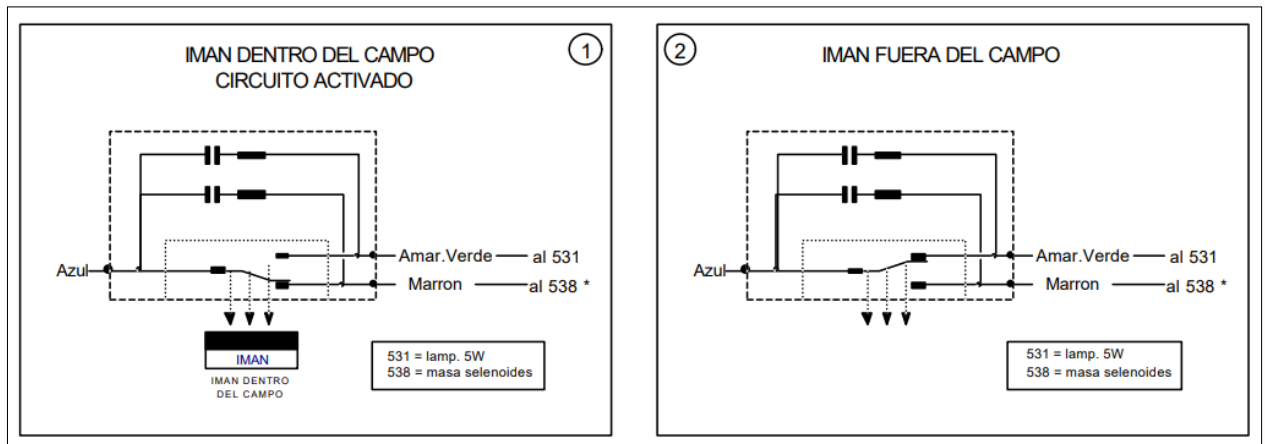


Figura 6.83: Esquema de conexionado de final de carrera magnético.

MATERIAL PLASTICO	POLIAMIDA 6 CON FIBRA
TEM. MAXIMA	220 g.c.
SECCION CABLES	0,75
FORMA CONTACTO	CONMUTADO
MATERIAL CONTACTO	Rh
POTENCIA DE CORTE	30 W
POTENCIA CORTE	60V.A.
TENSION MAXIMA ALTERNA	220
TENSION MAX. CONTINUA	45
INTENSIDAD	1 A.
INTENSIDAD DE PASO	2 A.
TENSION RUPTURA	400 V.
TIEMPO RESPUESTA	1,5 mili/seg.
TIEMPO CAIDA	0,1 " "
MAXIMA FRECUENCIA DE TRABAJO	25 ciclos/s.

Tabla 6.15: Características técnicas.

Se puede observar que su temperatura máxima y tensiones de trabajo se encuentran dentro de los rangos que emplea la máquina.

6.15.2 Diseño del automatismo

Adjunto al presente proyecto final se encuentran los planos correspondientes a la circuitería de la automatización para la máquina extrusora. A continuación, se detalla la realización de los circuitos de potencia y comando.

6.15.2.1 Circuito de potencia

6.15.2.1.1 Alimentación y protección general

La alimentación y protección general de la máquina se realizará mediante un interruptor termomagnético tetrapolar. La corriente nominal de operación del mismo se obtiene mediante la suma de la potencia total instalada en la extrusora.

La tabla 6.16 muestra los diferentes elementos que componen la etapa de potencia de la máquina, junto con su potencia unitaria.

DESCRIPCIÓN ELEMENTO	POTENCIA (kW)
Motorreductor husillo	37,285
Bomba de agua	0,7457
Ventilador N°1	0,09
Ventilador N°2	0,09
Ventilador N°3	0,09
Ventilador N°4	0,09
Resistencias calefactoras cañón grupo N°1	2,5
Resistencias calefactoras cañón grupo N°2	2,5
Resistencias calefactoras cañón grupo N°3	2,5
Resistencias calefactoras cañón grupo N°4	2,5
Resistencias calefactoras cabezal grupo N°1	2,5
Resistencias calefactoras cabezal grupo N°2	2,5
Compresor de aire	0,7457
TOTAL	54,1364

Tabla 6.16: Elementos principales de la etapa de potencia.

El consumo de la bomba de agua del chiller, el compresor de aire, y las resistencias del cabezal han sido estimativos.

Se puede concluir de la tabla anterior que la potencia instalada total de la máquina será de aproximadamente **55 kW**.

Considerando un factor de potencia global igual a 0,9, y que la potencia total trifásica es:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

La corriente total por fase resulta:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{55.000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 0,9}$$

$$I = 94,04 \text{ A}$$


Se empleará un interruptor termomagnético tetrapolar cuya regulación es de **100 a 125 A** (ver figura 6.84). Este margen de regulación extra se podrá emplear en caso de que una repentina baja en la tensión aumente la corriente consumida por la máquina.



Figura 6.84: Interruptor termomagnético tetrapolar marca WEG modelo DWB 160.

6.15.2.1.2 Protección del variador

La figura 6.85 muestra un extracto de la página 168 del manual de variadores SEW MOVITRAC B.



INFORMATION

Do not use the K11 input contactor for jog mode, but only for switching the inverter on and off. Use the following commands for jog mode:

- Enable/stop
- CW/stop
- CCW/stop

Input fuses

Fuse types:

- Line protection types in operation classes gL, gG:
 - Nominal fusing voltage \geq nominal line voltage
 - Nominal fusing current must be designed for at least 100 % or 125 % of the nominal inverter current depending on the inverter utilization.
- Power circuit breaker with characteristics B, C:
 - Nominal circuit breaker voltage \geq nominal line voltage
 - Rated power circuit breaker currents must be 10 % above the rated inverter current.

Figura 6.85: Extracto del manual de variadores SEW MOVITRAC B.

En el mismo se recomienda emplear fusibles en la entrada de tipo gL o gG cuya corriente sea de 100 a 125 % de la corriente nominal del variador. Según el mismo manual (ver tabla 6.17) en la página 9 se muestran las corrientes nominales en función de la potencia y tensión de entrada de los distintos variadores.

400 V 3-phase	3.0 kW / 4.0 HP	AC 7.0 A	MC07B0030-5A3-4-00/S0	0L
	4.0 kW / 5.4 HP	AC 9.5 A	MC07B0040-5A3-4-00/S0	
	5.5 kW / 7.4 HP	AC 12.5 A	MC07B0055-5A3-4-00	2S
	7.5 kW / 10 HP	AC 16 A	MC07B0075-5A3-4-00	
	11 kW / 15 HP	AC 24 A	MC07B0110-5A3-4-00	2
	15 kW / 20 HP	AC 32 A	MC07B0150-503-4-00	
	22 kW / 30 HP	AC 46 A	MC07B0220-503-4-00	3
	30 kW / 40 HP	AC 60 A	MC07B0300-503-4-00	
	37 kW / 50 HP	AC 73 A	MC07B0370-503-4-00	4
	45 kW / 60 HP	AC 89 A	MC07B0450-503-4-00	
	55 kW / 74 HP	AC 105 A	MC07B0550-503-4-00	5
	75 kW / 100 HP	AC 130 A	MC07B0750-503-4-00	

Tabla 6.17: Corriente nominal de los distintos variadores.

Como conclusión se emplearán tres fusibles de propósitos generales (clase gG) cuya corriente nominal es de **80 A**, a la entrada del variador. Los mismos serán de tamaño 00 y se muestran en la figura 6.86.



Figura 6.86: Base porta fusible y fusible de 80 A tamaño 00 marca WEG.

6.15.2.1.3 Protección y maniobra resto arranques

Tanto los elementos de protección, maniobra, y corrientes consumidas por el resto de los equipos con arranque directo (bomba de agua, ventiladores y compresor) se detallan en la planimetría adjunta.

6.15.2.1.4 Accionamiento y protección resistencias calefacción

Como se mencionó anteriormente, la calefacción del cañón se dividirá en 4 grupos de dos resistencias de 1.250 W cada una. Esto hace un consumo de corriente de cada grupo de:

$$P = U \cdot I$$

$$2 \times 1.250 \text{ W} = 220 \text{ V} \cdot I$$

$$I = 11,36 \text{ A}$$

Debido a la naturaleza intermitente del funcionamiento de las resistencias, se optó por el empleo de relés de estado sólido (Solid State Relays o SSR's) para su accionamiento. Se emplearán por ende 6 relés de estado sólido de 25 A a 250 V en su salida como el mostrado en la figura 6.87 (4 para el cañón y 2 para el cabezal).



Figura 6.87: Relé de estado sólido.

Para su protección se emplearán interruptores termomagnéticos unipolares de 1x16A cada uno.

El accionamiento y correcto funcionamiento de las resistencias se monitorea por medio de ojos de buey y amperímetros analógicos de panel en serie con las mismas, tal cual se observa en la planimetría. Estos últimos dispositivos permitirán detectar rápidamente anomalías en el sistema de calefacción.

6.15.2.2 Circuito de comando

6.15.2.2.1 Pirómetros

Para cada grupo de resistencias se empleará un pirómetro digital como el mostrado en la figura 6.88. El mismo será ubicado en el panel del tablero para poder visualizar rápidamente la temperatura de cada zona.



Figura 6.88: Pirómetro digital marca Maxwell.

Debido a que el control global de la máquina lo realizará un PLC, se ha escogido un pirómetro cuya salida sea de 4-20 mA, cerrando el lazo de realimentación. De ese modo, mediante las entradas analógicas del PLC, y el encendido y apagado de las resistencias mediante sus salidas digitales, se realizará el control de temperatura de la máquina.

Se optó por un pirómetro digital de la marca Maxwell modelo MTB-48DN196N, que posee una salida analógica de 4-20 mA. Su hoja de datos se encuentra adjunto en la sección 6.19 *Anexos*.

6.15.2.2 Variador de frecuencia tornillo

Las condiciones de marcha del variador se realizarán por medio de dos entradas digitales del mismo. Una corresponderá a conmutador de dos posiciones ubicado en el panel de comando y la otra mediante un contacto del relé de habilitación general de la máquina (que se accionará mediante un conmutador con llave de seguridad, ubicado en el panel).

No obstante, la selección de velocidades del variador se logrará por medio de otras dos entradas digitales extras controladas por el PLC, tal cual se observa en la planimetría. De ese modo, se podrán seleccionar entre 4 velocidades de tornillo programadas en el mismo, tal cual se muestra en la tabla 6.18 tabla 6.18.

DI04	DI05	Velocidades
0	0	0
0	1	n1
1	0	n2
1	1	n3

Tabla 6.18: Tabla de verdad para selección de velocidades de tornillo en función de las entradas digitales DI04-05 del variador.

Se empleará una salida digital del variador para activar un relé que actuará como medio de confirmación de marcha para el PLC, y para la activación del ventilador de extracción del gabinete.

6.15.2.2.3 Comando bomba de agua del chiller, ventiladores y compresor

El comando de estos elementos se podrá realizar de manera automática (con salidas digitales del PLC) o mediante un forzado manual (ver planimetría adjunta), empleando conmutadores de tres posiciones ubicados en el panel del gabinete.

6.15.2.2.4 Selección del PLC

Debido a la simpleza de la máquina, se ha optado por el empleo de un PLC integrado con su interfaz hombre-máquina (HMI) en un solo bloque marca Unitronics de la serie Vision modelo V230-13-B20B (ver figura 6.89). Los mismos poseen un display LCD, un teclado incorporado, un puerto de tres pines para la alimentación y tierra (en 12 o 24 VCC), dos puertos COM (para establecer comunicaciones a dispositivos mediante protocolo RS232) y un puerto CANbus. Su hoja de datos se encuentra adjunto en la sección 6.19 Anexos.



Figura 6.89: PLC + HMI Vision modelo V230-103-B20B.

Las entradas y salidas analógicas y/o digitales se realizan por medio de módulos de encastre (insertados en la parte posterior del PLC), o mediante módulos de expansión remotos. Debido a limitaciones de espacio se optó por la primera opción.

La tabla 6.19 muestra una lista de con la cantidad aproximada de entradas y salidas mínimas que deberá poseer el PLC.

ENTRADAS		SALIDAS		
Entradas analógicas (AI's)	Entradas digitales (DI's)	Salidas analógicas (AO's)	Salidas digitales (DO's)	
Pirómetro cañón N°1	Retroaviso variador	N/A	Bit 0 velocidad variador	
Pirómetro cañón N°2	Bomba de agua		Bit 1 velocidad variador	
Pirómetro cañón N°3	Ventilador N°1		Resist. Cañon grupo N°1	
Pirómetro cañón N°4	Ventilador N°2		Resist. Cañon grupo N°2	
Pirómetro cabezal N°1	Ventilador N°3		Resist. Cabezal grupo N°3	
Pirómetro cabezal N°2	Ventilador N°4		Resist. Cabezal grupo N°4	
Sensor de presión N°1	Compresor		Resist. Cabezal grupo N°1	
Sensor de presión N°2	Parada de emergencia		Resist. Cabezal grupo N°2	
	Habilitación sistema		Bomba de agua	
	Sensor alto nivel tolva		Ventilador N°1	
	Sensor bajo nivel tolva		Ventilador N°2	
	Final de carrera puerta		Ventilador N°3	
			Ventilador N°4	
			Compresor	
8	12		0	14

Tabla 6.19: Detalle de entradas y salidas analógicas y digitales necesarias.

Empleando la información obtenida por esta tabla, y la tabla 6.20, la cual muestra las opciones de módulos de encastre para PLCs de este tipo, se concluye que se empleará un módulo V200-18-E46B y uno V200-18-E1B. Si bien el primer módulo posee la cantidad de entradas y salidas analógicas y digitales mínimas necesarias, se optó por agregar un módulo extra a modo de reserva, en caso de que se necesite controlar algunas variables del proceso de post-extrusión.

La lógica de cableado del PLC se detalla en la planimetría adjunta, junto con la lista de materiales principales para el tablero (excluyendo elementos de campo como sensores).

Snap-in I/O Modules	Inputs				Outputs				Operating Voltage
	Digital (isolated) ¹	HSC/Shaft-encoder ¹	Analog	Temperature Measurement	Transistor (isolated) ²	PWM/HSO ²	Relay	Analog	
V200-18-E1B	16 pnp/npn	2 10kHz 32-bit	3 0-10 V, 0-20mA, 4-20mA 10-bit	None	4 pnp/npn	2 pnp 0.5kHz npn 50kHz	10	None	24VDC
V200-18-E2B	16 pnp/npn	2 10kHz 32-bit	2 0-10 V, 0-20mA, 4-20mA 10-bit	None	4 pnp/npn	2 pnp 0.5kHz npn 50kHz	10	2 0-10 V, 0-20mA, 4-20mA 12-bit	24VDC
V200-18-E3XB	18 pnp/npn	2 10kHz 32-bit	4 (Isolated) Thermocouple, PT100, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA 14-bit	None	2 pnp/npn	2 pnp 0.5kHz npn 50kHz	15	4 (Isolated) 0-10 V, 4-20mA 12-bit	24VDC
V200-18-E4XB	18 pnp/npn	2 10kHz 32-bit	4 (Isolated) Thermocouple, PT100, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA 14-bit	None	15 pnp 2 npn/npn	2 pnp 0.5kHz npn 50kHz	None	4 (Isolated) 0-10 V, 4-20mA 12-bit	24VDC
V200-18-E5B	18 pnp/npn	2 10kHz 32-bit	3 0-10 V, 0-20mA, 4-20mA 10-bit	None	15 pnp 2 npn/npn	2 pnp 0.5kHz npn 50kHz	None	None	24VDC
V200-18-E6B	18 pnp/npn	2 10kHz 32-bit	2 Thermocouple, PT100, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA 14-bit 3 0-10V, 0-20mA, 4-20mA 10-bit	None	2 pnp/npn	2 pnp 0.5kHz npn 50kHz	15	2 (Isolated) 0-10 V, 4-20mA 12-bit	24VDC
V200-18-E46B ³	18 pnp/npn	2 10kHz 32-bit	6 0-10 V, 0-20mA, 4-20mA 14-bit 3 0-10 V, 0-20mA, 4-20mA 10-bit	None	2 pnp/npn	2 pnp 0.5kHz npn 100kHz	15	2 (Isolated) 0-10 V, 4-20mA 12-bit	24VDC
V200-18-E62B ³	30 pnp/npn	2 50kHz 32-bit	2 0-10 V, 0-20mA, 4-20mA 10-bit	None	28 pnp 2 npn/npn	2 pnp 0.5kHz npn 100kHz	None	None	24VDC

Tabla 6.20: Módulos de encastre para PLC's de la serie Vision.

6.15.2.3 Lógica de funcionamiento del PLC

Al cargar el programa y dar marcha al sistema, la interfaz hombre-máquina tendrá dos opciones de selección: una para la visualización y otra para la carga (seteos) de parámetros de funcionamiento. En la visualización se mostrará un esquema de la máquina y la lectura en tiempo real de los valores de presión, temperatura y velocidad de la máquina, además de los estados de las resistencias, ventiladores, compresor, bomba de agua del chiller, alarmas, etc.

Mientras el sistema se encuentre habilitado a través de la llave del panel de comando, se podrá acceder a la pantalla de carga de valores, en la cual se deberán cargar los setpoints de temperatura para cada zona, y la velocidad de tornillo seleccionada. Esta información se podrá almacenar en un banco de datos internos del PLC para poder emplearla nuevamente. De ese modo se pueden grabar los parámetros de funcionamiento correspondientes a la extrusión de un polímero en particular y crear un

programa de extrusión. Una vez finalizada la carga de datos, se procede a la ejecución de la rutina.

En la sección 6.19 *Anexos* se observa el diagrama de flujo correspondiente a un programa de extrusión típico.

6.16 Gabinetes

6.16.1 Gabinete de comando

El gabinete de comando elegido es del tipo pupitre, el cual contará de un tablero superior y otro inferior para el control de la máquina y visualización de medidores.

Además, poseerá una torre de señalización luminosa con alarma integrada. La luz verde señalará el correcto funcionamiento de la extrusora, mientras que la luz roja y una alarma, alertará ante cualquier falla.



Figura 6.90: Gabinete de comando.

Se seleccionó un gabinete del tipo pupitre estanco modular con cabeza de la marca Genrod, cuyo código es: 09909146. A continuación, se observa la sección del catálogo del fabricante, con el modelo detallado.

El mismo deberá estar ubicado a una distancia máxima de 1,2 metros y del lado de apertura del cerramiento del cañón. De ese modo, el operario se encontrará cerca del pulsador de parada de emergencia, el cual le quedará a mano en caso de ser necesario su uso. Además, la tirada de cables a los elementos de la máquina no será tan largo.

PUPITRES ESTANCOS MODULARES TIPO CONSOLA					
Código	A	H1	H2	P1	P2
09 906104	600	600	1000	300	450
09 909104	900	600	1000	300	450
09 912104	1200	600	1000	300	450
09 906106	600	600	1000	300	600
09 909106	900	600	1000	300	600
09 912106	1200	600	1000	300	600

PUPITRES ESTANCOS MODULARES C/CABEZAL							
Código	A	H1	H2	H3	H4	P1	P2
09 906146	600	600	950	450	1400	300	600
09 909146	900	600	950	450	1400	300	600
09 912146	1200	600	950	450	1400	300	600

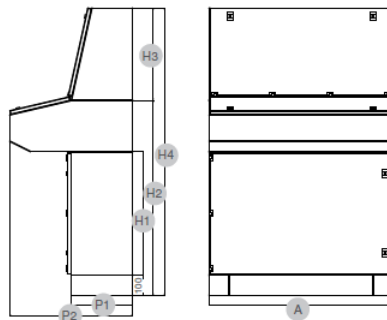


Tabla 6.21: Catálogo de pupitres estancos Genrod.


6.16.2 Gabinete de potencia

El gabinete de potencia cuenta con un ventilador para refrigeración y dos rejillas para la entrada y salida del aire.



Figura 6.91: Gabinete de potencia.

Se seleccionó un gabinete estanco serie 9000 de la marca Genrod. Su código es: 099312. La siguiente imagen es un extracto del catálogo de Genrod, en donde se marca el modelo seleccionado y se especifican sus dimensiones.

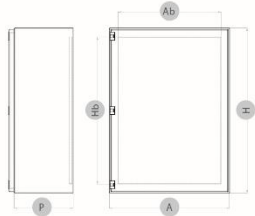


S9000 | Gabinetes Estancos
Pág. 6

Tabla general de selección de modelos y accesorios aplicables S9000

Las magnitudes de las siguientes tablas están expresadas en mm.

Para garantizar la seguridad de su instalación, una vez definida las dimensiones del gabinete establecer el contrafrente requerido por el uso.



A Ancho	H Alto	P				Ab x Hb Medida de bandeja	Contrafrente abisagrado ciego	Contrafrente abisagrado calado	Contrafrente abulonado ciego	Contrafrente abulonado calado	Cantidad de soportes para contra- frente (**)
		Código (*) Prof: 100	Código (*) Prof: 150	Código (*) Prof: 225	Código (*) Prof: 300						
200	200	09 9101	09 9150	09 9200	-----	134x140	-----	-----	-----	-----	-----
200	250	09 9110	09 9164	-----	-----	134x190	-----	-----	-----	-----	-----
200	300	09 9102	09 9151	09 9201	-----	134x240	-----	-----	-----	-----	-----
250	300	09 9111	09 9165	-----	-----	184x240	-----	-----	-----	-----	-----
200	450	-----	09 9152	-----	-----	184x390	-----	-----	-----	-----	-----
300	300	09 9103	09 9153	09 9202	09 9300	234x240	09 9882	09 9882C	09 9982	09 9982C	4
300	450	09 9104	09 9154	09 9203	09 9301	234x390	09 9884	09 9884C	09 9984	09 9984C	4
300	600	09 9105	09 9155	09 9204	09 9302	234x540	09 9885	09 9885C	09 9985	09 9985C	4
450	450	09 9106	09 9156	09 9205	09 9303	384x390	09 9888	09 9888C	09 9988	09 9988C	4
400	500	-----	09 9167	09 9216	-----	334x440	09 9870	09 9870C	09 9970	09 9970C	4
450	600	09 9107	09 9157	09 9206	09 9304	384x540	09 9889	09 9889C	09 9989	09 9989C	4
450	750	-----	09 9163	09 9207	09 9310	384x690	09 9890	09 9890C	09 9990	09 9990C	4
500	600	-----	09 9168	09 9217	-----	434x540	09 9892	09 9892C	09 9992	09 9992C	4
600	600	09 9108	09 9158	09 9208	09 9305	534x540	09 9893	09 9893C	09 9993	09 9993C	4
600	750	09 9109	09 9159	09 9209	09 9306	534x690	09 9894	09 9894C	09 9994	09 9994C	4
600	900	-----	09 9160	09 9210	09 9307	534x840	09 9895	09 9895C	09 9995	09 9995C	6
600	1050	-----	09 9162	09 9212	09 9308	534x990	09 9897	09 9897C	09 9997	09 9997C	6
600	1200	-----	09 9161	09 9211	09 9309	534x1140	09 9898	09 9898C	09 9998	09 9998C	6
750	750	-----	-----	09 9213	09 9314	684x690	09 9891	09 9891C	09 9991	09 9991C	6
750	900	-----	09 9170	09 9215	09 9311	684x840	09 9896	09 9896C	09 9996	09 9996C	6
750	1200	-----	09 9171	09 9214	09 9312	684x1140	09 9899	09 9899C	09 9999	09 9999C	6
900	900	-----	-----	09 9220	09 9320	834x840	09 9879	-----	09 9979	-----	6
900	1200	-----	-----	09 9221	09 9321	834x1140	09 9880	-----	09 9980	-----	6

Tabla 6.22: Catálogo de gabinetes estancos Genrod

6.17 Máquina completa

En esta sección se presentan algunas imágenes de la extrusora totalmente ensamblada, con todas las partes anteriormente analizadas.

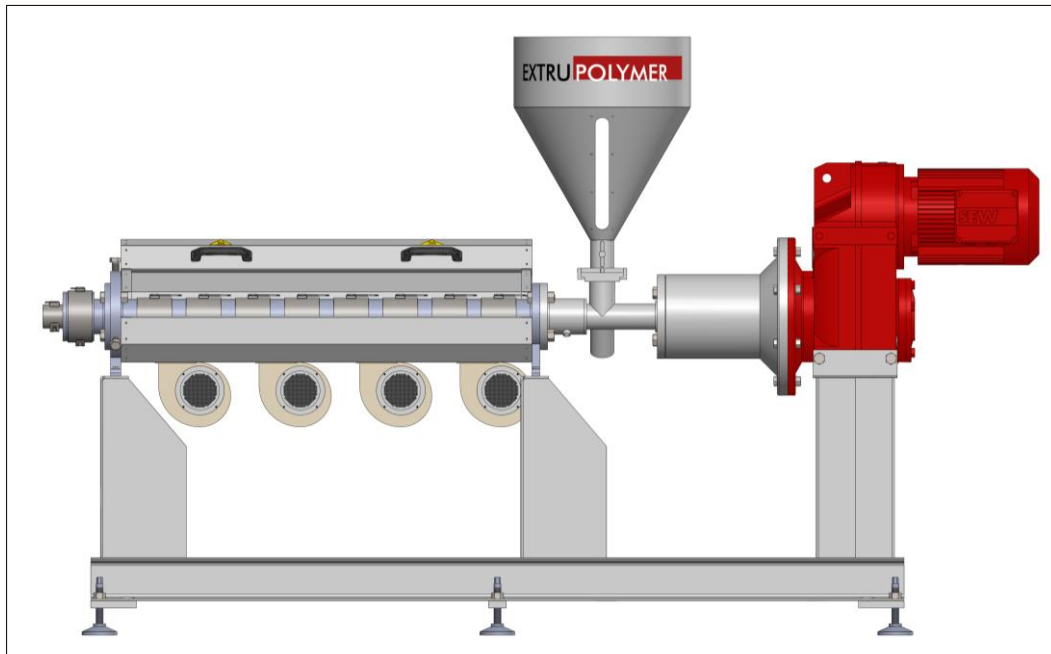


Figura 6.92: Vista lateral de la extrusora.





Figura 6.93: Imágenes renderizadas de la extrusora completamente ensamblada y sus gabinetes de comando y potencia.

6.18 Fuentes consultadas

6.18.1 Bibliografía

- Chris Rauwendaal, *Polymer Extrusion*, 5th ed., Hanser, Munich, 2014.
- Harold F. Giles, Jr.; John R. Wagner, Jr.; Eldridge M. Mount, III, *Extrusion: the definitive processing guide and handbook*, William Andrew, Inc., Norwich, 2005.
- V.K. Savgorodny, *Transformación de plásticos*, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1973.
- D.V. Rosato, *Extruding plastics – Practical processing handbook*, Springer-Science+Business Media, B.V., 1998.
- Pierre G. Lafleur, Bruno Vergnes, *Polymer Extrusion*, ISTE Ltd, Londres, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2014.
- Maribel Beltrán Rico, Antonio Marcilla Gomis, *Tecnología de polímeros - Procesado y propiedades*, Universidad de Alicante, 2012.
- H. Dubbel, *Manual del constructor de máquinas – Tomo 1*, 5ta ed., Editorial Labor, 1977.
- Héctor N. Cosme, *Elementos de máquinas - Métodos modernos de cálculo y diseño*, Marymar, Buenos Aires, 1977.
- Jean-Marie Bouvier, Osvaldo H. Campanella, *Extrusion Processing Technology – Food and Non-Food Biomaterials*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2014.

6.18.2 Trabajos académicos

- Suárez Romero José David, *Proyecto de máquina extrusora para creación de hilos de polietilén tereftalato*, Instituto Politécnico Nacional - ESIME Azcapotzalco, México, D.F., 2015. Disponible en: https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/19818/1/Su%C3%A1rez_Rome_ro_Jose_David_Tesis_Final.pdf
- Jimmy Joane Gómez Gómez, Jorge Edwin Gutiérrez Bedoya, *Diseño de una extrusora para plásticos*, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2007. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1110/668413G633d.pdf>
- Ramiro Siuce Bonifacio, *Diseño de tolvas*, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Perú, 2016. Disponible en: <https://es.slideshare.net/RamiroSIUCEBONIFACIO1/diseo-de-tolvas-63586969>

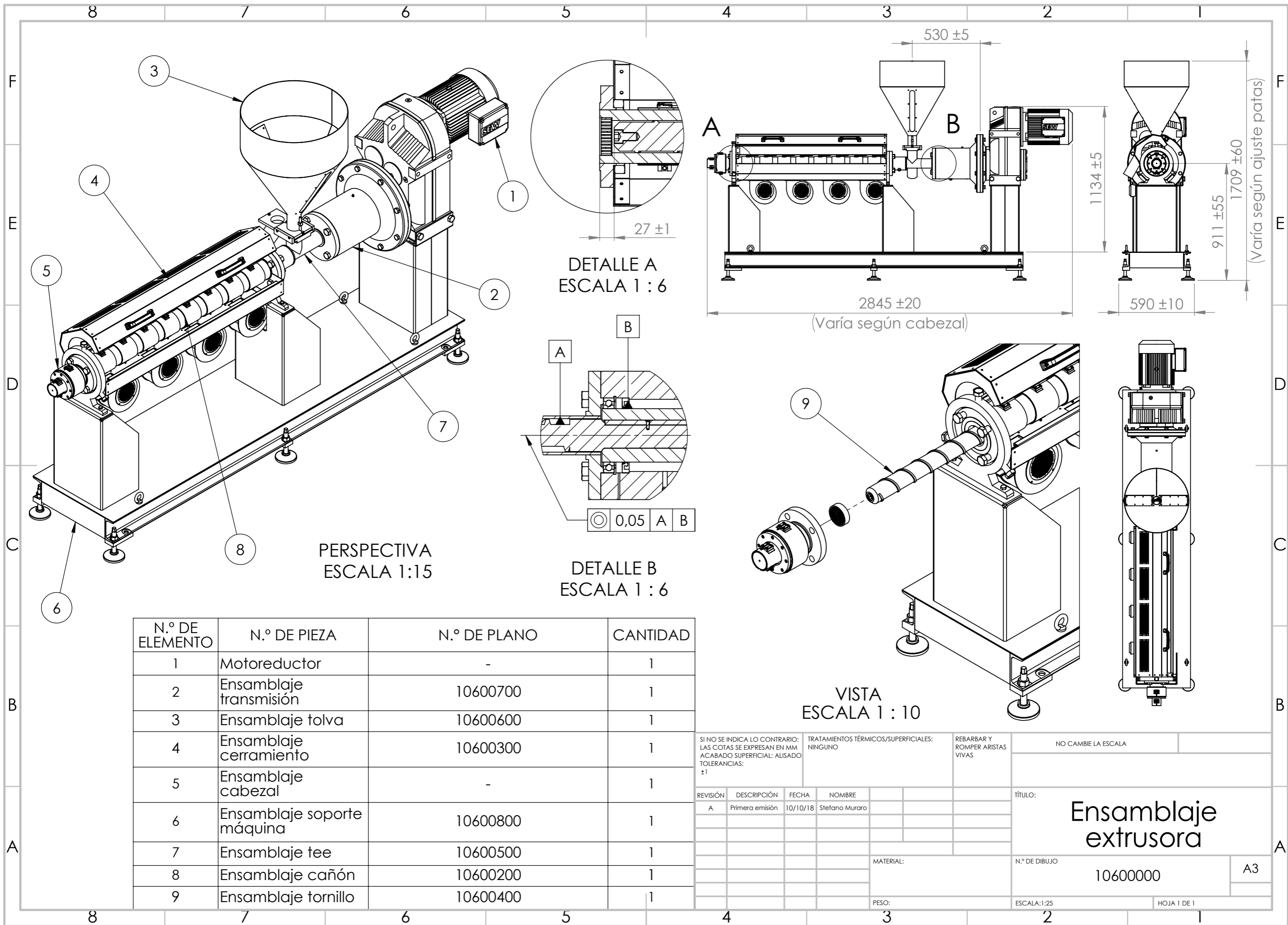
6.18.3 Sitios web

- Calculador de la relación de compresión del tornillo del fabricante francés *Mecano Technique*. Disponible en:
http://www.mecano-technique.com/compression_ratio

6.18.4 Cursos

- Curso de extrusión de la empresa rafaélina *Plasgom S.A.*

6.19 Anexos



PERSPECTIVA
ESCALA 1:15

DETALLE A
ESCALA 1:6

DETALLE B
ESCALA 1:6

VISTA
ESCALA 1:10

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	N.º DE PLANO	CANTIDAD
1	Motoreductor	-	1
2	Ensamblaje transmisión	10600700	1
3	Ensamblaje tolva	10600600	1
4	Ensamblaje cerramiento	10600300	1
5	Ensamblaje cabezal	-	1
6	Ensamblaje soporte máquina	10600800	1
7	Ensamblaje tee	10600500	1
8	Ensamblaje cañón	10600200	1
9	Ensamblaje tornillo	10600400	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±1				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO:					
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	Ensamblaje extrusora					
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		10600000		A3	
PESO:				ESCALA:1:25		HOJA 1 DE 1			

8 7 6 5 4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

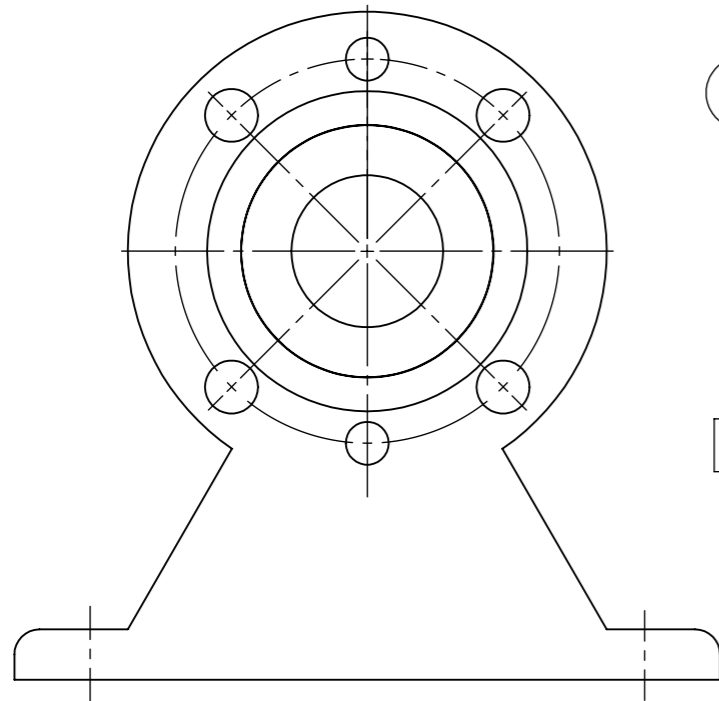
C

B

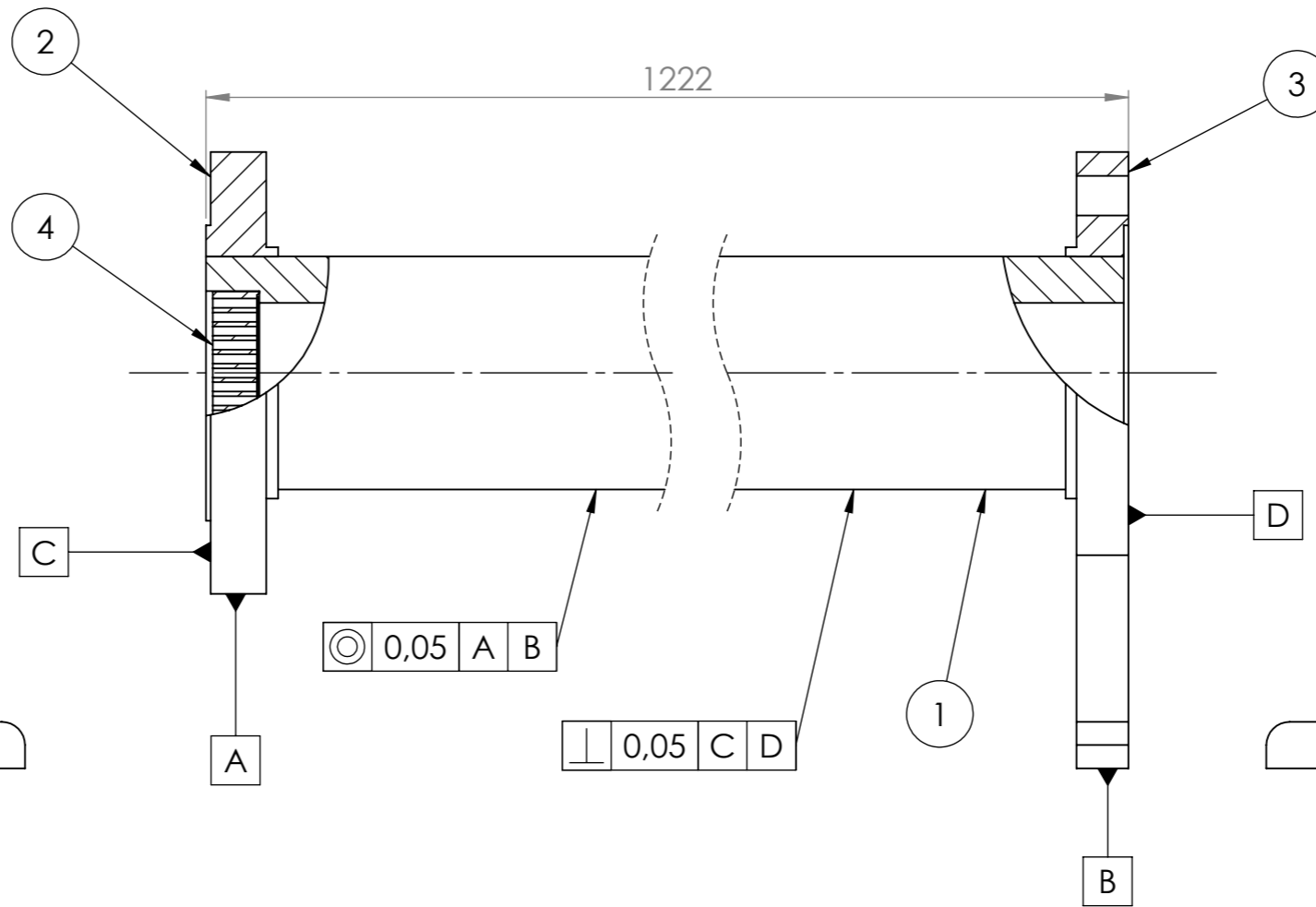
B

A

A



BRIDA LADO TEE



3

1222

2

4

C

A

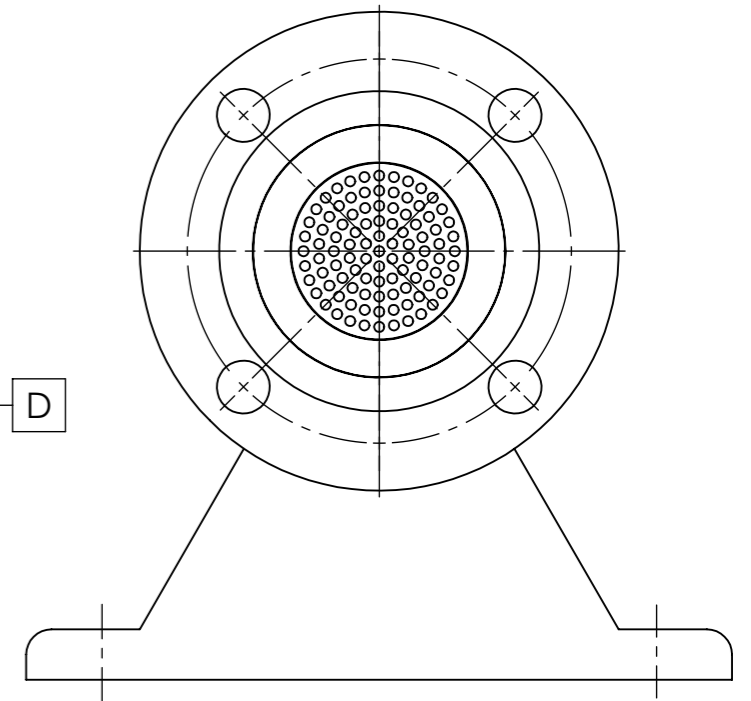
⊙ 0,05 A B

⊥ 0,05 C D

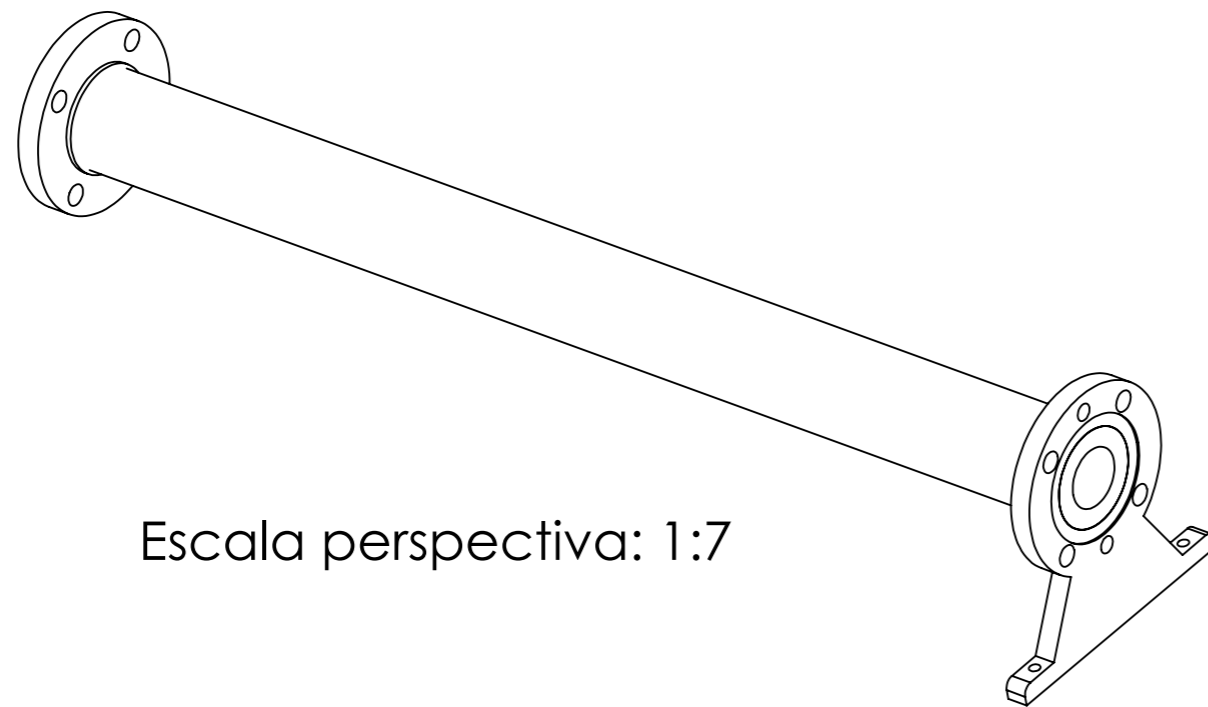
1

D

B



BRIDA LADO CABEZAL

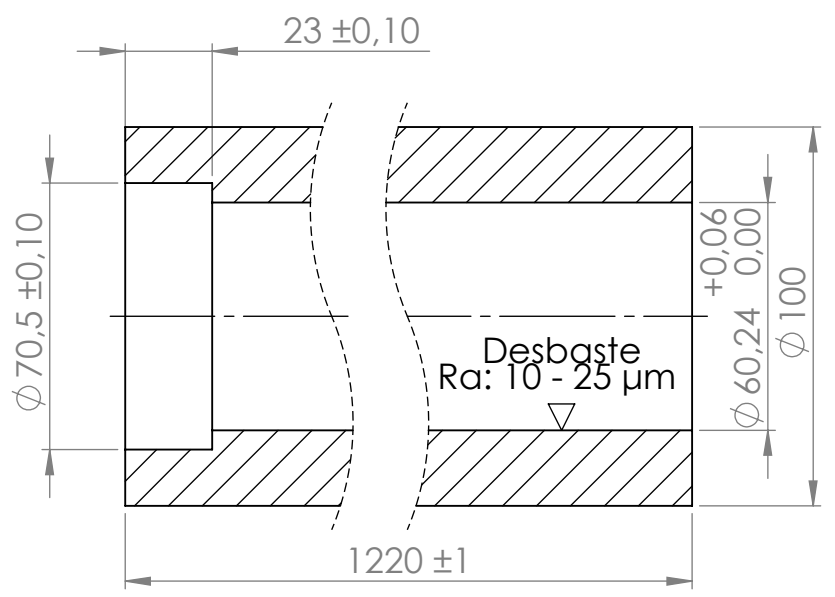
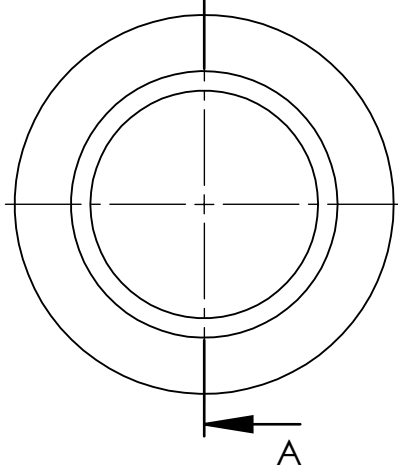


Escala perspectiva: 1:7

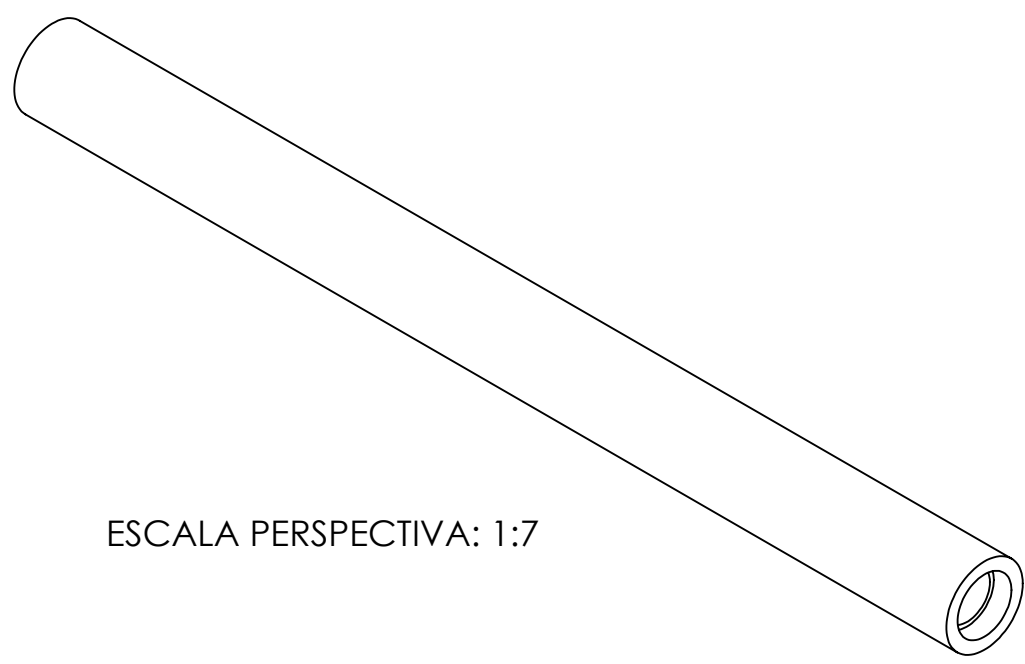
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	N.º DE PLANO	CANTIDAD
1	Cañón	10600201	1
2	Brida cañón a cabezal	10600202	1
3	Brida cañón a tee	10600203	1
4	Plato rompedor	10600204	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±1		TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO:			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	Ensamblaje cañón			
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		A3	
PESO:				10600200		ESCALA:1:3	
						HOJA 1 DE 1	

8 7 6 5 4 3 2 1

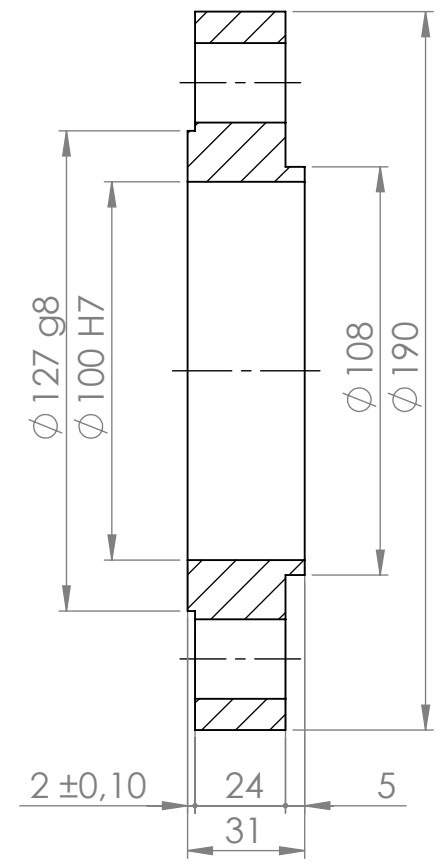
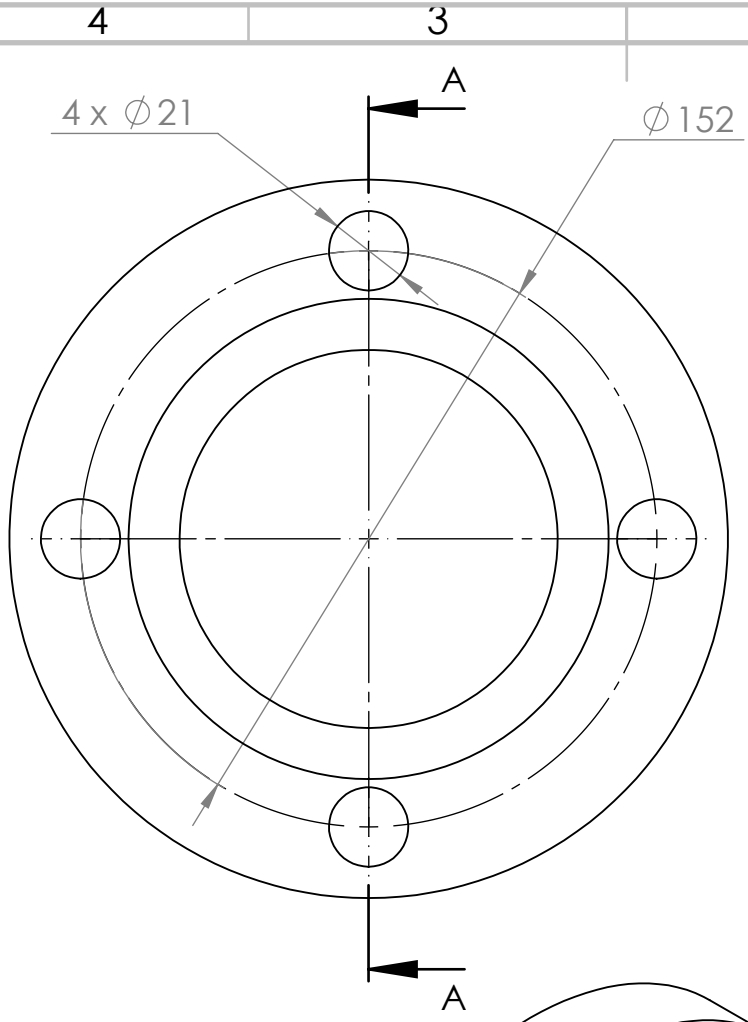


SECCIÓN A-A

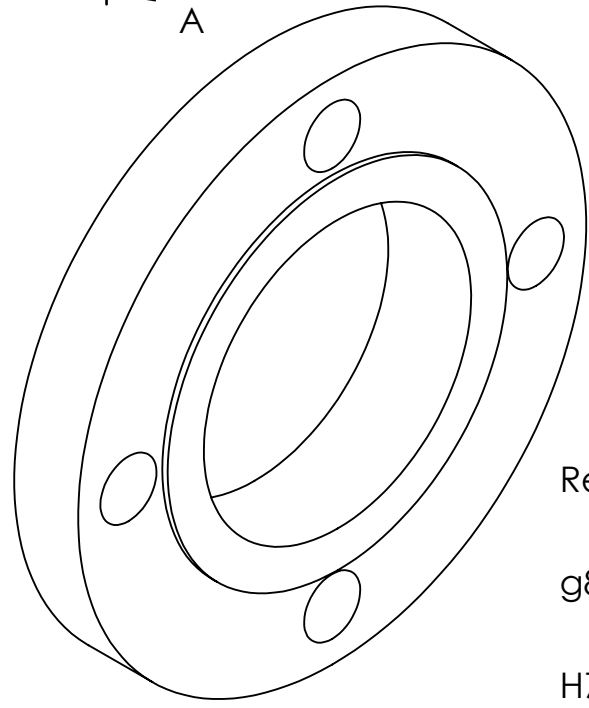


ESCALA PERSPECTIVA: 1:7

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ± 0,5		TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: TEMPLADO EN ACEITE Y REVENIDO A 425 °C DUREZA TEMPLADO: 50 HRC NITRURADO DUREZA NITRURADO: 800 HV		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: <h1>Cañón</h1>	
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro		
MATERIAL: SAE 1045				N.º DE DIBUJO 10600201	A4
PESO:				ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1



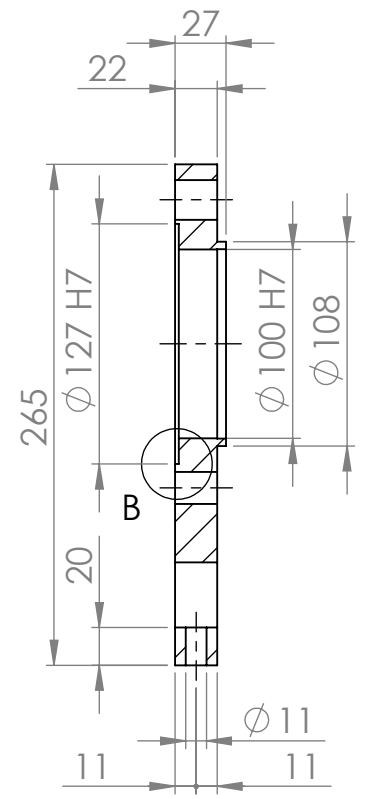
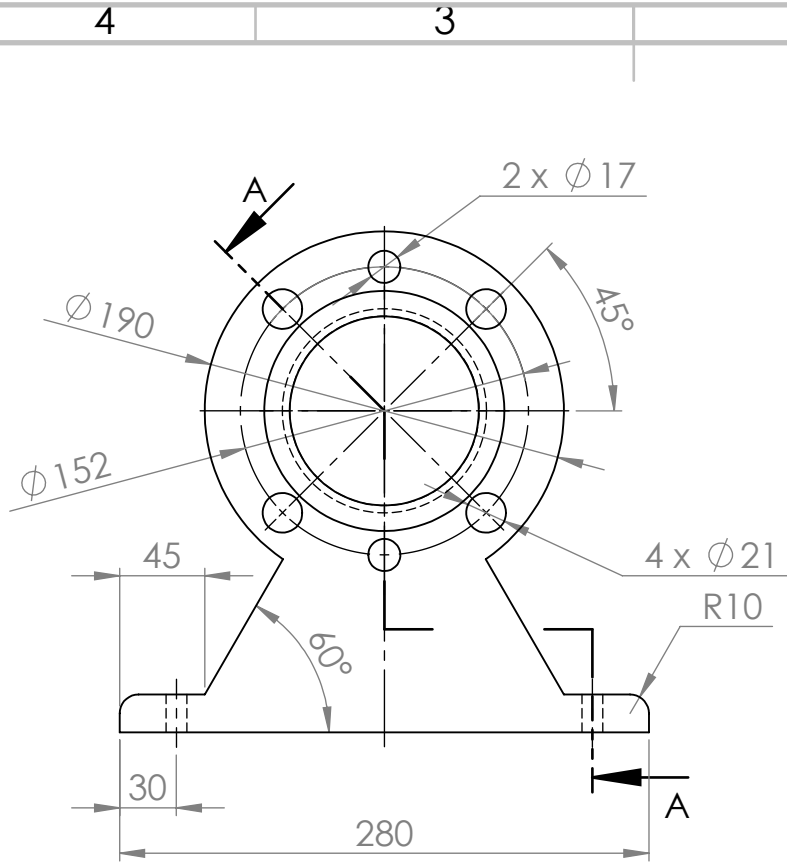
SECCIÓN A-A



Referencia de tolerancias:

-0,014
g8 = -0,077
+0,035
H7 = 0,000

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: $\pm 0,5$		TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Brida cañón a cabezal			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	N.º DE DIBUJO 10600202			
MATERIAL: SAE 1045			PESO:		ESCALA:1:2		A4
HOJA 1 DE 1							

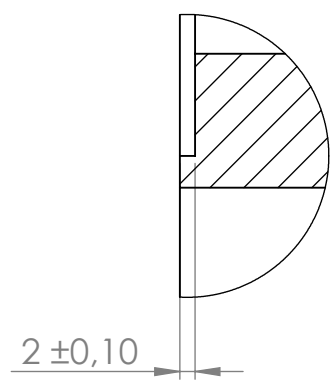
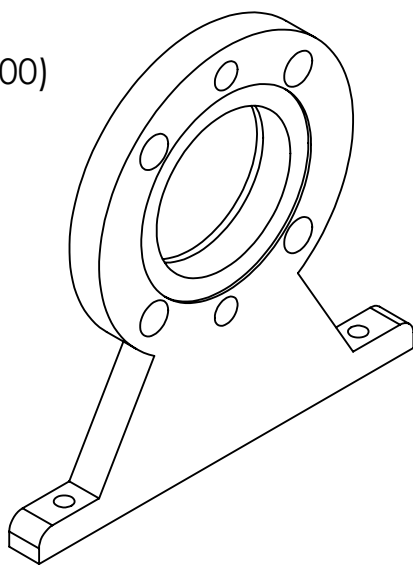


Referencia de tolerancias:

$+0,040$
H7 = $0,000$ (para $\phi 127$)

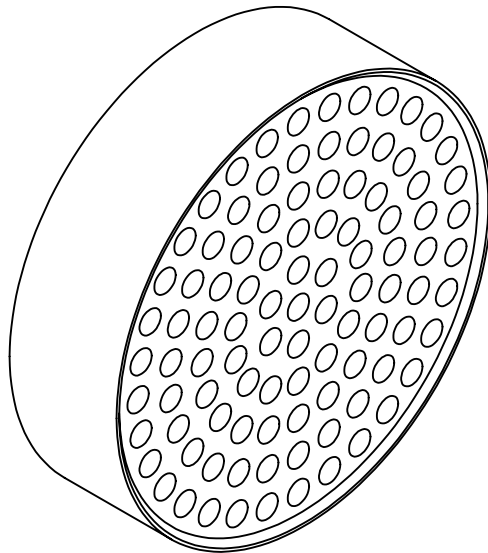
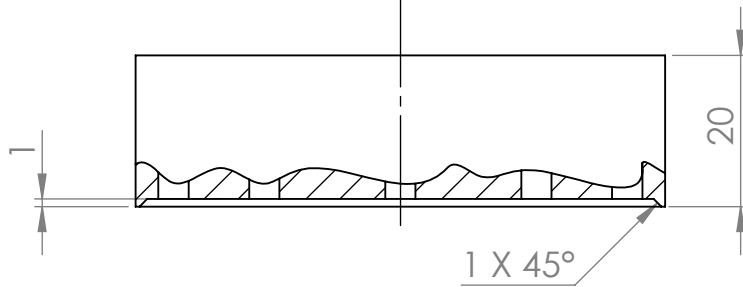
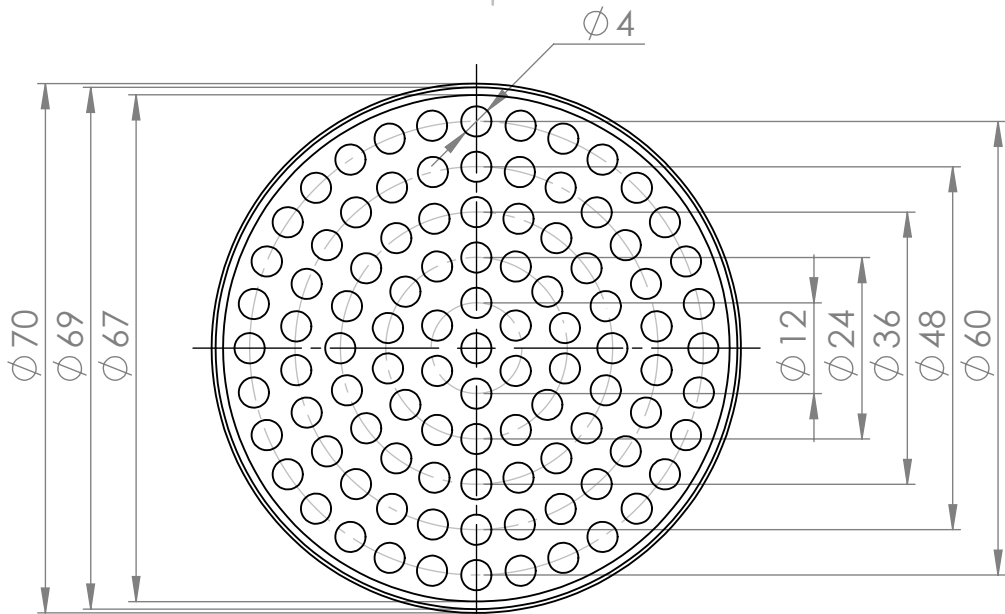
$+0,035$
H7 = $0,000$ (para $\phi 100$)

SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 1 : 1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: $\pm 0,5$			TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE		TÍTULO:			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro		Brida cañón a tee			
MATERIAL:					N.º DE DIBUJO		A4	
SAE 1045					10600203			
PESO:					ESCALA:1:4		HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
TOLERANCIAS:
 $\pm 0,1$

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
TEMPLADO EN ACEITE Y REVENIDO A 425 °C
NITRURADO 700 HV

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

TÍTULO:

Plato rompedor

MATERIAL:

SAE 1045

N.º DE DIBUJO

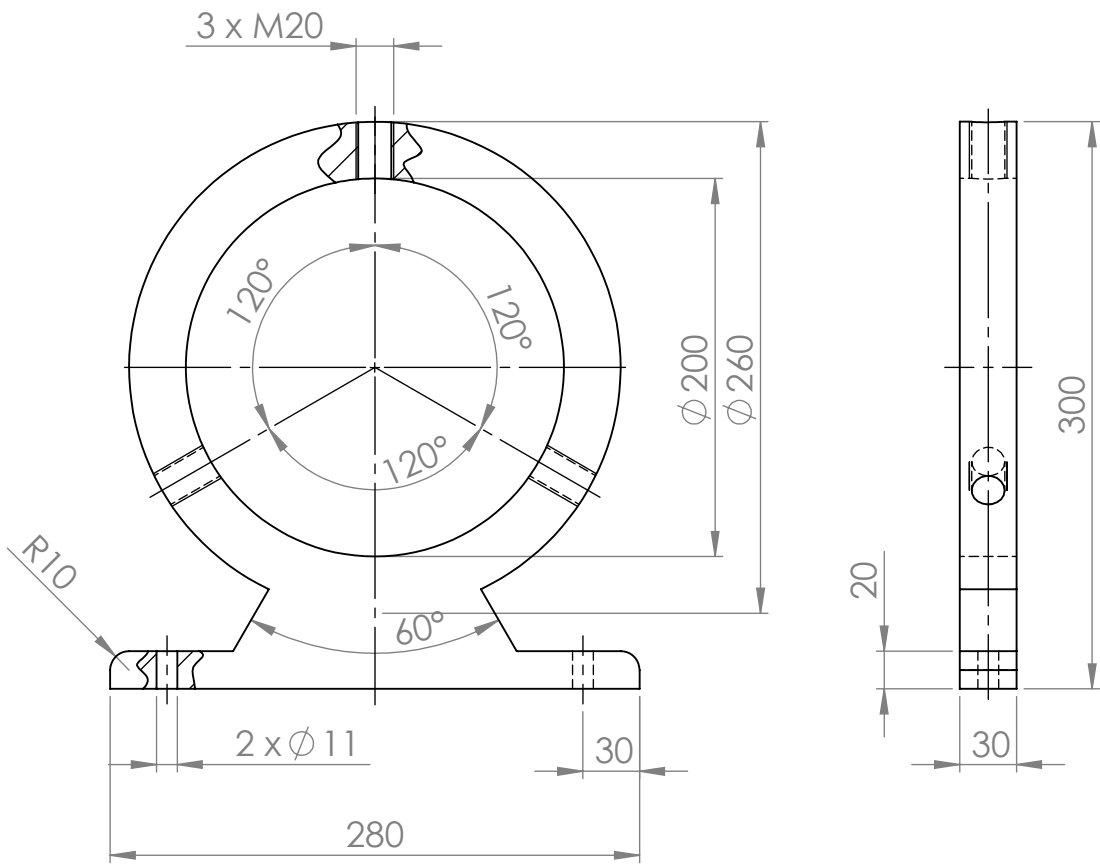
10600204

A4

PESO:

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1

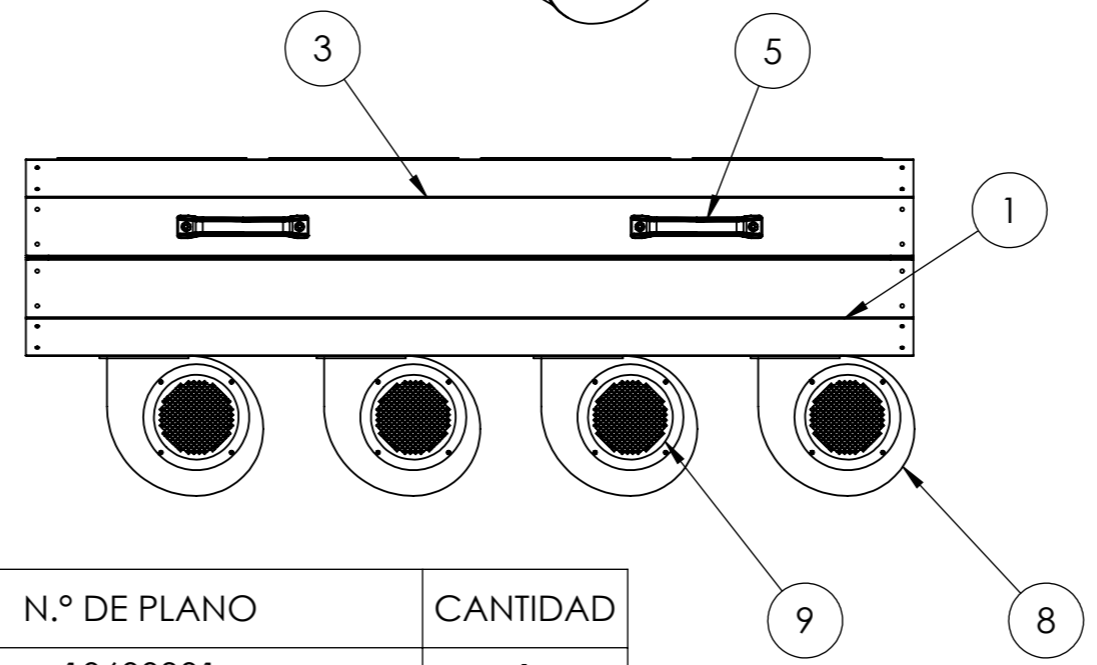
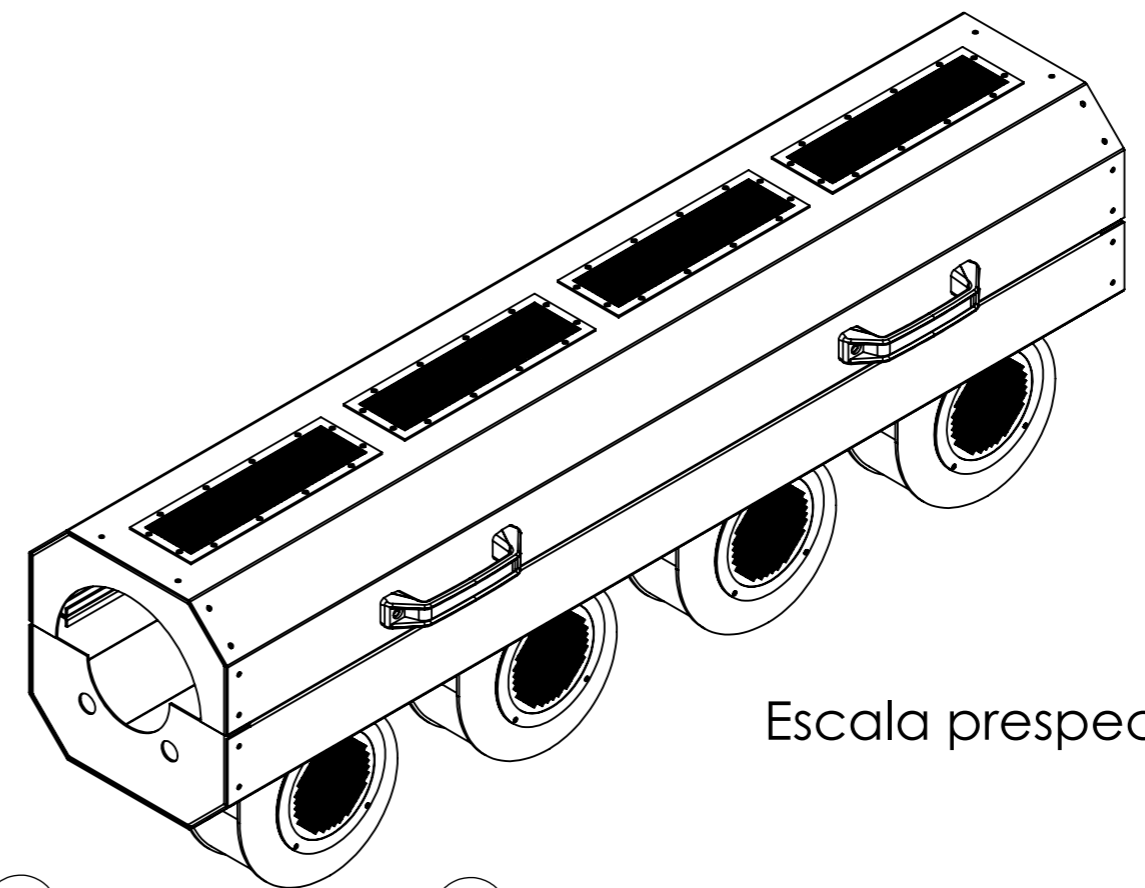
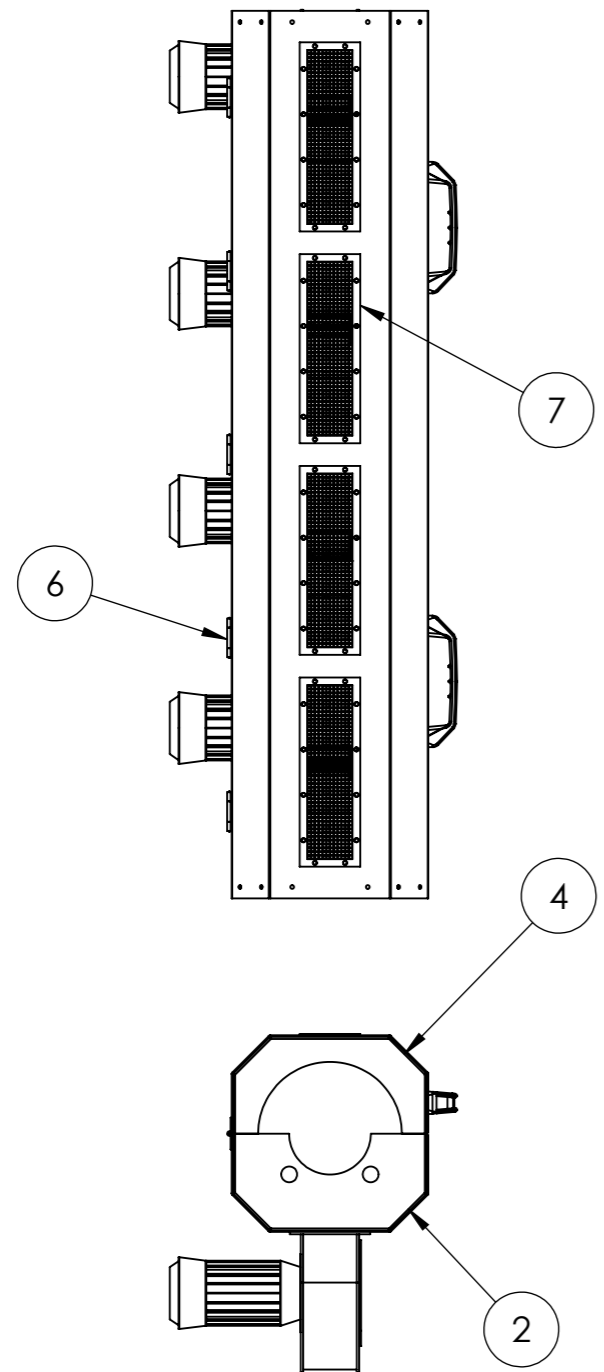


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ± 0,5	TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA
---	---	---------------------------------------	---------------------

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

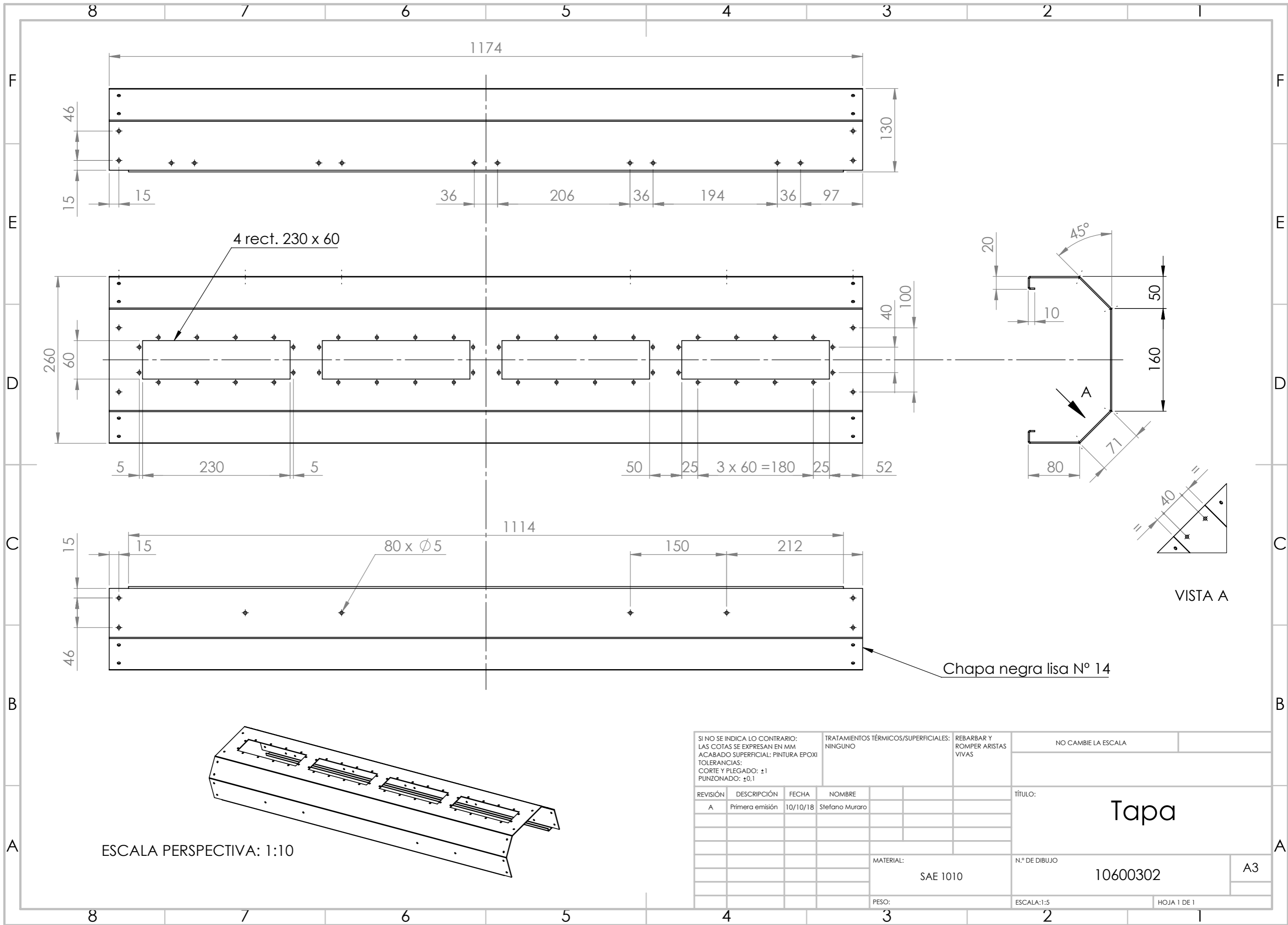
TÍTULO: Alineador cañón
N.º DE DIBUJO 10600205
ESCALA: 1:4
HOJA 1 DE 1

MATERIAL: SAE 1010	PESO:
------------------------------	-------

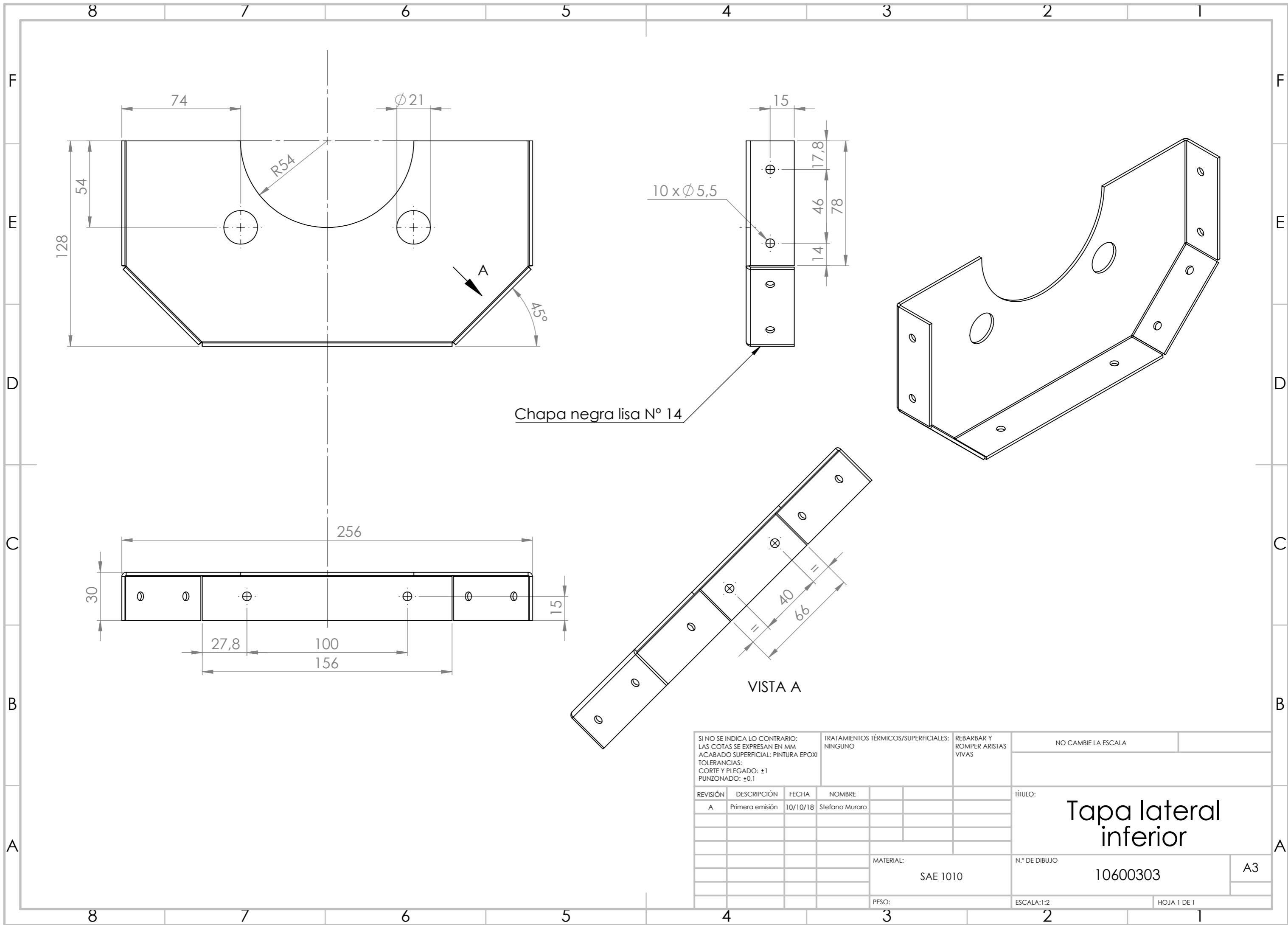


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	N.º DE PLANO	CANTIDAD
1	Fondo	10600301	1
2	Tapa lateral inferior	10600303	2
3	Tapa	10600302	1
4	Tapa lateral superior	10600304	2
5	Manija	-	2
6	Bisagra	-	5
7	Rejilla	10600305	4
8	Ventilador	-	4
9	Rejilla ventilador	106003006	4

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±0.5		TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO:			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	Ensamblaje cerramiento			
MATERIAL:							
PESO:				ESCALA:1:10	10600300		
				HOJA 1 DE 1			



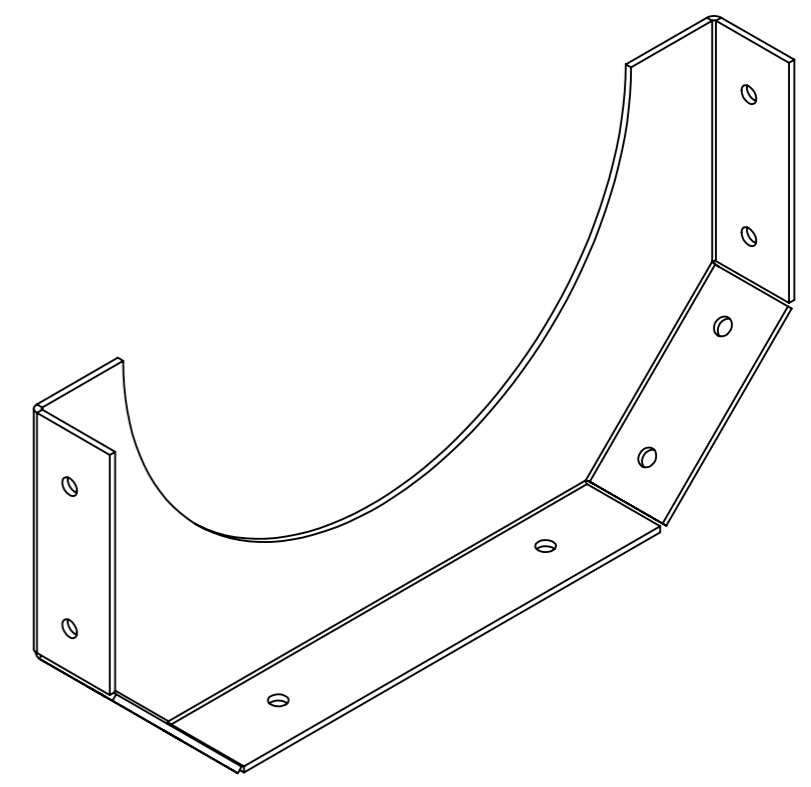
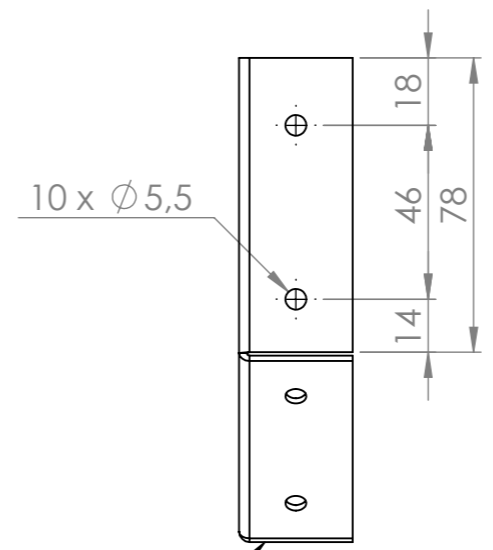
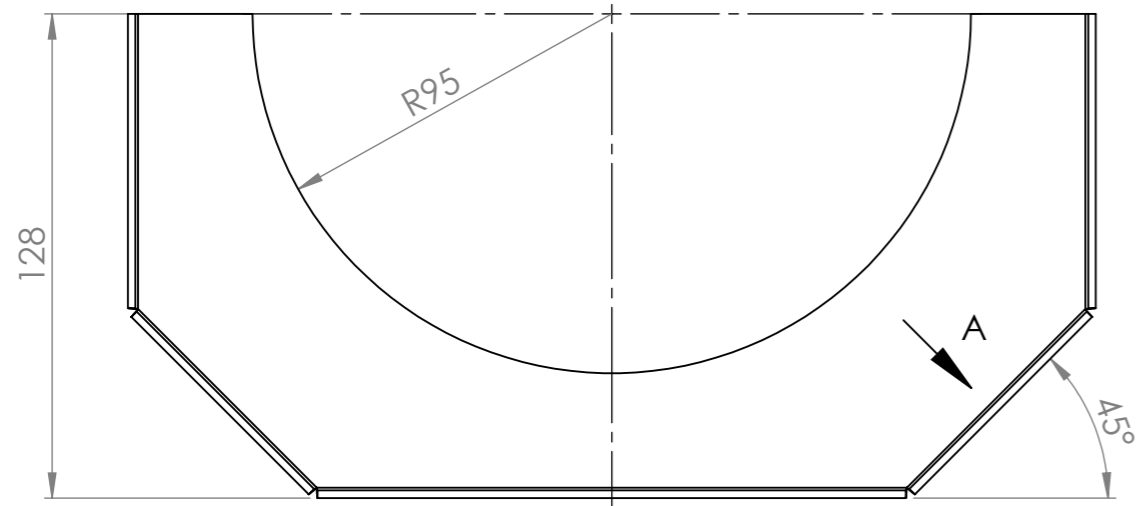
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: CORTE Y PLEGADO: ±1 PUNZONADO: ±0,1				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE			TÍTULO:			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro			Tapa			
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A3	
				SAE 1010		10600302			
				PESO:		ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1	



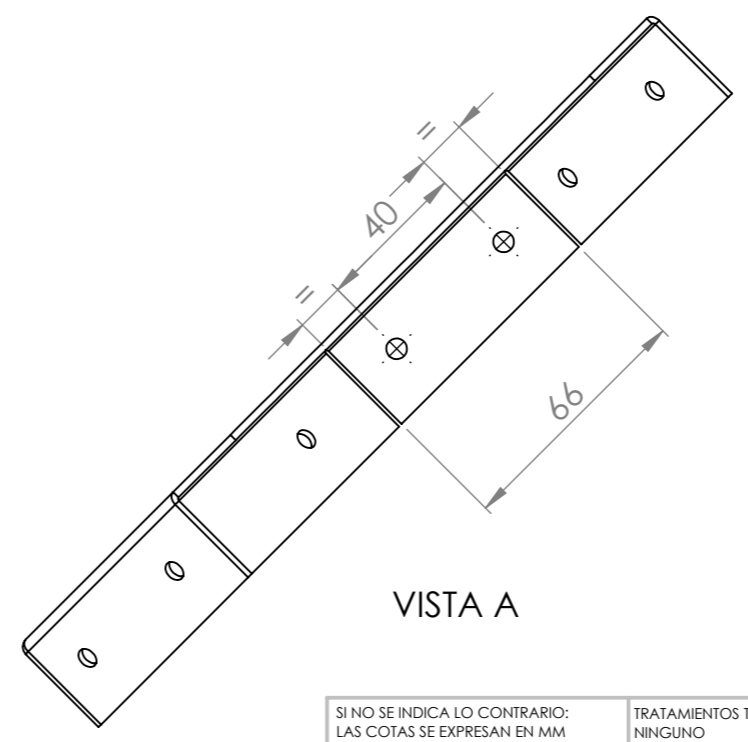
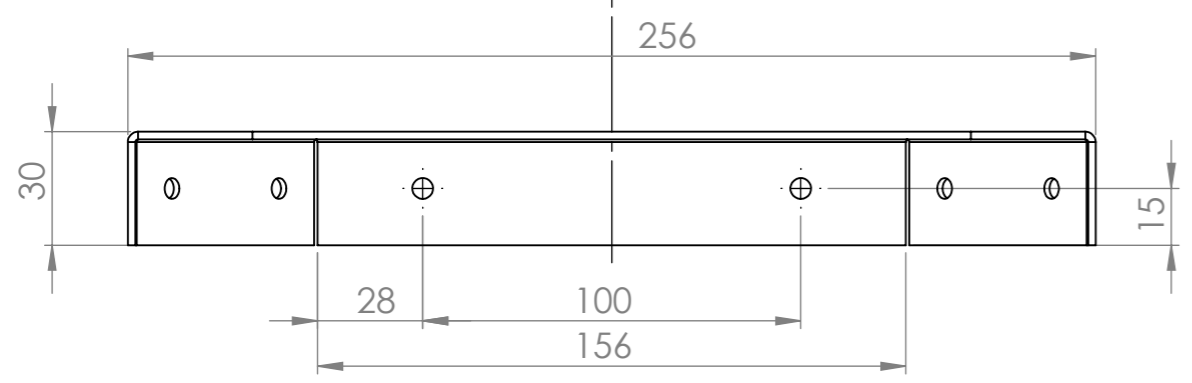
Chapa negra lisa N° 14

VISTA A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: CORTE Y PLEGADO: ± 1 PUNZONADO: $\pm 0,1$				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Tapa lateral inferior					
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	N.º DE DIBUJO 10600303					
				MATERIAL: SAE 1010		ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	
				PESO:				A3	

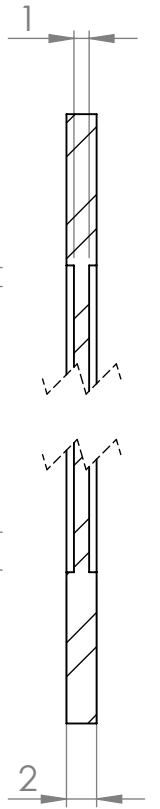
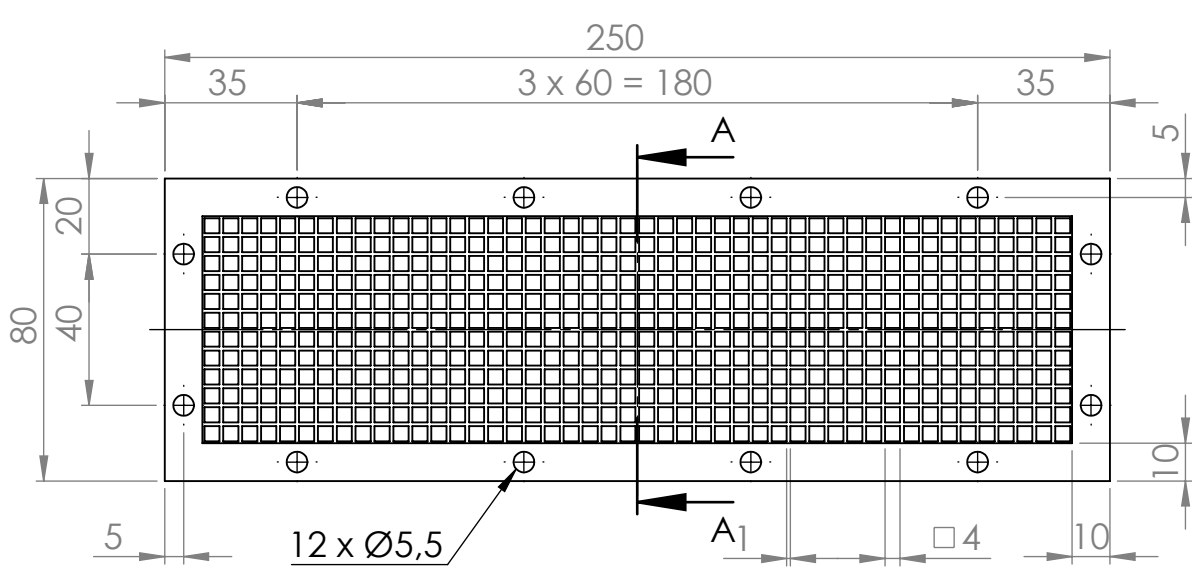


Chapa negra lisa N° 14

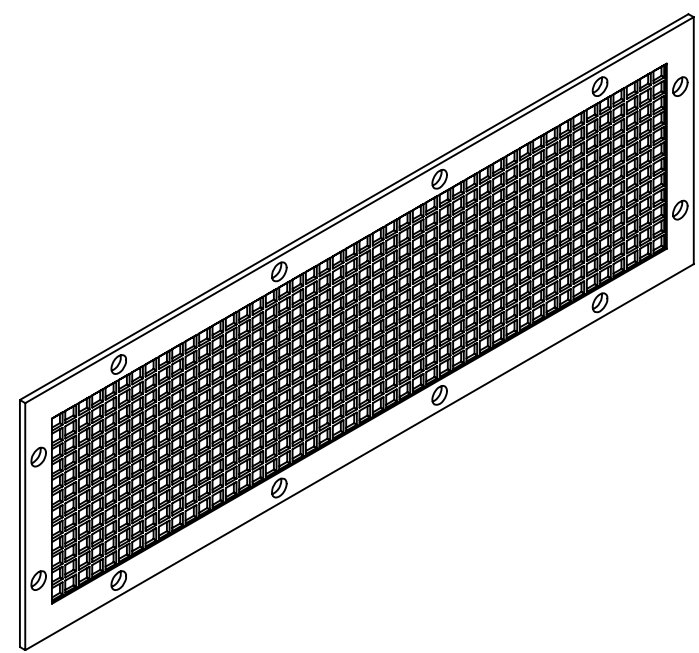


VISTA A

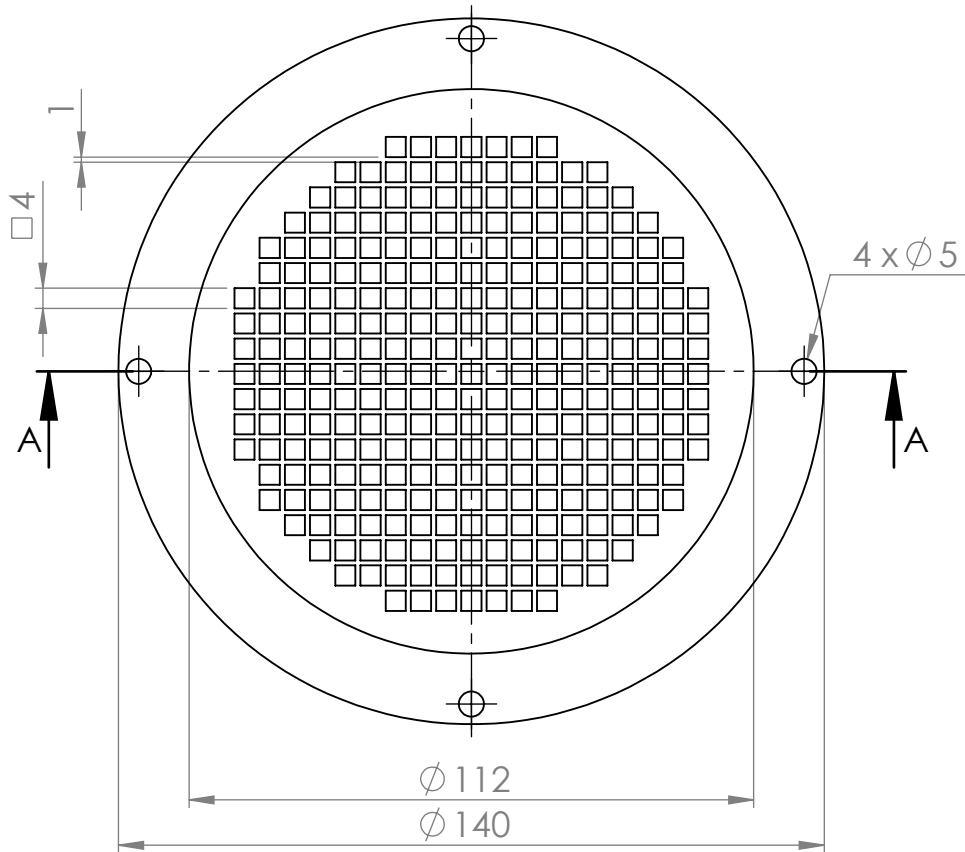
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: CORTE Y PLEGADO: ±1 PUNZONADO: ±0,1				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Tapa lateral superior					
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	N.º DE DIBUJO 10600304					
				MATERIAL: SAE 1010		ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	
				PESO:				A3	



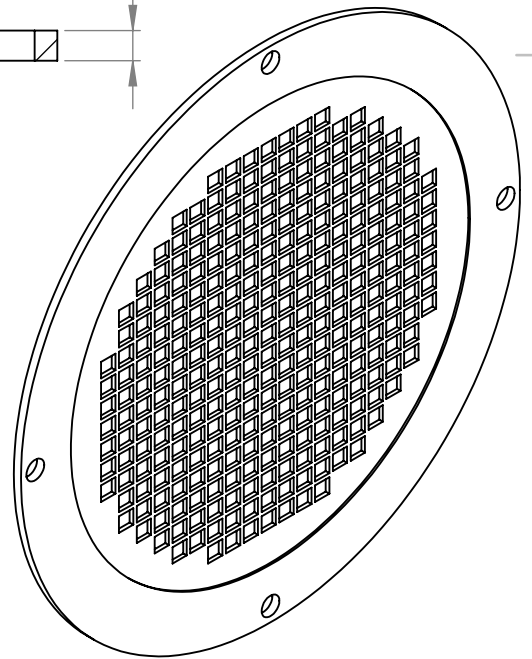
SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: ± 0,1		TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	Rejilla	
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO	A4
SAE 1010				10600305	
PESO:				ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1



SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL: PINTURA
EPOXI
TOLERANCIAS:
± 0,1

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
NINGUNO

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

TÍTULO:

Rejilla ventilador

MATERIAL:
SAE 1010

N.º DE DIBUJO

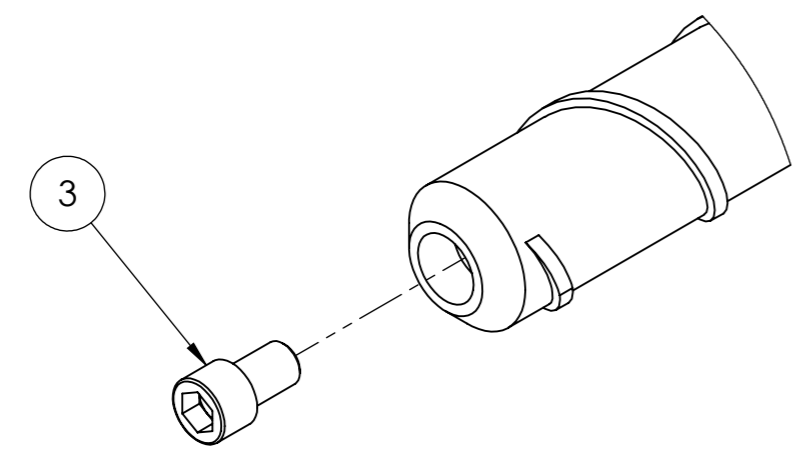
10600306

A4

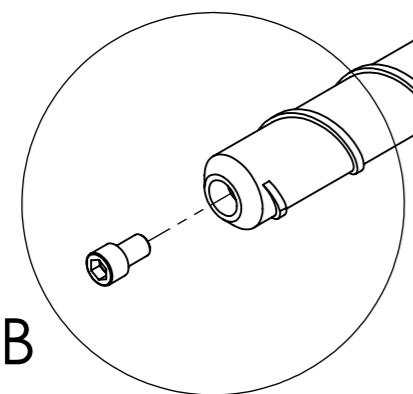
PESO:

ESCALA:1:1.5

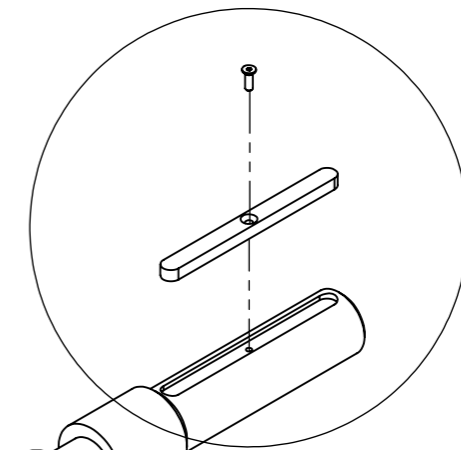
HOJA 1 DE 1



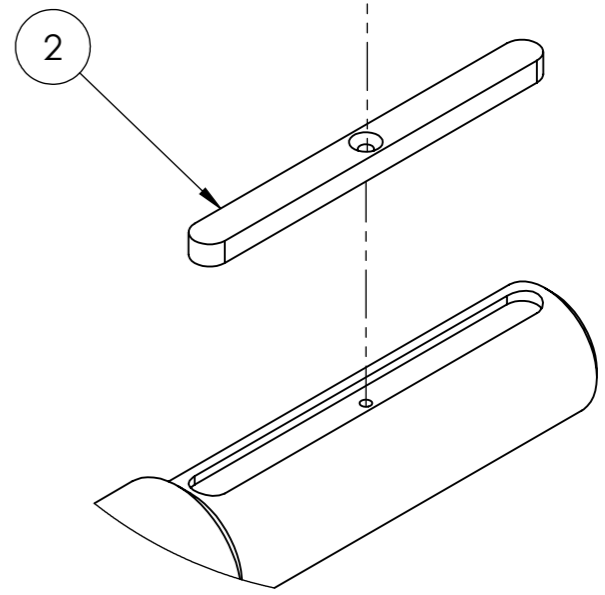
DETALLE B
ESCALA 2 : 5



B



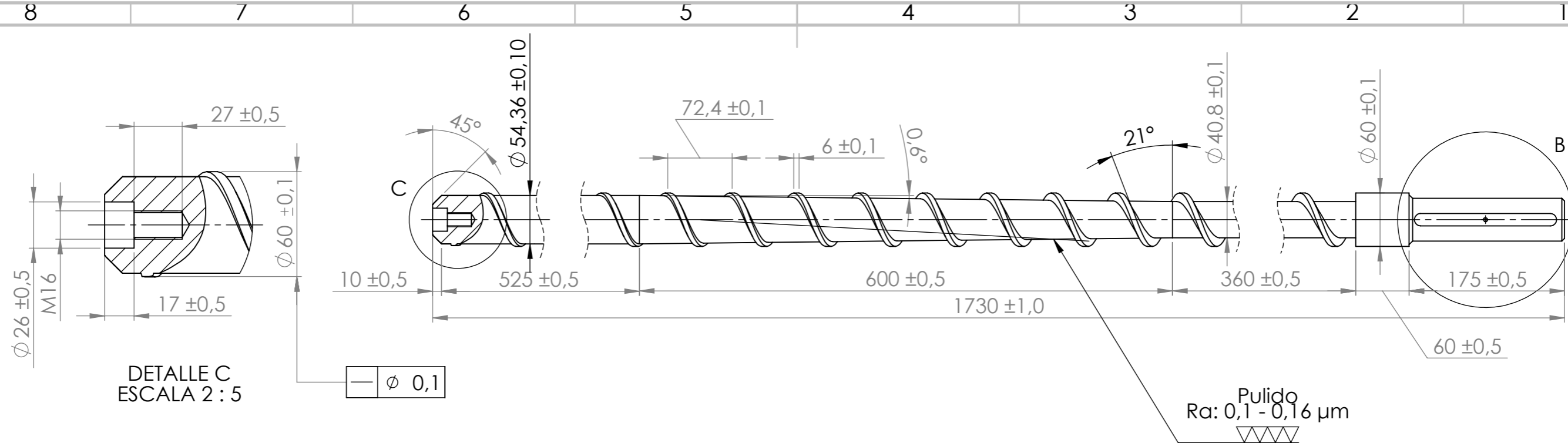
A



DETALLE A
ESCALA 2 : 5

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	N.º DE PLANO	CANTIDAD
1	Tornillo	10600401 a 10600403	1
2	Chaveta husillos	10600404	1
3	Tornillo M16 x 25	-	1
4	Tornillo M5 x 16	-	1

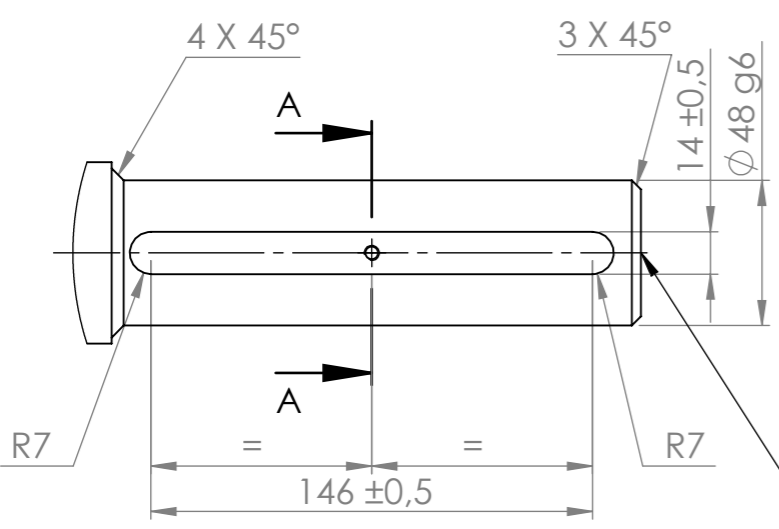
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±0.5		TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Ensamblaje tornillo			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro				
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		A3	
PESO:				10600400			
				ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1	



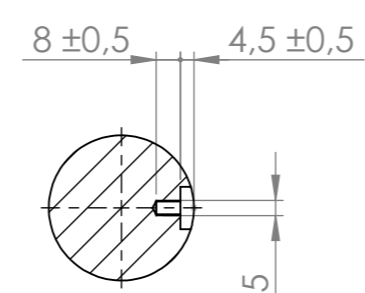
DETALLE C
ESCALA 2 : 5

$\phi 0,1$

Pulido
Ra: 0,1 - 0,16 µm



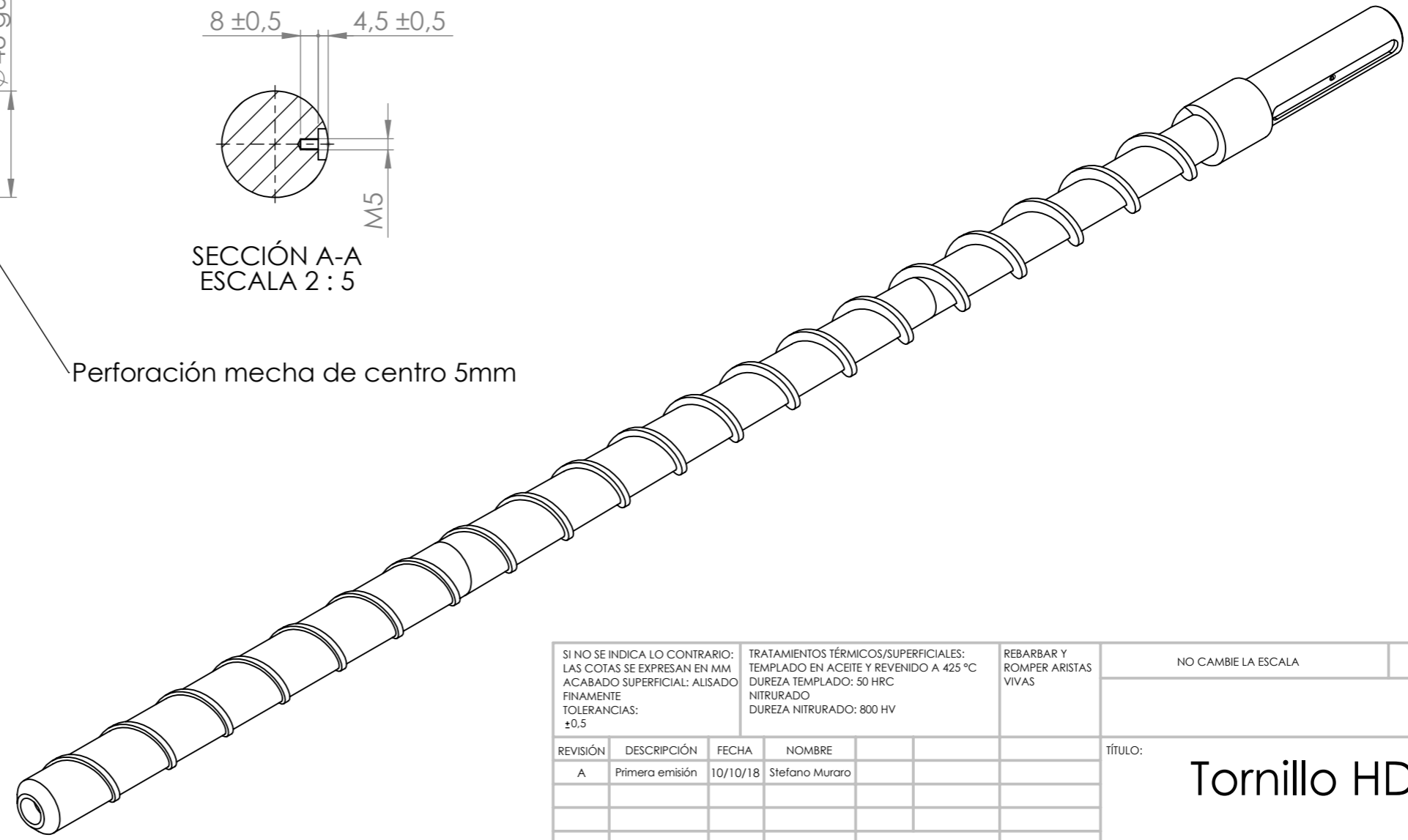
DETALLE B
ESCALA 2 : 5



SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 5

Perforación mecha de centro 5mm

Referencia de tolerancias:
g6 = -0,009
g6 = -0,025



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO FINAMENTE TOLERANCIAS: ±0,5				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: TEMPLADO EN ACEITE Y REVENIDO A 425 °C DUREZA TEMPLADO: 50 HRC NITRURADO DUREZA NITRURADO: 800 HV		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE			TÍTULO:		Tornillo HDPE	
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro						
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A3	
				SAE 4140		10600401			
				PESO:		ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1	

8 7 6 5 4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

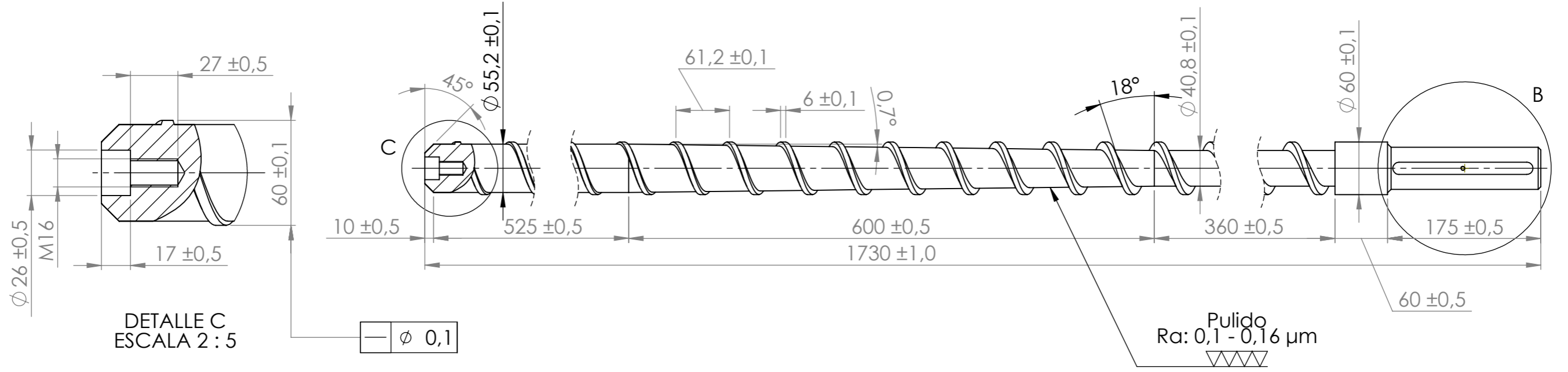
E

D

C

B

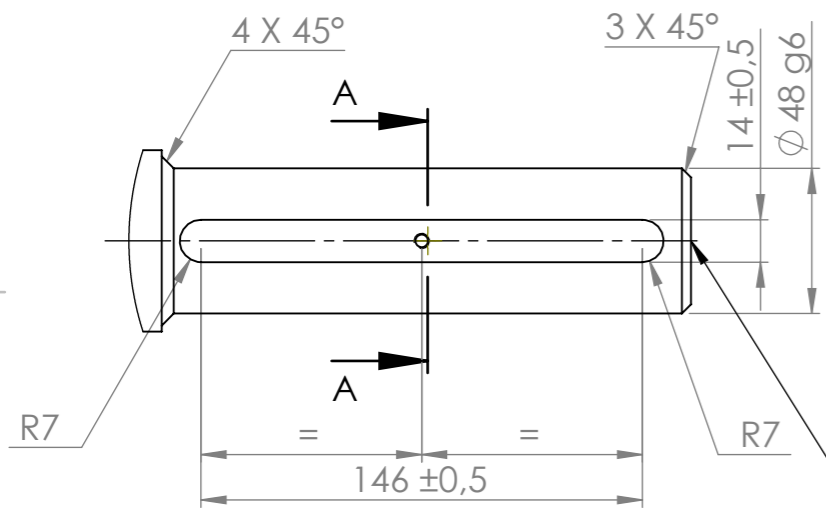
A



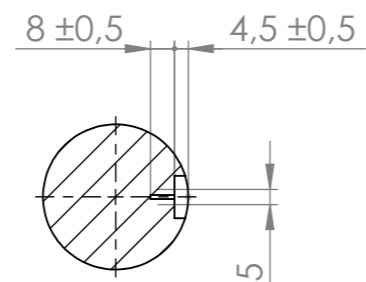
DETALLE C
ESCALA 2 : 5

$\phi 0,1$

Pulido
 $Ra: 0,1 - 0,16 \mu m$



DETALLE B
ESCALA 2 : 5

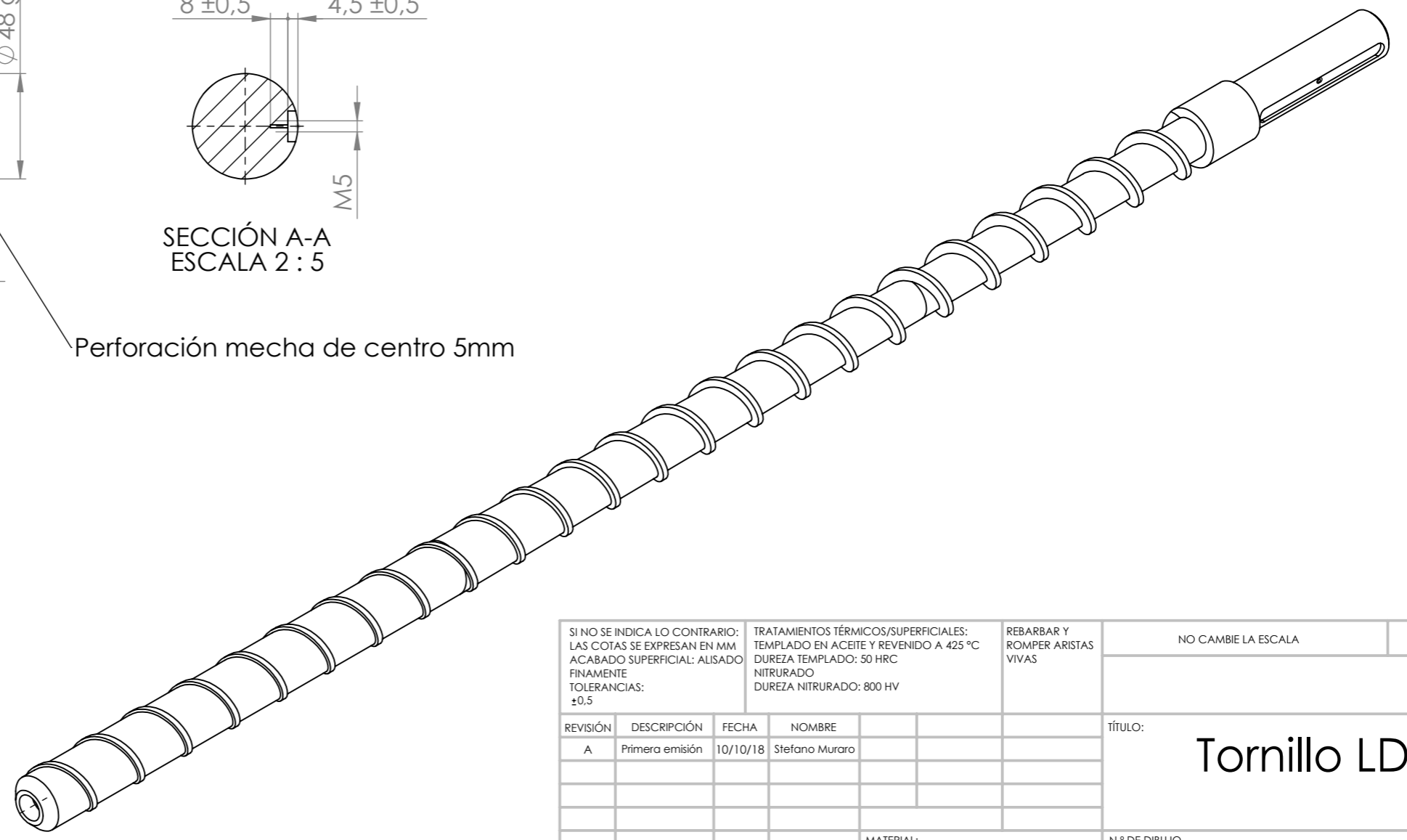


SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 5

Perforación mecha de centro 5mm

Referencia de tolerancias:

$-0,009$
 $g6 = -0,025$



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO FINAMENTE TOLERANCIAS: $\pm 0,5$				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: TEMPLADO EN ACEITE Y REVENIDO A $425^\circ C$ DUREZA TEMPLADO: 50 HRC NITRURADO DUREZA NITRURADO: 800 HV		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE			TÍTULO:		Tornillo LDPE	
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro			N.º DE DIBUJO		10600402	
				MATERIAL:		SAE 4140		A3	
				PESO:		ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1	

8 7 6 5 4 3 2 1

F F

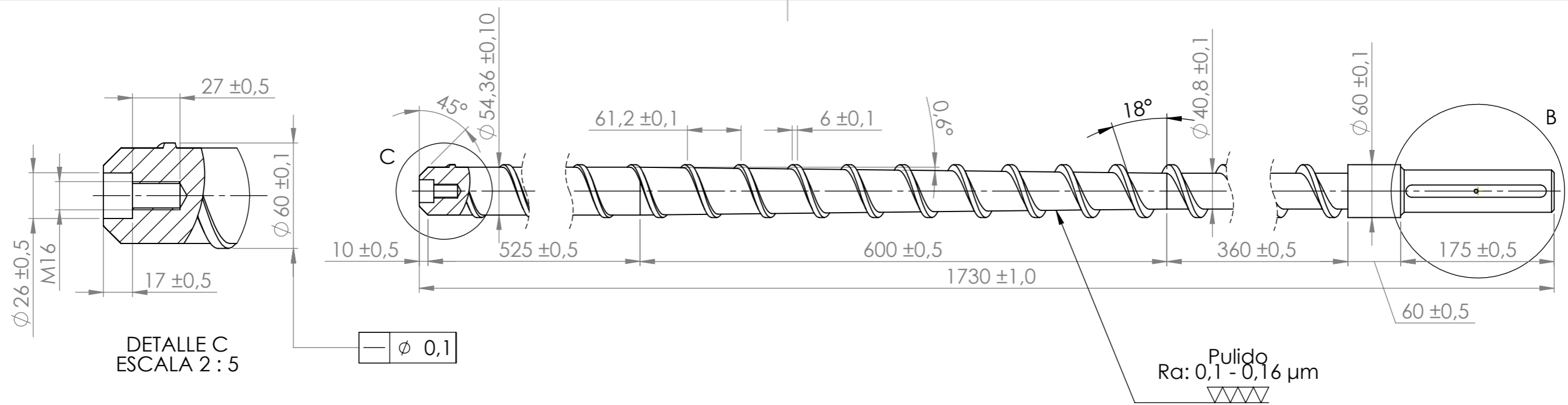
E E

D D

C C

B B

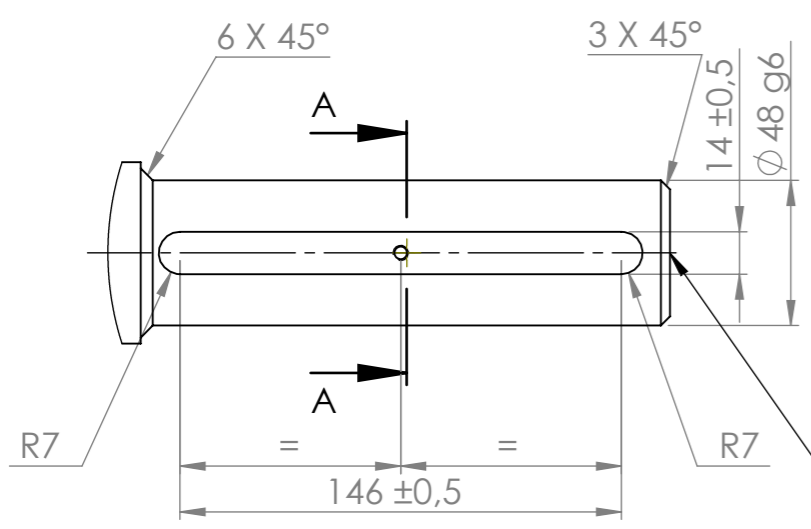
A A



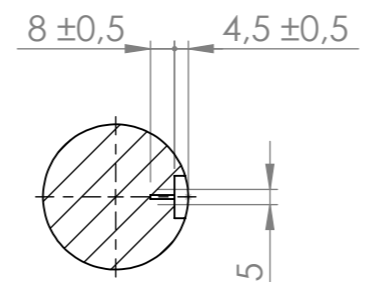
DETALLE C
ESCALA 2 : 5

ϕ 0,1

Pulido
Ra: 0,1 - 0,16 μ m



DETALLE B
ESCALA 2 : 5

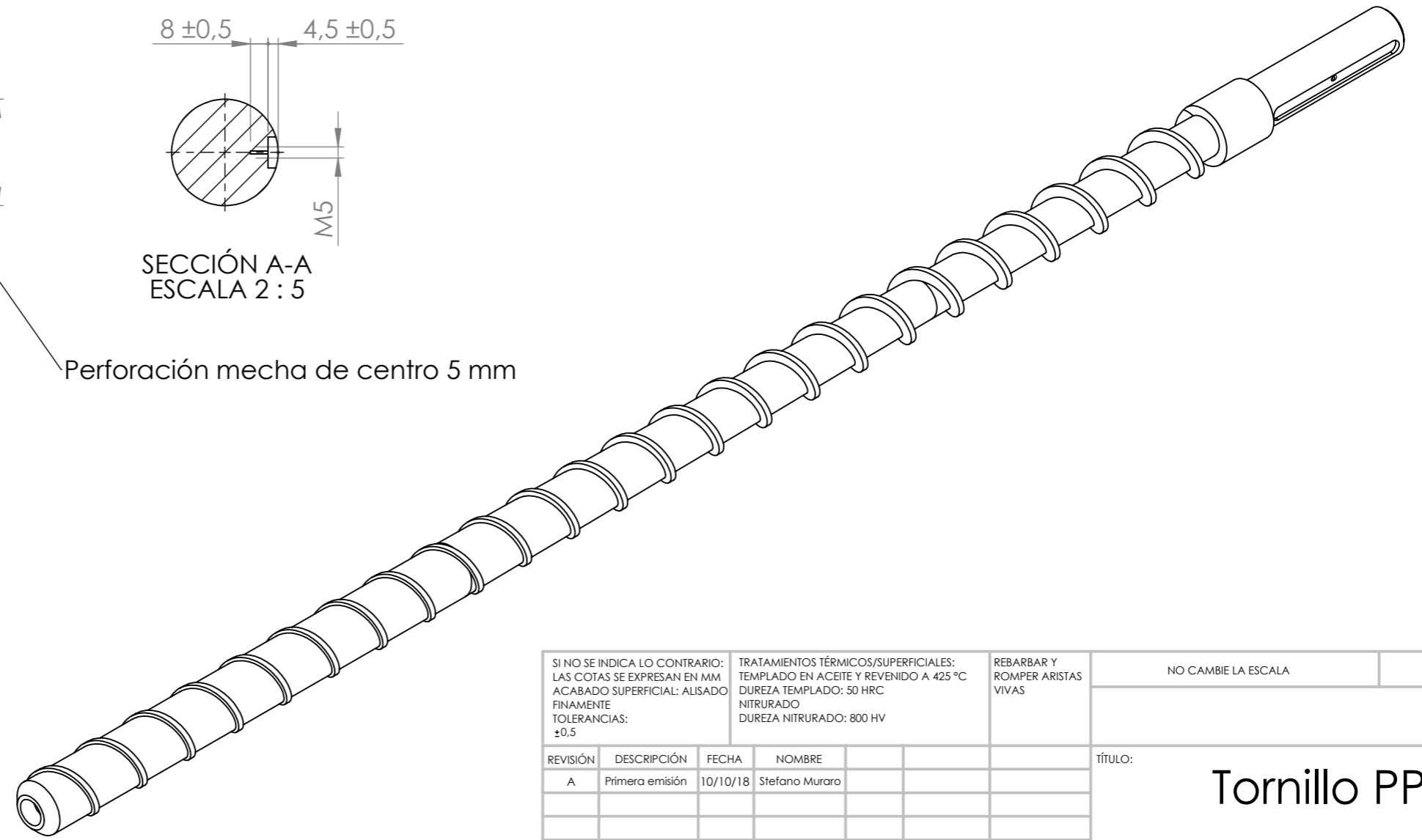


SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 5

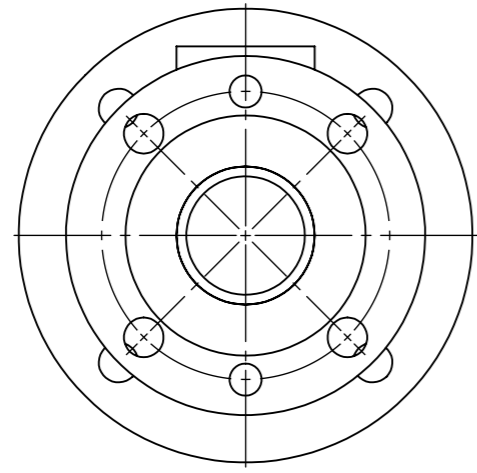
Perforación mecha de centro 5 mm

Referencia de tolerancias:

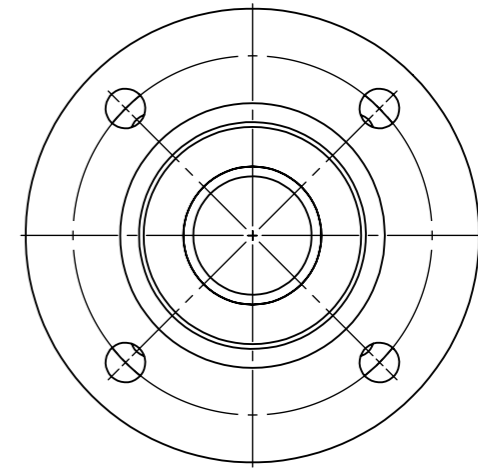
-0,009
g6 = -0,025



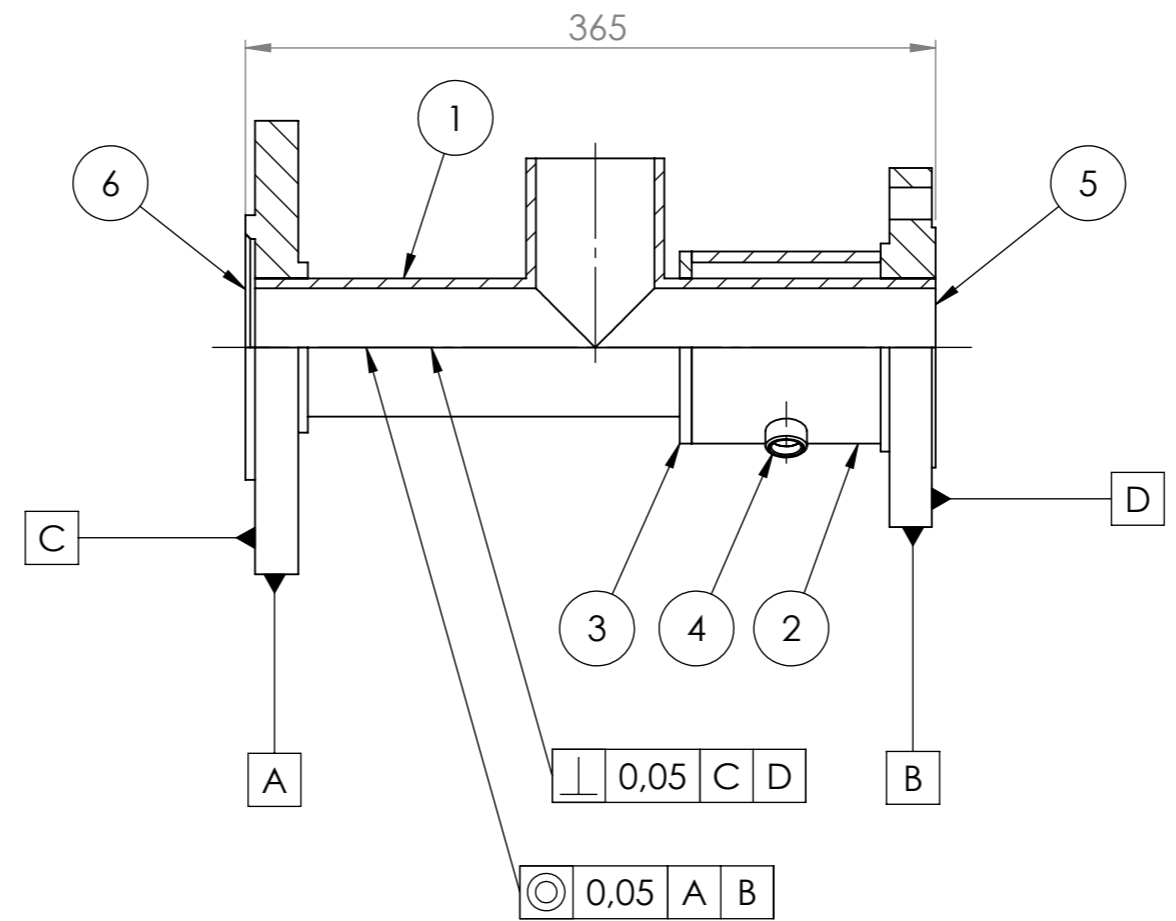
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO FINAMENTE TOLERANCIAS: $\pm 0,5$				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: TEMPLADO EN ACEITE Y REVENIDO A 425 °C DUREZA TEMPLADO: 50 HRC NITRURADO DUREZA NITRURADO: 800 HV		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE			TÍTULO:		Tornillo PP	
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro						
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A3	
				SAE 4140		10600403			
				PESO:		ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1	



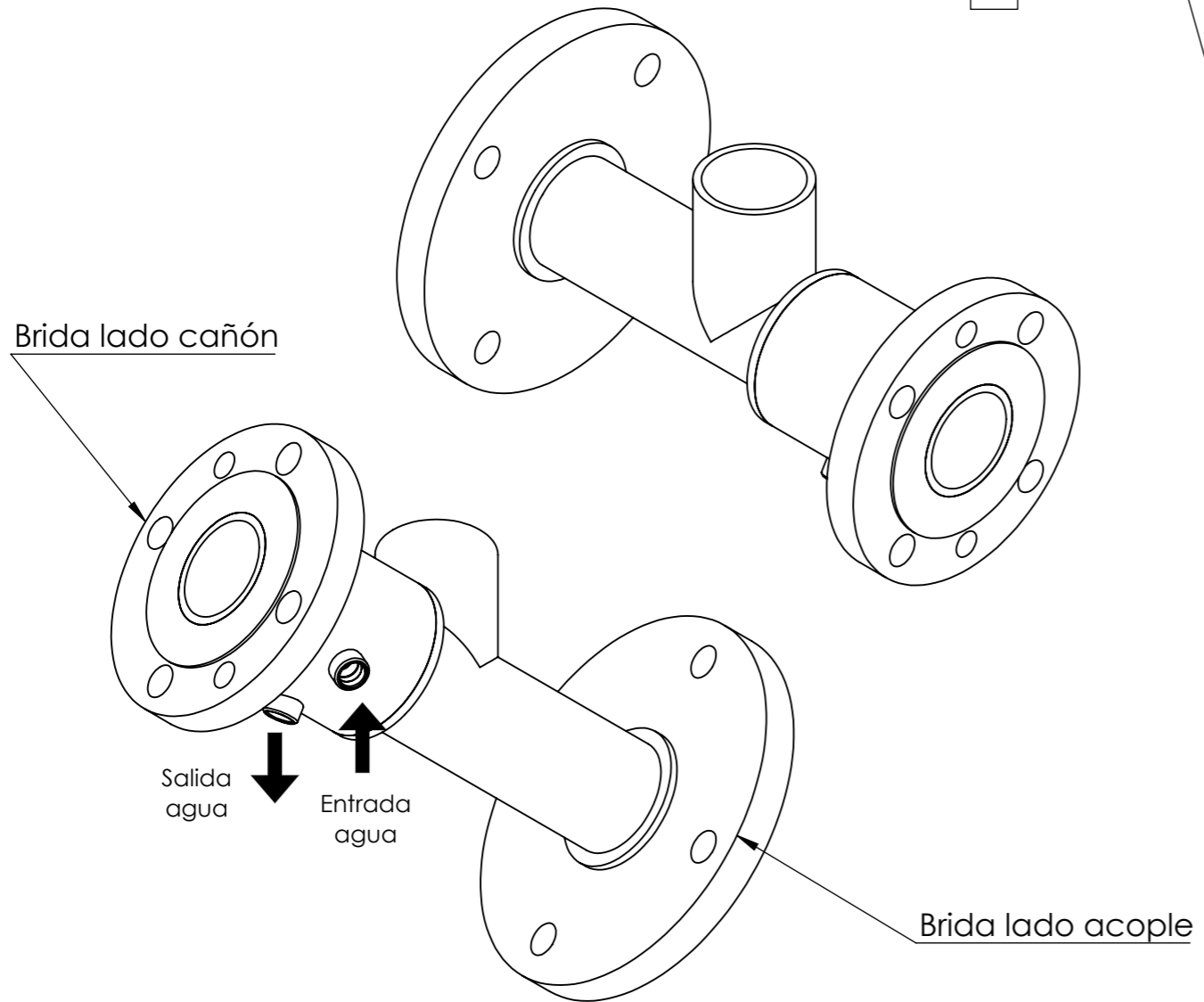
BRIDA LADO CAÑÓN



BRIDA LADO ACOPLE

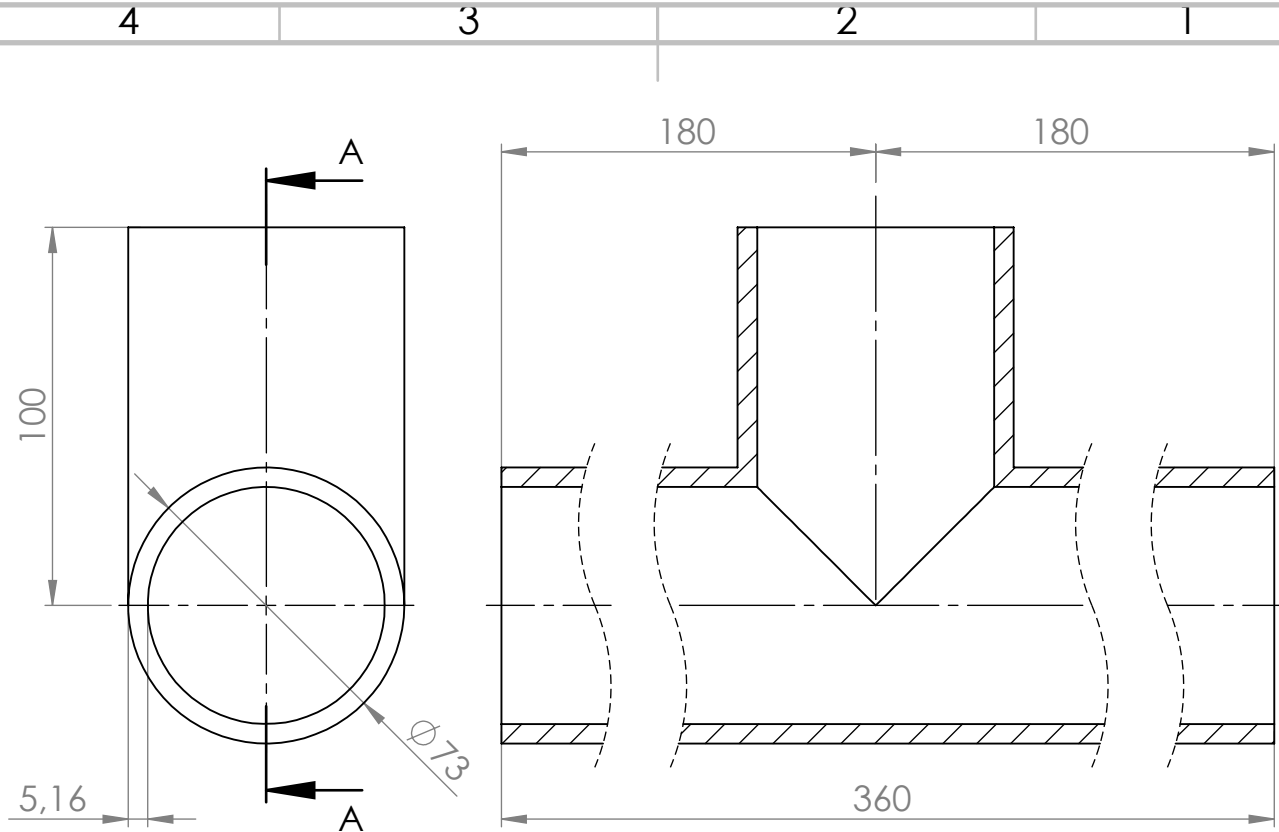


⊥ 0,05 C D
 ◎ 0,05 A B

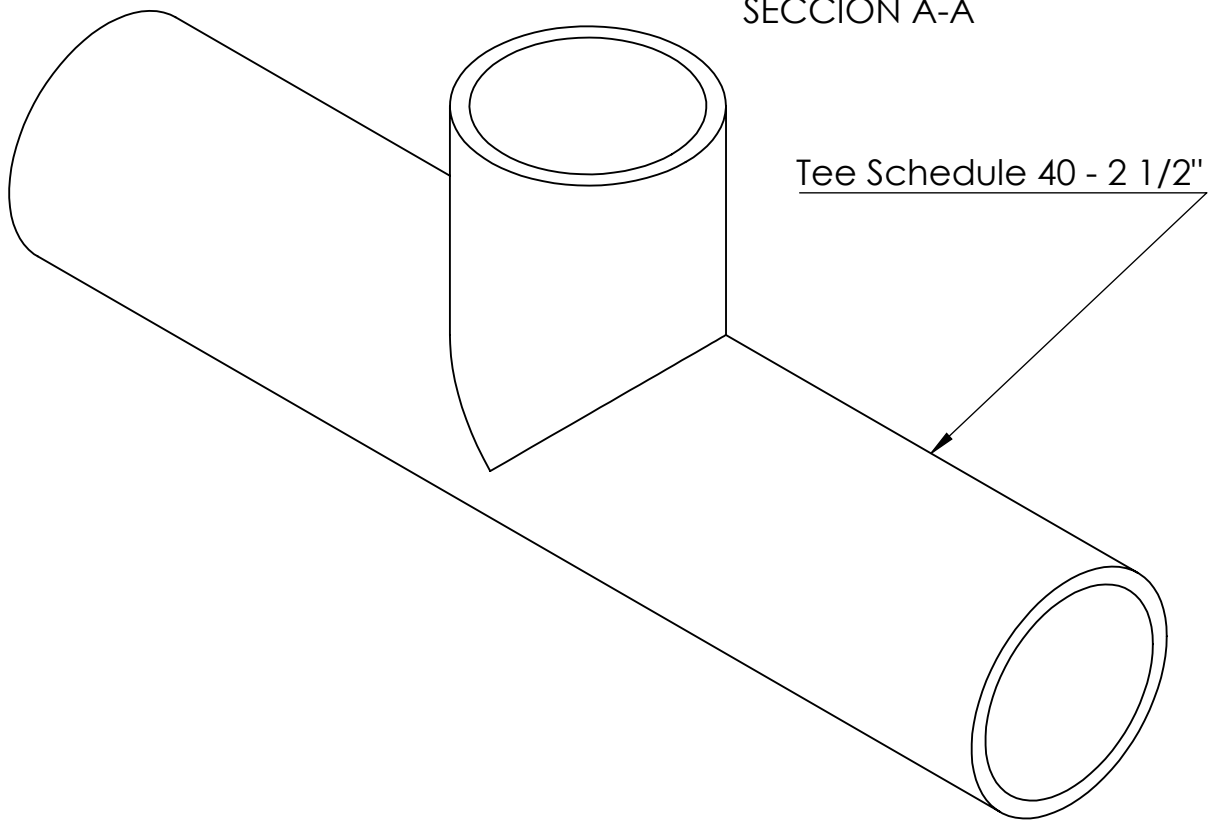


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tee	10600501	1
2	Camisa exterior refrigeración	10600504	1
3	Tapa camisa refrigeración	10600505	1
4	Media cupla 3/4" rosca NPT	-	2
5	Brida tee a cañón	10600502	1
6	Brida tee a transmisión	10600503	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±1				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Ensamblaje tee					
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	N.º DE DIBUJO 10600500					
MATERIAL:									
PESO:				A3					



SECCIÓN A-A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
 PINTURA EPOXI
 TOLERANCIAS:
 ± 0,5

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
 NINGUNO

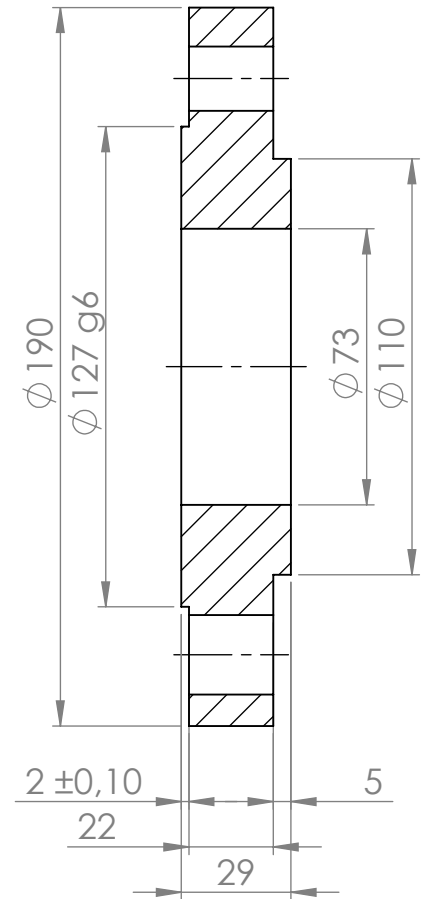
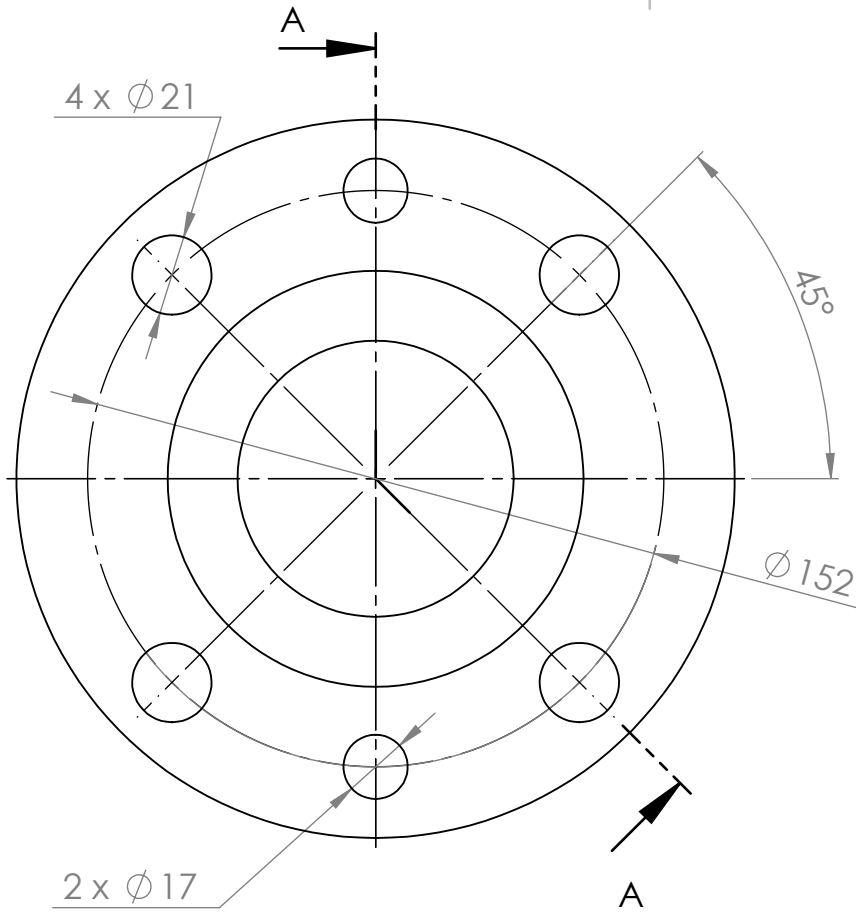
REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

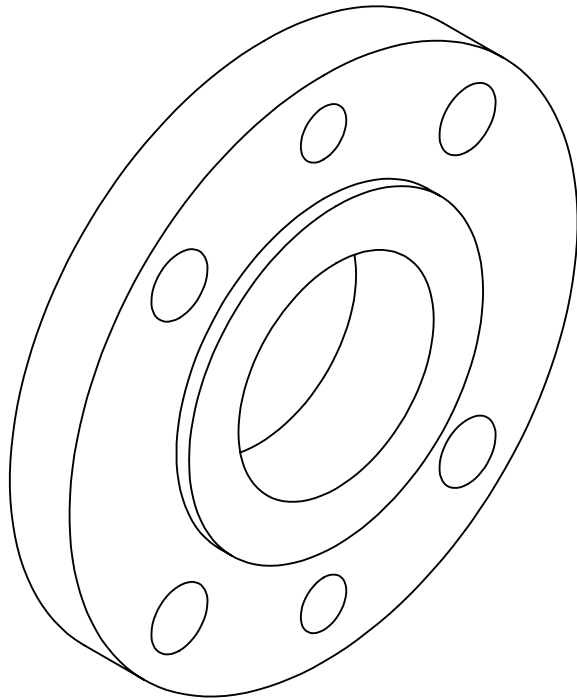
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

TÍTULO:	Tee	
MATERIAL:	SAE 1045	N.º DE DIBUJO
		10600501
PESO:		ESCALA:1:2
		HOJA 1 DE 1

A4



SECCIÓN A-A



Referencia de tolerancias:

0,000
h6 = -0,025

+0,030
H7 = 0,000

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
PINTURA EPOXI
TOLERANCIAS:
 $\pm 0,5$

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
NINGUNO

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

TÍTULO:

Brida tee a cañón

MATERIAL:

SAE 1045

N.º DE DIBUJO

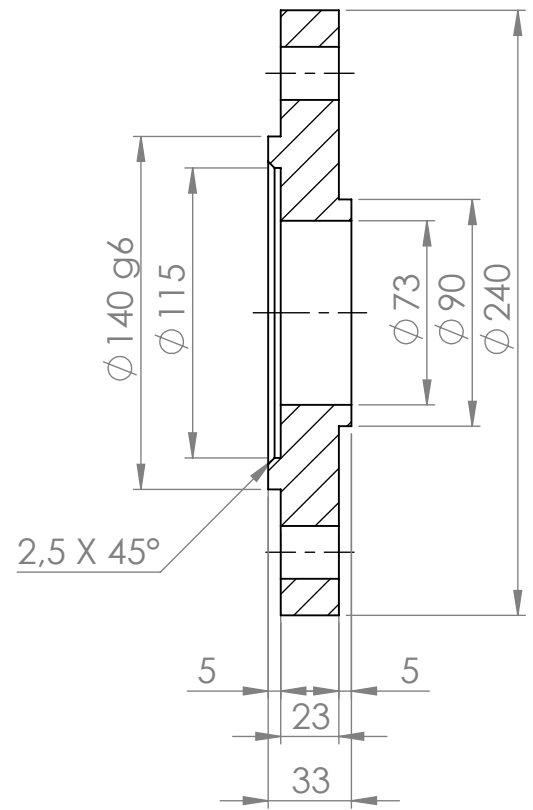
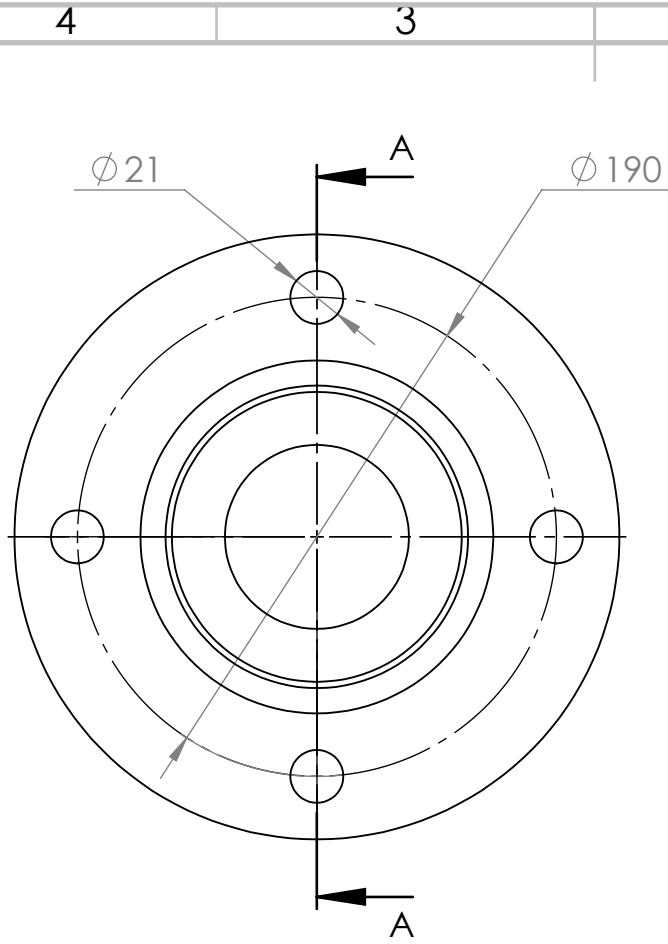
10600502

A4

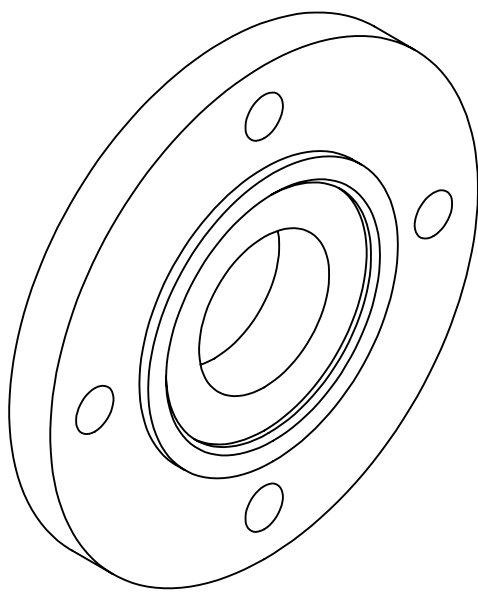
PESO:

ESCALA:1:2

HOJA 1 DE 1



SECCIÓN A-A



Referencia de tolerancias:

$0,000$
 $h6 = -0,025$

$+0,030$
 $H7 = 0,000$

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: $\pm 0,5$			TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE		TÍTULO:			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro		Brida tee a transmisión			
MATERIAL:			SAE 1045		N.º DE DIBUJO		10600503	
PESO:					ESCALA:1:3		HOJA 1 DE 1	

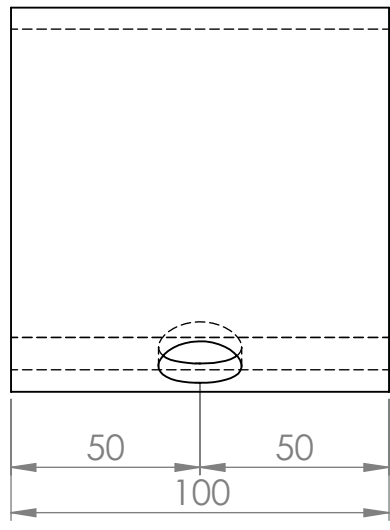
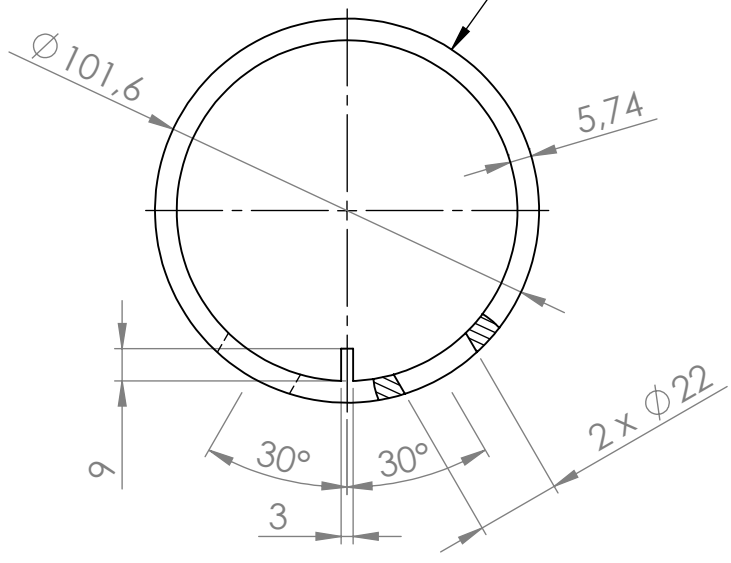
A4

4 3 2 1

F

F

Schedule 40 - 3 1/2"



E

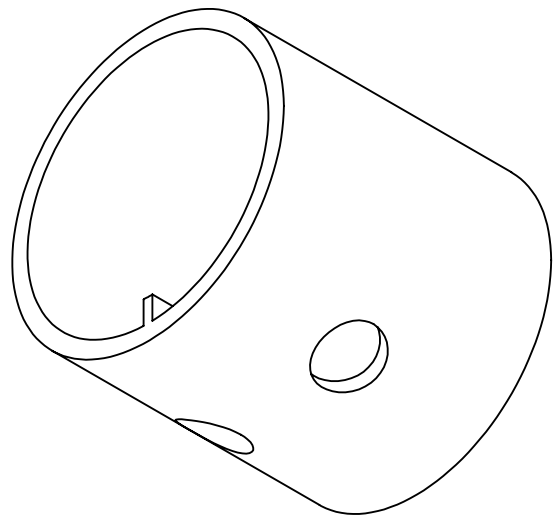
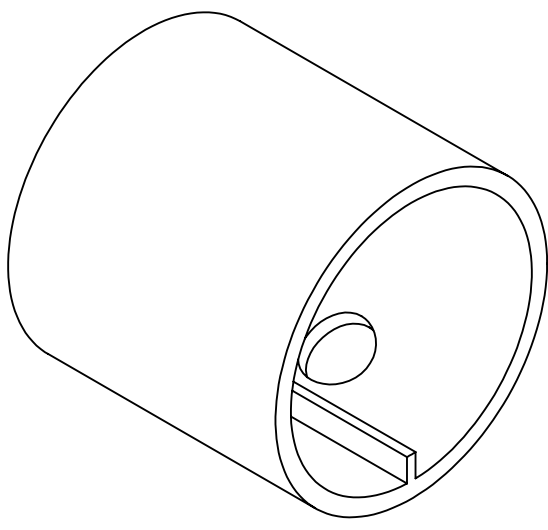
E

D

D

C

C



B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
PINTURA EPOXI
TOLERANCIAS:
± 0,5

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
NINGUNO

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

TÍTULO: Camisa exterior refrigeración	
MATERIAL: SAE 1010	N.º DE DIBUJO 10600504
PESO:	ESCALA:1:2
	HOJA 1 DE 1

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

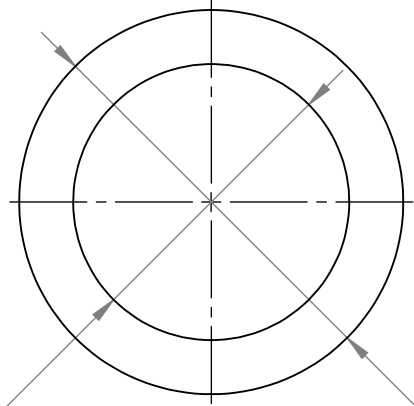
F

F

Chapa negra lisa 1/4"

E

E



$\phi 73 H7$

$\phi 101,6$

D

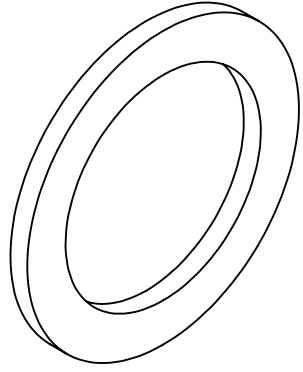
D

Referencia de tolerancias:

$+0,030$
H7 = $0,000$

C

C



B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
 PINTURA EPOXI
 TOLERANCIAS:
 $\pm 0,1$

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
 NINGUNO

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

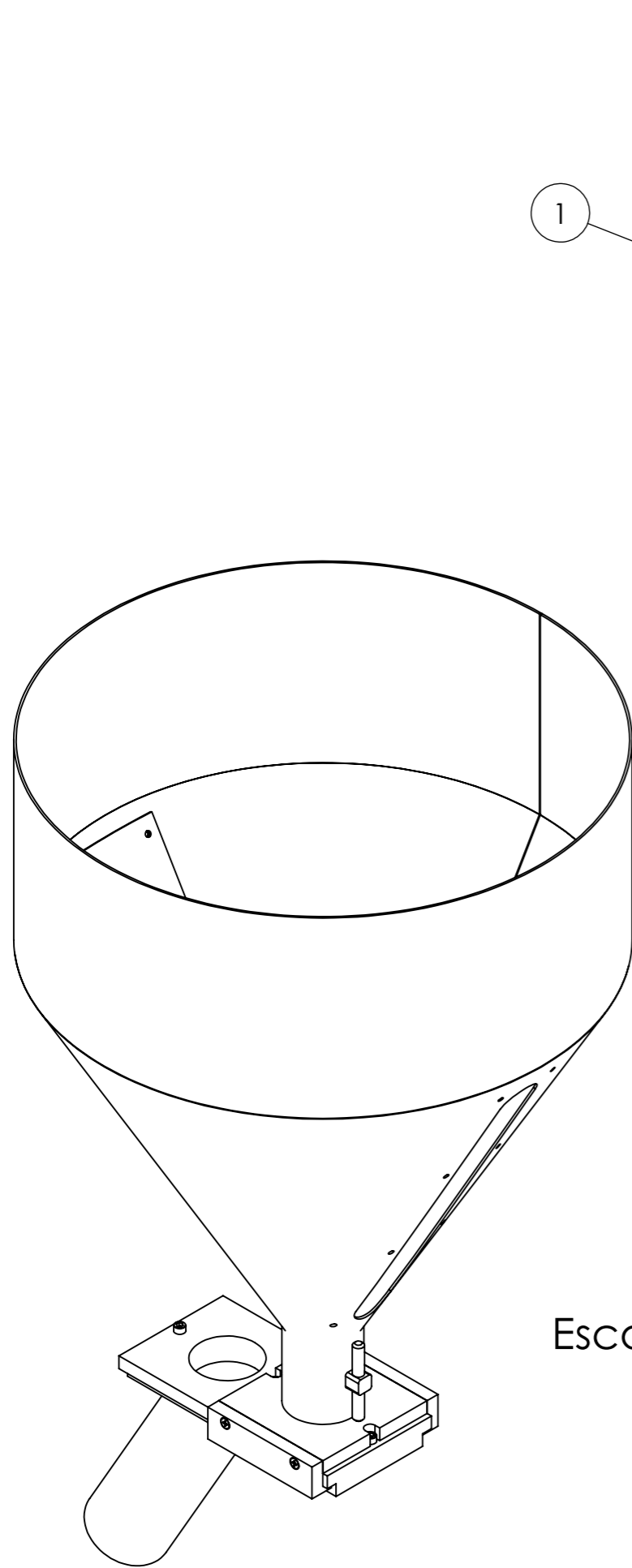
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

TÍTULO: Tapa camisa refrigeración	
MATERIAL: SAE 1010	N.º DE DIBUJO 10600505
PESO:	ESCALA:1:2
	HOJA 1 DE 1

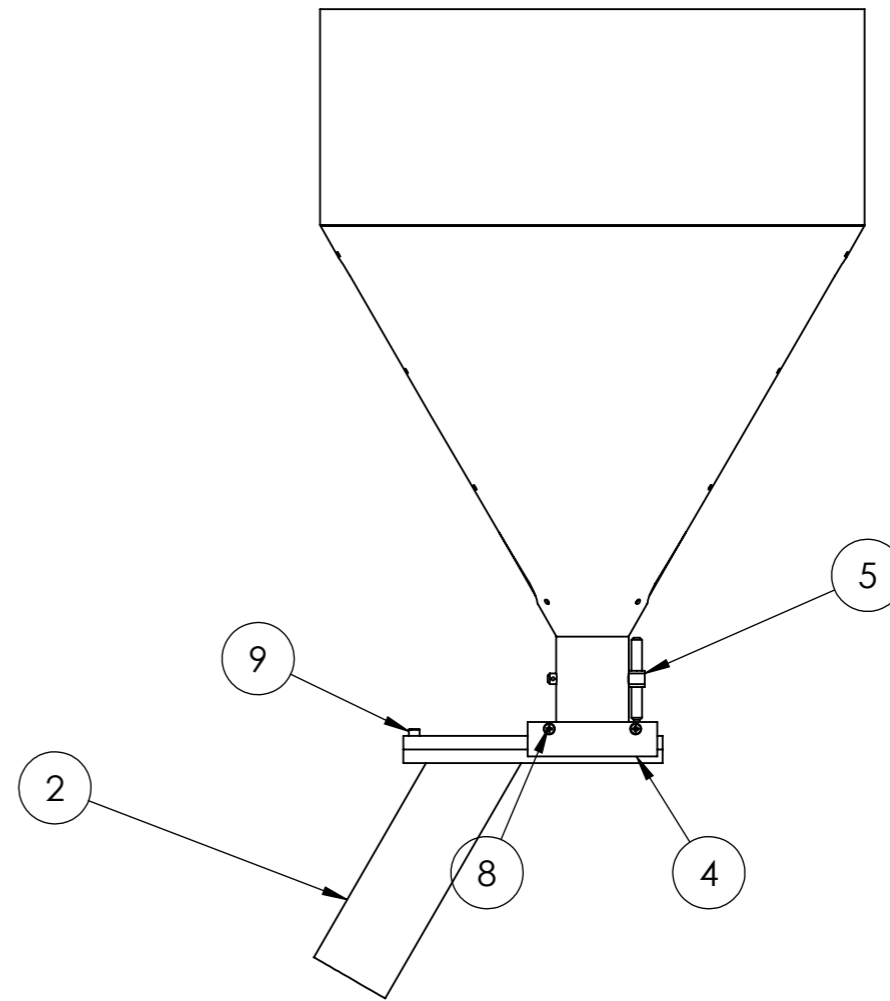
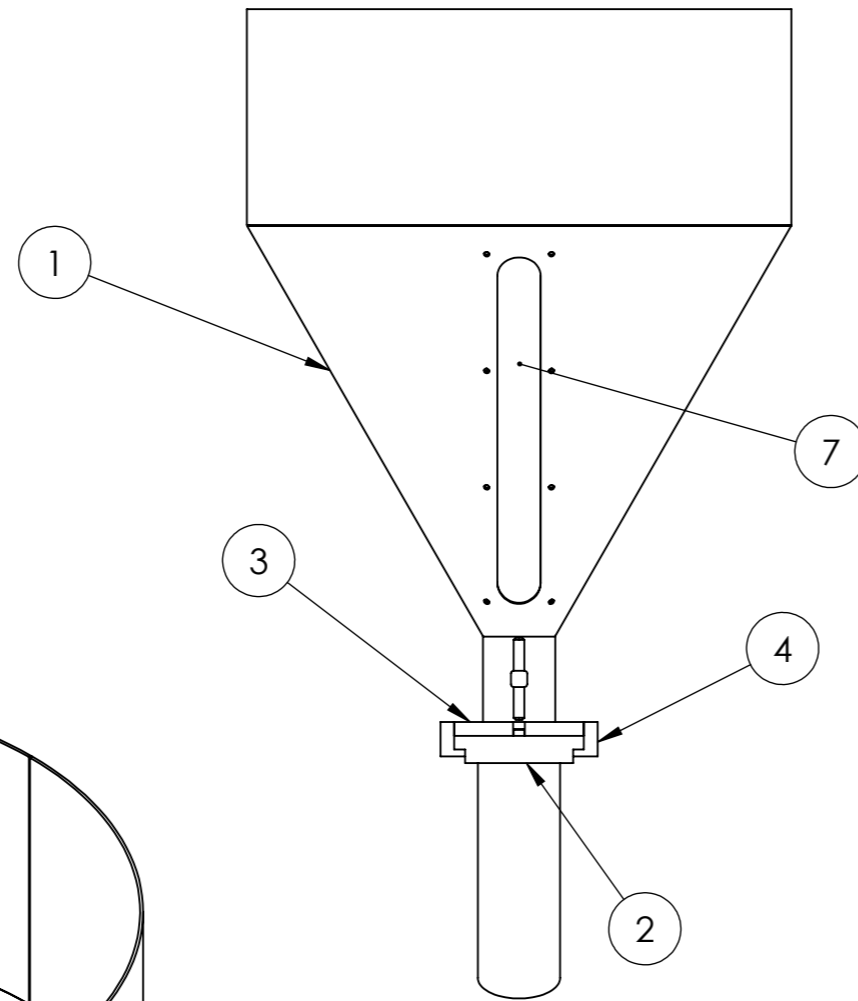
A

A

4 3 2 1

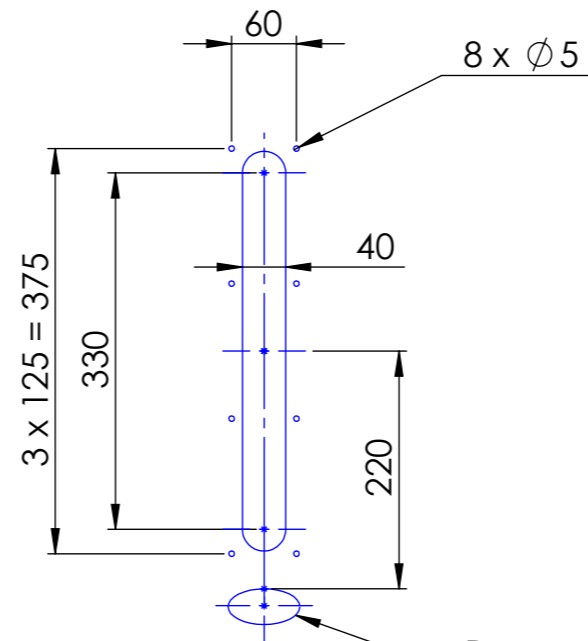
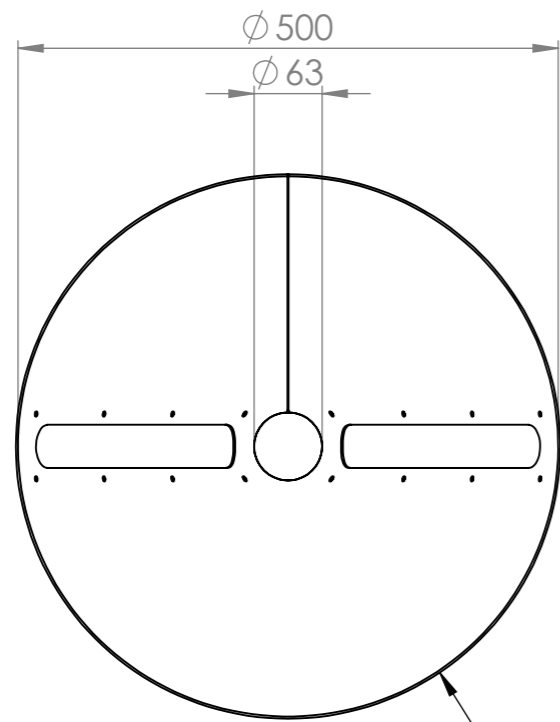
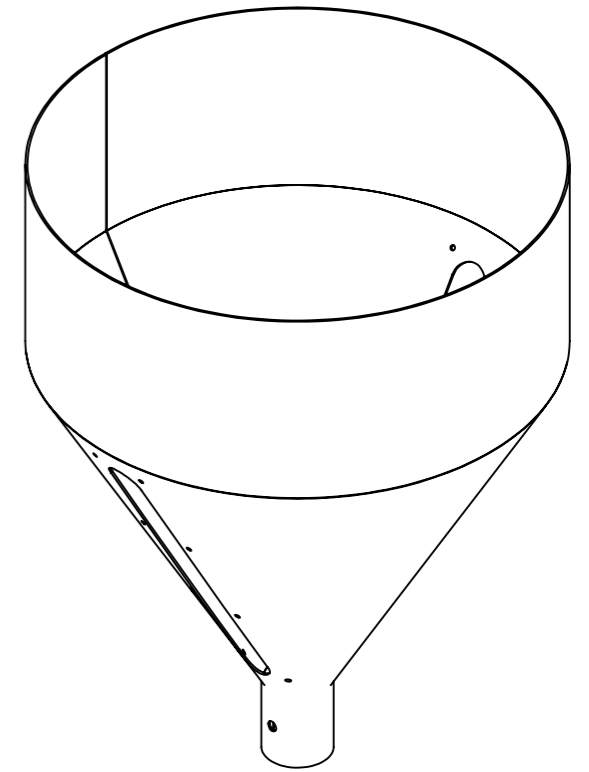
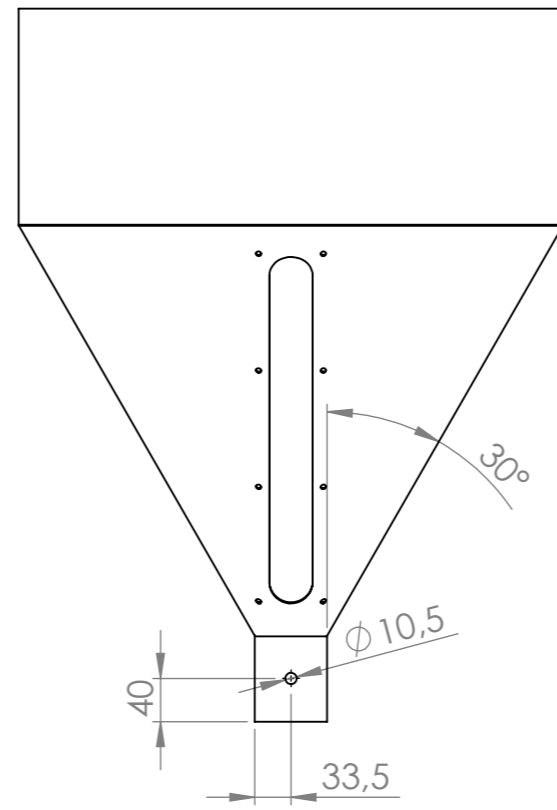
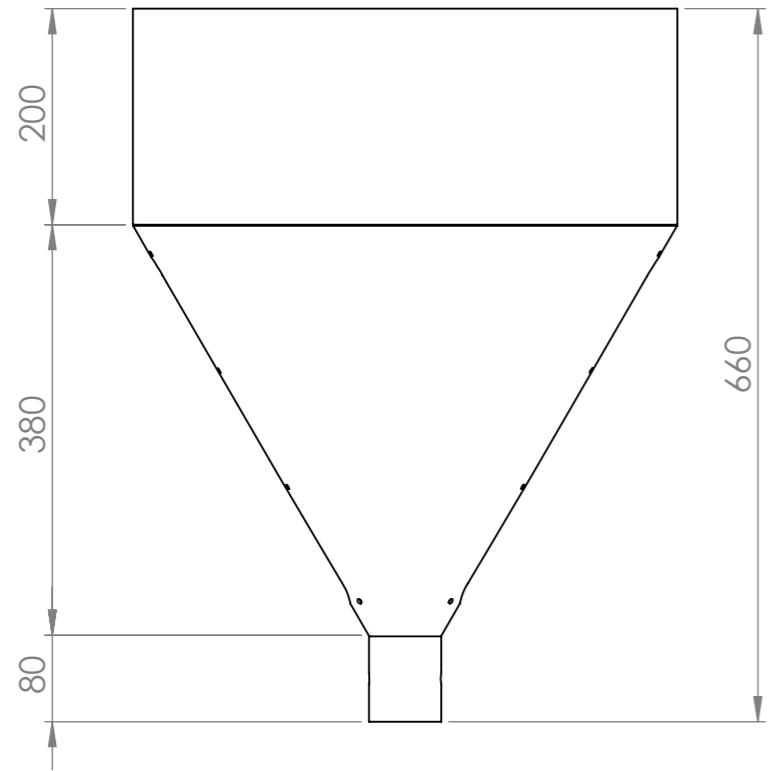


Escala perspectiva: 1:5



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	N.º DE PLANO	CANTIDAD
1	Tolva	10600601	1
2	Guía con tubo de descarga	10600605	1
3	Corredera parte 1	10600602	1
4	Corredera parte 2	10600603	2
5	Válvula mariposa	10600604	1
7	Acrílico	-	2
8	Tornillo M5 x 8	-	4
9	Tornillo M6 x 12	-	3

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±0.5		TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Ensamblaje tolva			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro				
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO 10600600	
				PESO:		ESCALA:1:7	
						HOJA 1 DE 1	
						A3	

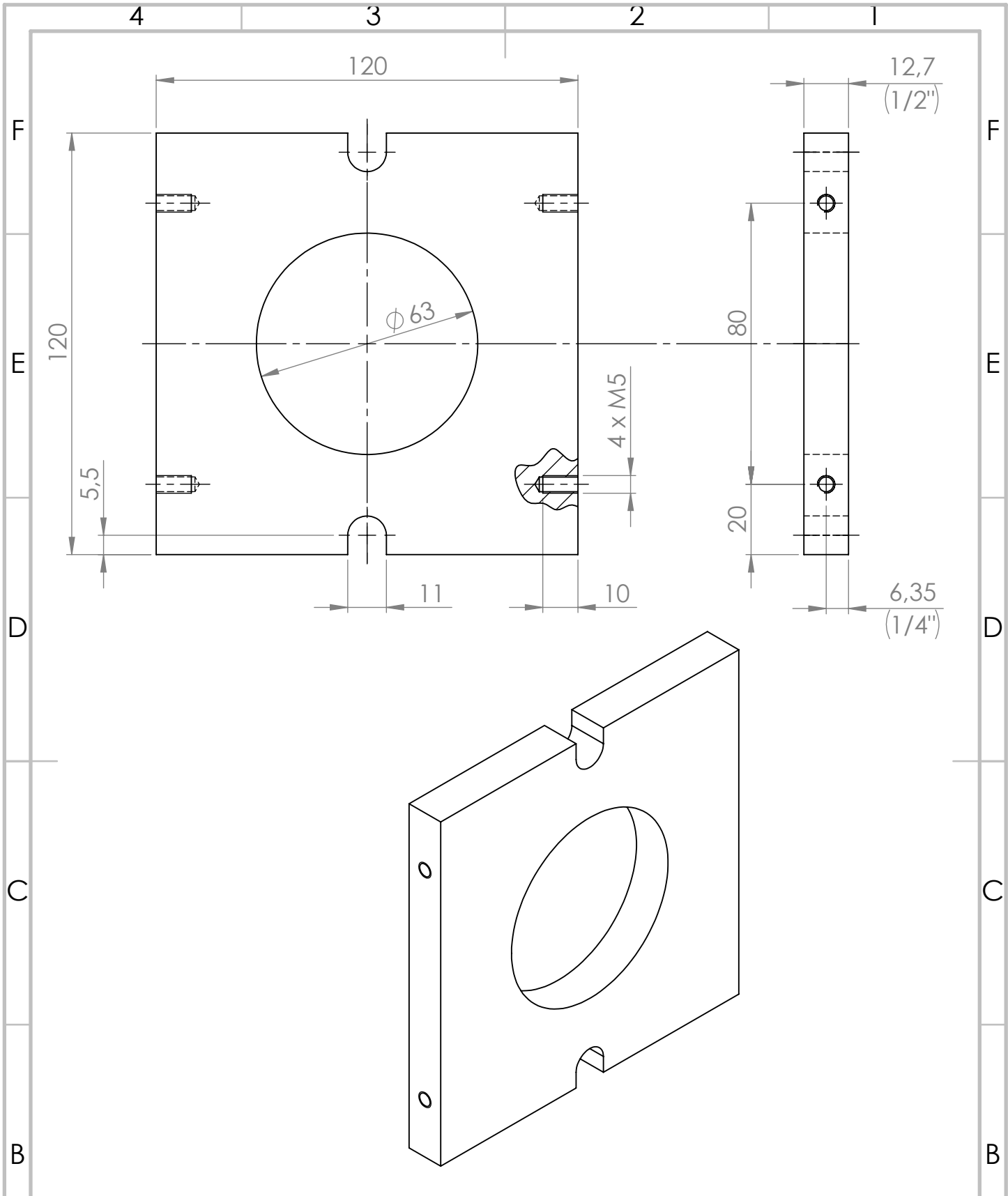


Detalle ranura

Proyección borde inferior cono

Chapa negra lisa N° 14

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: ROLADO: ±1 PUNZONADO: ±0.1			TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE			TÍTULO:		
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro			Tolva		
			MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A3	
			SAE 1010		10600601			
			PESO:		ESCALA:1:7		HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
 PINTURA EPOXI
 TOLERANCIAS:
 ± 0,1

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
 NINGUNO

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

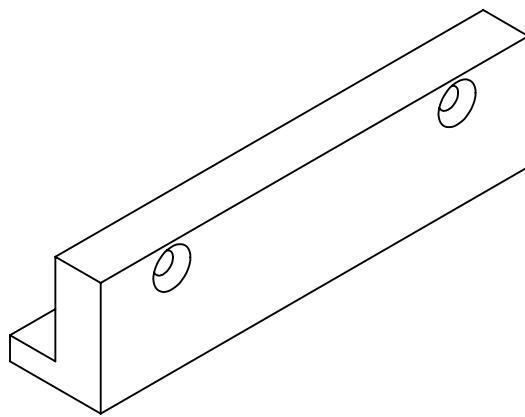
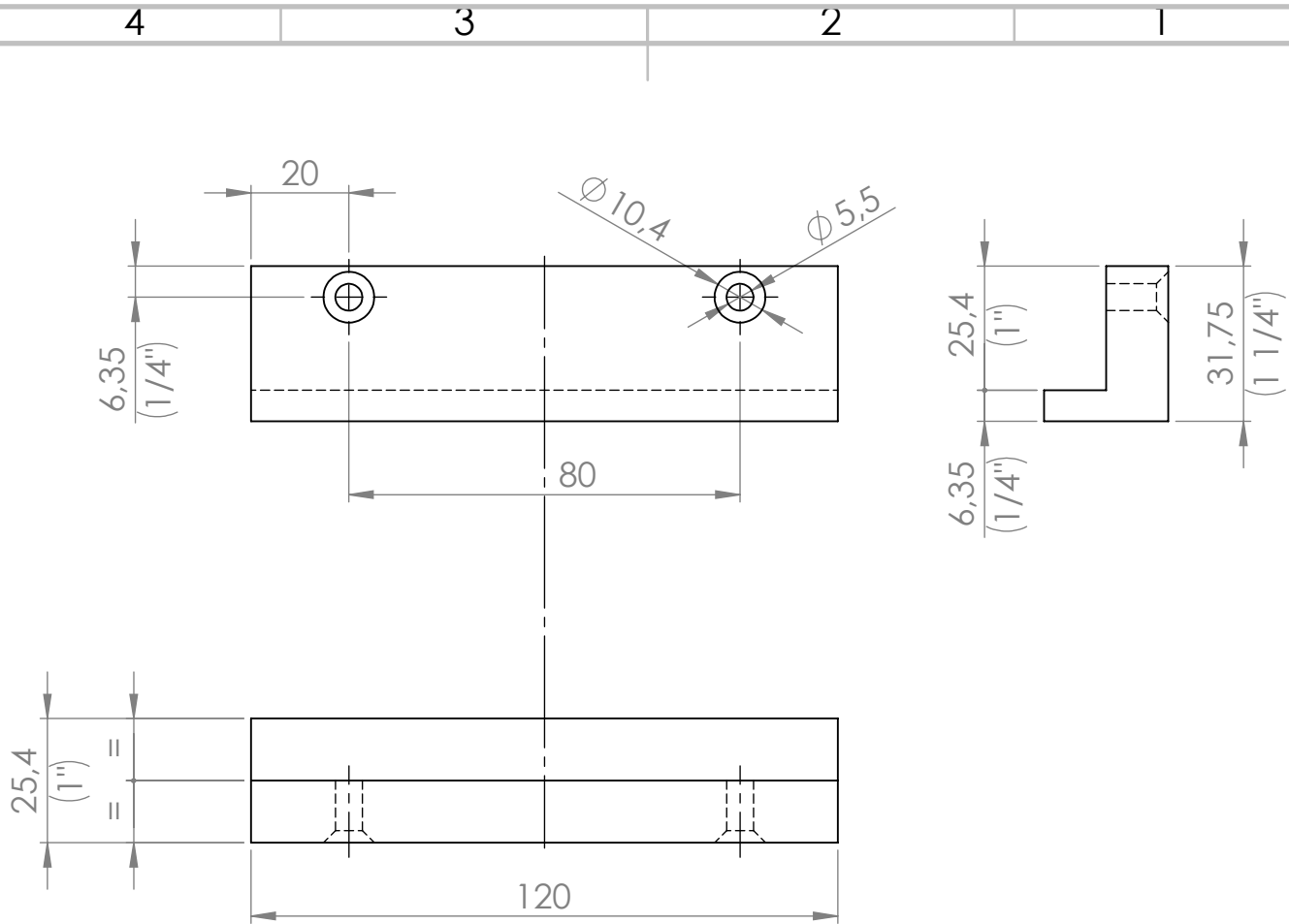
TÍTULO:
Corredera parte 1

MATERIAL:
 SAE 1010

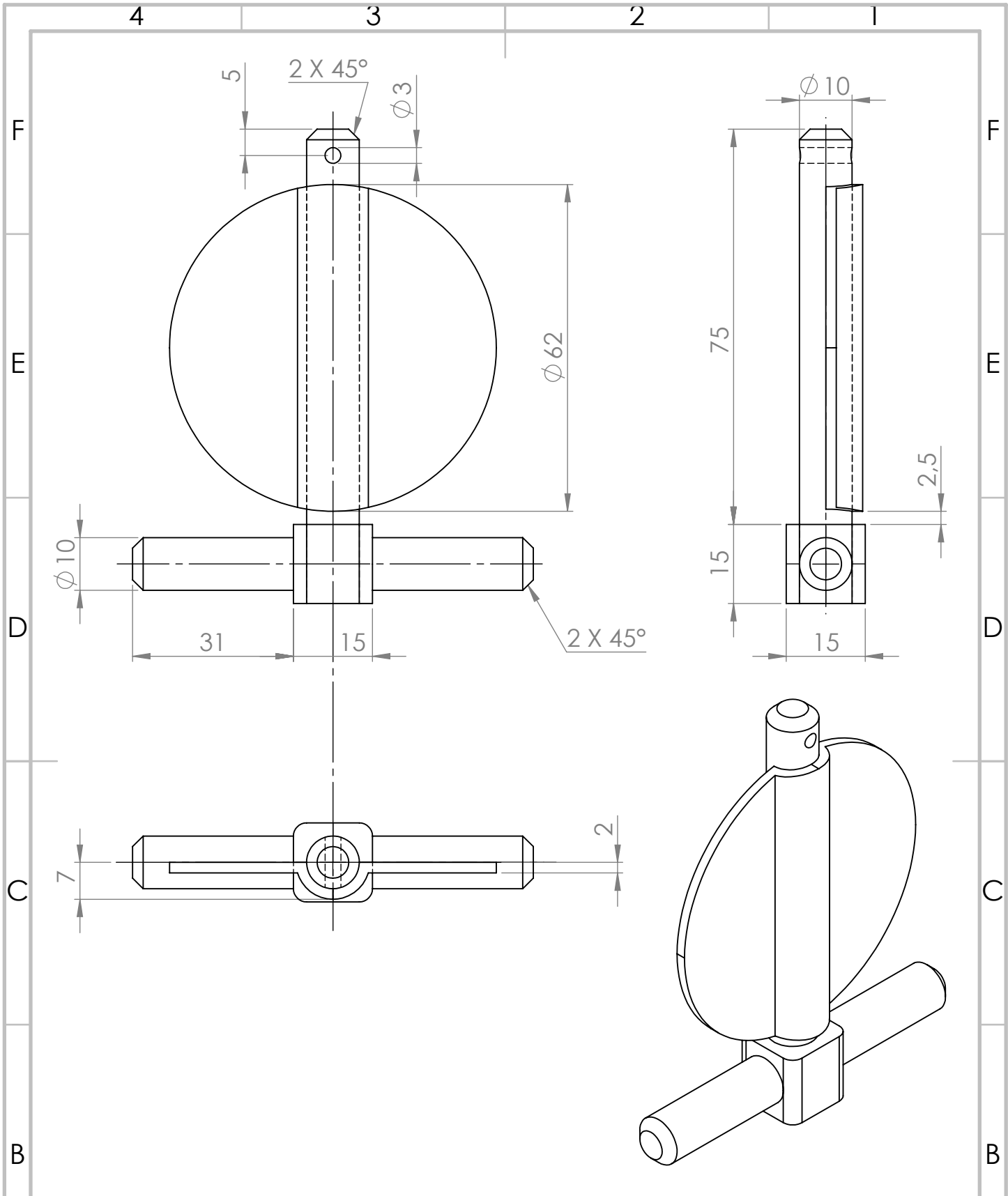
N.º DE DIBUJO
 10600602

A4

PESO: ESCALA: 1:1.5 HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: $\pm 0,1$			TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Corredera parte 2				
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro					
MATERIAL: SAE 1010				N.º DE DIBUJO 10600603		A4		
PESO:				ESCALA:1:1.5		HOJA 1 DE 1		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
 PINTURA EPOXI
 TOLERANCIAS:
 $\pm 0,5$

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
 NINGUNO

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

MATERIAL:
SAE 1010

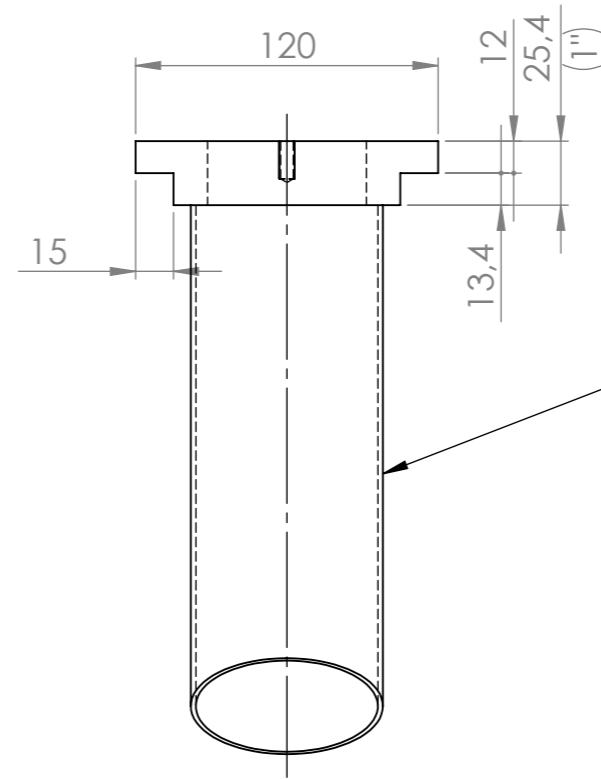
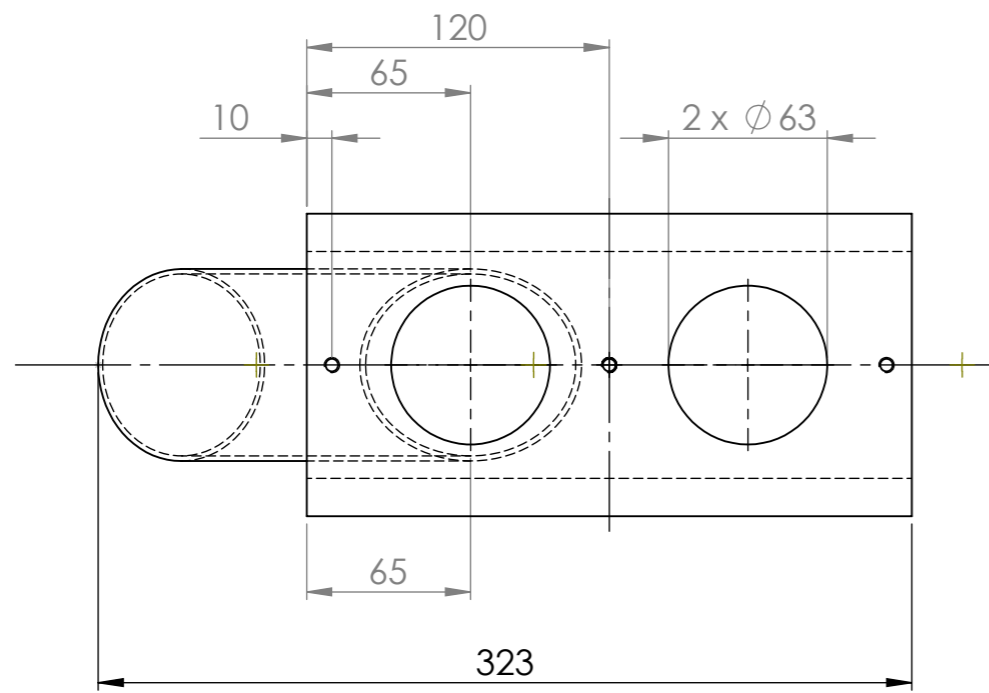
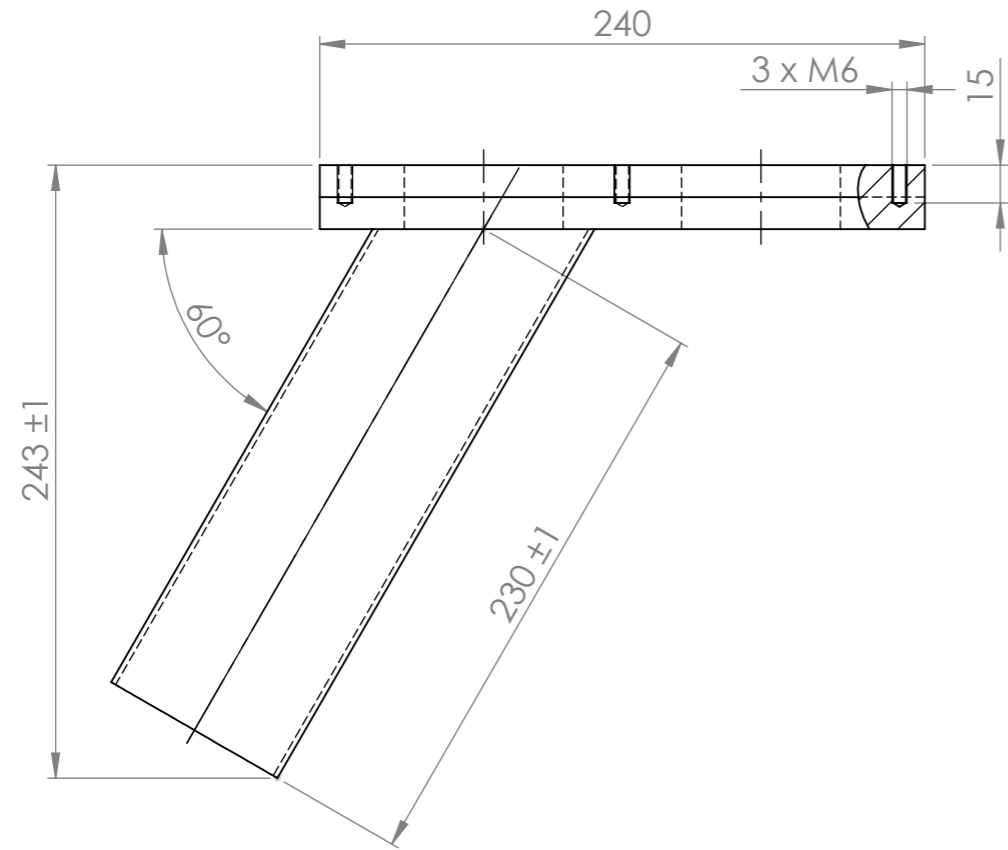
PESO:

TÍTULO:
Válvula mariposa

N.º DE DIBUJO
 10600604

A4

ESCALA:1:1 HOJA 1 DE 1

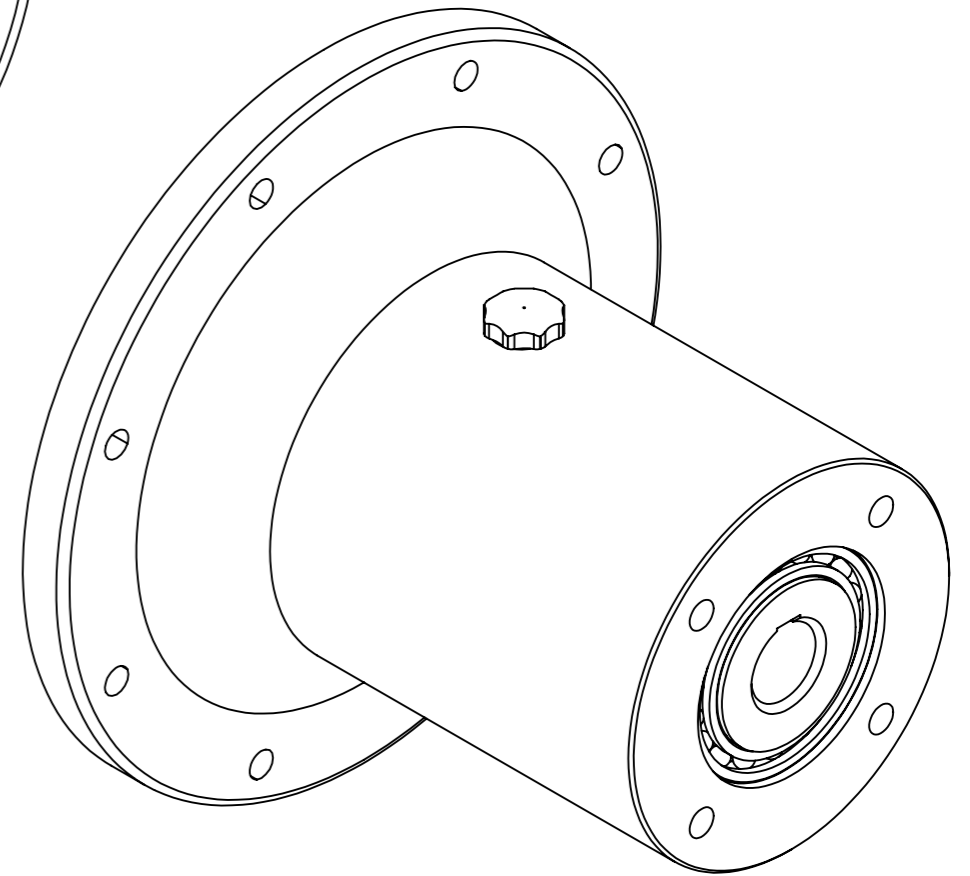
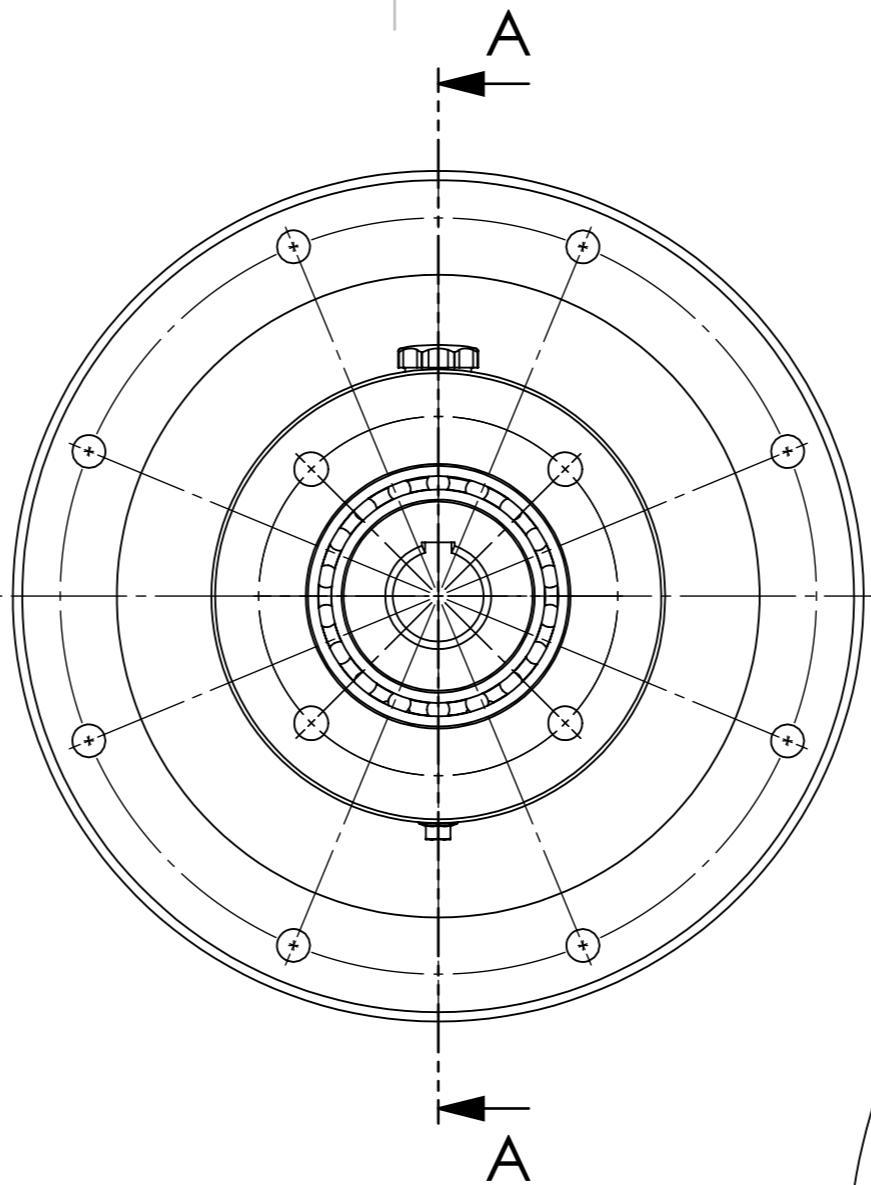
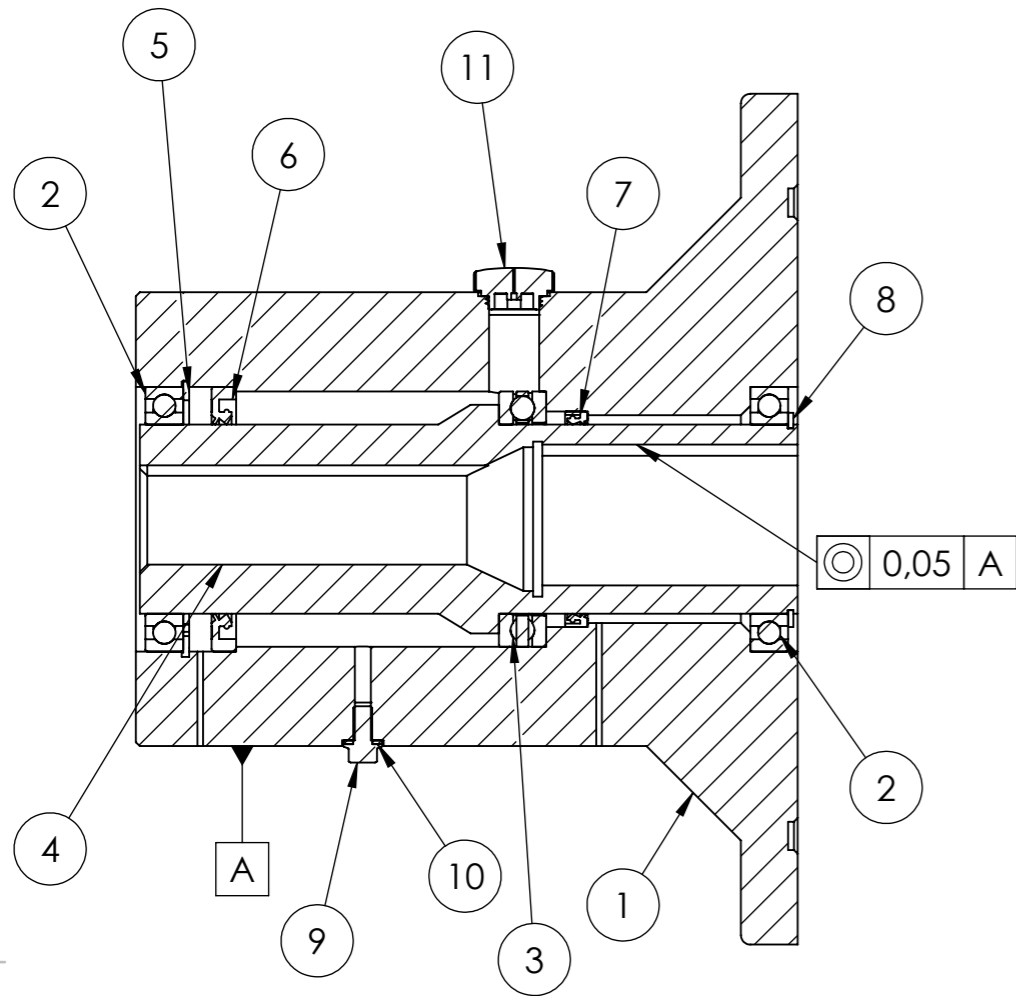


Tubo redondo c/ costura 3" e = 2mm

Tubo de descarga

Guía

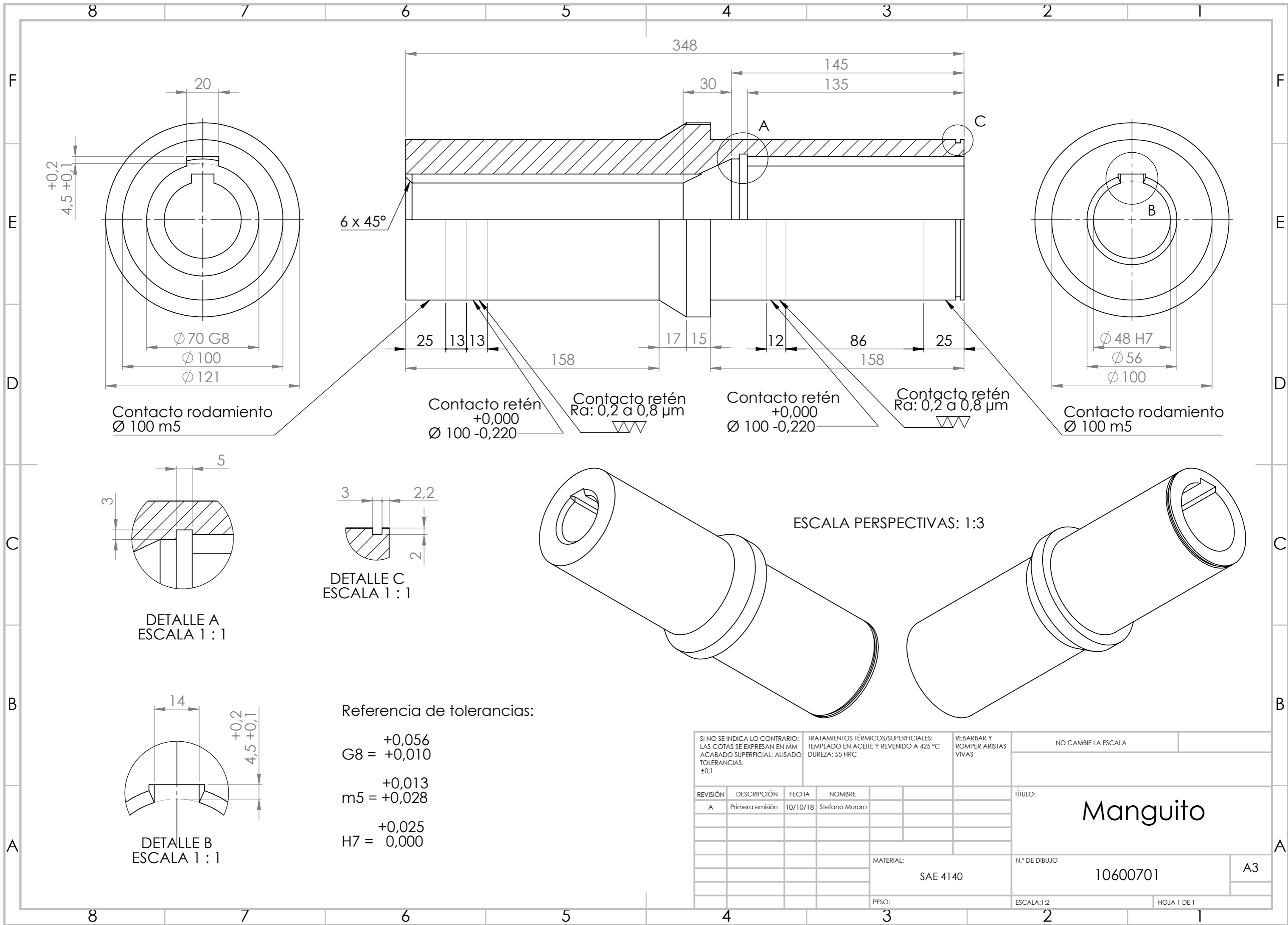
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: ±0,1				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Guía con tubo de descarga					
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	N.º DE DIBUJO 10600605					
MATERIAL: SAE 1010				ESCALA:1:3		HOJA 1 DE 1			
PESO:				A3					



SECCIÓN A-A

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	N.º DE PLANO	CANTIDAD
1	Alojamiento manguito	10600702	1
2	Rodamiento 61920	-	2
3	Rodamiento 51120	-	1
4	Manguito	10600701	1
5	Anillo seeger interno 5 1/2"	-	1
6	Retén radial DBH 8995	-	1
7	Retén radial DBH 9840	-	1
8	Anillo seeger externo 4"	-	1
9	Tornillo M10 x 20	-	1
10	Junta plana M10	-	1
11	Tapón llenado aceite M30	-	1

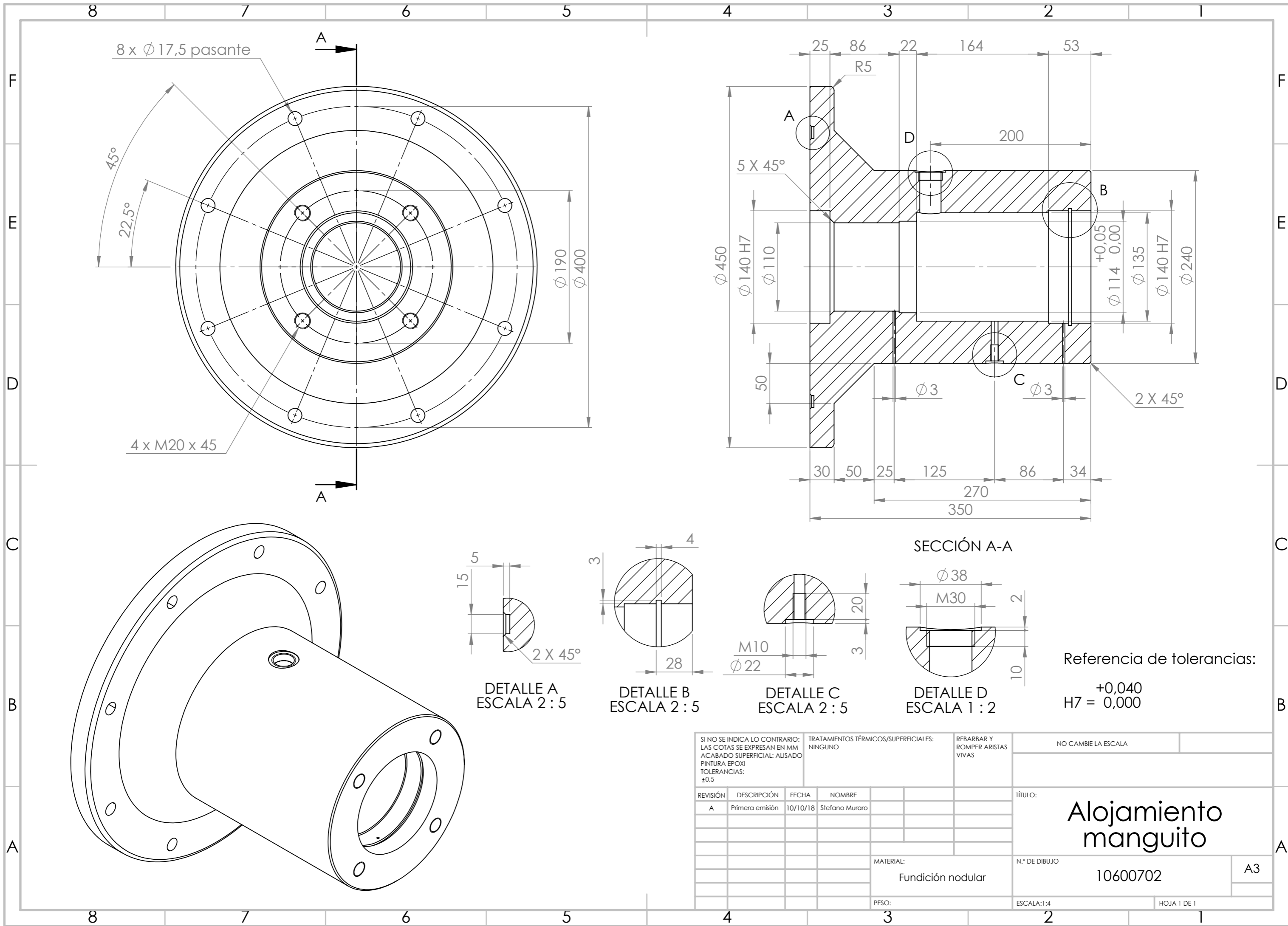
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±0.5		TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO:			
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	Ensamblaje transmisión			
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		A3	
PESO:				ESCALA:1:4		HOJA 1 DE 1	
				10600700			



Referencia de tolerancias:

- +0,056
- G8 = +0,010
- +0,013
- m5 = +0,028
- +0,025
- H7 = 0,000

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±0,1				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: TEMPLADO EN ACEITE Y REVENIDO A 425 °C DUREZA: 55 HRC		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE			TÍTULO:		Manguito	
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro						
				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A3	
				SAE 4140		10600701			
				PESO:		ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	



8 x $\phi 17,5$ pasante

45°
22,5°

$\phi 190$
 $\phi 400$

4 x M20 x 45

25 86 22 164 53

R5

200

5 X 45°

B

+0,05
0,00

$\phi 114$

$\phi 135$

$\phi 140$ H7

$\phi 240$

50

$\phi 3$

C

$\phi 3$

2 X 45°

30 50 25 125 86 34

270

350

SECCIÓN A-A

$\phi 38$

M30

2

10

Referencia de tolerancias:

+0,040
H7 = 0,000

DETALLE A
ESCALA 2 : 5

DETALLE B
ESCALA 2 : 5

DETALLE C
ESCALA 2 : 5

DETALLE D
ESCALA 1 : 2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: $\pm 0,5$				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Alojamiento manguito					
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	N.º DE DIBUJO 10600702					
MATERIAL: Fundición nodular				ESCALA: 1:4					
PESO:				HOJA 1 DE 1					

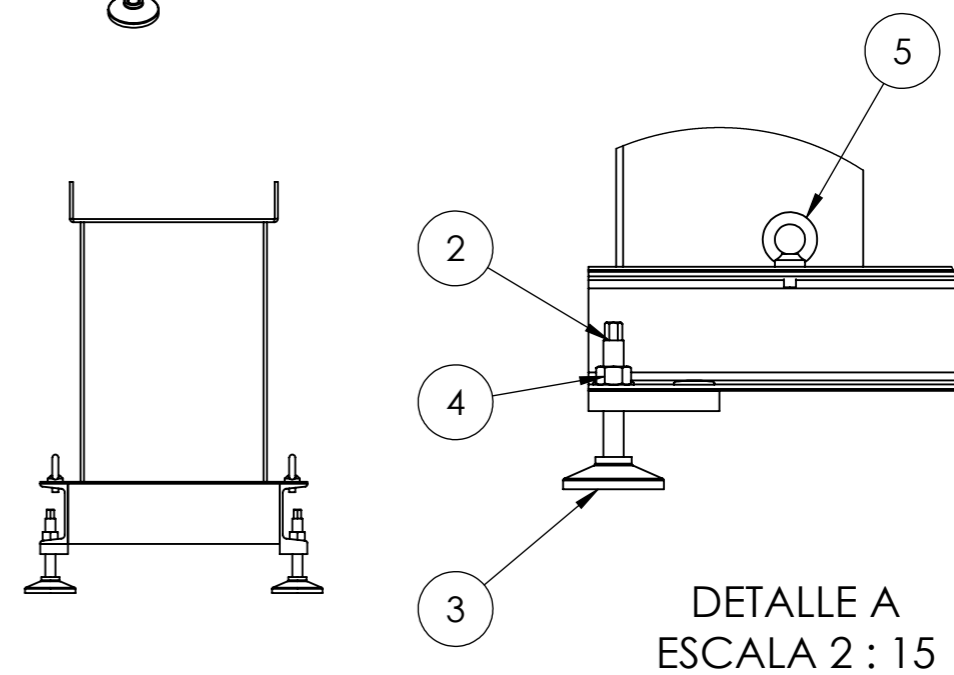
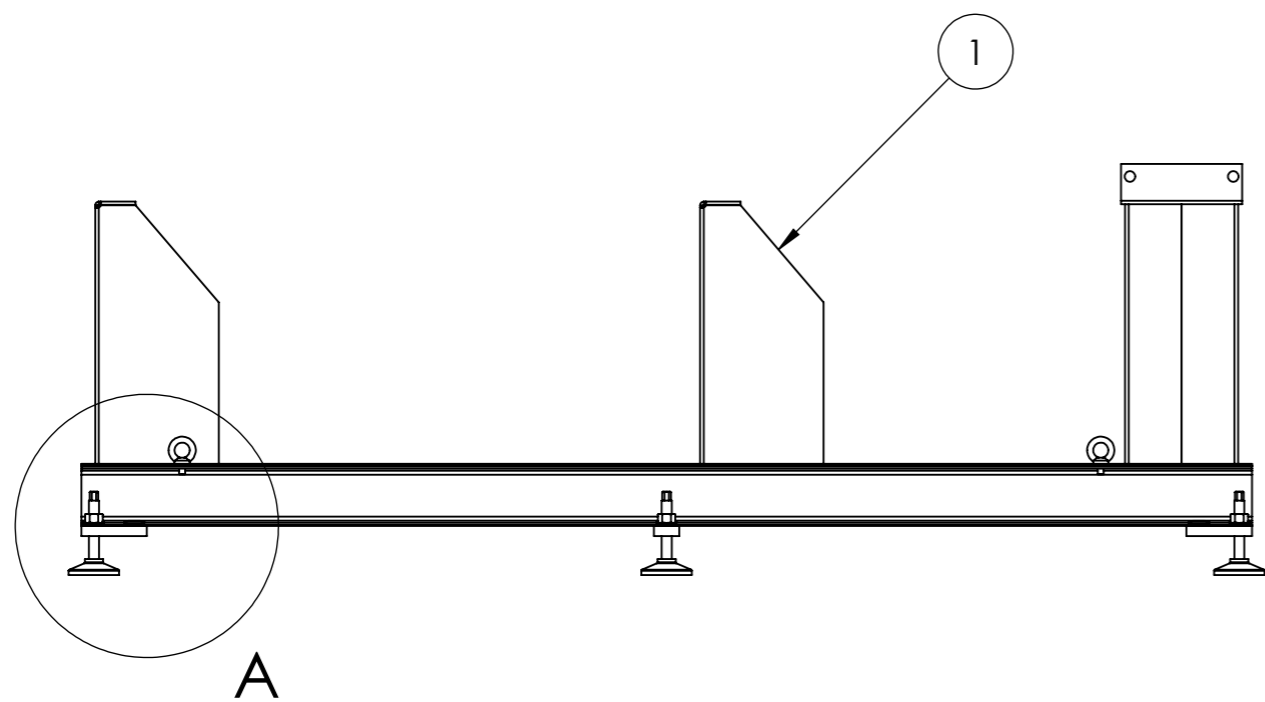
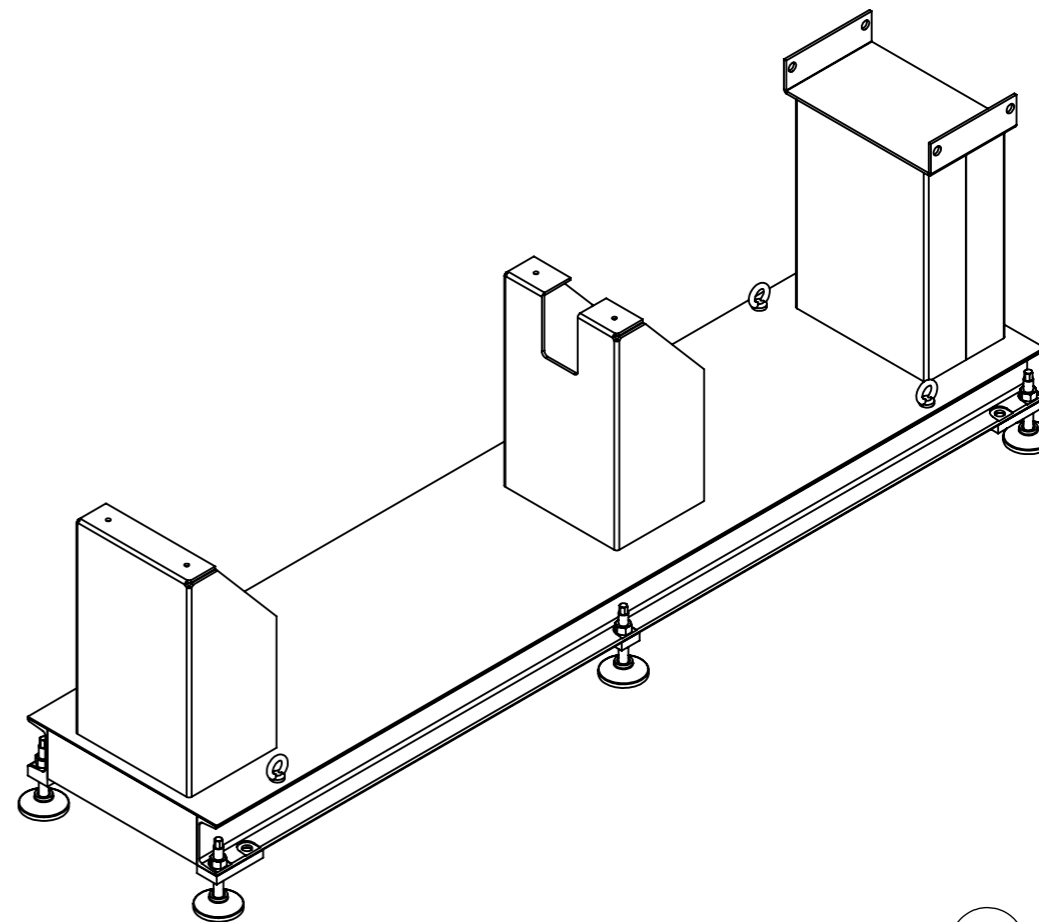
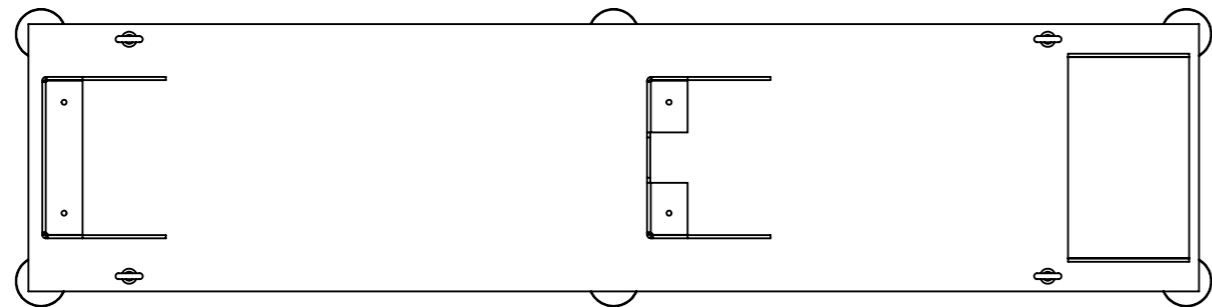
Alojamiento manguito

10600702

A3

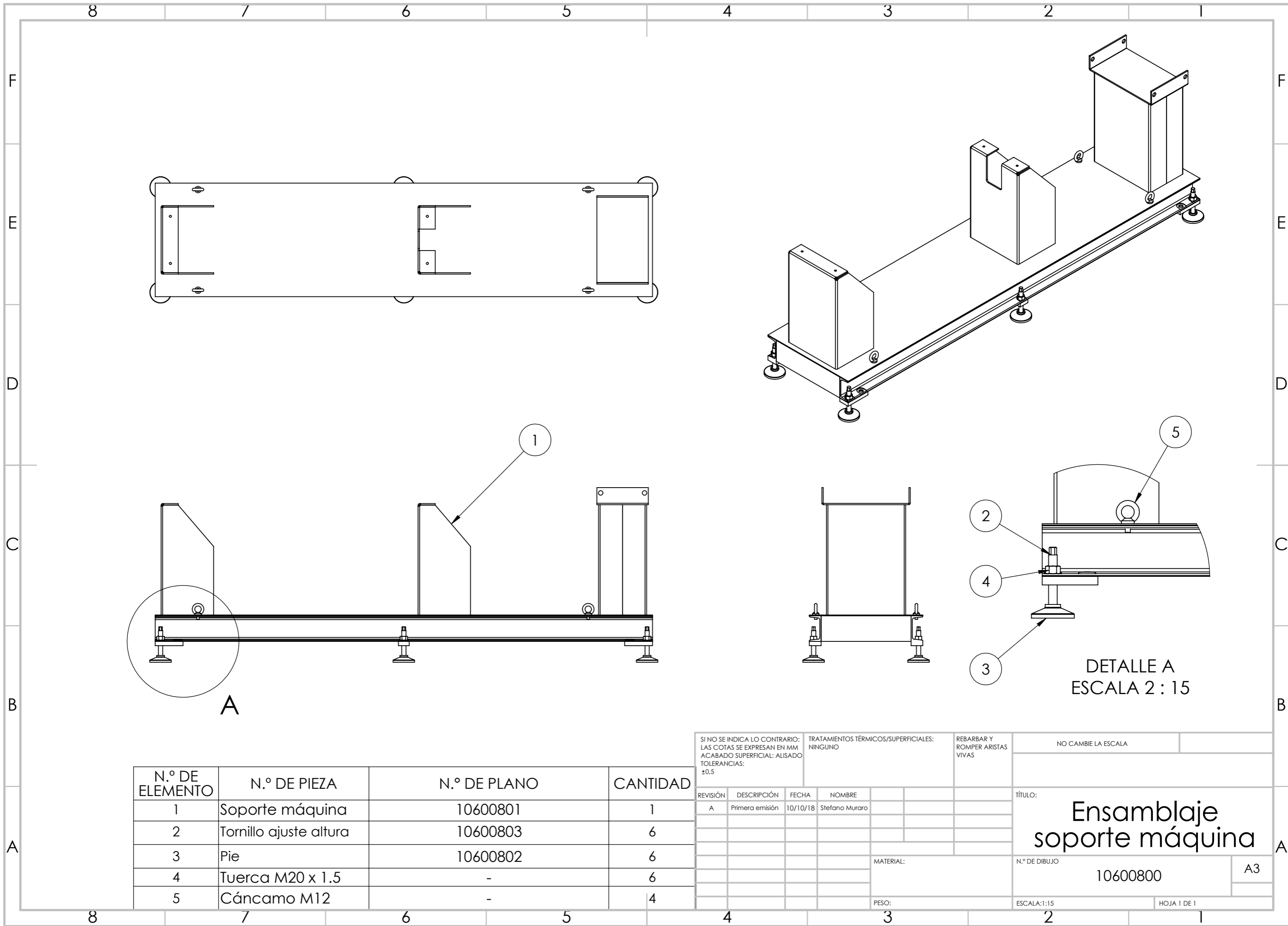
ESCALA: 1:4

HOJA 1 DE 1

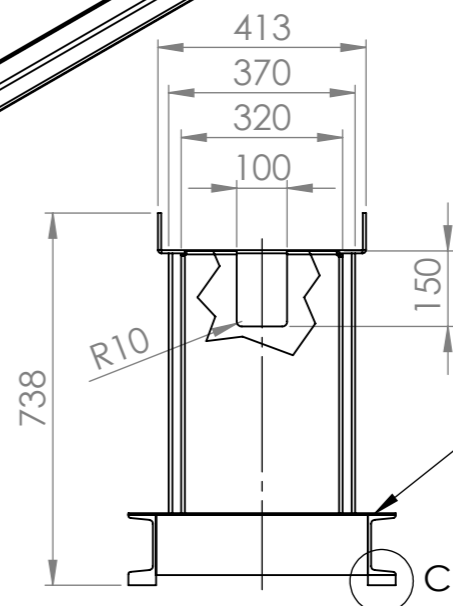
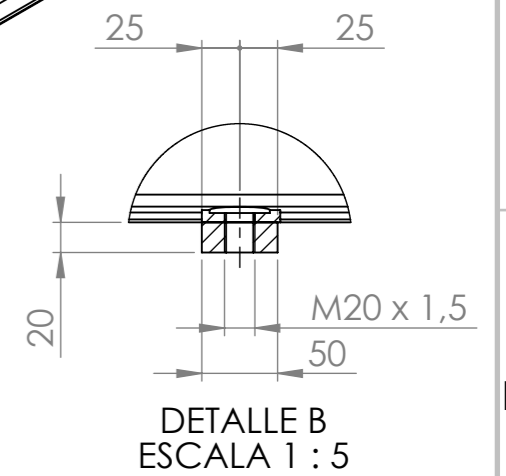
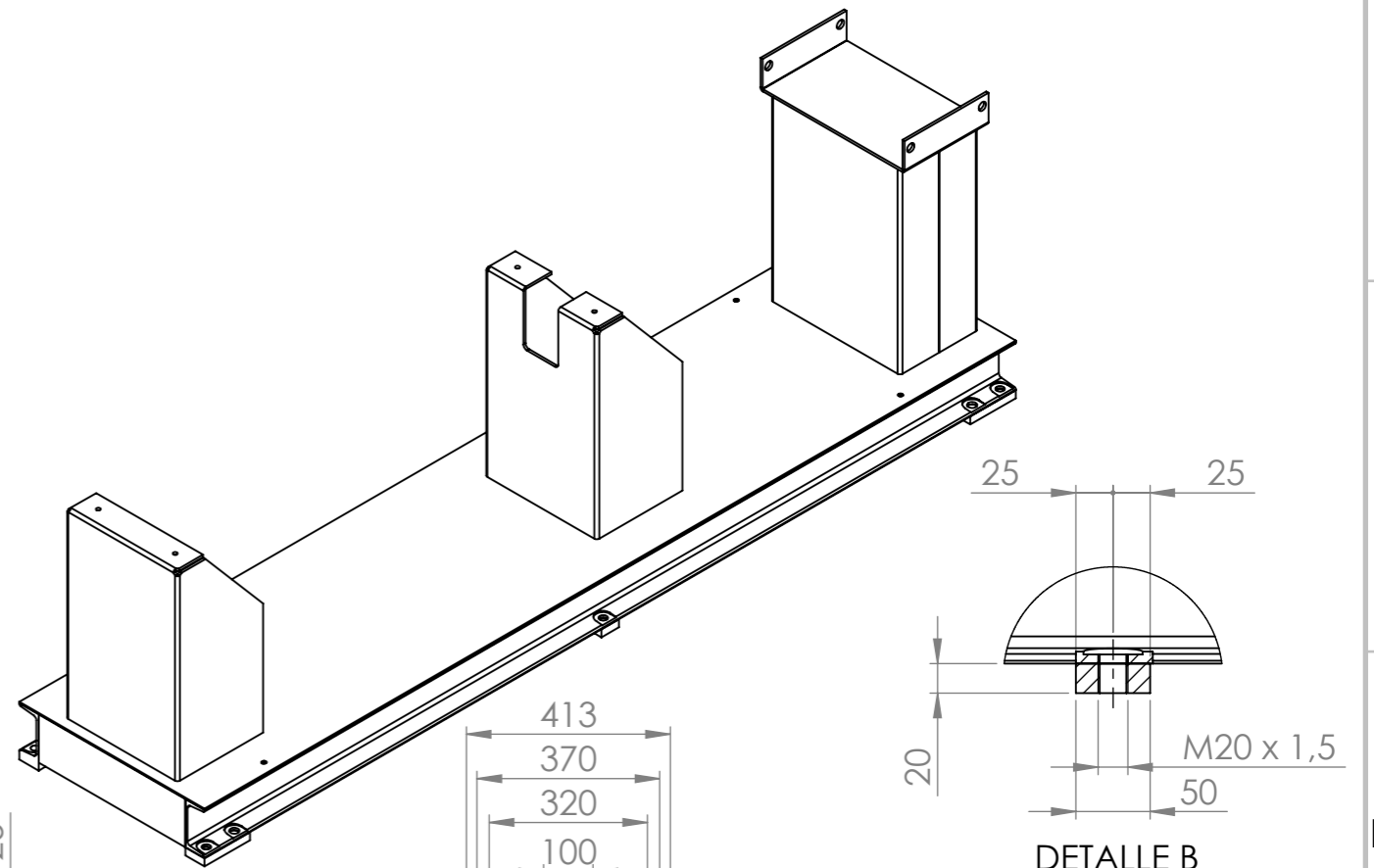
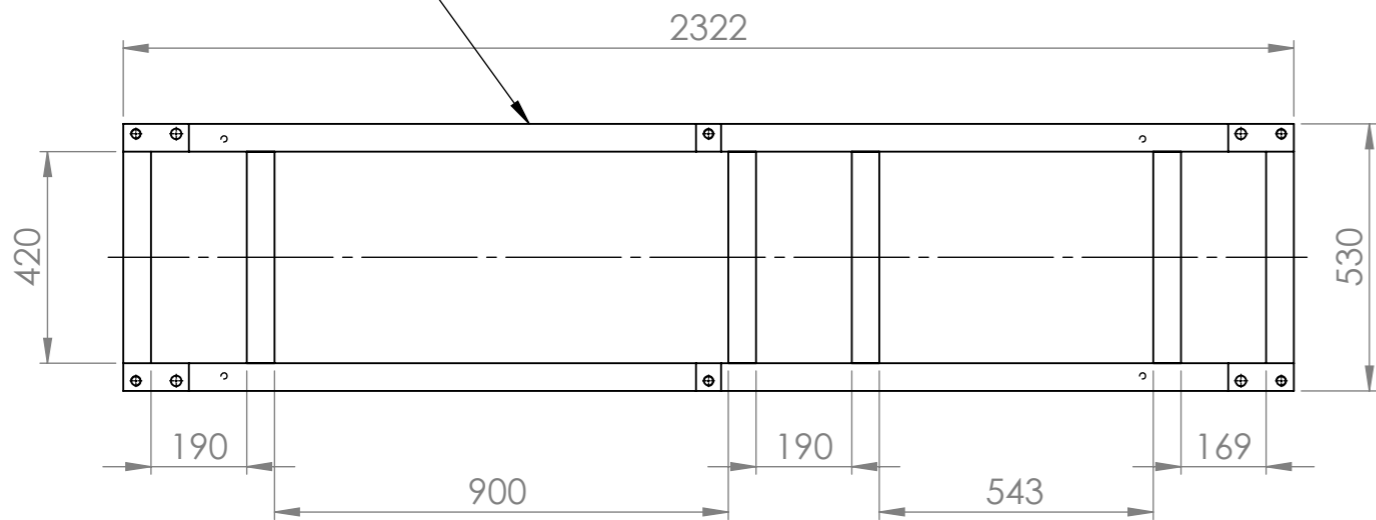


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	N.º DE PLANO	CANTIDAD
1	Soporte máquina	10600801	1
2	Tornillo ajuste altura	10600803	6
3	Pie	10600802	6
4	Tuerca M20 x 1.5	-	6
5	Cáncamo M12	-	4

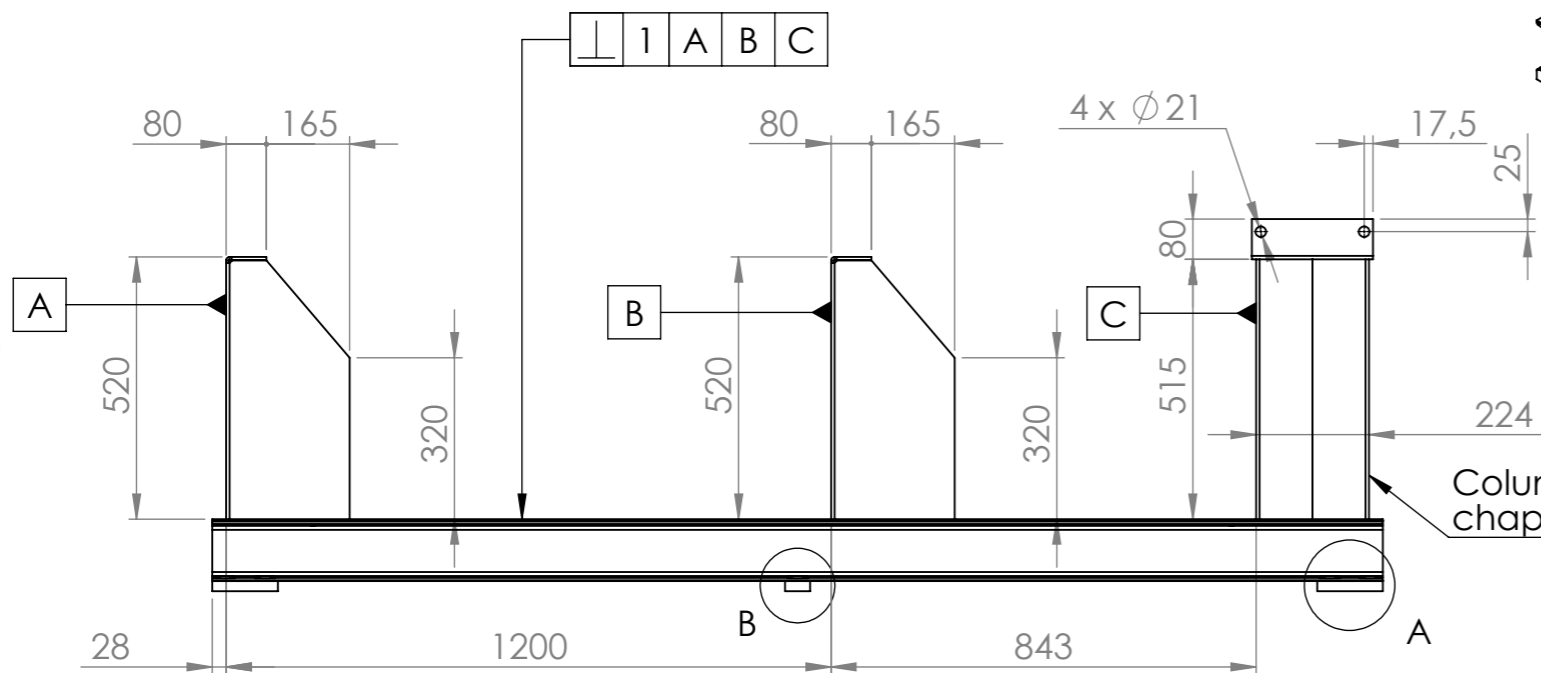
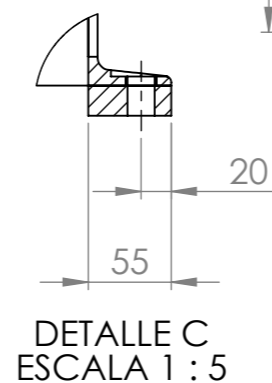
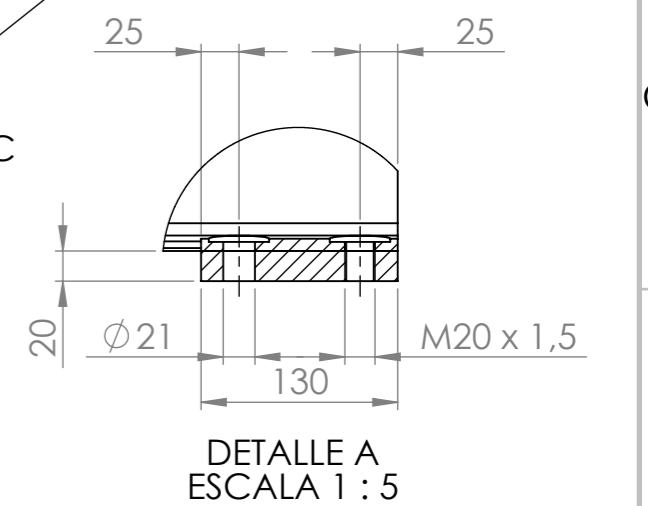
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO TOLERANCIAS: ±0.5				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE					TÍTULO:	
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro					Ensamblaje soporte máquina	
						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
								10600800	
						PESO:		ESCALA:1:15	
								HOJA 1 DE 1	



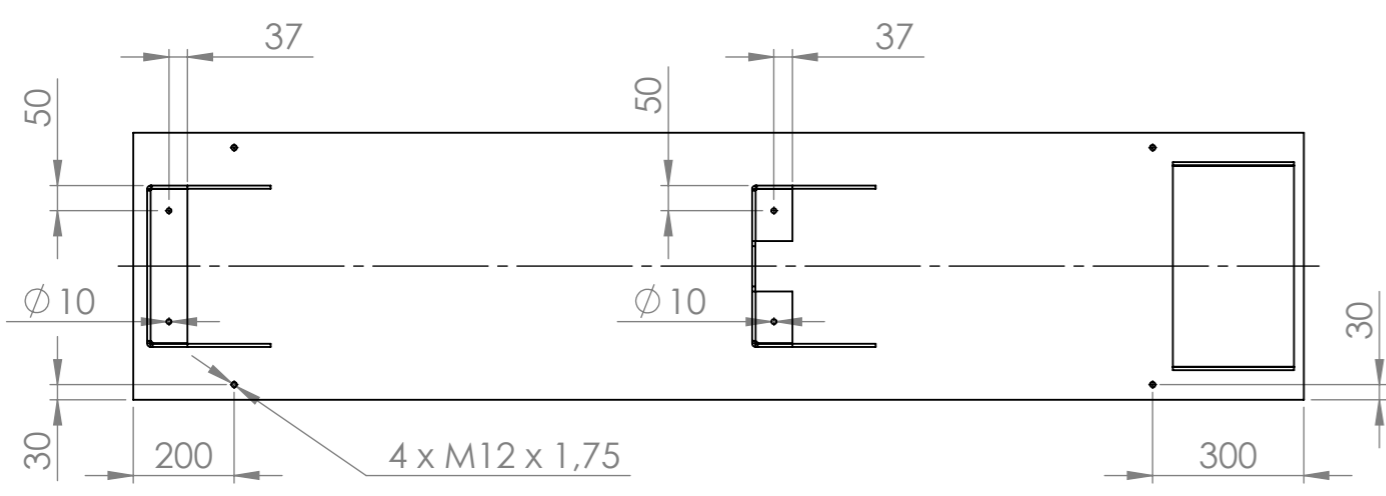
Bastidor de perfiles UPN 120



Cubierta bastidor
chapa negra lisa 1/8"



Columnas
chapa negra lisa 1/4"



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: PINTURA EPOXI TOLERANCIAS: CORTE PERFILES Y PLEGADO: ±1 POSICIÓN Y DIÁMETRO PERFORACIONES: ±0,5				TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES: NINGUNO		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Soporte máquina					
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro	N.º DE DIBUJO 10600801					
MATERIAL:				ESCALA: 1:15					
PESO:				HOJA 1 DE 1					

Soporte máquina

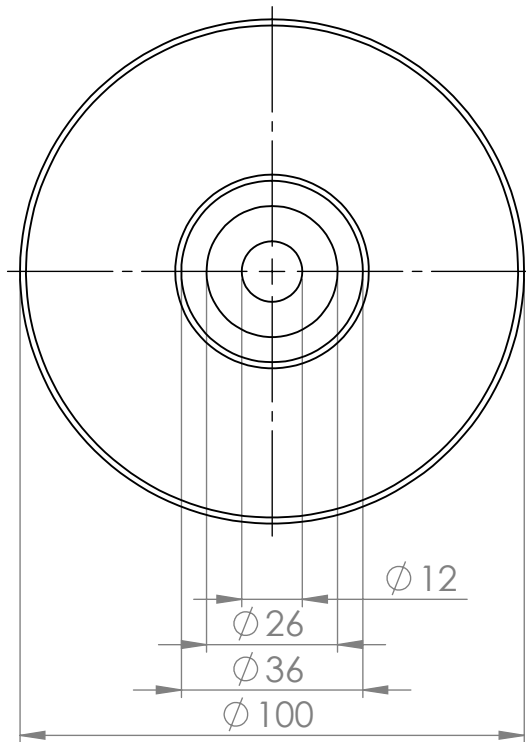
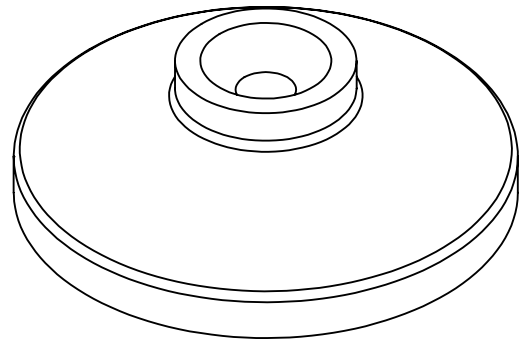
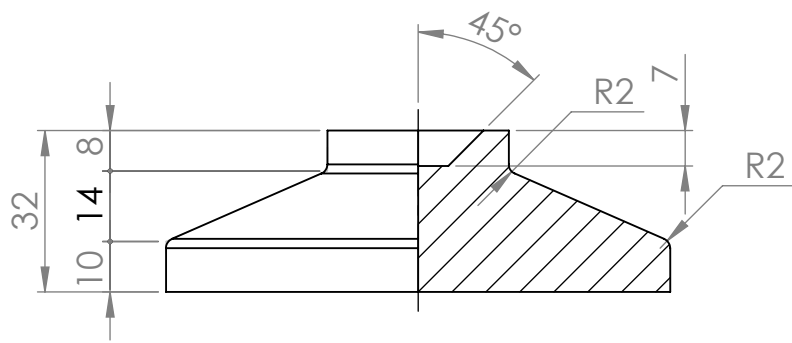
10600801

A3

PESO:

ESCALA: 1:15

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
TOLERANCIAS:
± 0,5

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
NINGUNO

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

TÍTULO:

Pie

MATERIAL:
SAE 1045

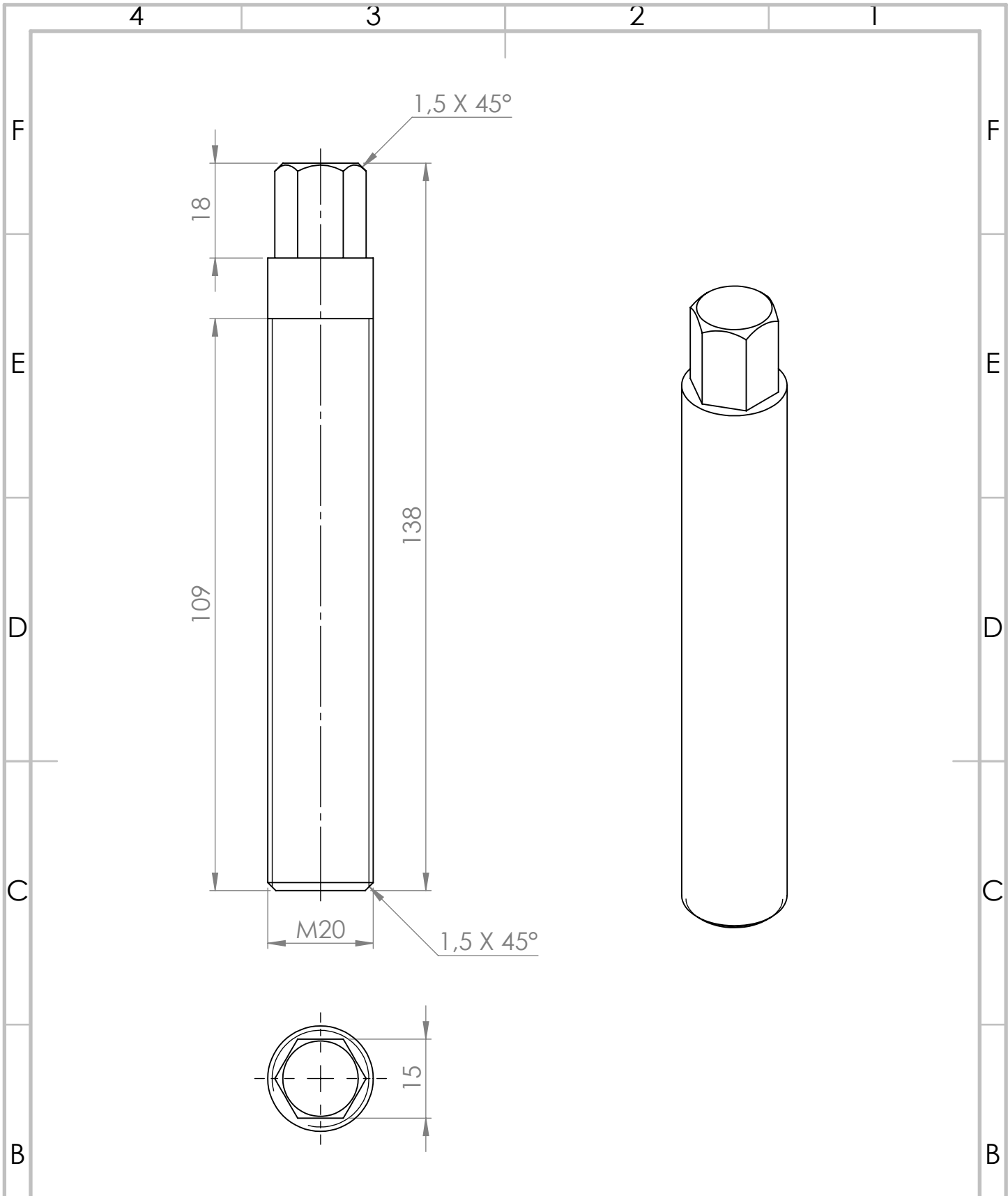
N.º DE DIBUJO
10600802

A4

PESO:

ESCALA:1:1.5

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL: ALISADO
 TOLERANCIAS:
 ± 0,5

TRATAMIENTOS TÉRMICOS/SUPERFICIALES:
 NINGUNO

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	NOMBRE
A	Primera emisión	10/10/18	Stefano Muraro

TÍTULO: Tornillo ajuste altura	
MATERIAL: SAE 1045	N.º DE DIBUJO 10600803
PESO:	ESCALA:1:1
	HOJA 1 DE 1

A4

6

5

4

3

2

1

D

D

C

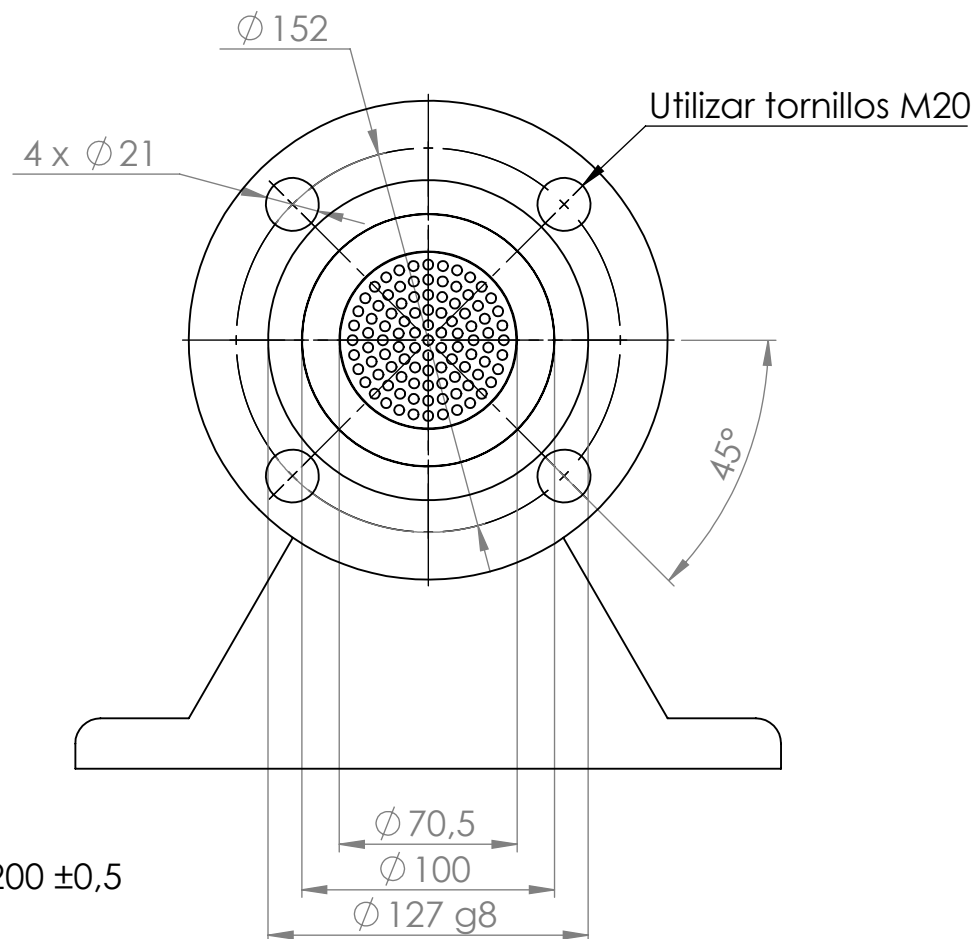
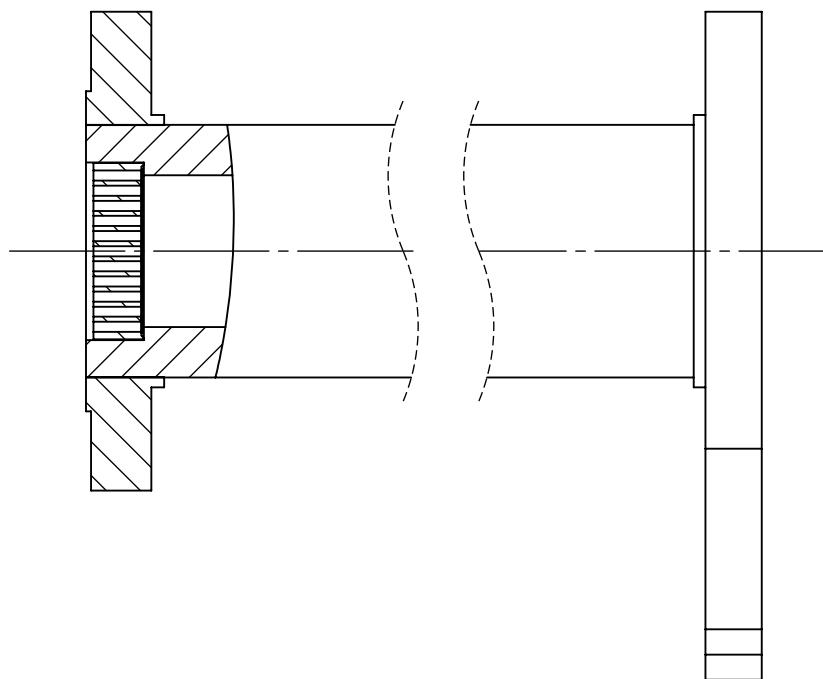
C

B

B

A

A



Diámetro exterior que debe tener la brida del cabezal: $200 \pm 0,5$

Referencia de tolerancias:

$-0,014$
g8 = $-0,077$

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
TOLERANCIAS: $\pm 0,1$				Plano para el cliente					
				TÍTULO: Brida a cabezal					
				MATERIAL:				N.º DE DIBUJO	
				PESO:				ESCALA: 1:3	
								HOJA 1 DE 1	
NOMBRE		FIRMA		FECHA					
DIBUJ.									
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.									
								A4	

6

5

4

3

2

1

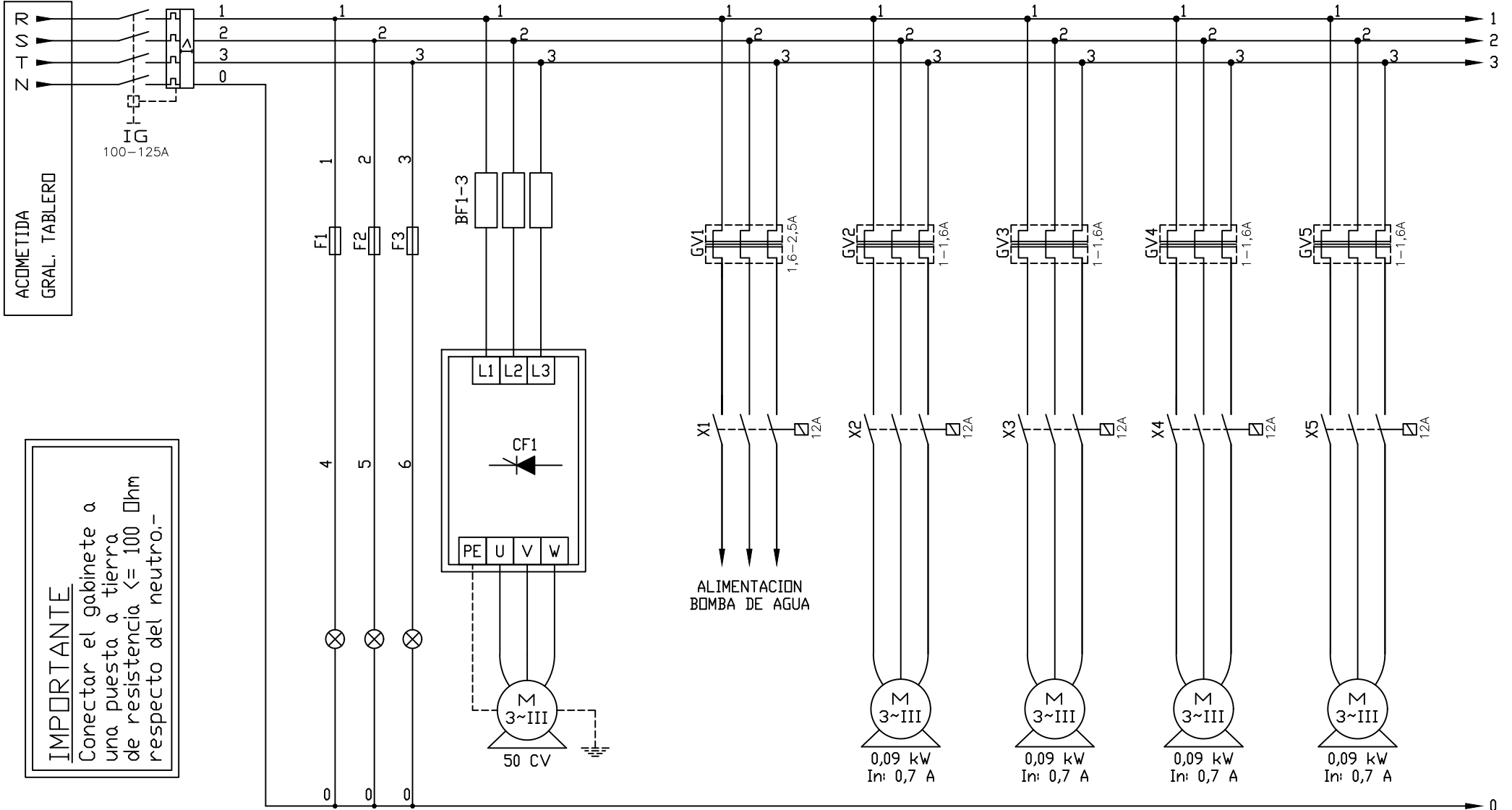
LISTADO DE MATERIALES

Código	Descripción	Marca y Modelo	Cantidad
IG	Tetrapolar Capacidad de Ruptura B - Térmico Reg: 100-125A - Icu 16kA (380VCA)	WEG DWB160B-125-4DF	1
BF1-3	Bases Porta Fusibles NH00	WEG BNH00-160	3
	Fusibles Tipo NH - Protección gG-gL - In= 80A - Tamaño 00	WEG FNH00-80U	3
GV1 GV6	GUARDAMOTOR MAGTERM 3P 1,6/2,5A 100KA	SCHNEIDER ELECTRIC GV2ME07	2
GV2-5	GUARDAMOTOR MAGTERM 3P 1/1,6A 100KA	SCHNEIDER ELECTRIC GV2ME06	4
X1-6	CONTACTOR 12A 3P 1NA+1NC 380VCA 50/60HZ	SCHNEIDER ELECTRIC LC1D12Q7	6
ITR1-6	INT. TERMOMAGNETICO C60N 1X16A CURVA C	SCHNEIDER ELECTRIC A9N24403	6
ITS ITA1-2	INT. TERMOMAGNETICO C60N 2X16A CURVA C	SCHNEIDER ELECTRIC A9N24337	3
SSR N°1-6	Relé de estado sólido 24-380VCA/25A – 3/32 VDC	FOTEK SSR25-DA	6
CF1	Convertidor de frecuencia 37kW/50 HP MOVITRAC B	SEW EURODRIVE MC07B0370-503-4-00	1
	Fuente 220VCA/24VDC 2,5 A	DELTA DRP024V060W1AZ	1
	Pirómetros digitales	MAXWELL MTB-48DN196N	6
PLC	PLC + HMI	UNITRONICS VISION V230-13-B20B	1
	SNAP-IN MODULO I/O N°1	UNITRONICS V200-18-E46B	1
	SNAP-IN MODULO I/O N°2	UNITRONICS V200-18-E1B	1
KA01-17	Base porta relé	ALLEN BRADLEY 700-HLT1Z24	17
	Relé simple juego de contacto inversor 1 NAC- 24VDC	ALLEN BRADLEY 700-TBR24	17
R1-4	Zócalo simple para relés RXN	SCHNEIDER ELECTRIC RXZE2M114M	4
	Relé extraíble 4NAC 6A Bob. 230VAC 50/60Hz	SCHNEIDER ELECTRIC RXM4AB1P7	4
F1-3 F5-9 F11-18	Seccionador portafusible 8,5 X 31,5	ZOLODA BMFN 8x31	16
	Fusible Cerámico 8.5 X 31.5 2A	TEA / TEL 220V	16
F4 F10	Seccionador portafusible 8,5 X 31,5	ZOLODA BMFN 8x31	2
	Fusible Cerámico 8.5 X 31.5 4A	TEA / TEL 220V	2
	Borneras simple piso 4 mm ²	ZOLODA BPN04	54
	Borneras de tierra simple piso 4 mm ²	ZOLODA BSLKN04	4
	Tope para bornera	ZOLODA EK1	16
VP	Ventilador puerta gabinete	RKL 20105-1M	1
	Rejilla	RKL 20105-2	1

	Amperímetros de panel 0-15A	8511	6
SS1	XA2 SEL 2 POS FIJAS 1NA LLAVE	SCHNEIDER ELECTRIC XA2EG21	1
SS2	XA2 SEL 2 POS FIJAS 1NA MAN CORTA	SCHNEIDER ELECTRIC XA2ED21	1
SS3-8	XA2 SEL 3 POS FIJAS 2NA MAN CORTA	SCHNEIDER ELECTRIC XA2ED33	6
PS1	XA2 PULSADOR RASANTE 1NA NEGRO	SCHNEIDER ELECTRIC XA2EA21	1
PE	PARADA EMERGENCIA 1/4 GIRO 1NC	SCHNEIDER ELECTRIC XB7ES542P	1
	XA2 PILOTO LUMINOSO ROJO LED 220VCA	SCHNEIDER ELECTRIC XA2EVM4LC	11
	XA2 PILOTO LUMINOSO AMAR LED 220VCA	SCHNEIDER ELECTRIC XA2EVM5LC	6
	Gabinete estanco serie 9000 GENROD	GENROD 09 9312	1
	Gabinete tipo pupitre con cabezal	GENROD 09 909146	1
	Termocupla tipo K		4
	Sensor de presión (piezo-resistivo)		2
	Sensor capacitivo		2
	Final de carrera magnético		1
	Cable de 35 mm ²		N/A
	Cable de 4 mm ²		N/A
	Cable de 1,5 mm ²		N/A
	Bandeja Zoloda de 60 mm de ancho		N/A
	Bandeja Zoloda de 40 mm de ancho		N/A
	Torre luminosa LED 2 colores (rojo y verde) con buzzer		1

ALIMENTACION GENERAL, SEÑALIZACION DE FASES Y CIRCUITO DE POTENCIA

INTERRUPTOR GENERAL			SEÑALIZACION FASES			MOTORREDUCTOR HUSILLO		REFRIGERACION EXTRUSORA											
01	02	03	04	05	06	07	08	09	BBA. DE AGUA		VENT. N°1		VENT. N°2		VENT. N°3		VENT. N°4		20
									10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	



IMPORTANTE
 Conectar el gabinete a una puesta a tierra de resistencia $\leq 100 \Omega$ respecto del neutro.-

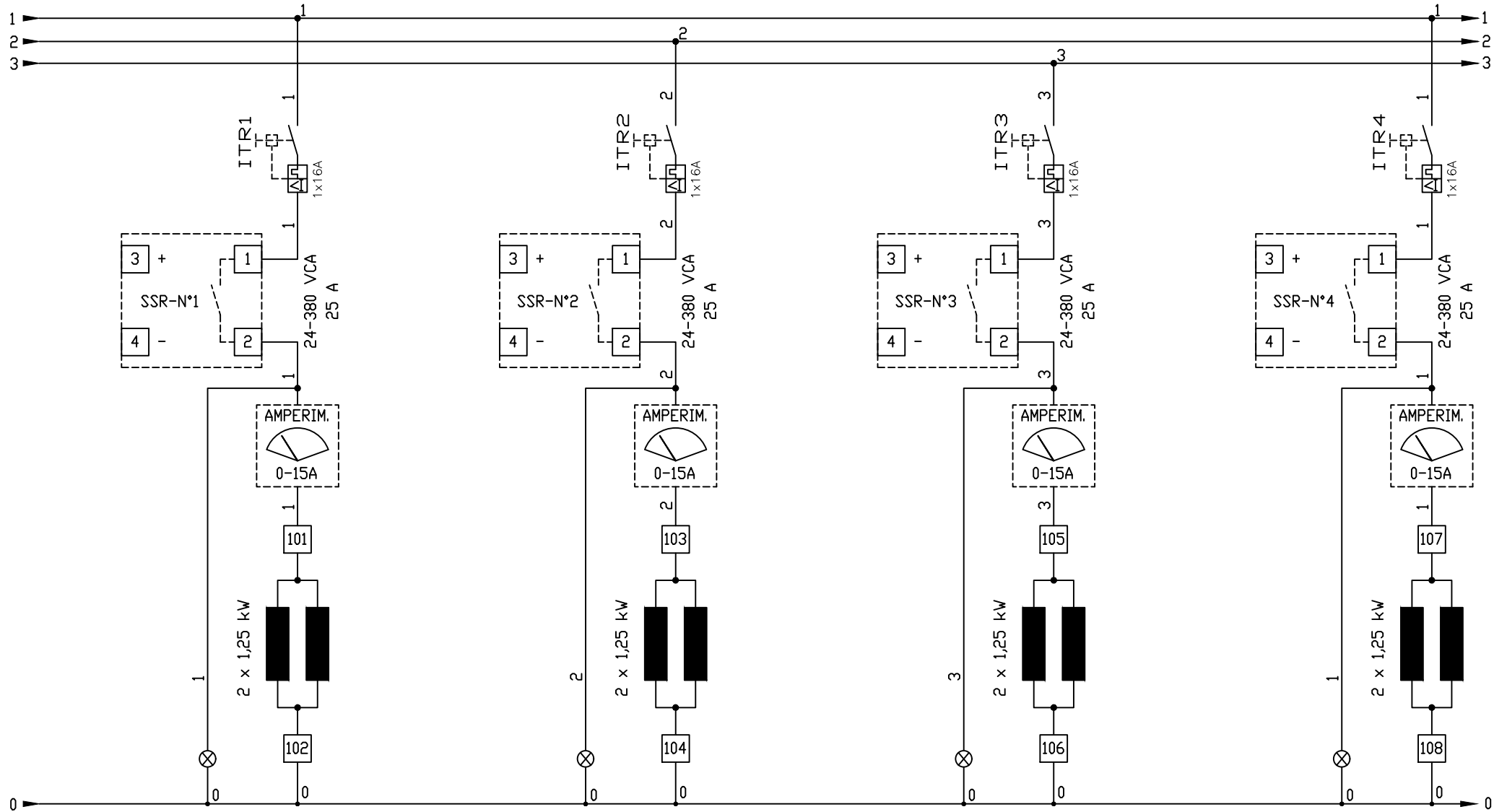
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJO:	13/04/2018		
REVISO:	13/04/2018		
APROBO:	13/04/2018		

TABLERO ELECTRICO
 COMANDO Y POTENCIA
 EXTRUSORA DE PLASTICO

ESCALA:	[S.E.]
ACTUALIZADO:	-
PLANO N°:	-
HOJA N°:	02

CIRCUITO POTENCIA RESISTENCIAS CAÑON

RELE ESTADO SOLIDO RESISTENCIAS CAÑON GRUPO N°1					RELE ESTADO SOLIDO RESISTENCIAS CAÑON GRUPO N°2					RELE ESTADO SOLIDO RESISTENCIAS CAÑON GRUPO N°3					RELE ESTADO SOLIDO RESISTENCIAS CAÑON GRUPO N°4				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20



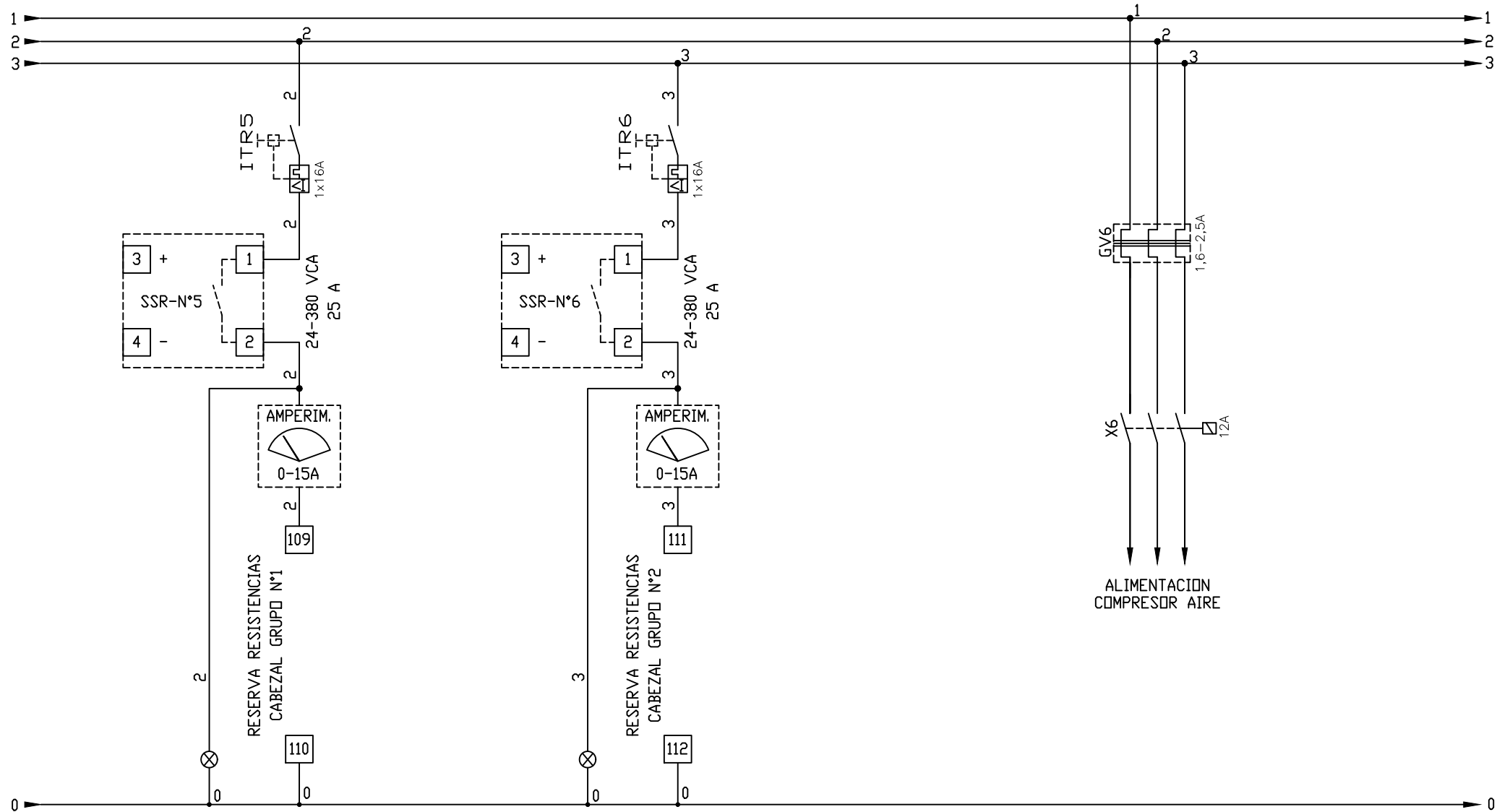
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJO:	13/04/2018		
REVISO:	13/04/2018		
APROBO:	13/04/2018		

TABLERO ELECTRICO
COMANDO Y POTENCIA
EXTRUSORA DE PLASTICO

ESCALA:	[S.E.]
ACTUALIZADO:	-
PLANO N°:	-
HOJA N°:	03

CIRCUITO POTENCIA RESISTENCIAS CALEFACTORAS CABEZAL

RELE ESTADO SOLIDO RESISTENCIAS CABEZAL GRUPO N°1					RELE ESTADO SOLIDO RESISTENCIAS CABEZAL GRUPO N°2									SALIDA DE RESERVA COMPRESOR DE AIRE					
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20



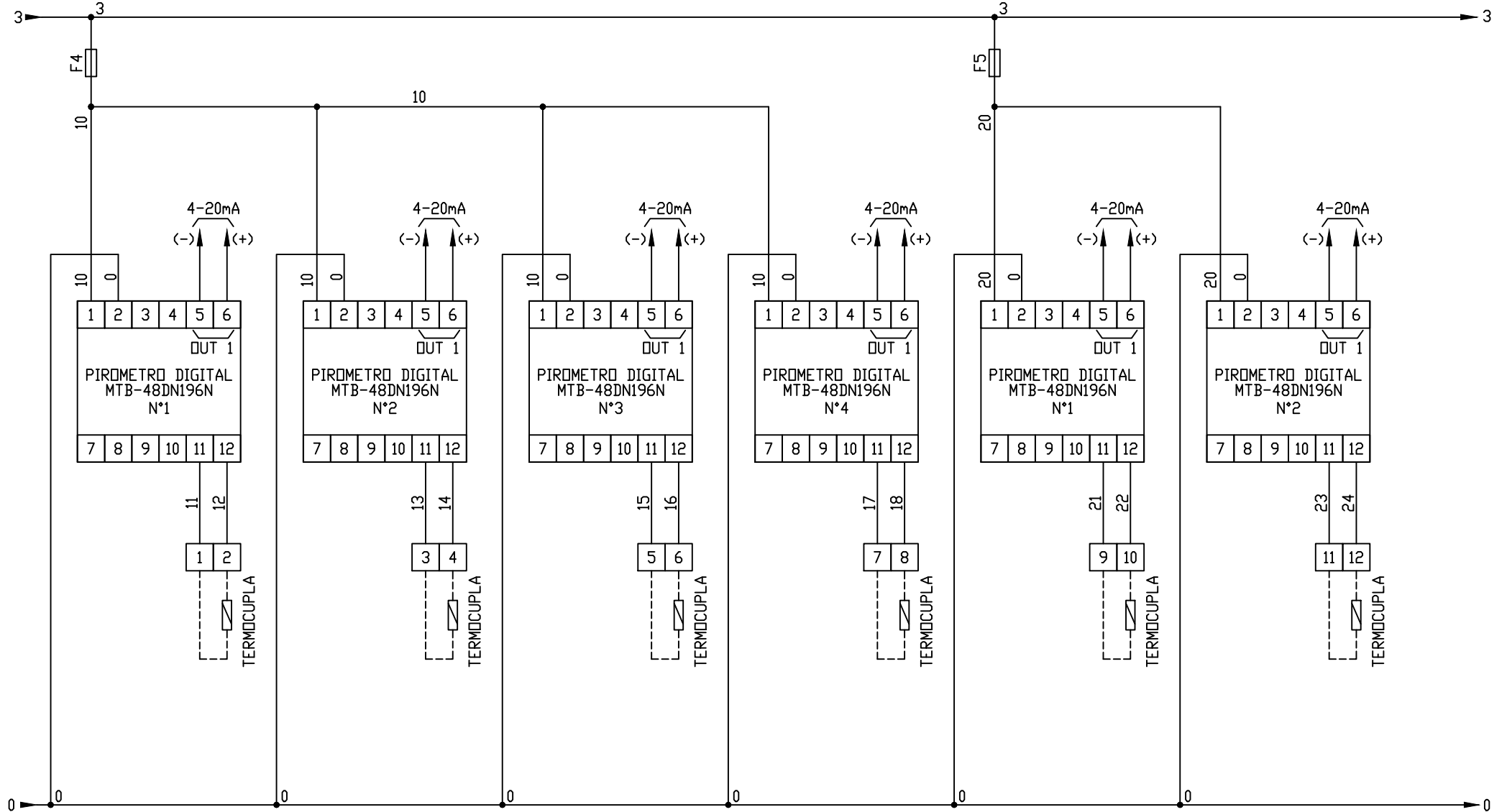
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJO:	13/04/2018		
REVISO:	13/04/2018		
APROBO:	13/04/2018		

TABLERO ELECTRICO
COMANDO Y POTENCIA
EXTRUSORA DE PLASTICO

ESCALA:	[S.E.]
ACTUALIZADO:	-
PLANO N°:	-
HOJA N°:	04

CIRCUITO COMANDO PIROMETROS DIGITALES

	PIROMETRO RESISTENCIAS CAÑON GRUPO N°1			PIROMETRO RESISTENCIAS CAÑON GRUPO N°2			PIROMETRO RESISTENCIAS CAÑON GRUPO N°3			PIROMETRO RESISTENCIAS CAÑON GRUPO N°4			PIROMETRO RESISTENCIAS CABEZAL GRUPO N°1			PIROMETRO RESISTENCIAS CABEZAL GRUPO N°2			
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

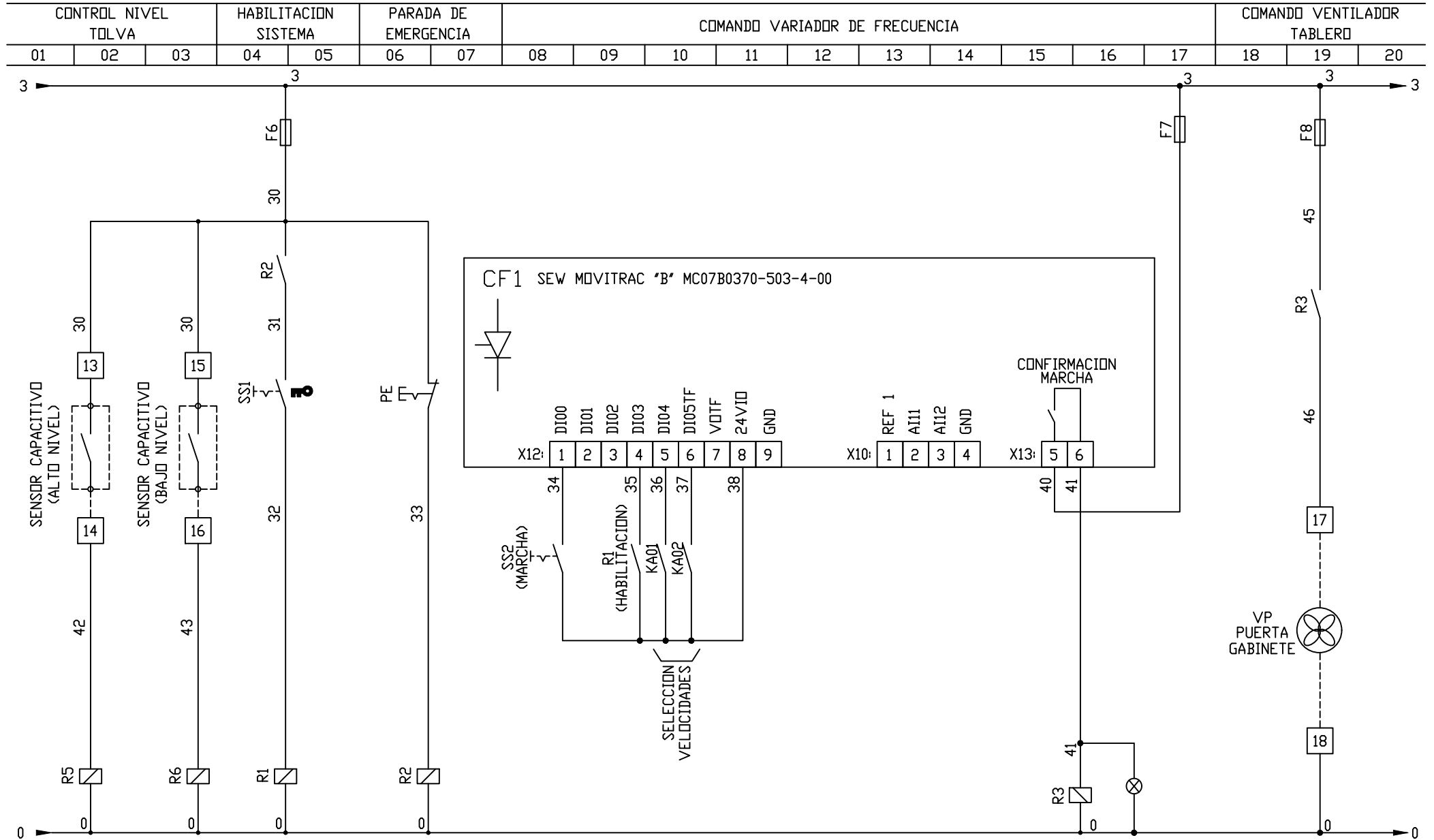


	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJO:	13/04/2018		
REVISO:	13/04/2018		
APROBO:	13/04/2018		

TABLERO ELECTRICO
COMANDO Y POTENCIA
EXTRUSORA DE PLASTICO

ESCALA:	[S.E.]
ACTUALIZADO:	-
PLANO N°:	-
HOJA N°:	05

CIRCUITO COMANDO MOTORREDUCTOR



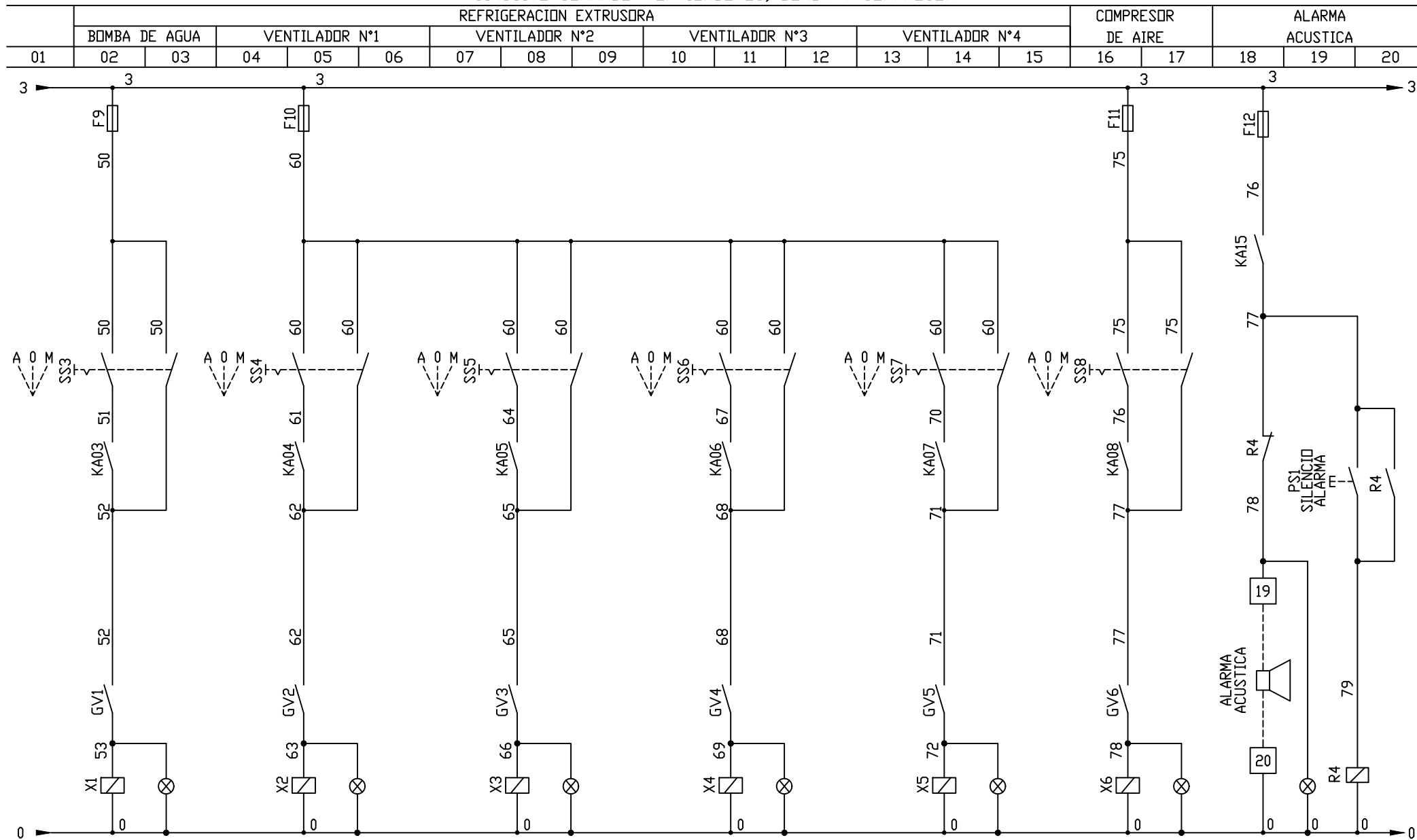
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJO:	13/04/2018		
REVISO:	13/04/2018		
APROBO:	13/04/2018		

TABLERO ELECTRICO
COMANDO Y POTENCIA
EXTRUSORA DE PLASTICO

ESCALA:	[S.E.]
ACTUALIZADO:	-
PLANO N°:	-
HOJA N°:	06

CIRCUITO COMANDO VENTILADORES, BOMBA Y COMPRESOR

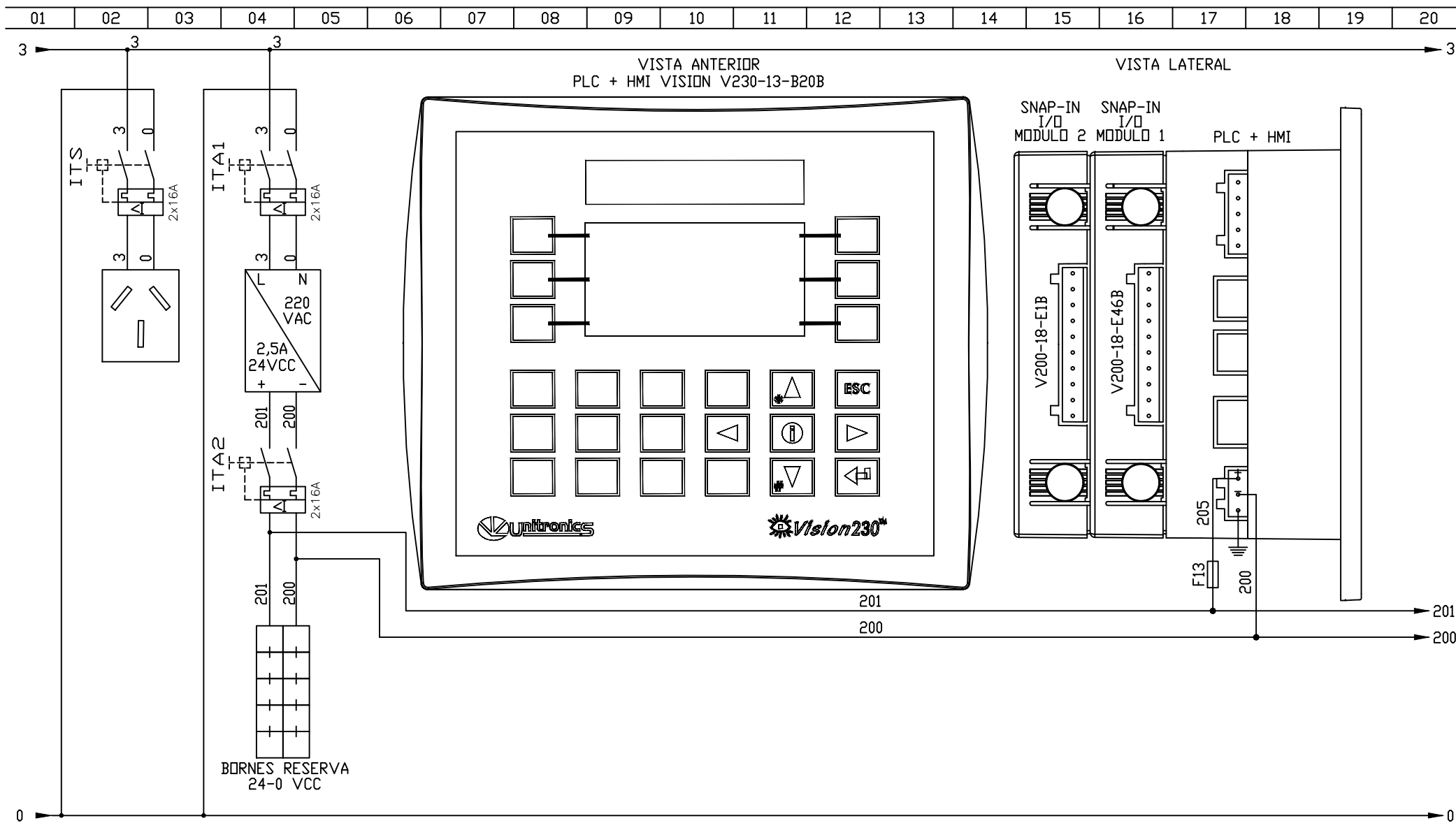
REFRIGERACION EXTRUSORA



	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJO:	13/04/2018		
REVISO:	13/04/2018		
APROBO:	13/04/2018		

TABLERO ELECTRICO
COMANDO Y POTENCIA
EXTRUSORA DE PLASTICO

ESCALA:	[S.E.]
ACTUALIZADO:	-
PLANO N°:	-
HOJA N°:	07



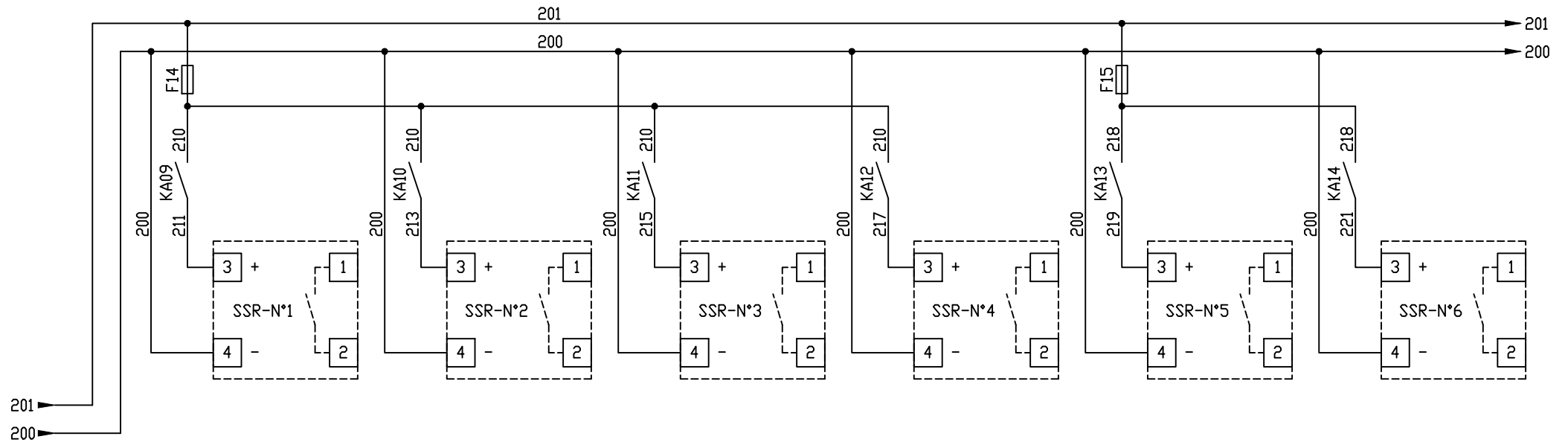
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJO:	13/04/2018		
REVISO:	13/04/2018		
APROBO:	13/04/2018		

TABLERO ELECTRICO
COMANDO Y POTENCIA
EXTRUSORA DE PLASTICO

ESCALA:	[S.E.]
ACTUALIZADO:	-
PLANO N°:	-
HOJA N°:	08

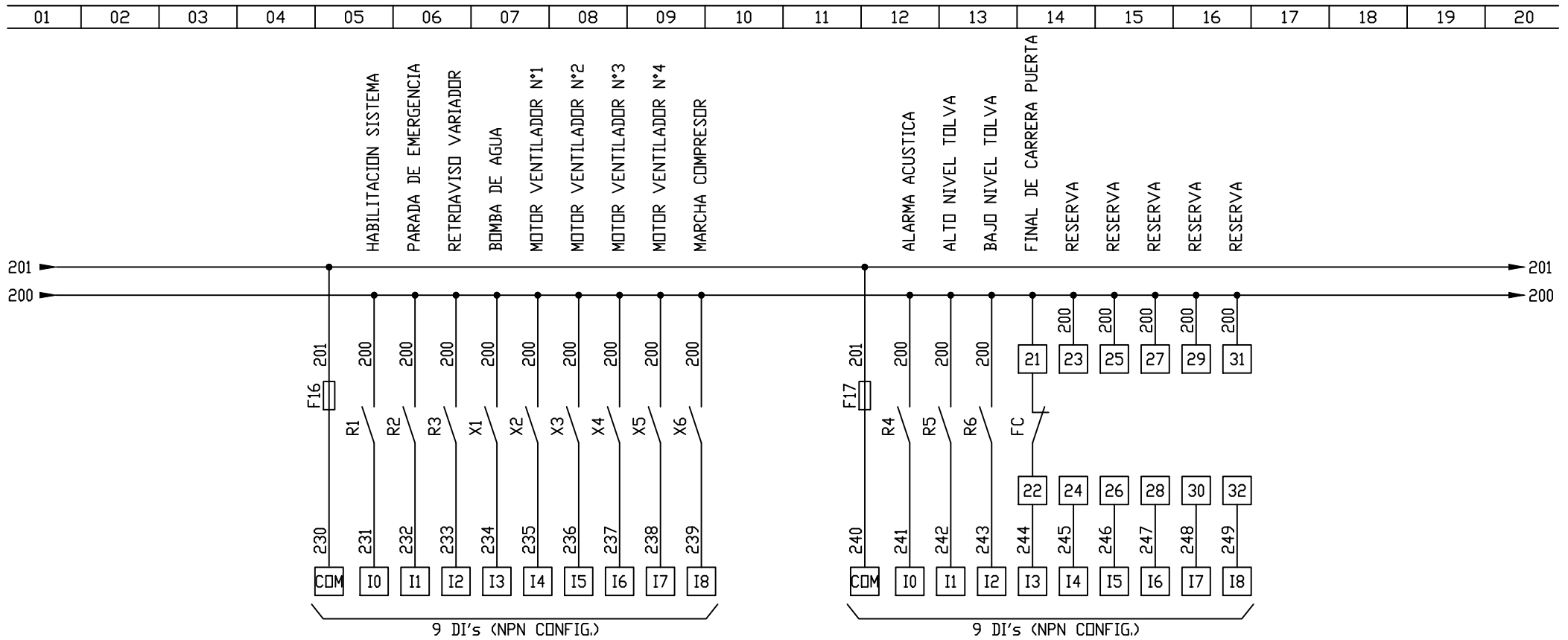
CIRCUITO COMANDO RESISTENCIAS CALEFACTORAS

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



		FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
	DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
	REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
	APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	09

ENTRADAS DIGITALES MODULO 1



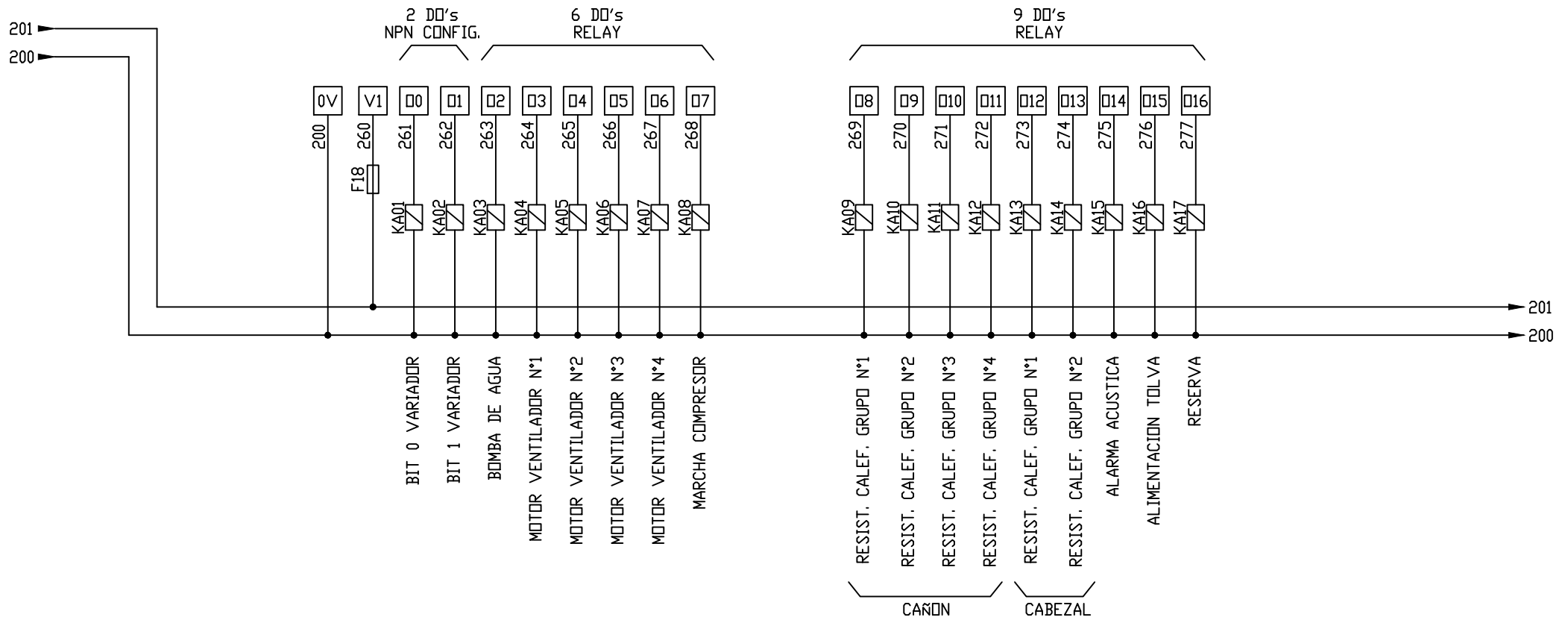
ENTRADAS DIGITALES MODULO 1 (V200-18-E46B)

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	10

SALIDAS DIGITALES MODULO 1

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

SALIDAS DIGITALES MODULO 1 (V200-18-E46B)

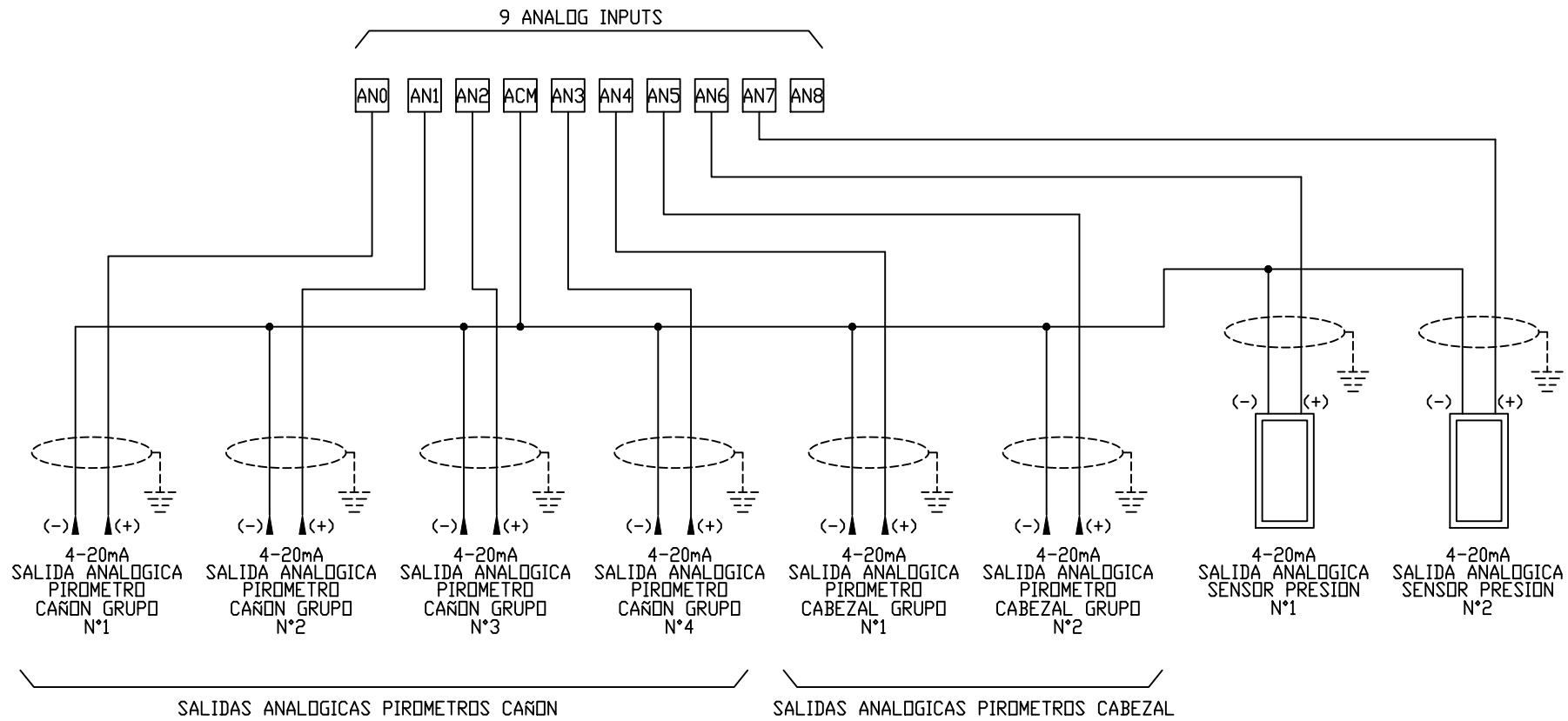


		FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
	DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
	REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
	APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	11

ENTRADAS ANALOGICAS MODULO 1

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

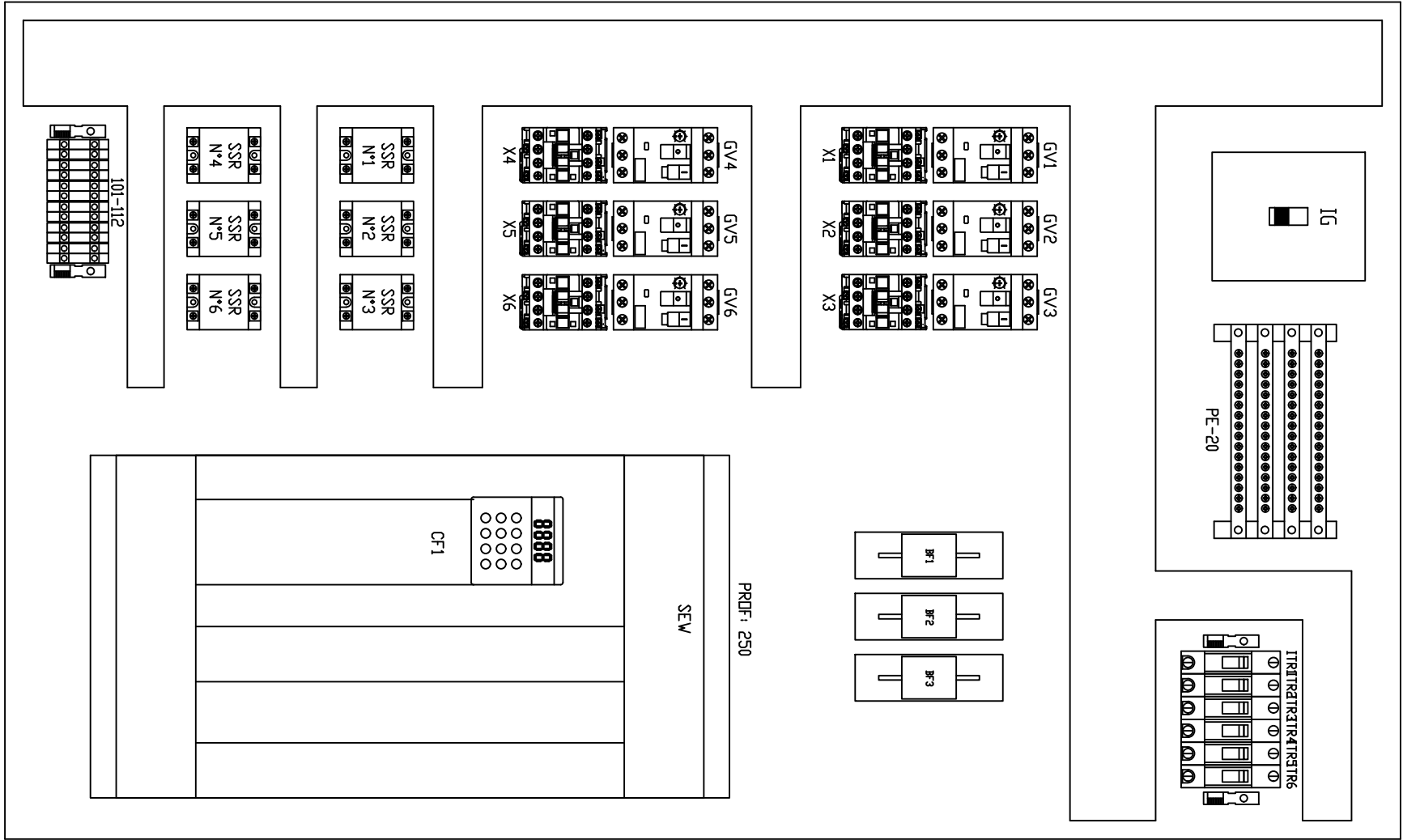
ENTRADAS ANALOGICAS MODULO 1 (V200-18-E46B)



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	12

VISTA ANTERIOR PLACA INTERNA (GABINETE DE POTENCIA)

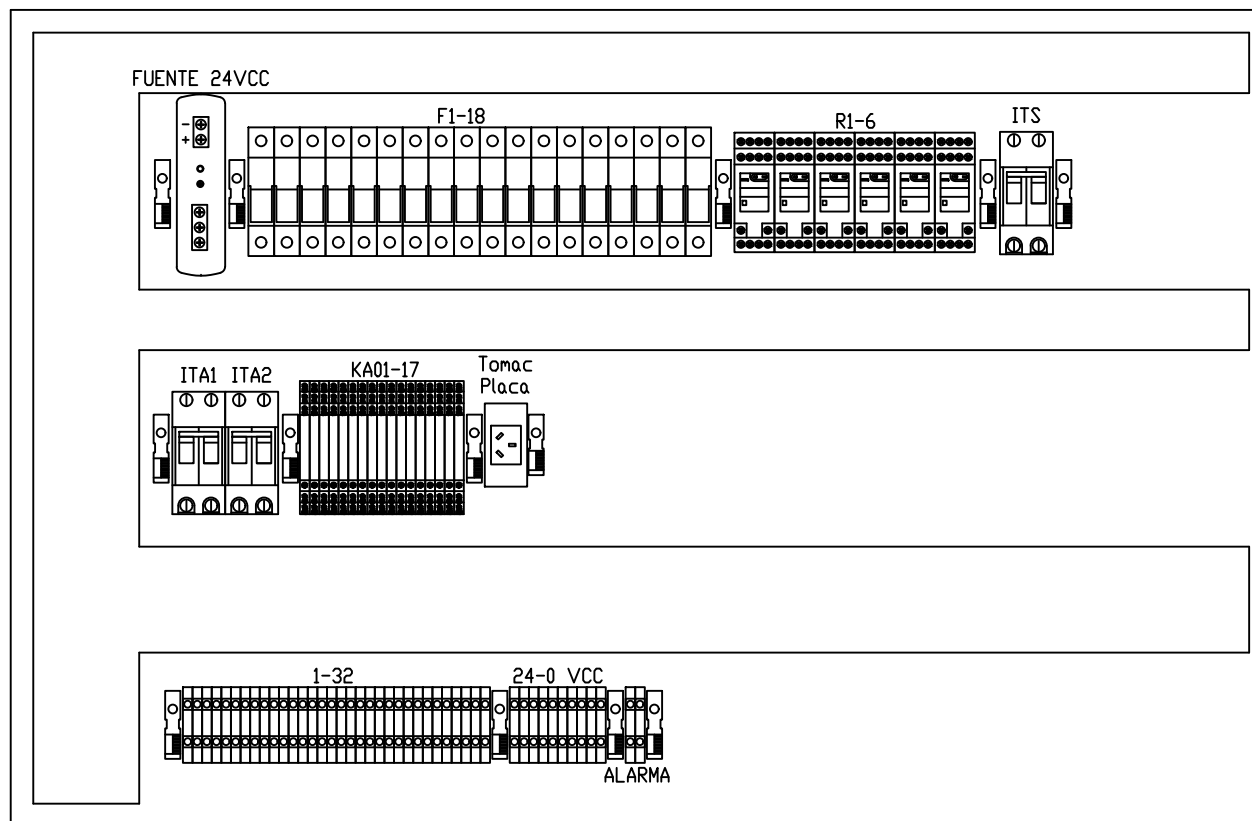
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	13

VISTA ANTERIOR PLACA INTERNA (GABINETE DE COMANDO)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

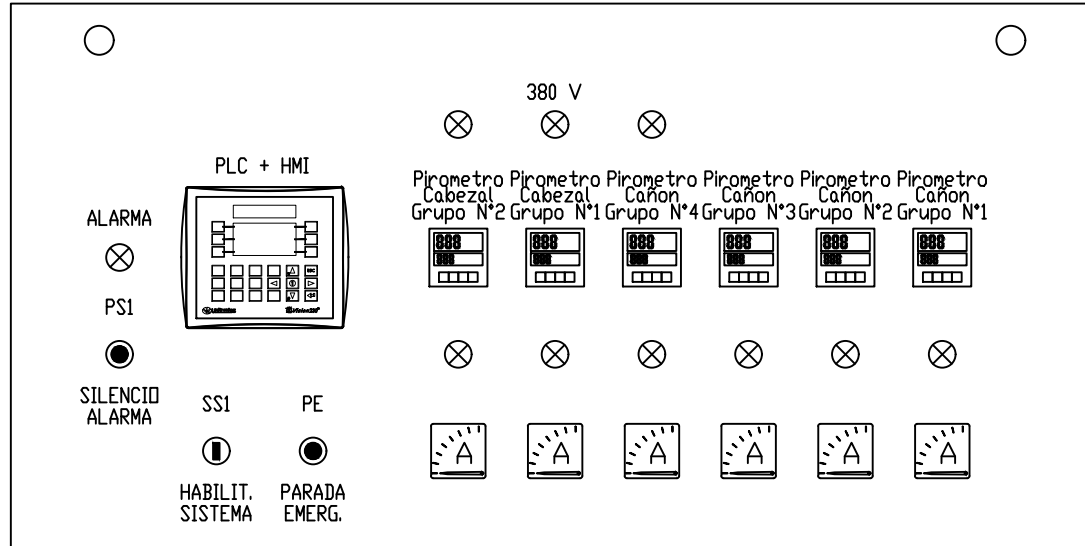


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	14

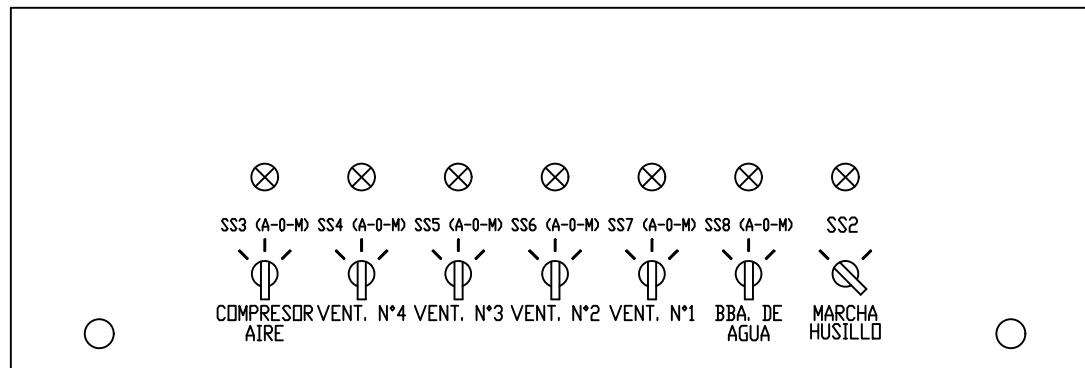
VISTA ANTERIOR PANELES PUPITRE (GABINETE DE COMANDO)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

VISTA ANTERIOR PANEL INCLINADO VERTICAL DE PUPITRE



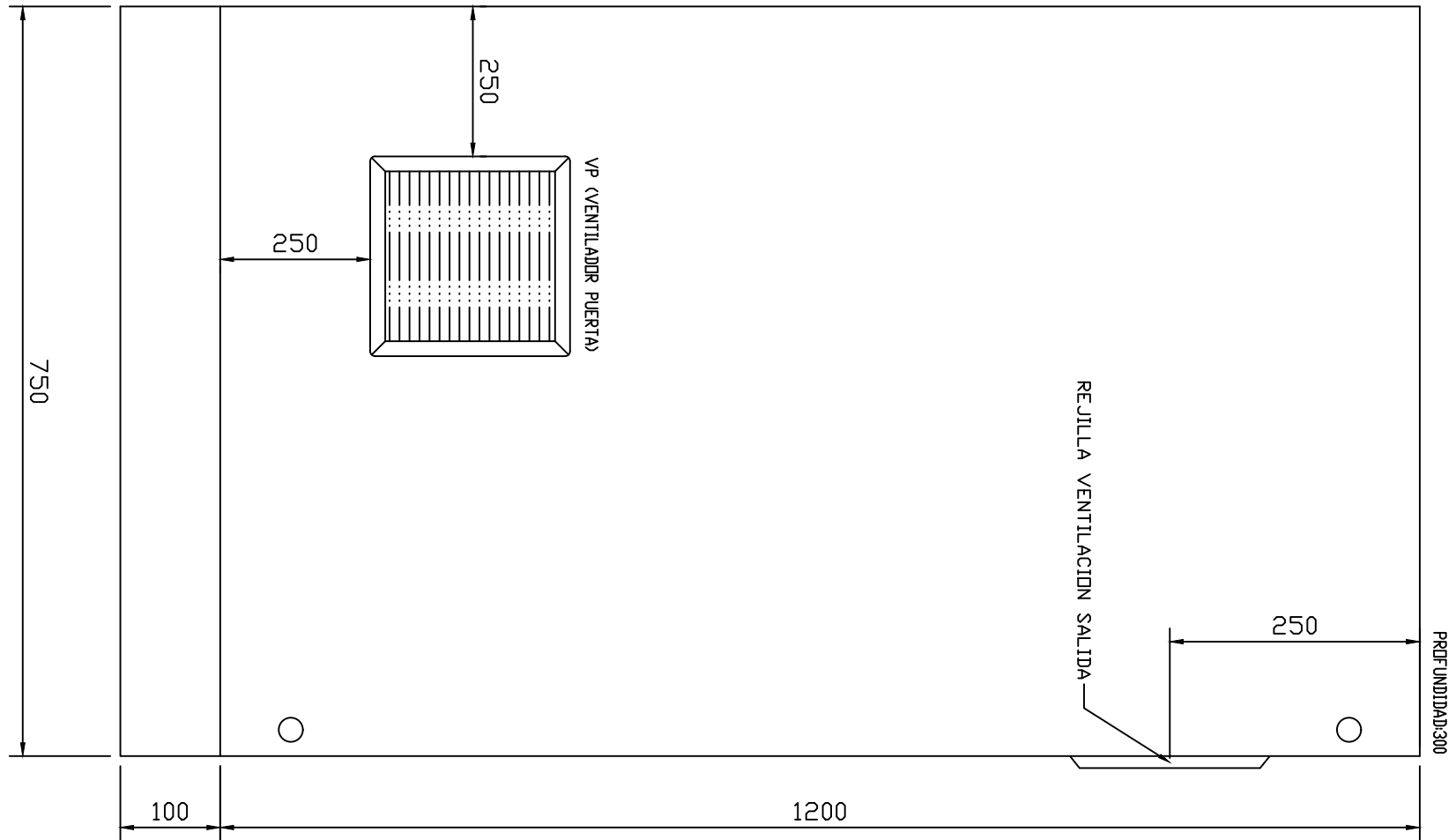
VISTA ANTERIOR PANEL INCLINADO HORIZONTAL DE PUPITRE



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	15

DIMENSIONES GABINETE DE POTENCIA

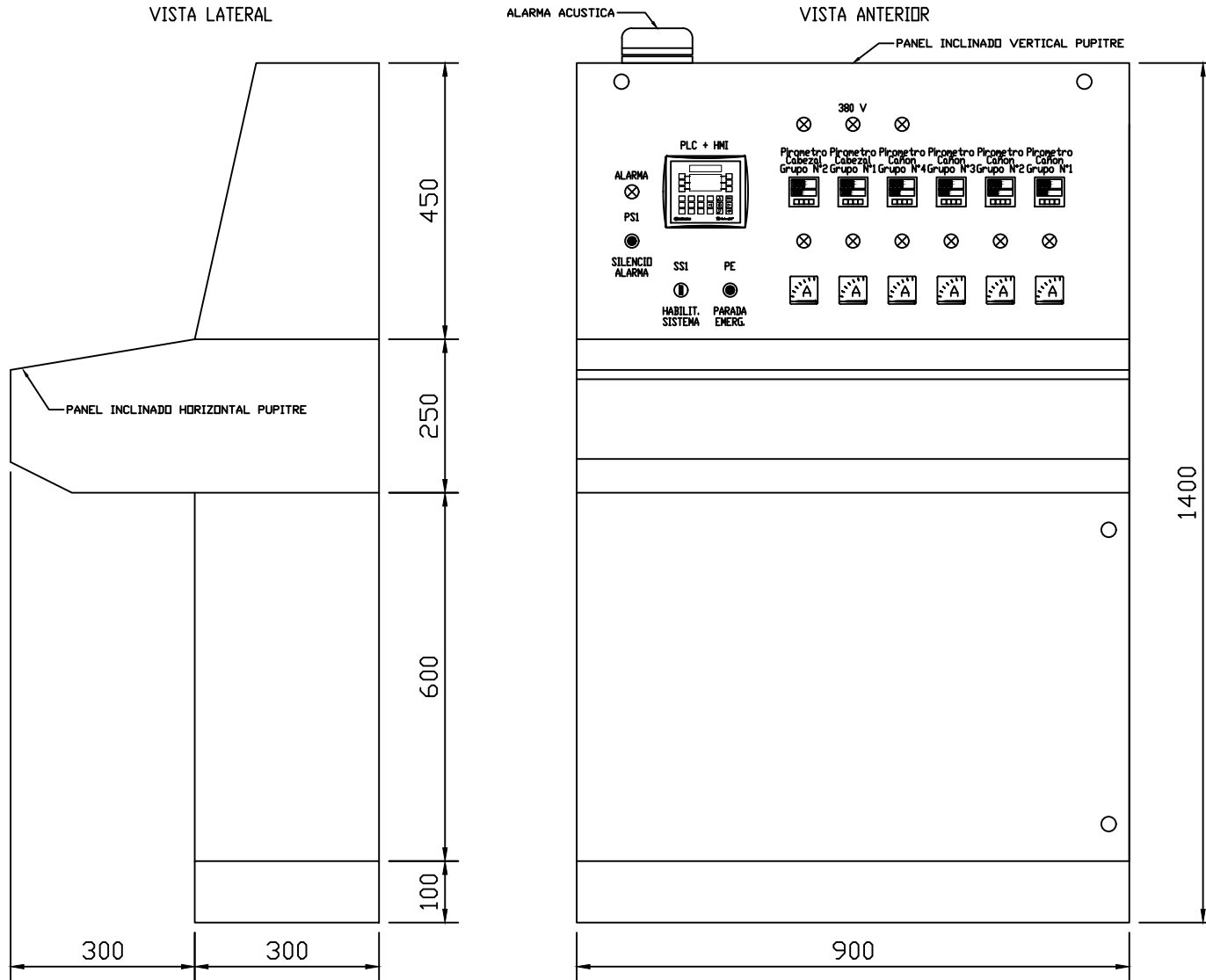
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	16

DIMENSIONES GABINETE TIPO PUPITRE DE COMANDO

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TABLERO ELECTRICO COMANDO Y POTENCIA EXTRUSORA DE PLASTICO	ESCALA:	[S.E.]
DIBUJO:	13/04/2018				ACTUALIZADO:	-
REVISO:	13/04/2018				PLANO N°:	-
APROBO:	13/04/2018				HOJA N°:	17

MaxWell

Digital Temperature Controller

MTB Series

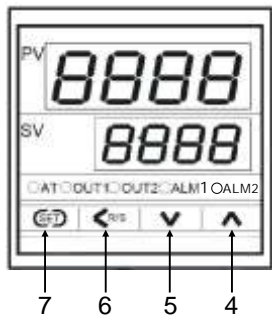
Standard Version

Standard Four digits PID



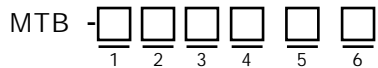
- Selectable input (TC, RTD, Analog)
- PID with auto-tuning
- Accuracy 0.5% F.S
- 90~260 VAC, 24VDC power supply optional
- SSR drive/Relay/4-20mA/Thyristor trigger output
- Dual line four digits display
- Panel mount
- Auxiliary power supply for sensors optional

Panel Description



- 1: Process value or parameter display
- 2: Setting value or parameter value display
- 3: Indication lamps
AT---Auto-tuning indication
OUT1---For output 1 indication
OUT2---For output 2 indication
ALM1 ---For first alarm indication
ALM 2---For second alarm indication
- 4: Increase key
- 5: Decrease key
- 6: Shift key or Run/Stop key
- 7: Set key

Ordering Information



1: Size Information

- 48:** 48mm(Width)*48mm(Height)
- 49:** 48mm(Width)*96mm(Height)
- 72:** 72mm(Width)*72mm(Height)
- 96:** 96mm(Width)*96mm(Height)
- 94:** 96mm(Width)*48mm(Height)

2: Output 1

- R:** Relay
- V:** SSR drive
- D:** 4-20mA

3: Output 2

- R:** Relay
- V:** SSR drive
- D:** 4-20mA
- N:** Without output 2

4: Alarm

- 1:** 1 alarm output
- 2:** 2 alarm output

5: Power Supply

- 96:** 90~260VAC
- 24:** 24VDC

6: Auxiliary Power supply

- 1:** 24VDC
- N:** Without auxiliary power supply

Remark: Output 2 is not available when output 1 selected as "4-20mA"

Specifications

Power Supply	:90~260VAC/24DC
Power Consumption	:5 VA(Maximum)
Display	:Dual Line four digits.7 segments LED display
Control method	:P,PID,PI, PD,ON/OFF(P=0)
Input	:Thermocouple(K,J,R,S,B,E,N,T,U,L,PLII,W5Re/W26Re) RTD(Pt100, JPT100) Voltage and Current(0-5VDC,1-5VDC,0-20mADC,4-20mADC)
Output	:Relay(10A /220VAC) SSR DRIVE(12VDC 50mA max) Current output(4-20mA/0-10mA)
Auxiliary output	:24VDC(48mm*48mm not available)
Measuring Accuracy	:0.5%F.S
Control Accuracy	:+/- 1 Celsius
Alarm output	:1 alarm or 2 alarms optional
Alarm mode	:Deviation high Deviation low Deviation high/low Band alarm Process high Process low
Proportional band(P)	:0.1-999.9/1-9999(default 30)
Integral time(I)	:1-3600S(default 240S)
Derivative times(D)	:1-3600S(default 60S)
Control Time(T)	:1-100S(default 20S for replay output, 2S for SSR drive and 4-20mA output)
Sampling time(T)	:0.5 second
Ambient Temperature	:0°C~50°C
Memory retention	:yes
Ambient humidity	:45%-85% RH(None Freeze)
Weight	:MTB-48(0.17kg) MTB-49(0.22kg) MTB-94(0.22kg) MTB-72(0.22kg) MTB-96:(0.31kg)
Size and dimensions	:MTB-48--48mm*48mm cutout(45mm*45mm*78mm) MTB-49--48mm*96mm cutout(45mm*91.5mm*70mm) MTB-72--72mm*72mm cutout(67.5mm*67.5mm*92mm) MTB-96--96mm*96mm cutout(91.5mm*91.5mm*70mm) MTB-94--96mm*48mm cutout(91.5mm*45mm*70mm)

Temperature Controller/Solid State Relay/Rotary Encoder

Input Signals

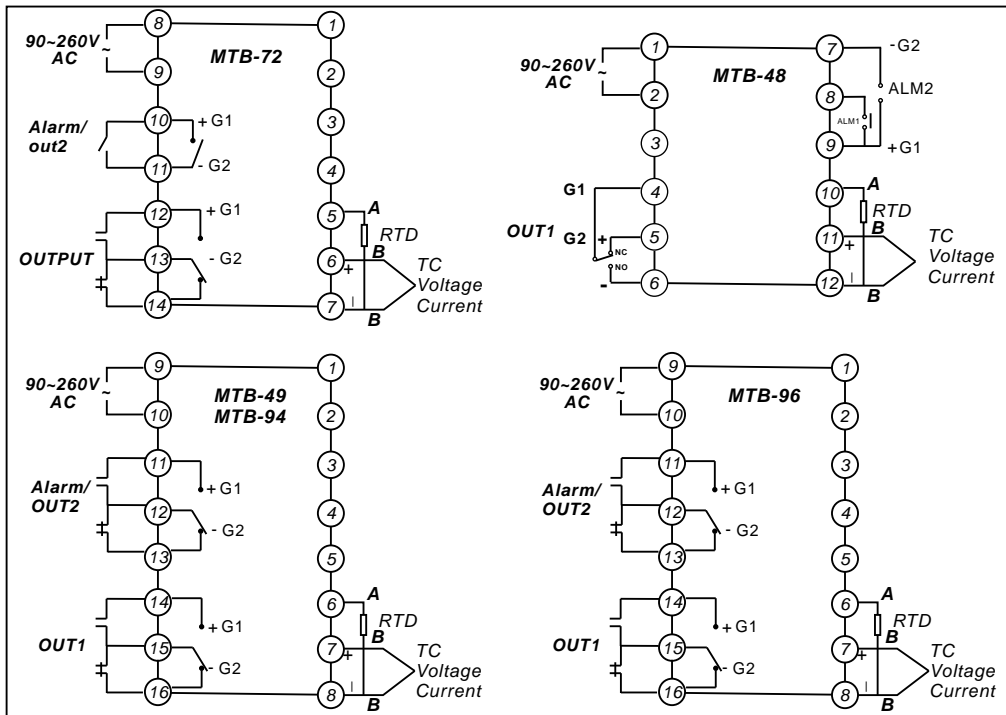
Thermocouple :K(0°C-1372°C) J(0°C-1200°C) R(0°C-1769°C)
 S(0°C-1769°C) B(0°C-1820°C) E(0°C-1000°C)
 T(-199°C-400°C) N(0°C-1300°C) U(-199°C-600°C)
 L(0°C-900°C) PLII(0°C-1390°C)
 W5Re/W26Re(0°C-2320°C)

RTD :PT100(-199.9°C-649.0°C) Jpt100(-199.9°C-649.0°C)

Analog :0-5VDC(-1999-9999 range configurable)
 1-5VDC(-1999-9999 range configurable)
 0-10mADC(-1999-9999 range configurable)
 4-20mADC(-1999-9999 range configurable)

Remark:Be sure to parallel connect a 250 ohm to the input terminal when input is 0-10mA or 4-20mA

Terminal Arrangement



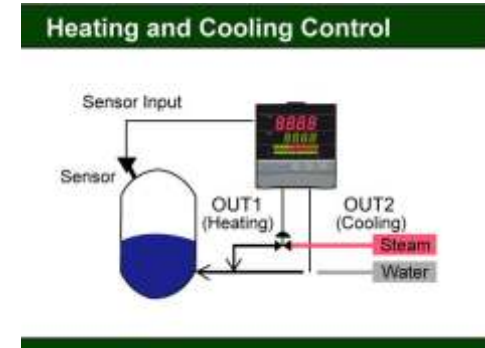
Remark:Parallel a 250 Ohm resistor to the input terminal when input is current(0-10mA/4-20mA)

Remark:G1 G2 for zero crossing thyristor trigger output

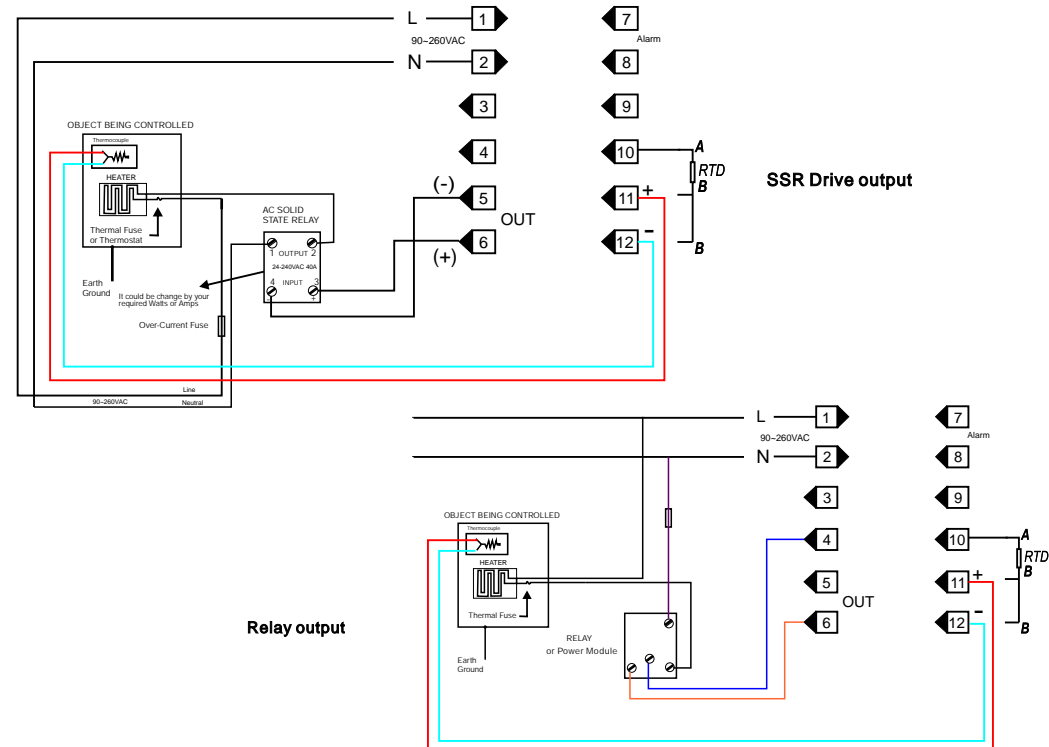
Useful Features

Auxiliary Power Supply :24VDC auxiliary power supply are available for all sizes except 48mm*48mm controller, it is a great features when controller used for process control such as pressure controller, 24VDC can be a power source for pressure transducer.

Heating & Cooling Control



Detailed Wiring Diagram For Most Popular Size 48mm*48mm



Temperature Controller/Solid State Relay/Rotary Encoder

This guide provides specifications for Unitronics' models V230-13-B20B, V280-18-B20B, V290-19-B20B.

You can find additional information in the Technical Library at www.unitronics.com.

Technical Specifications

Power Supply

Input voltage	12VDC or 24VDC
Permissible range	10.2VDC to 28.8VDC with less than 10% ripple
Max. current consumption	

	V230	V280	V290
@12VDC	280mA	540mA	470mA
@24VDC	140mA	270mA	230mA
Typical power consumption	2.5W	5.4W	5.1W

Battery

Back-up 7 years typical at 25°C, battery back-up for RTC and system data, including variable data.

Replacement Yes. Refer to instructions in the document: *Replacing a Battery V230-280-290.pdf*, available from Unitronics' Technical Library.

Graphic Display Screen

	V230	V280	V290
LCD Type	STN	Graphic B&W FSTN	
Illumination backlight	LED yellow-green	CCFL fluorescent lamp	
Display resolution, pixels	128x64	320x240 (QVGA)	
Viewing area	3.2"	4.7"	5.7"
Touchscreen	None	Resistive, analog	
'Touch' indication	None	Software (SB16)	Software (SB16); Via buzzer
Screen contrast	Manually adjusted. Refer to VisiLogic Help topic: <i>Setting LCD Contrast/Brightness</i>	Via software (Store value to SI 7). Refer to VisiLogic Help topic: <i>Setting LCD Contrast/Brightness</i>	

Keyboard

	V230	V280	V290
Number of keys	24	27	none (virtual)
	Includes soft keys and alphanumeric keypad		
Key type	Metal dome, sealed membrane switch		none
Slides	Picture, alphanumeric keypad, and Function keys		none

Program

Application memory	1MB		
Operand type	Quantity	Symbol	Value
Memory Bits	4096	MB	Bit (coil)
Memory Integers	2048	MI	16-bit signed/unsigned
Long Integers	256	ML	32-bit signed/unsigned
Double Word	64	DW	32-bit unsigned
Memory Floats	24	MF	32-bit signed/unsigned
Timers	192	T	32-bit
Counters	24	C	16-bit
Data Tables	120K (dynamic)/192K (static)		
HMI Displays	Up to 255		
Scan Time	30μsec per 1K of typical application		

Communication

Serial Ports	2. See Note 1		
RS232			
Galvanic isolation	No		
Voltage limits	±20V absolute maximum		
Baud rate range	COM1	COM2	
	300 to 57600 bps	300 to 115200 bps	
Cable length	Up to 15m (50')		
RS485			
Galvanic isolation	No		
Voltage limits	-7 to +12V differential maximum		
Baud rates	300 to 115200 bps		
Nodes	Up to 32		
Cable type	Shielded twisted pair, in compliance with EIA RS485		
Cable length	Up to 1200m (4000')		
CANbus port	1		
Nodes	CANopen	Unitronics' CANbus protocols	
	127	60	
Power requirements	24VDC (±4%), 40mA max. per unit		
Galvanic isolation	Yes, between CANbus and controller		
Cable length/ baud rate	25 m	1 Mbit/s	
	100 m	500 Kbit/s	
	250 m	250 Kbit/s	
	500 m	125 Kbit/s	
	500 m	100 Kbit/s	
	1000 m*	50 Kbit/s	
	1000 m*	20 Kbit/s	
		* If you require cable lengths over 500 meters, contact technical support.	
Optional port	User may install an additional port, available by separate order. Available port types are: RS232/RS485, and Ethernet.		

Notes:

1. COM1 supports RS232 only.
COM2 may be set to either RS232/RS485 according to jumper settings as shown in the product's Installation Guide. Factory setting: RS232.

I/Os

Via module	Number of I/Os and types vary according to module. Supports up to 256 digital, high-speed, and analog I/Os.
Snap-in I/O modules	Plugs into rear port to create self-contained PLC with up to 43 I/Os.
Expansion modules	Local adapter, via I/O Expansion Port. Integrate up to 8 I/O Expansion Modules comprising up to 128 additional I/Os. Remote I/O adapter, via CANbus port. Connect up to 60 adapters; connect up to 8 I/O expansion modules to each adapter.

Dimensions

Size	See mechanical drawings in the document <i>V230_280_290 Installation Guide.pdf</i> , available from Unitronics' Technical Library.		
	V230	V280	V290
Weight	429g (15.1 oz)	860g (30.4 oz)	840g (29.7 oz)

Mounting

Panel-mounting	Via brackets
----------------	--------------

Environment

Inside cabinet	IP20 / NEMA1 (case)
Panel mounted	IP65 / NEMA4X (front panel)
Operational temperature	0 to 50°C (32 to 122°F)
Storage temperature	-20 to 60°C (-4 to 140°F)
Relative Humidity (RH)	5% to 95% (non-condensing)

The information in this document reflects products at the date of printing. Unitronics reserves the right, subject to all applicable laws, at any time, at its sole discretion, and without notice, to discontinue or change the features, designs, materials and other specifications of its products, and to either permanently or temporarily withdraw any of the forgoing from the market.

All information in this document is provided "as is" without warranty of any kind, either expressed or implied, including but not limited to any implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Unitronics assumes no responsibility for errors or omissions in the information presented in this document. In no event shall Unitronics be liable for any special, incidental, indirect or consequential damages of any kind, or any damages whatsoever arising out of or in connection with the use or performance of this information.

The tradenames, trademarks, logos and service marks presented in this document, including their design, are the property of Unitronics (1989) (R"G) Ltd. or other third parties and you are not permitted to use them without the prior written consent of Unitronics or such third party as may own them.

V200-18-E46B Snap-in I/O Module

The V200-18-E46B plugs directly into the back of compatible Unitronics OPLCs, creating a self-contained PLC unit with a local I/O configuration.

Features



- 18 isolated digital inputs configurable to type pnp/npn (source/sink), includes 2 shaft encoder inputs.
- 15 isolated relay outputs.
- 2 isolated pnp/npn (source/sink) transistor outputs, includes 2 high-speed outputs.
- 9 analog inputs.
- 2 isolated analog outputs.

- Before using this product, it is the responsibility of the user to read and understand this document and any accompanying documentation.
- All examples and diagrams shown herein are intended to aid understanding, and do not guarantee operation. Unitronics accepts no responsibility for actual use of this product based on these examples.
- Please dispose of this product in accordance with local and national standards and regulations.
- Only qualified service personnel should open this device or carry out repairs.

User safety and equipment protection guidelines

This document is intended to aid trained and competent personnel in the installation of this equipment as defined by the European directives for machinery, low voltage, and EMC. Only a technician or engineer trained in the local and national electrical standards should perform tasks associated with the device's electrical wiring.

Symbols are used to highlight information relating to the user's personal safety and equipment protection throughout this document. When these symbols appear, the associated information must be read carefully and understood fully.

Symbol	Meaning	Description
	Danger	The identified danger causes physical and property damage.
	Warning	The identified danger can cause physical and property damage.
<i>Caution</i>	Caution	Use caution.



- Failure to comply with appropriate safety guidelines can result in severe personal injury or property damage. Always exercise proper caution when working with electrical equipment.



- Check the user program before running it.
- Do not attempt to use this device with parameters that exceed permissible levels.
- Install an external circuit breaker and take appropriate safety measures against short-circuiting in external wiring.
- To avoid damaging the system, do not connect / disconnect the device when the power is on.

Caution

- Ascertain that terminal blocks are properly secured in place.

Environmental Considerations



- Do not install in areas with: excessive or conductive dust, corrosive or flammable gas, moisture or rain, excessive heat, regular impact shocks or excessive vibration.



- Provide proper ventilation by leaving at least 10mm of space between the top and bottom edges of the device and the enclosure walls.
- Do not place in water or let water leak onto the unit.
- Do not allow debris to fall inside the unit during installation.

Wiring



- Do not touch live wires.



- Unused pins should not be connected. Ignoring this directive may damage the device.
- Do not connect the 'Neutral' or 'Line' signal of the 110/220VAC to the device's 0V pin.
- Double-check all wiring before turning on the power supply.

Wiring Procedures

Use crimp terminals for wiring; use 26-12 AWG wire (0.13mm^2 – 3.31mm^2) for all wiring purposes.

- Strip the wire to a length of $7\pm 0.5\text{mm}$ (0.250–0.300 inches).
 - Unscrew the terminal to its widest position before inserting a wire.
 - Insert the wire completely into the terminal to ensure that a proper connection can be made.
 - Tighten enough to keep the wire from pulling free.
- To avoid damaging the wire, do not exceed a maximum torque of 0.5 N·m (5 kgf·cm).
 - Do not use tin, solder, or any other substance on stripped wire that might cause the wire strand to break.
 - Install at maximum distance from high-voltage cables and power equipment.

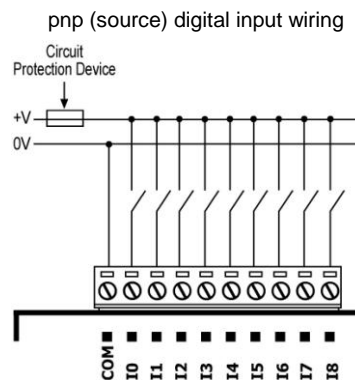
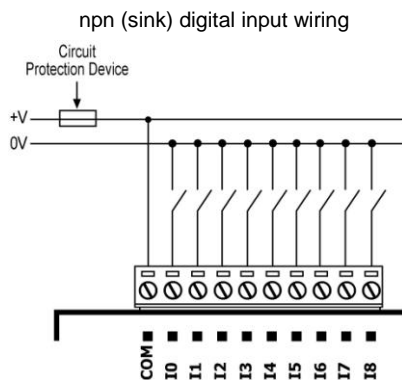
I/O Wiring—General

- Input or output cables should not be run through the same multi-core cable or share the same wire.
- Allow for voltage drop and noise interference with input lines used over an extended distance. Use wire that is properly sized for the load.

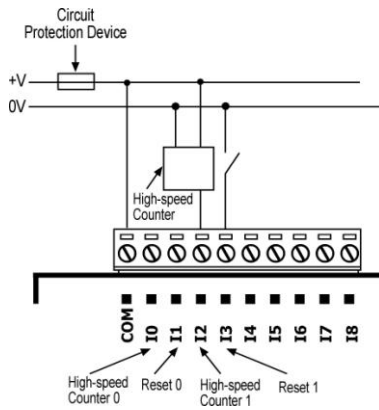
Digital Inputs

Each group of 9 inputs has a common signal. Each group can be used as either pnp (source) or npn (sink), when appropriately wired as shown in the following figures.

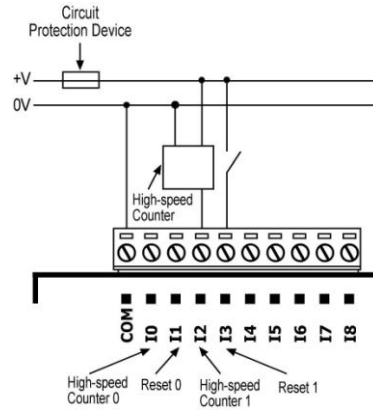
- Inputs I0 and I2 can be used as normal digital inputs, as high-speed counters, or as part of a shaft encoder.
- Inputs I1 and I3 can be used as normal digital inputs, as high-speed counter resets, or as part of a shaft encoder.



npn (sink) high-speed counter

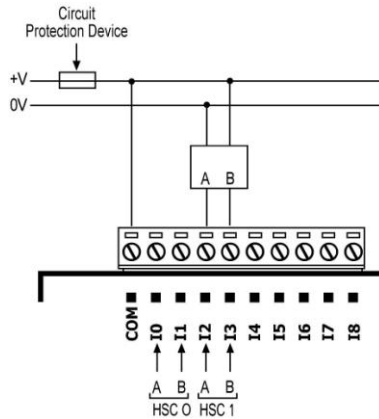


pnP (source) high-speed counter

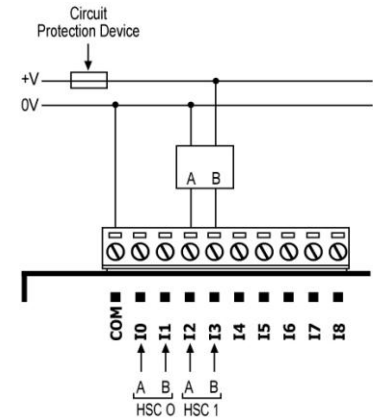


Inputs I0, I1, and I2, I3 can be used as shaft encoders as shown below.

npn (sink) shaft encoder wiring



pnP (source) shaft encoder wiring

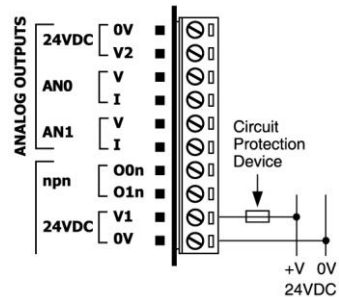


Digital Outputs

Wiring Power Supplies

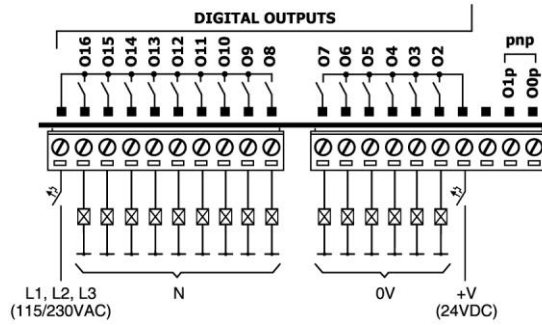
Use a 24VDC power supply for both relay and transistor outputs.

1. Connect the "positive" lead to the "V1" terminal, and the "negative" lead to the "0V" terminal.
 - In the event of voltage fluctuations or non-conformity to voltage power supply specifications, connect the device to a regulated power supply.



Relay Outputs

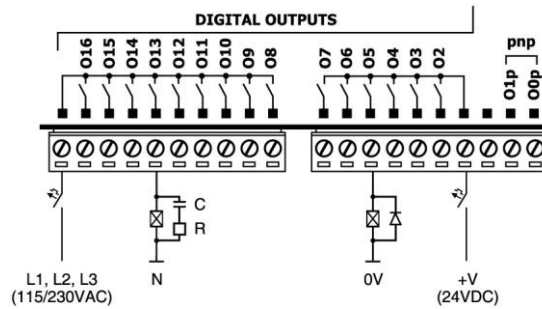
- Each group can be wired separately to either AC or DC as show.
- The 0V signal of the relay outputs is isolated from the controller's 0V signal.



Increasing Contact Life Span

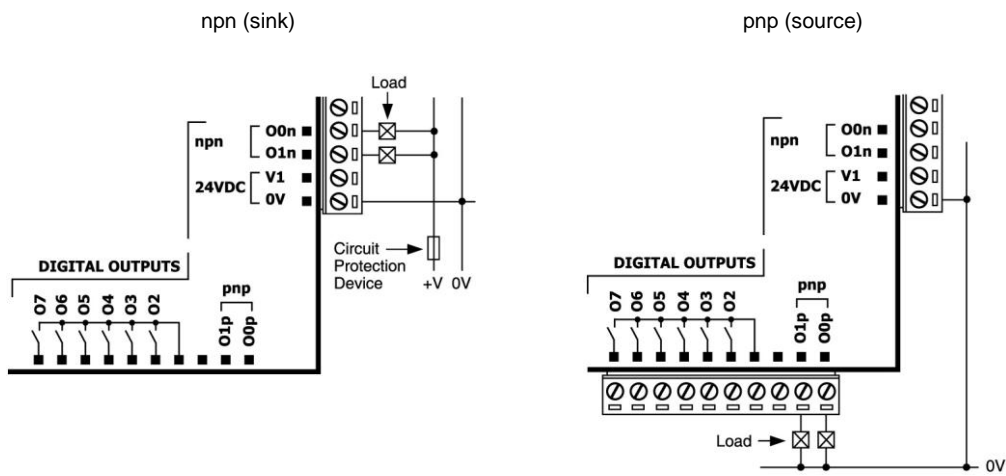
To increase the life span of the relay output contacts and protect the device from potential damage by reverse EMF, connect:

- a clamping diode in parallel with each inductive DC load,
- an RC snubber circuit in parallel with each inductive AC load.



Transistor Outputs

- Each output can be wired separately as either npn or pnp.
- The 0V signal of the transistor outputs is isolated from the controller's 0V signal.



Analog Inputs

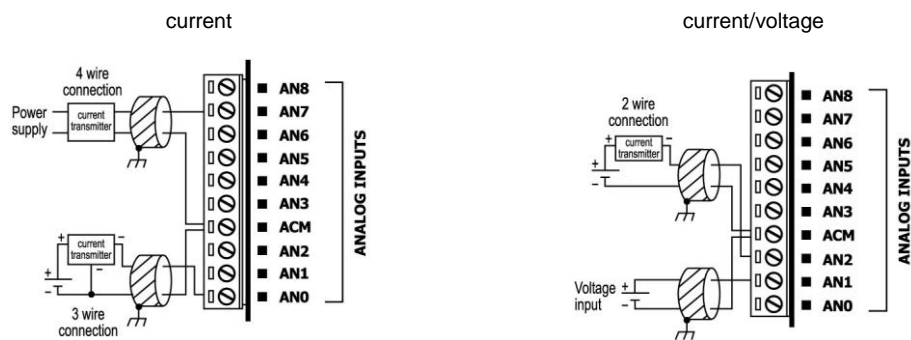
9 analog inputs, which can be wired to work with either current or voltage:

- Inputs 0 to 2 are 10-bit.
- Inputs 3 to 8 are 12 to 14-bit.

To configure an input, open the device and set the jumpers according to the instructions beginning on page 6. Shields should be connected at the signal source.

Analog Inputs

- All inputs share a common ACM signal, which must be connected to the 0V of the controller.



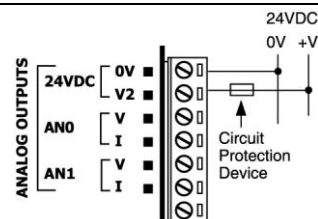
Analog Outputs Power Supply

Use a 24VDC power supply for all analog output modes.

- Connect the "positive" cable to the "V2" terminal, and the "negative" to the "0V" terminal.
- In the event of voltage fluctuations or non-conformity to voltage power supply specifications, connect the device to a regulated power supply.
 - Since the analog I/O power supply is isolated, the controller's 24VDC power supply may also be used to power the analog I/Os.

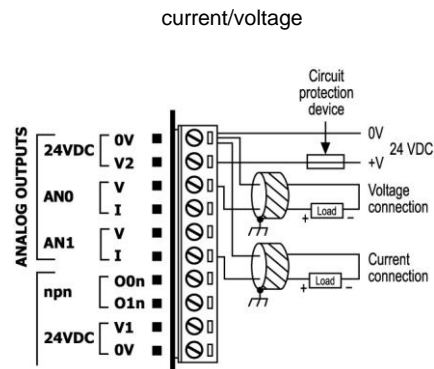


The 24VDC power supply must be turned on and off simultaneously with the controller's power supply.



Analog Outputs

- Shields should be earthed, connected to the earth of the cabinet.
- An output can be wired to either current or voltage, use the appropriate wiring as shown below.
- Do not use current and voltage from the same source channel.



Changing Jumper Settings

To access the jumpers, you must remove the snap-in I/O module from the controller, and then remove the module's PCB board.

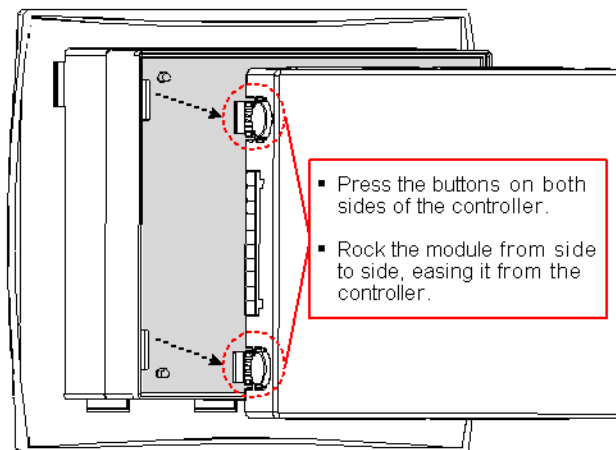


- Before you begin, turn off the power supply, disconnect and dismount the controller.
- Before performing these actions, touch a grounded object to discharge any electrostatic charge.
- Avoid touching the PCB board directly by holding the PCB board by its connectors.

Accessing the Jumpers

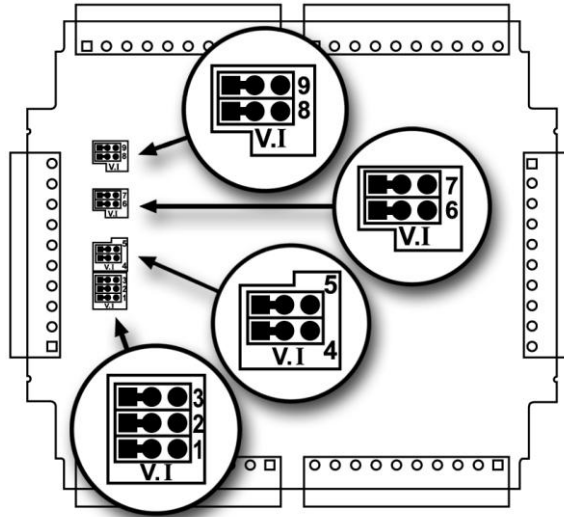
First, remove the snap-in module.

1. Locate the 4 buttons on the sides of the module, 2 on either side. Press the 2 buttons on either side of the module as shown, and hold them down to open the locking mechanism.
2. Gently rock the module from side to side, easing the module from the controller.



3. Using a Philips screwdriver, remove the center screw from the module's PCB board.

Select the desired function by changing the jumper settings according to the figure and tables shown below.

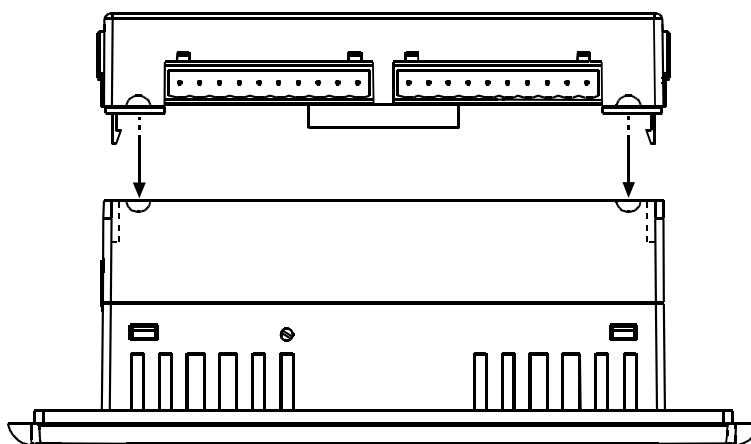


	Jumper #	Voltage*	Current
Analog input 0	1	V	I
Analog input 1	2	V	I
Analog input 2	3	V	I
Analog input 3	4	V	I
Analog input 4	5	V	I
Analog input 5	6	V	I
Analog input 6	7	V	I
Analog input 7	8	V	I
Analog input 8	9	V	I

* Default factory setting

Reassembling the controller

1. Return the PCB board to the module and secure the center screw.
2. Next, reinstall the module. Line the circular guidelines on the controller up with the guidelines on the Snap-in I/O Module as shown below.
3. Apply even pressure on all 4 corners until you hear a distinct 'click'. The module is now installed. Check that all sides and corners are correctly aligned.



V200-18-E46B Technical Specifications

Digital Inputs

Number of inputs	18 (in two groups)
Input type	pnp (source) or npn (sink)
Galvanic isolation	
Digital inputs to bus	Yes
Digital inputs to digital inputs in same group	No
Group to group, digital inputs	Yes
Nominal input voltage	24VDC
Input voltage	
pnp (source)	0-5VDC for Logic '0' 17-28.8VDC for Logic '1'
npn (sink)	17-28.8VDC for Logic '0' 0-5VDC for Logic '1'
Input current	8.8mA@24VDC for inputs 0 to 3 6mA@24VDC for inputs 4 to 17
Response time	10mSec typical
High-speed inputs	Specifications below apply when these inputs are wired for use as a high-speed counter input/shaft encoder. See Notes 1 and 2.
Resolution	32-bit
Frequency	10kHz maximum
Minimum pulse width	40µs

Notes:

- Inputs 0 and 2 can each function as either high-speed counter or as part of a shaft encoder. In each case, high-speed input specifications apply. When used as a normal digital input, normal input specifications apply.
- Inputs 1 and 3 can each function as either counter reset, or as a normal digital input; in either case, its specifications are those of a normal digital input. These inputs may also be used as part of a shaft encoder. In this case, high-speed input specifications apply.

Digital Outputs

Digital Output's Power Supply

Nominal operating voltage	24VDC
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC
Quiescent current	5mA@24VDC.
Max. current consumption	85mA@24VDC. See Note 3.
Galvanic isolation	
Digital power supply to bus	Yes
Digital power supply to relay outputs	Yes
Digital power supply to transistor outputs	No

Notes:

- Maximum current consumption does not provide for pnp output requirements. The additional current requirement of pnp outputs must be added.

Relay Outputs

Number of outputs	15 relays (in two groups). See Note 4.
Output type	SPST-NO (Form A)
Isolation	By relay
Type of relay	Tyco PCN-124D3MHZ or compatible
Outputs' power supply	See Digital Output's Power Supply page 11.
Galvanic isolation	
Relay outputs to bus	Yes
Group to group, relay outputs	Yes
Relay to transistor outputs	Yes
Output current	3A maximum per output (resistive load) 8A maximum total for common (resistive load)
Rate voltage	250VAC / 30VDC
Minimum load	1mA@5VDC
Life expectancy	100k operations at maximum load
Response time	10mS (typical)
Contact protection	External precautions required (see Increasing Contact Life Span, p.4)

Notes:

- Outputs 2, 3, 4, 5, 6 and 7 share a common signal. Outputs 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 and 16 share a common signal.

Transistor Outputs/H.S.O.

Number of outputs	2, high-speed. Each can be individually wired as pnp (source) or npn (sink).
Output type	pnp: P-MOSFET (open drain) nnp: N-MOSFET (open drain)
Galvanic isolation	
Transistor outputs to bus	Yes
Transistor outputs to transistor outputs	No
Transistor outputs to relay outputs	Yes
Output current	pnp: 0.5A maximum per output nnp: 50mA maximum per output
Maximum frequency	<u>Resistive load</u> pnp: 0.5kHz nnp: 100kHz <u>Inductive load</u> 0.5Hz
ON voltage drop	pnp: 0.5VDC maximum nnp: 0.4VDC maximum
Short circuit protection	Yes (pnp only)
Voltage reference	
pnp (source)	See Digital Output's Power Supply page 11
nnp (sink)	3.5V to 28.8VDC, unrelated to the voltage of either the I/O module or the controller

Notes:

- Output #0 and 1 may be used as high-speed outputs.

Analog Inputs

Number of inputs	9
Type of input	Set via appropriate wiring and jumper settings.
Isolation	None

Analog Inputs

	AN0-AN2 (10-bit)	AN3-AN8 (12-14-bit)
Input range	0-10V, 0-20mA, 4-20mA	0-10V, 0-20mA, 4-20mA
Conversion method	Successive approximation	Voltage to frequency
Normal mode		
Resolution, except 4-20mA	10-bit (1024 units)	14-bit (16383 units)
Resolution at 4-20mA	204-1023 (820 units)	3277 to 16383 (13107 units)
Conversion time	Synchronized to scan time	100mSec minimum per input (according to filter type)
Fast Mode		
Resolution, except 4-20mA	—	12-bit (4096 units)
Resolution at 4-20mA	—	819 to 4095 (3277 units)
Conversion time	—	20mSec minimum per input (according to filter type)
Input impedance	>100k Ω —voltage 500 Ω —current	12.77k Ω —voltage 37 Ω —current
Absolute maximum rating	\pm 15V—voltage \pm 30mA, 15V—current	\pm 15V—voltage \pm 30mA, 1.1V—current
Full-scale error	\pm 3 LSB (0.3%)	\pm 0.5%
Linearity error	\pm 3 LSB (0.3%)	\pm 0.04%
Status indication	Yes. See Note 6.	Yes. See Note 7.

Notes:

6. The analog value can indicate a fault:

Value: 10-bit
1024

Possible Cause
Deviates above the input range

7. The analog value can indicate faults:

Value: 12-bit	Value: 14-bit
-1	-1
4096	16384
32767	32767

Possible Cause
Deviates slightly below the input range
Deviates slightly above the input range
Deviates greatly above or below the input range

Analog Outputs**Analog Output's Power Supply**

Nominal operating voltage	24VDC
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC
Quiescent current	30mA@24VDC
Max. current consumption	80mA@24VDC
Galvanic isolation	
Analog power supply to bus	Yes
Analog power supply to analog outputs	No

Analog Outputs

Number of outputs	2 (single-ended)
Output range	0-10V, 4-20mA. See Note 8.
Resolution	12-bit (4096 units)
Conversion time	Synchronized to scan time
Load impedance	1k Ω minimum—voltage 500 Ω maximum—current
Galvanic isolation	
Analog outputs to bus	Yes
Analog output to analog output	No
Linearity error	$\pm 0.1\%$
Operational error limits	$\pm 0.2\%$

Notes:

8. Note that the range of each I/O is defined by wiring and within the controller's software.

Environmental

	IP20 / NEMA1
Operating temperature	0° to 50°C (32° to 122°F)
Storage temperature	-20° to 60°C (-4° to 140°F)
Relative Humidity (RH)	10% to 95% (non-condensing)
Dimensions (WxHxD)	138x23x123mm (5.43x0.9x4.84")
Weight	140g (4.94oz)

The information in this document reflects products at the date of printing. Unitronics reserves the right, subject to all applicable laws, at any time, at its sole discretion, and without notice, to discontinue or change the features, designs, materials and other specifications of its products, and to either permanently or temporarily withdraw any of the foregoing from the market.

All information in this document is provided "as is" without warranty of any kind, either expressed or implied, including but not limited to any implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Unitronics assumes no responsibility for errors or omissions in the information presented in this document. In no event shall Unitronics be liable for any special, incidental, indirect or consequential damages of any kind, or any damages whatsoever arising out of or in connection with the use or performance of this information.

The tradenames, trademarks, logos and service marks presented in this document, including their design, are the property of Unitronics (1989) (RTM) Ltd. or other third parties and you are not permitted to use them without the prior written consent of Unitronics or such third party as may own them

V200-18-E1B Snap-in I/O Module

The V200-18-E1B plugs directly into the back of compatible Unitronics OPLCs, creating a self-contained PLC unit with a local I/O configuration.

Features



- 16 isolated digital inputs, including 2 high-speed counter inputs, type pnp/npn (source/sink)
- 10 isolated relay outputs
- 4 isolated pnp/npn (source/sink) transistor outputs, including 2 high-speed outputs
- 3 analog inputs



- Before using this product, it is the responsibility of the user to read and understand this document and any accompanying documentation.
- All examples and diagrams shown herein are intended to aid understanding, and do not guarantee operation. Unitronics accepts no responsibility for actual use of this product based on these examples.
- Please dispose of this product in accordance with local and national standards and regulations.
- Only qualified service personnel should open this device or carry out repairs.

User safety and equipment protection guidelines



This document is intended to aid trained and competent personnel in the installation of this equipment as defined by the European directives for machinery, low voltage, and EMC. Only a technician or engineer trained in the local and national electrical standards should perform tasks associated with the device's electrical wiring.

Symbols are used to highlight information relating to the user's personal safety and equipment protection throughout this document. When these symbols appear, the associated information must be read carefully and understood fully.

Symbol	Meaning	Description
	Danger	The identified danger causes physical and property damage.
	Warning	The identified danger can cause physical and property damage.
<i>Caution</i>	Caution	Use caution.

- | | |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> ■ Failure to comply with appropriate safety guidelines can result in severe personal injury or property damage. Always exercise proper caution when working with electrical equipment. |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ■ Check the user program before running it. ■ Do not attempt to use this device with parameters that exceed permissible levels. ■ Install an external circuit breaker and take appropriate safety measures against short-circuiting in external wiring. ■ To avoid damaging the system, do not connect / disconnect the device when the power is on. |
| <i>Caution</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Ascertain that terminal blocks are properly secured in place. |

Environmental Considerations

- | | |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> ■ Do not install in areas with: excessive or conductive dust, corrosive or flammable gas, moisture or rain, excessive heat, regular impact shocks or excessive vibration. |
|  | <ul style="list-style-type: none"> ■ Provide proper ventilation by leaving at least 10mm of space between the top and bottom edges of the device and the enclosure walls. ■ Do not place in water or let water leak onto the unit. ■ Do not allow debris to fall inside the unit during installation. |

Installing / Removing the Snap-in I/O Module

Installing a Snap-in I/O Module

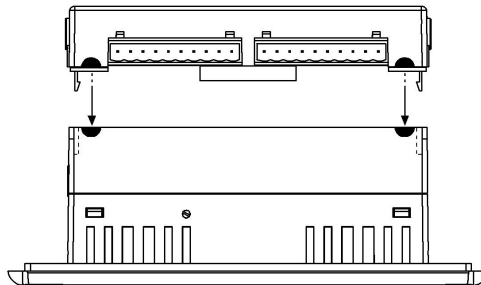
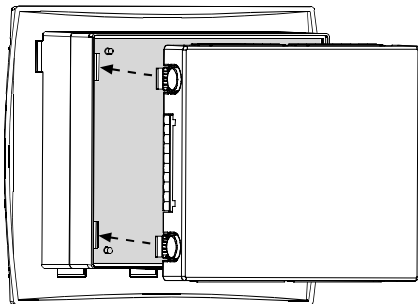
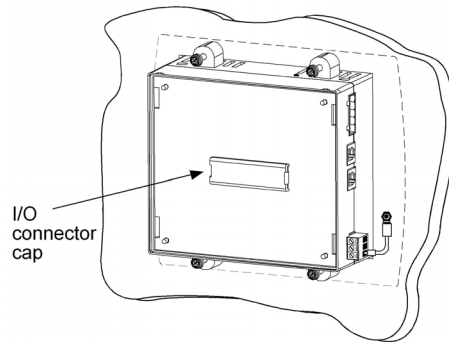
You can install a Snap-in I/O Module both before and after mounting the controller.



- Turn off the power before installing I/O modules.

Note the protective cap covering the I/O connector shown in the accompanying figure. This cap must cover the connector whenever a Snap-in I/O Module is not attached to the controller. You must remove this cap before installing a module.

1. Pry the cap off using the blade of a screwdriver.
2. Line the circular guidelines on the controller up with the guidelines on the module as shown below.
3. Apply even pressure on all 4 corners until you hear a distinct 'click'.



The module is now installed. Check that all sides and corners are correctly aligned.

Removing a Snap-in I/O Module

1. Press the buttons on the sides of the module and hold them down to open the locking mechanism.
2. Gently rock the module from side to side, easing the module from the controller.
3. Replace the protective cap on the connector.

Wiring



- Do not touch live wires.



- Unused pins should not be connected. Ignoring this directive may damage the device.
- Do not connect the 'Neutral' or 'Line' signal of the 110/220VAC to the device's 0V pin.
- Double-check all wiring before turning on the power supply.

Wiring Procedures

Use crimp terminals for wiring; use 26-12 AWG wire (0.13 mm²–3.31 mm²) for all wiring purposes.

1. Strip the wire to a length of 7±0.5mm (0.250–0.300 inches).
2. Unscrew the terminal to its widest position before inserting a wire.
3. Insert the wire completely into the terminal to ensure that a proper connection can be made.
4. Tighten enough to keep the wire from pulling free.
 - To avoid damaging the wire, do not exceed a maximum torque of 0.5 N·m (5 kgf·m).
 - Do not use tin, solder, or any other substance on stripped wire that might cause the wire strand to break.
 - Install at maximum distance from high-voltage cables and power equipment.

I/O Wiring—General

- Input or output cables should not be run through the same multi-core cable or share the same wire.
- Allow for voltage drop and noise interference with input lines used over an extended distance. Use wire that is properly sized for the load.

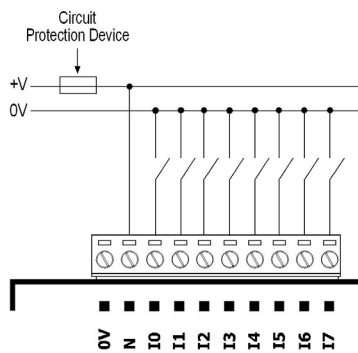
Digital Inputs

Each group of 8 inputs has a common signal. Each group can be used as either pnp (source) or npn (sink), when appropriately wired as shown in the following figures.

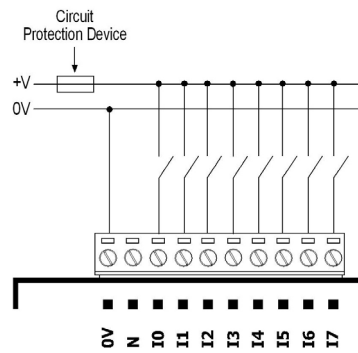
Inputs I0 and I2 can be used as normal digital inputs, high-speed counters, or as part of a shaft encoder. Inputs I1 and I3 can be used as normal digital inputs, high-speed counter resets, or as part of a shaft encoder.

- The 0V signal of the inputs is isolated from the controller's 0V signal.
- Each group of inputs has its own 0V signal.
- The inputs' 0V and N signals are internally shorted on each connector.

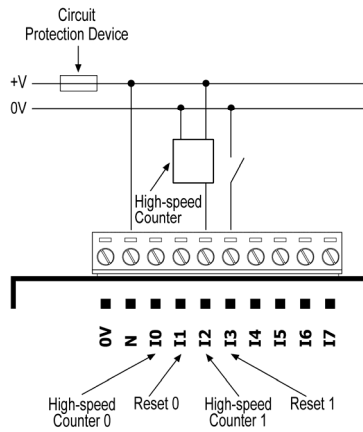
npn (sink) digital input wiring



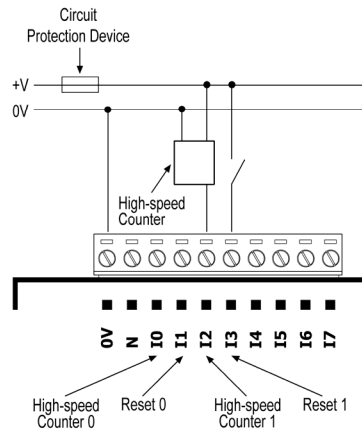
pnp (source) digital input wiring



npn (sink) high-speed counter

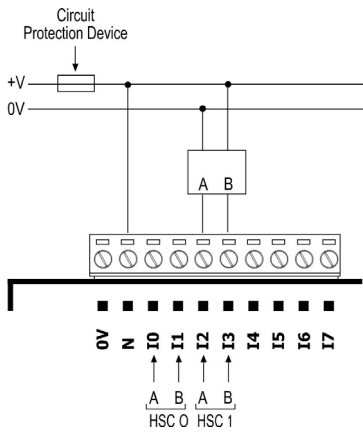


pnp (source) high-speed counter

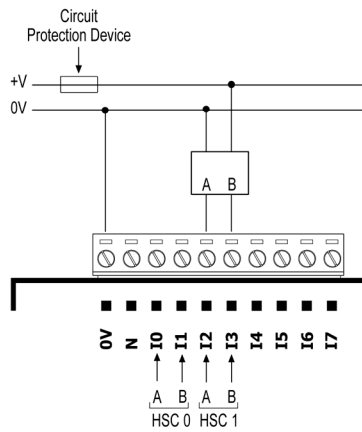


Inputs I0, I1, and I2, I3 can be used as shaft encoders as shown below.

npn (sink) shaft encoder wiring



pnp (source) shaft encoder wiring



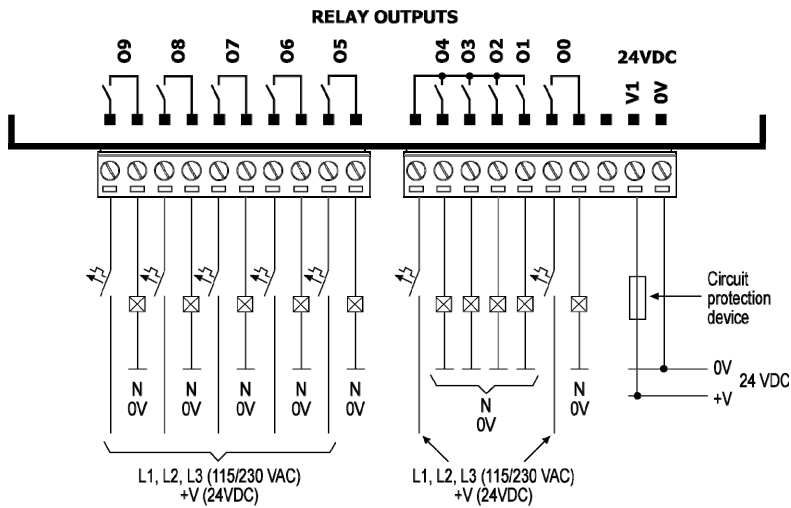
Digital Outputs

Wiring Power Supplies

1. Connect the "positive" lead to the "V1" terminal for the relay outputs, to the "V2" terminal for the transistor outputs.
 2. In both cases, connect the "negative" lead to the "0V" terminal of each output group.
- In the event of voltage fluctuations or non-conformity to voltage power supply specifications, connect the device to a regulated power supply.
 - Do not connect the 'Neutral' or 'Line' signal of the 110/220VAC to the device's 0V pin.

Relay Outputs

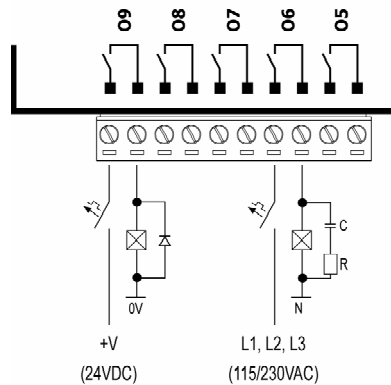
- The 0V signal of the relay outputs is isolated from the controller's 0V signal.



Increasing Contact Life Span

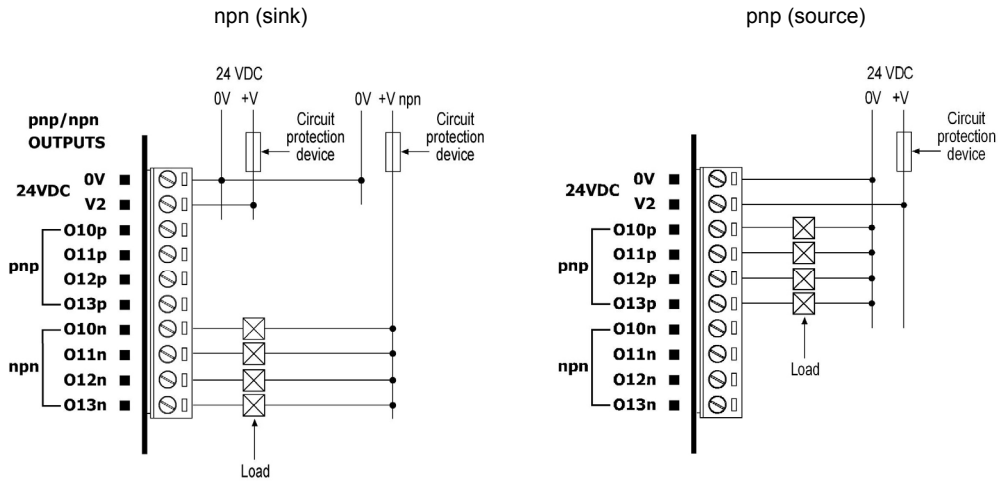
To increase the life span of the relay output contacts and protect the device from potential damage by reverse EMF, connect:

- a clamping diode in parallel with each inductive DC load,
- an RC snubber circuit in parallel with each inductive AC load.



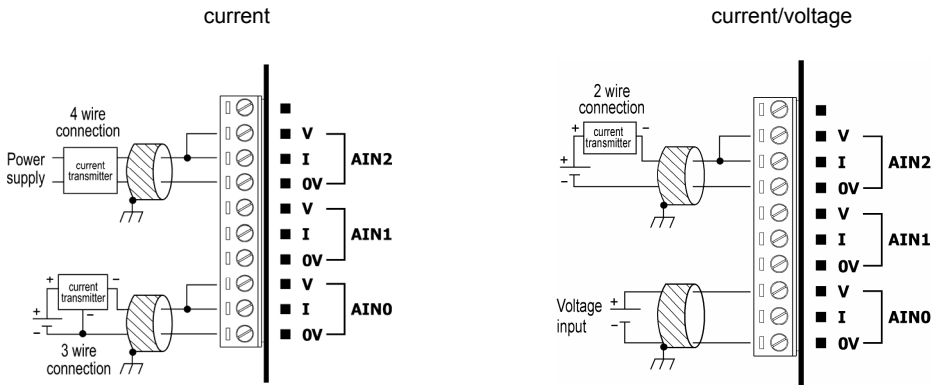
Transistor Outputs

- Each output can be wired separately as either npn or pnp.
- The 0V signal of the transistor outputs is isolated from the controller's 0V signal.



Analog Inputs

- Shields should be connected at the signal source.
- Inputs may be wired to work with either current or voltage.
- Note that the analog input's 0V signal must be the same 0V used by the controller's power supply.



V200-18-E1B Technical Specifications

Digital Inputs

Number of inputs	16 (in two groups)
Input type	pnp (source) or npn (sink), set by wiring.
Galvanic isolation	Yes
Nominal input voltage	24VDC
Input voltage	
pnp (source)	0-5VDC for Logic '0' 17-28.8VDC for Logic '1'
npn (sink)	17-28.8VDC for Logic '0' 0-5VDC for Logic '1'
Input current	6mA@24VDC for inputs #4 to #15 8.8mA@24VDC for inputs #0 to #3
Response time	10mSec typical
High speed inputs	Specifications below apply. See Notes 1 and 2.
Resolution	32-bit
Frequency	10kHz maximum
Minimum pulse width	40µs

Notes:

- Inputs #0 and #2 can each function as either high-speed counter or as part of a shaft encoder. In each case, high-speed input specifications apply. When used as a normal digital input, normal input specifications apply.
- Inputs #1 and #3 can each function as either counter reset, or as a normal digital input; in either case, its specifications are those of a normal digital input. These inputs may also be used as part of a shaft encoder. In this case, high-speed input specifications apply.

Relay Outputs

Number of outputs	10. See Note 3.
Output type	SPST-NO relay (Form A)
Isolation	By relay
Type of relay	Panasonic JQ1AP-24V, or compatible
Output current	5A maximum (resistive load). 8A maximum for common signal. See Note 3.
Rated voltage	250VAC / 30VDC
Minimum load	1mA@5VDC
Life expectancy	50k operations at maximum load
Reponse time	10mS (typical)
Contact protection	External precautions required. See Increasing Contact Life Span, page 6.
Outputs' power supply	
Nominal operating voltage	24VDC
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC
Max. current consumption	90mA@24VDC

Notes:

- Outputs #1, #2, #3, and #4 share a common signal. All other outputs have individual contacts.

Transistor Outputs

Number of outputs	4. Each can be individually wired as pnp (source) or npn (sink).
Output type	pnp: P-MOSFET (open drain) npn: open collector
Galvanic isolation	Yes
Output current	pnp: 0.5A maximum (per output) Total current: 2A maximum (per group) npn: 50mA maximum (per output) Total current: 150mA maximum (per group)
Maximum frequency	20Hz (resistive load) 0.5Hz (inductive load)
High speed output maximum frequency (resistive load)	pnp: 2kHz npn: 50kHz See Note 4
ON voltage drop	pnp: 0.5VDC maximum npn: 0.85VDC maximum
Short circuit protection	Yes (pnp only)
Power supply	
operating voltage	20.4 to 28.8VDC
nominal operating voltage	24VDC
npn (sink) power supply	
operating voltage	3.5V to 28.8VDC, unrelated to voltage of either the I/O module or the controller

Notes:

- Outputs #12 and Output #13 may be used as high-speed outputs

Analog Inputs

Number of inputs	3 (single-ended)
Input range	0-10V, 0-20mA, 4-20mA. See Note 5.
Conversion method	Successive approximation
Resolution (except at 4-20mA)	10-bit (1024 units)
Resolution at 4-20mA	204 to 1023 (820 units)
Conversion time	Synchronized to scan time
Input impedance	>100K Ω —voltage 500 Ω —current
Galvanic isolation	None
Absolute maximum rating	\pm 15V—voltage \pm 30mA—current
Full-scale error	\pm 2 LSB (0.2%)
Linearity error	\pm 2 LSB (0.2%)

Notes:

5. Note that the range of each I/O is defined both by wiring and within the controller's software.

Environmental

	IP20 / NEMA1
Operating temperature	0° to 50°C (32° to 122°F)
Storage temperature	-20° to 60° C (-4° to 140°F)
Relative Humidity (RH)	5% to 95% (non-condensing)

Dimensions

Size (WxHxD)	138x23x123mm (5.43x0.9x4.84")
Weight	222g (7.8 oz)

About Unitronics

Unitronics has been producing PLCs, automation software and accessory devices since 1989.

Unitronics' OPLC controllers combine full-function PLCs and HMI operating panels into single, compact units. These HMI + PLC devices are programmed in a single, user-friendly environment. Our clients save I/O points, wiring, space, and programming time; elements that translate directly into cost-efficiency.

Unitronics supports a global network of distributors and sales representatives, as well as a U.S. subsidiary.

For more information regarding Unitronics products, contact your distributor or Unitronics headquarters via email: export@unitronics.com.

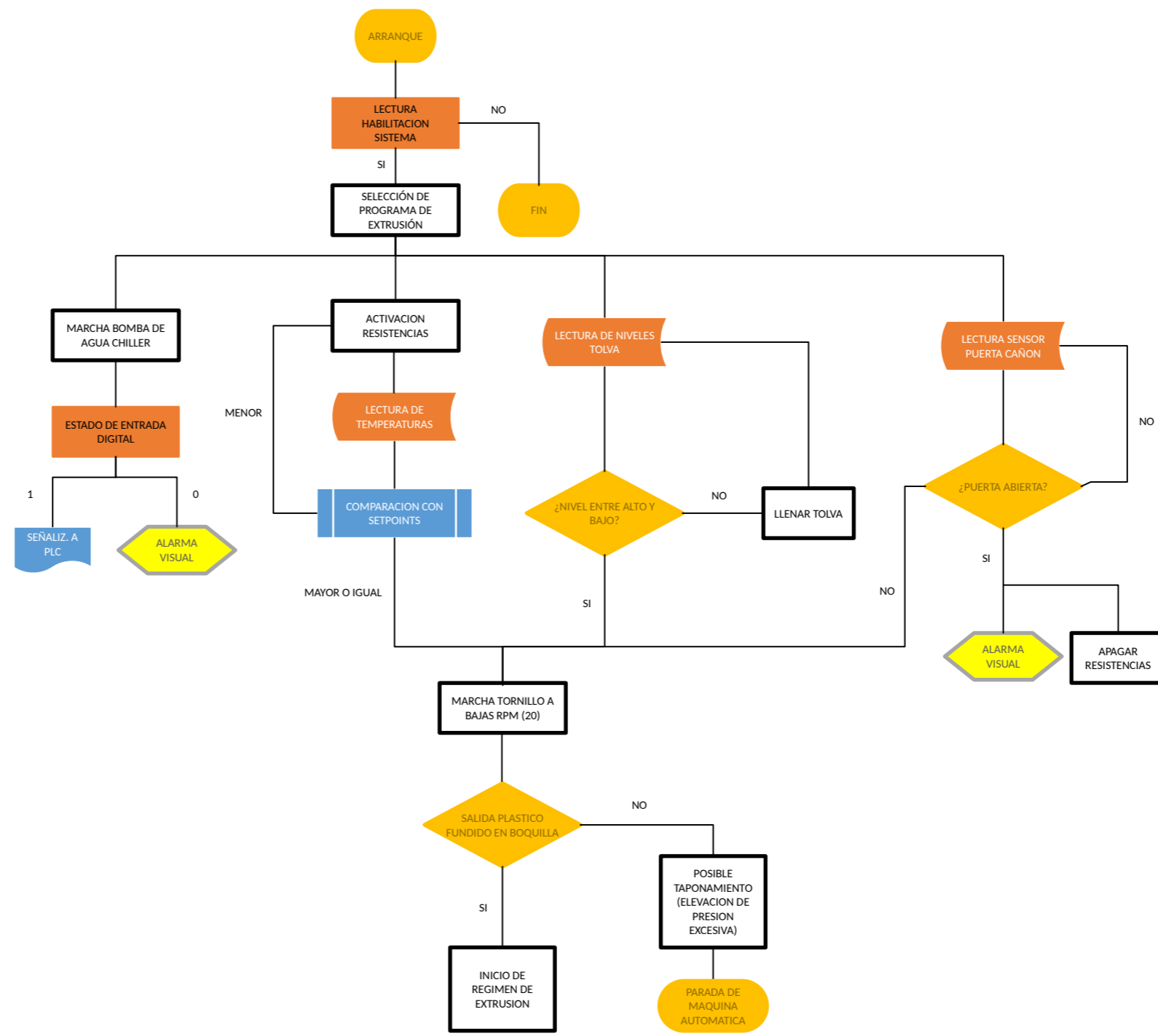
The information in this document reflects products at the date of printing. Unitronics reserves the right, subject to all applicable laws, at any time, at its sole discretion, and without notice, to discontinue or change the features, designs, materials and other specifications of its products, and to either permanently or temporarily withdraw any of the foregoing from the market. All information in this document is provided "as is" without warranty of any kind, either expressed or implied, including but not limited to any implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Unitronics assumes no responsibility for errors or omissions in the information presented in this document. In no event shall Unitronics be liable for any special, incidental, indirect or consequential damages of any kind, or any damages whatsoever arising out of or in connection with the use or performance of this information.

The tradenames, trademarks, logos and service marks presented in this document, including their design, are the property of Unitronics (1989) (R'G) Ltd. or other third parties and you are not permitted to use them without the prior written consent of Unitronics or such third party as may own them.

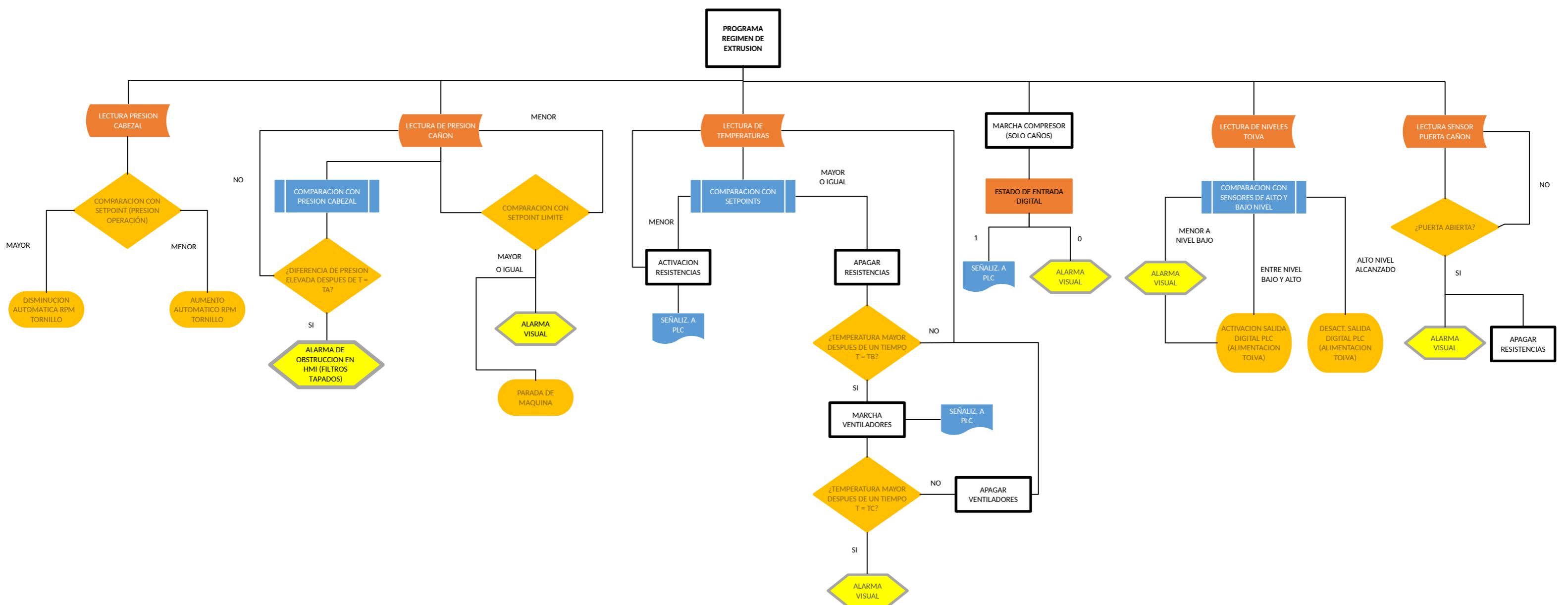
5410-1032-4

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PLC

Encendido de la máquina



Operación en régimen estacionario



7 INGENIERÍA DE PROCESOS

7.1 Introducción

Una vez definido el diseño de la máquina, será necesario conocer los procesos necesarios para fabricar los distintos elementos que la componen. La Ingeniería de procesos implica llevar las necesidades del cliente a instalaciones de producción capaces de convertir las materias primas en componentes de valor agregado, considerando además las especificaciones del producto dentro del costo.

En resumen, la ingeniería del proceso abarca:

- Selección de las entradas
- Operaciones
- Flujos de trabajo
- Métodos utilizados para la producción de bienes y servicios

7.2 Definición de las entradas

Las entradas corresponden al tipo de proceso que se empleará junto con la maquinaria, mano de obra, capital humano y relación con terceros.

Concretamente corresponde a la definición de:

- Tipo de proceso: Continuo, Intermitente, Batch.
- Integración: Corresponde a un conjunto de estrategias empresariales que condicionan las tareas concretas a realizar.
- Flexibilidad de recursos: Adecuación del capital humano y material a los distintos elementos a fabricar.
- Interacción con el cliente: Nivel de influencia del consumidor o cliente sobre el producto final.
- Utilización del capital: Relaciona la mano de obra con la maquinaria (nivel de automatización).

A continuación, se realizará una breve descripción de cada punto.

7.2.1 Tipo de proceso

7.2.1.1 Continuos

Los productos se fabrican transfiriendo el material entre los diferentes equipos especializados en la realización de una tarea determinada del proceso. Cada uno de estos equipos opera en un solo estado estable. La producción continua tiene una salida permanente de producto. Un ejemplo de proceso continuo lo comprende una línea de extrusión (ver *figura 7.1*).

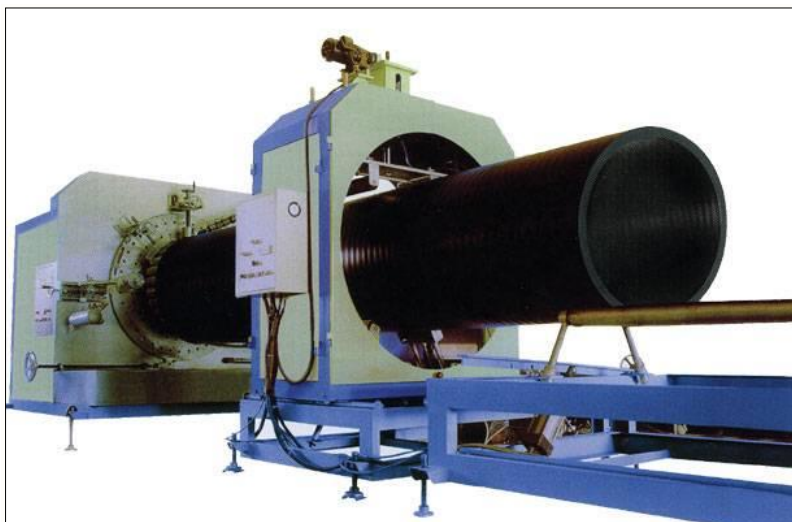


Figura 7.1: Ejemplo de proceso continuo – línea de extrusión.

7.2.1.2 Discretos o intermitentes

Los productos son elaborados en lotes de producción, esto es grupos de productos que tienen en común tanto las materias primas con las cuales son fabricados como los históricos de producción. En un proceso discreto, una cantidad específica de producto es movida como una unidad (grupo de partes) entre estaciones y cada parte mantiene su única identidad. La salida de un proceso discreto aparece una por una o en cantidades de partes. Un ejemplo claro de lo mencionado es la línea de ensamblaje (ver *figura 7.2*).



Figura 7.2: Ejemplo de proceso discreto – línea de ensamblaje.

7.2.1.3 Batch

Este tipo de procesos son discontinuos. No son ni continuos ni discretos, ellos tienen características tanto de procesos continuos como de discretos, incluso puede llegar a confundirse con los últimos. La salida aparece en lotes o en cantidades de material. Un proceso batch es un proceso que induce la producción de cantidades finitas de material, sometiendo a las cantidades de material de entrada a un conjunto ordenado de actividades de procesamiento sobre un periodo finito de tiempo usando una o más piezas de equipo. Un ejemplo de proceso batch se muestra en la *figura 7.3*.



Figura 7.3: Ejemplo de proceso batch – fábrica de calderas.

Para el caso presentado en el proyecto se optó por un tipo de proceso *batch*. Esto se debe principalmente al bajo volumen de producción que se puede pretender para una máquina no estandarizada y de relativas grandes dimensiones como lo es una extrusora de plástico. Estas últimas características imposibilitan la utilización de una línea de producción o ensamblaje. Por ende, los elementos que componen los sub ensambles se trabajaron en distintos puestos para luego ser ensamblados en su totalidad en una localización fija dentro de la planta.

7.2.2 Integración

El incierto entorno en el que operan las empresas y la falta o el deseo mismo de control que experimentan y que conforme crecen se hace más fuerte y necesario, tarde o temprano hace que pongan en marcha estrategias que les permitan hacer frente a estas necesidades, más cuando la dependencia de terceros e intermediarios es muy fuerte a lo largo de la cadena de suministros o cuando la competencia representa serias amenazas.

Para conocer dichas estrategias, a continuación, se detalla en qué consisten y cuáles son los objetivos pretendidos.

7.2.2.1 Integración vertical

La integración vertical ocurre cuando una misma empresa se hace cargo de actividades que tradicionalmente ha delegado a manos de terceros. Para ello, esta puede crear o adquirir otras empresas mediante las cuales pueda autoabastecerse en lo que se refiere al suministro de materiales e insumos, y/o hacerse cargo de algunas o la totalidad de tareas relacionadas con la distribución de los bienes que produce.

Dependiendo las actividades de las cuales quiera hacerse cargo la empresa, esta integración se puede clasificar en:

- Hacia atrás: Cuando ésta decide convertirse en su propio proveedor en lo que se refiere a insumos o materias primas.
- Hacia adelante: Cuando desea hacerse cargo de tareas relacionadas con distribución y venta de productos por ejemplo al consumidor final o a nivel mayorista si fuera el caso.
- Compensada: Cuando la empresa matriz dispone de subsidiarias que ejercen el rol de proveedoras y asimismo cuenta con otras que le permiten encargarse de la distribución y/o de la venta al consumidor final.

Sea cual sea la dirección de integración vertical que maneje una empresa, los objetivos comunes que persigue esta estrategia son:

- Reducir los costos de producción desde el sector primaria logrando economías de escala en cada filial al eliminar los márgenes que normalmente quedan en manos de terceros.
- Asegurar el suministro y calidad de insumos.
- Ampliar la capacidad de negociación.
- Tener un mejor control sobre los procesos productivos (reducir tiempos).
- Compartir recursos humanos y materiales.
- Tener un mejor control sobre el precio del producto.
- Servir directamente al consumidor final.

7.2.2.2 Integración horizontal

A diferencia de la integración vertical, la integración horizontal involucra la fusión con otras compañías que realizan una misma actividad, es decir, producen bienes del mismo tipo. A partir de esta estrategia se pueden lograr los siguientes objetivos:

- Aprovechar el posicionamiento del que goza una marca dentro del mercado.
- Aprovechar el acceso a nuevos canales de distribución.
- Lograr un mayor poder de negociación con proveedores.
- Ayudar a crear economías de escala compartiéndose recursos humanos y tecnológicos.

Debido a que la máquina a fabricar posee varios elementos de proveedores externos, la integración vertical juega un papel preponderante en la organización de la empresa. Si bien no se pretende adueñarse de las empresas proveedoras de los insumos necesarios, sí resultará vital mantener una relación sólida con los mismos con el fin de evitar tiempos improductivos en el proceso. A lo largo del tiempo se pretende crear un stock de aquellos elementos importados y comunes a todas las máquinas extrusoras, como ser sensores de temperatura, resistencias calefactoras, elementos de automatización básicos (relés, bornes, ojos de buey), perfiles normalizados, chapas, etc.

7.2.3 Flexibilidad de recursos

Los procesos productivos están constantemente sometidos a imprevistos que pueden generar tiempos muertos de producción, lo que incurre en un costo extra para la empresa. La disminución de los mismos resulta crucial para la supervivencia de la misma en un ambiente cada vez más competitivo.

La correcta administración y flexibilidad de los recursos humanos y de capital (maquinarias) permite sobrellevar estos inconvenientes.

7.2.3.1 Flexibilidad de recursos humanos

La flexibilidad de la fuerza laboral está relacionada a la polivalencia de los operarios dentro de una planta. Esto quiere decir que un mismo operario podrá ocupar múltiples puestos de trabajo y realizar distintas tareas de ser necesario. De ese modo se podrán paliar posibles cuellos de botella dentro del proceso que se pueden generar, por ejemplo, por la falta de un operario.

Si bien la flexibilización laboral produce una gran cantidad de beneficios, no hay que dejar de considerarla como un costo extra en formación y entrenamiento. No obstante, para el caso presentado en el proyecto, la polivalencia de los operarios jugará un papel fundamental ya que la fabricación del producto requiere el dominio de varias habilidades y disciplinas, debido a la cantidad y variedad de componentes que posee.

7.2.3.2 Flexibilidad de capital (equipamiento)

Cuando una empresa genera productos en serie de las mismas características, emplea maquinaria especializada en la fabricación de los mismos. Esto permite producir una gran cantidad en un periodo de tiempo corto.

Si la misma se enfoca en la producción de bienes personalizados, será necesario contar con maquinaria de propósitos generales.

Para el caso presentado en este proyecto, debido a su volumen de producción y grado de especialización, se contará con equipamiento de propósitos generales. Aquellos elementos de la máquina que resulten complejos de fabricar en planta se pretenden tercerizar. No obstante, el proyecto a futuro se enfoca en adquirir el equipamiento necesario para la fabricación de la mayoría de los componentes.

7.2.4 Grado de interacción con el cliente

En función del producto que se fabrique, el cliente influirá en mayor o menor medida sobre el producto y el proceso productivo del mismo. Así, una empresa que se dedique a la manufactura de bienes en serie contará con un bajo grado de interacción con el cliente. Este es el caso presentado en las “líneas de producción”.

En empresas donde el costo de servicio es importante, se le delegan ciertas operaciones al cliente para reducir costos, por ejemplo, el ensamblaje. Este es el caso de los “autoservicios”.

Cuando un bien posee un grado de personalización importante, así mismo lo es la interacción con el cliente, debido a que el mismo tendrá influencia directa sobre el diseño y forma del producto final. Este formato de interacción se denomina “atención personalizada”.

Si bien las máquinas extrusoras que se pretenden ofrecer poseen diseños propios de la empresa, se deberá poseer una interacción con el cliente del tipo “atención personalizada” debido a la influencia del mismo sobre la forma de los perfiles que pretende extruir en la máquina.

7.2.5 Utilización del capital

La utilización del capital en una empresa está íntimamente relacionada con el proceso productivo y el nivel de automatización que se disponga. Así, una empresa que se dedique a la fabricación de productos en serie a través de una línea de producción, podrá disponer de un alto nivel de automatización, delegando pequeñas operaciones a una menor cantidad de operarios. La gran ventaja de esta forma de trabajo es que se podrá incrementar la capacidad productiva con un alto grado de calidad. Sin embargo, deberá asegurarse un volumen de producción considerable para justificar el costo de operación. Este tipo de automatización se denomina como “fija” y se focaliza en el proceso.

Cuando un sistema de producción automatizado es capaz de fabricar varios productos a través de la reprogramación del mismo, se denomina automatización “flexible”. La misma se puede focalizar tanto en el proceso como en el producto.

La tendencia de la mayoría de las empresas es la de automatizar la mayor cantidad de procesos posibles. No obstante, para el caso presentado en el proyecto, se contará con un nivel de automatización limitado en un comienzo, el cual se puede ir aumentando por ejemplo con los reemplazos de tornos comunes por los de control numérico. Por ende, se deberá contar un tipo de automatización “flexible”. Esto permitirá reducir y simplificar los tiempos de producción y producir piezas de mayor calidad.

7.3 Maquinaria disponible en el taller

Actualmente la empresa INGAS S.A posee las siguientes máquinas que se van a emplear para el proceso productivo:

7.3.1 Tornos paralelos

Los tornos paralelos son máquinas herramientas que permite transformar un sólido cualquiera en una pieza o cuerpo bien definido en forma y dimensiones. Para ello hace girar dicho sólido alrededor del eje de simetría de la forma buscada y arranca material en forma de viruta y periféricamente (mecaniza sólidos de revolución).

Consisten en un cabezal, dentro del cual gira el husillo y dos guías longitudinales y paralelas entre sí y respecto del husillo. Sobre la extremidad del husillo va montado el plato universal que sirve para centrar la pieza que se desea mecanizar y comunicarle el movimiento de giro que le procura el motor eléctrico a través del cambio de velocidades. Sobre las guías puede desplazarse el cabezal móvil, el eje del cual coincide con el del cabezal fijo y en cuyo interior puede desplazarse una barra provista en su extremo de un alojamiento en el que puede ser encajado un contrapunto o una broca. Entre el cabezal fijo y el móvil se desplaza, a lo largo de las guías, el carro portaherramientas, bien sea manualmente por medio de un volante que hace girar el piñón que engrana a la cremallera fija situado a lo largo de la bancada, o bien por medio del movimiento de avance que comunica el giro de la barra de cilindrar o de la barra o husillo de roscar; ambas movidas por el motor a través de la caja de avances o la de roscado. Sobre el carro y transversalmente a las guías puede moverse la torreta portaherramientas, guiada a su vez por unas cortas guías e impulsada manualmente, a través de un volante y un husillo roscado.

En la *figura 7.4* se muestran las partes principales de un torno paralelo y a continuación una breve descripción de cada uno.

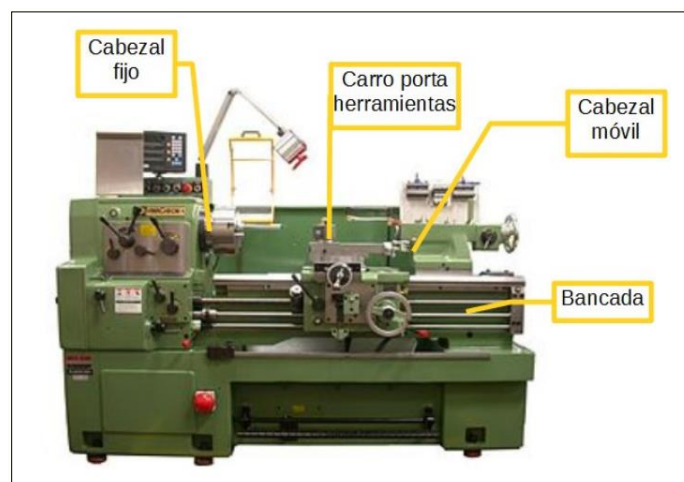


Figura 7.4: Componentes principales de un torno paralelo.

-*Bancada*: Pieza sobre la que se apoyan todos los elementos de la máquina y sobre la que desliza el carro, el contrapunto y las lunetas, gracias a unas guías rectilíneas, planas o prismáticas.

-*Cabezal fijo (plato)*: Zona donde se localizan todas las transmisiones, engranajes y árboles nervados con los que se consiguen distintas gamas de velocidades que se transmiten al plato, el cual es una pieza cilíndrica giratoria sobre la que se sujeta mediante garras la pieza a trabajar. También en el cabezal se localiza la caja de pasos y avances gracias a la cual se pueden realizar roscas en las piezas a trabajar.

-*Cabezal móvil (contrapunto)*: Pieza localizada en el lado opuesto del cabezal y que se utiliza para sujetar mejor la pieza cuando se tornea entre puntos. También se utiliza para contener una broca o mecha cuando se desea taladrar y afinar agujeros.

-*Carro portaherramientas*: Elemento sobre el que se fijan las herramientas que se van a utilizar para mecanizar la pieza y que desliza a lo largo de la bancada. Puede ser manual o estar motorizado. Además de desplazarse longitudinalmente se desplaza en los otros dos ejes.

Estas máquinas se emplearán en la fabricación de los siguientes elementos de la extrusora:

- Alojamiento del manguito
- Manguito
- Pies
- Tornillos de ajuste de altura
- Plato rompedor

De la lista anterior se puede concluir que el torneado resulta una operación crítica debido a la cantidad de piezas que se necesitaran fabricar con dicho proceso. Afortunadamente la empresa cuenta con 2 tornos paralelos, lo cual otorgará flexibilidad al mismo. A continuación, se detallan las características principales de cada uno:

Torno 1: WING L-1640

La tabla 7.1 contiene las características principales de este torno.


	Model:	L-1640M	L-1660M	L-1840M	L-1860M	
	WORKING RANGE					
	Swing over bed	410mm (16')			460mm (18')	
	Swing over cross slide	224mm (8 - 13/16')			274mm (10 - 3/4')	
	Swing in gap	640mm (25 - 1/8')			690mm (27 - 1/8')	
	Length of gap		155mm (6 - 1/8')			
	Distance between centers	1000 (40")	1500 (60")	1000 (40")	1500 (60")	
	Center height	1085mm		1110mm		
	Width of bed	300mm (11 - 13/16')				
	HEADSTOCK					
	Spindle nose	D1 - 6				
	Spindle bore	58mm (2 - 1/4")				
	Taper of spindle bore	No. 6 Morse				
	Range of spindle speed	12 changes 25 - 2000 r.p.m.				
	FEEDS AND THREADS					
	Max. travel of compound rest	120mm (4 - 3/4')				
	Max. travel of cross slide	290mm (11 - 3/8')				
	Leadscrew pitch	6mm or 4 T.P.I.				
	Max. Section of tool	25 x 25mm (1x1")				
	Longitudinal feeds range	42 kinds 0.031 - 1.7mm/rev (0.0011" - 0.0633"/rev)				
	Cross feeds range	42 kinds 0.014 - 0.784mm (0.00033" - 0.01837")				
	Metric threads range	41 kinds 0.1 - 14mm				
	Inch threads range	60kinds 2 - 112 T.P.I.				
	Diametrical pitches range	50kinds 4 - 112 D.P.				
	Module pitches range	34kinds 0.1 - 7 M.P.				
TAILSTOCK						
Dia. of tailstock sleeve	60mm (2 - 5/16')					
Travel of tailstock sleeve	120mm (4 - 3/4')					
Morse taper of tailstock sleeve	No. 4 Morse					
Cross adjustment	± 13mm (± 1/2")					
MOTOR						
Power of main motor	4Kw (5.4HP), OPTIONAL 5.5Kw (7.5HP) 3PH					
Power of coolant pump	0.1Kw (1/8HP), 3PH					
DIMENSION AND WEIGHT						
Overall dimension	2170x1040x1340	2720x1040x1340	2170x1040x1370	2720x1040x1370		
(L x W x H) mm						
Packing size (L x W x H) mm	2250x1120x1700	2800x1120x1700	2250x1120x1730	2800x1120x1730		
Net weight / Gross weight (kg)	1670 / 1980	1970 / 2320	1720 / 2045	2020 / 2385		

Tabla 7.1: Características principales del torno WING modelo L.

Torno 2: SIDERAL

La tabla 7.2 contiene las características principales de este torno.


	Características generales Torno 2 (SIDERAL)	Unidad	Cantidad
		Distancia entre puntas	mm
	Altura de Puntas	mm	230 - 280
	Diámetro máximo a torneear sobre bancada	mm	460 - 560
	Altura de puntas en el escote	mm	340 - 390
	Diámetro máximo a torneear en el escote	mm	680 - 780
	Altura de puntas sobre el carro	mm	140 - 190
	Diámetro máximo a torneear sobre el carro	mm	280 - 380
	Ancho de la bancada	mm	310
	Ancho del escote	mm	270
	Diámetro del plato de 4 mordazas	mm	438
	Diámetro del agujero del husillo	mm	47
	Cono de reducción del husillo		1:20 a Morse N°4
	Nariz del husillo		American Standard
	Diámetro del tornillo patrón	mm	38
	Paso del tornillo patrón	mm	1/4"
	Diámetro cañón de contrapunta		60
	Cono de la contrapunta		Morse N°4
	Velocidades del husillo		16
	Gama de revoluciones normales	r.p.m	35 a 1500
	36 avances longitudinales	mm p/vuelta	0,11 a 1,74
	36 avances transversales	mm p/vuelta	0,05 a 0,87
	36 pasos Withworth	Hilos por pulgada	44 a 2 7/8"
	22 pasos Diametral Pitch normales		40 a 3
	22 pasos métricos normales	mm	1 a 14
	12 pasos módulos normales		0,5 a 3,5
	Potencia del motor	HP	5,5
	Peso aproximado	kg	1600 - 1750 - 2000

Tabla 7.2: Características principales del torno SIDERAL.

7.3.2 Limadora

La operación realizada con estas máquinas se llama limado o cepillado; el arranque de viruta se produce mediante la acción de una herramienta monocortante, que se mueve linealmente con movimiento rectilíneo alternativo sobre la superficie plana de un cuerpo. La herramienta tiene el movimiento principal, mientras la pieza fijada sobre la mesa de la máquina tiene el movimiento secundario, a fin de obtener un plano.

Por tener las limadoras una carrera limitada, máximo 500 mm; excepcionalmente 1000 mm, admiten la elaboración de piezas de tamaño medio. Las mismas se clasifican en limadoras mecánicas y limadoras hidráulicas

Las mecánicas son las más utilizadas, en la *figura 7.5* observamos este tipo de máquina junto con sus componentes principales.

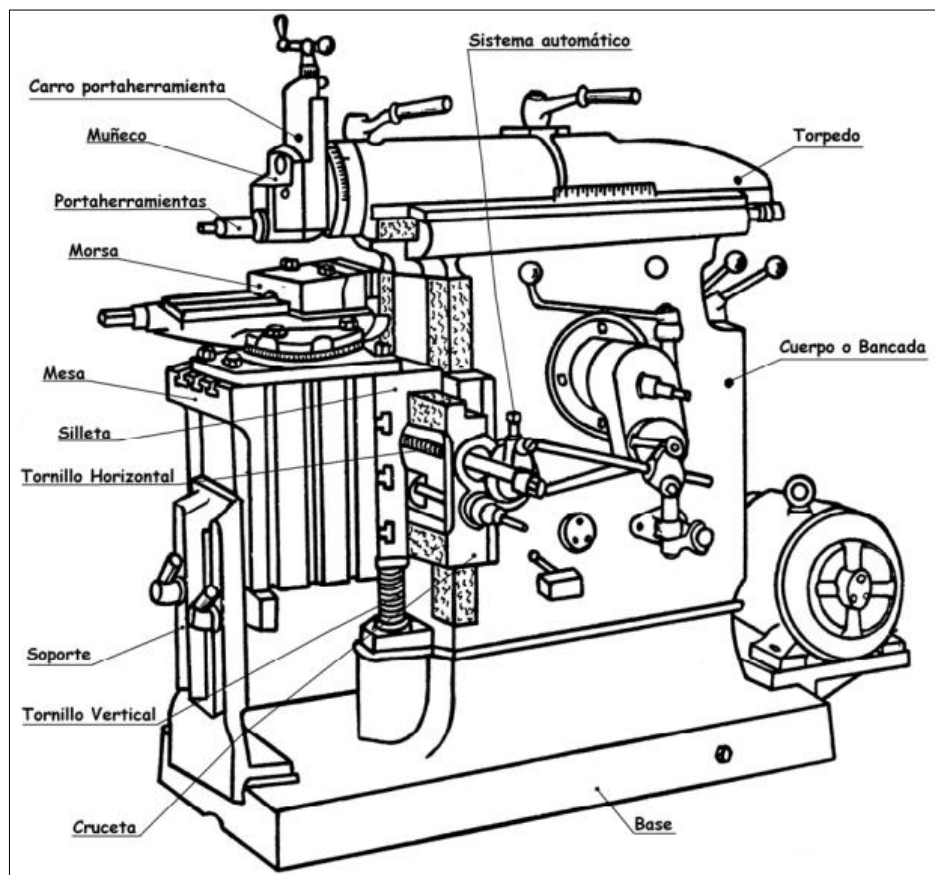


Figura 7.5: Componentes principales de una limadora mecánica.

En las limadoras mecánicas el funcionamiento se obtiene por un motor eléctrico de velocidad constante, montado sobre la base bancada de la máquina. El movimiento es transmitido a los engranajes, que se encuentran en la caja de velocidades, por medio de

un par de poleas y correas trapezoidales. Los engranajes de la caja de cambio reciben el movimiento y lo transmiten a una corona dentada dentro del cuerpo de la máquina. Dicha corona lleva una manivela que se desliza en la ranura de la biela oscilante, produciendo un movimiento pendular, logrando el desplazamiento rectilíneo del torpedo.

La longitud de la carrera, se regula variando el radio de giro de la manivela alrededor del centro de la corona; la posición del torpedo puede variarse mediante la regulación longitudinal del soporte del balancín. La *figura 7.6* muestra una vista lateral con los componentes mencionados para mejorar su comprensión.

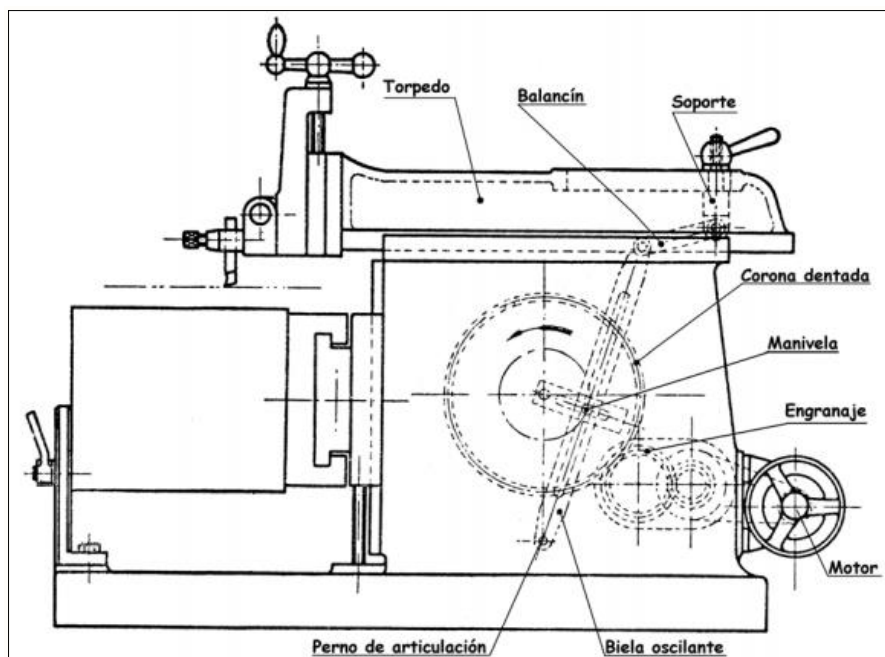


Figura 7.6: Transmisión principal de una limadora mecánica.

Esta máquina se empleará en la fabricación de:

- Chaveteros del manguito

Como se mencionó para la fresadora, opcionalmente se podrá emplear para fabricar:

- Guía de tolva
- Corredora de tolva

La limadora que actualmente posee la empresa es de la marca FOLLOW modelo SH-680, cuyas características principales se listan en la *tabla 7.3*

Marca	HELLER
Longitud máx. afilado (mm)	650
Rango máx. movimiento horizontal de la mesa (mm)	630
Distancia máx entre el carnero y la mesa (mm)	380
Dimensiones de la mesa superior (LxA) (mm)	630x400
Longitud máx. de golpes de la herramienta del cabezal (mm)	120
Ángulo máx. de giro de la herramienta del cabezal (mm)	+/- 60
Sección máx. de la herramienta (AxH) (mm)	20x30
Número de interacciones del carnero por minuto (nº/min)	14 - 80
Rango de avance de la mesa (horizontal) (mm)	0.2 - 0.25
Rango de avance de la mesa (vertical) (mm)	0.08 - 1
Velocidad del recorrido rápido de la mesa (vertical) (m/min)	0.38
Velocidad del recorrido rápido de la mesa (horizontal) (m/min)	0.95
Ancho de la ranura T central (mm)	18
Potencia del motor principal (kw)	3
Potencia del motor para el recorrido rápido de la mesa (kw)	0.55
Peso (Kg)	2.200
Dimensiones (largo x ancho x alto) (mm)	2.382x1.210x1.504

Tabla 7.3: Características principales de la limadora FOLLOW SH-680.

7.3.3 Perforadora de banco

Las perforadoras de banco son máquinas herramientas destinadas a realizar agujeros sobre una pieza o superficie determinada, y pertenecen a la familia de los “taladros verticales” o “de columna”, que son las más sencillas y económicamente accesibles. Se caracterizan por la rotación de un husillo vertical en una posición fija que está soportado por un bastidor de construcción. Posee dos movimientos principales:

- Movimiento de rotación de la herramienta de corte (broca): proporcionado por el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes.
- Movimiento de avance o penetración de la broca en la pieza de trabajo: puede realizarse manualmente o automáticamente. Precisamente la naturaleza de este movimiento de avance es el que distingue los dos tipos básicos de este tipo de máquinas: sensitivos y no sensitivos.

Avance sensitivo:

El movimiento de avance se realiza manualmente. Están diseñados para trabajos ligeros en madera, metal, plástico y materiales similares, en los que deben perforarse orificios pequeños, tarea que requiere alta velocidad y movimientos manuales de avance. Pueden ser de columna corta, en cuyo caso la base de estas máquinas va montada sobre un banco de trabajo (de ahí el nombre “taladro de banco”) o de columna larga, por lo cual la base puede atornillarse al piso. Pueden manejar brocas de hasta 15,5 mm de diámetro. La broca se inserta en la pieza de trabajo exclusivamente a mano, por lo que el operador “siente” la acción de la herramienta de corte a medida que esta atraviesa la pieza de trabajo. De ahí la denominación “sensitivo”.

Avance no sensitivo:

Son muy similares en diseño a los taladros sensitivos, pero de mayor tamaño, peso y potencia, lo que los hace ideales para taladrar agujeros grandes y efectuar operaciones pesadas de mecanizado en piezas de tamaño mediano, pudiendo lograr orificios con un diámetro de hasta 50 mm. Son de columna larga, por lo que todos los modelos se atornillan al piso por medio de pernos y tuercas. Como están equipados con inserción motorizada de la broca, no son del tipo sensitivo, ya que un mecanismo de impulsión con engranajes cambia las velocidades y el avance del husillo, permitiéndole adaptarse a diferentes tipos de piezas. También pueden tener un mecanismo para elevar o descender la mesa de trabajo e incorporar incluso un depósito de líquido enfriador integrado en la base.

La *figura 7.7* ilustra un taladro de banco sencillo junto con sus componentes principales.



Figura 7.7: Partes principales de un taladro de banco.

Esta máquina se empleará para realizar todas las operaciones de perforado de todos los componentes de la máquina extrusora que lo requieran, hasta un diámetro de 25 mm máximo, por lo tanto, será una máquina bastante solicitada dentro del proceso. Algunas partes que requieren perforado son:

- Alineador cañón
- Tee
- Camisa exterior refrigeración
- Corredora de tolva
- Alojamiento del manguito

La perforadora que actualmente posee la empresa es de la marca SINGUET TIPO 25 y sus características se listan a continuación (tabla 7.4).

Característica	Cantidad	Unidad
Potencia	1500	W
Tensión	220	V
Tapa de perforado	25	mm
Recorrido de husillo	85	mm
Clase de velocidad	12	N/A
Cono de husillo	MT3	N/A
Diámetro de columna	80	mm

Tabla 7.4: Características perforadora SINGUET TIPO 25.

7.3.4 Soldadora

La soldadura es un proceso de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material, usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que, al fundirse, forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar (el baño de soldadura) y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón. A veces se utiliza conjuntamente presión y calor, o solo presión por sí misma, para producir la soldadura.

Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico.

7.3.4.1 Soldadura por arco

Esta es una de las técnicas más desarrolladas, y existen muchos procesos que se basan en este principio. Para lograr la soldadura se utiliza una fuente de energía eléctrica (ya sea corriente continua o alterna) que permite derretir los metales.

El proceso varía de acuerdo a la fuente de energía utilizada, el tipo de electrodos, y la utilización o no de un gas u otro material que altere la interacción de los componentes con la atmósfera. A continuación, se describe brevemente cada tipo de soldadura por arco.

-SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

En español se la conoce por las siglas MMAW (Metal Manual Arc Welding, o soldadura metálica manual por arco). En este proceso se utilizan electrodos de acero revestidos con un material fundente que, con el calor de la soldadura, produce dióxido de carbono. Este gas actúa como un escudo contra el oxígeno de la atmósfera, impidiendo la oxidación y la formación de escoria sobre el charco de soldadura. El núcleo de acero del electrodo, al fundirse, une las piezas y rellena los espacios. Es una técnica sencilla de aprender y los equipos que requiere son accesibles y fáciles de conseguir (ver figura 7.8).

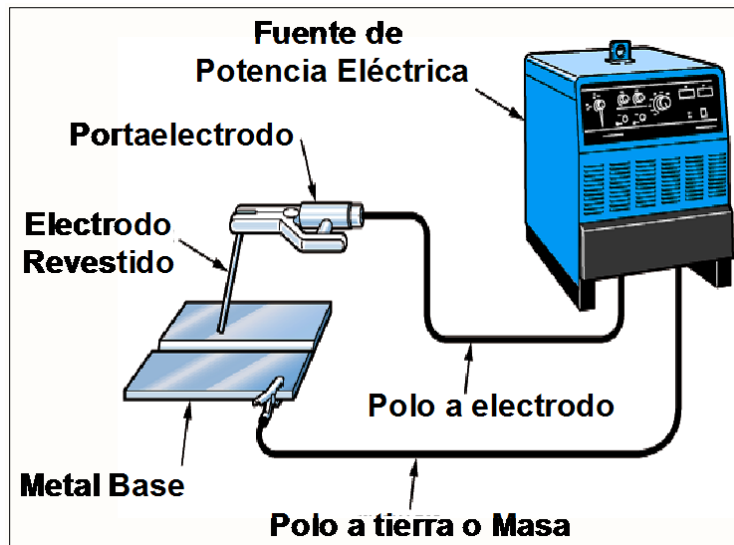


Figura 7.8: Soldadura tipo SMAW.

-GMAW (Gas Metal Arc Welding)

En español, soldadura de gas de arco metálico, o de gas inerte de metal (MIG); es una técnica parecida a la anterior pero que usa un gas inerte que se suministra aparte y que debido a su naturaleza, impide la formación de óxidos y escorias. Utiliza también un electrodo, aunque éste se presenta en rollos y avanza automáticamente a medida que se suelda. Es una técnica también sencilla de aprender, pero que requiere un equipo algo más sofisticado. Al requerir la aplicación de un gas, no es muy adecuada para trabajos al aire libre (ver figura 7.9).

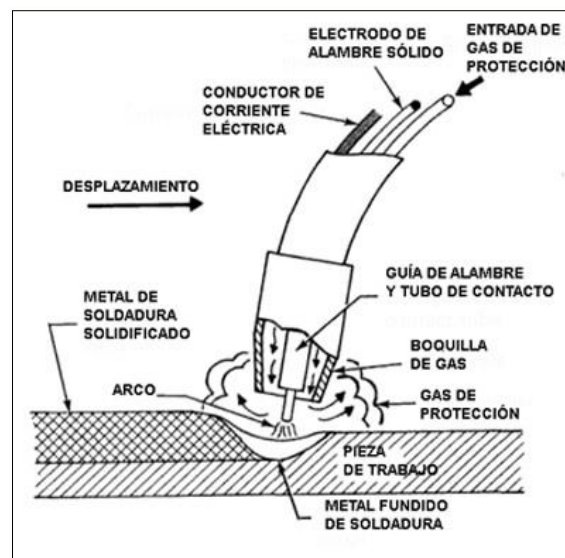


Figura 7.9: Soldadura tipo MIG.

-GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

Soldadura de arco con gas de tungsteno, o de gas inerte de tungsteno (TIG). En este proceso, el electrodo es de tungsteno y no se consume, y se utilizan gases inertes o semi-inertes como blindado. Es un proceso lento y preciso, que requiere de mucha técnica, pero que permite unir metales finos y realizar trabajos delicados. Este tipo de soldaduras se utiliza extensamente en la fabricación de bicicletas (ver figura 7.10).

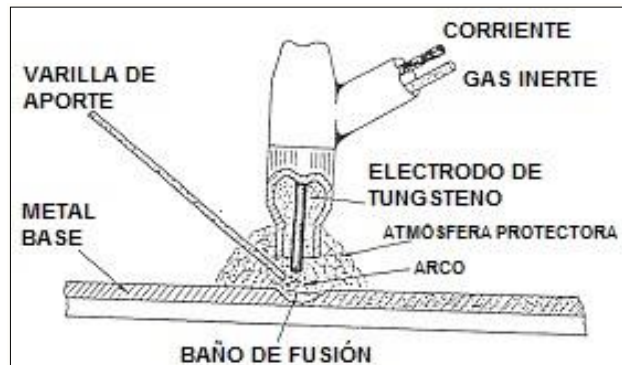


Figura 7.10: Soldadura TIG.

-SAW (Sumerged Arc Welding)

Soldadura de arco sumergido. En esta técnica, se utiliza un material protector granulado que se aplica como un flujo constante sobre el arco, ocultando la luz y el humo que genera el proceso. El material protector aísla la soldadura de la contaminación atmosférica, genera una escoria que protege la soldadura y puede contribuir a la formación de aleaciones. Además, el mismo puede ser reutilizado. Este proceso se utiliza a escala industrial (ver figura 7.11).

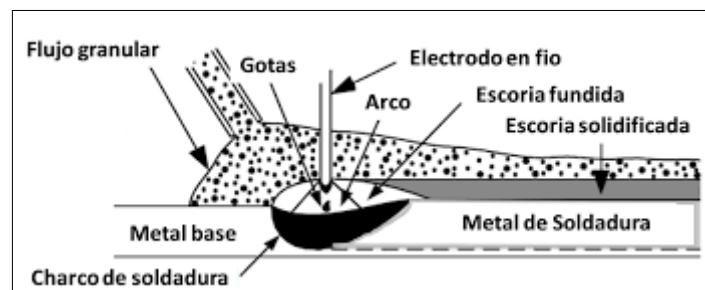


Figura 7.11: Soldadura por arco sumergido (SAW).

De todos los tipos de soldadura por arco que se mencionaron, la que posee la empresa es una del tipo SMAW (arco manual), de la marca CEMONT modelo SV 260, cuyas características se listan en la tabla 7.5.

No. de fases	3 fases
Tensión de suministro	220 V – 440 V
Frecuencia	50 Hz.
Tensión de vacío DC	61 - 66 voltios
Rango de corriente DC	55 – 260 A
Ciclo de trabajo	260 A – 35 %
	200 A – 60 %
	155 A – 100 %
Corriente máxima	280 A
Consumo primario (cuando se suelda con 200 A)	33 A a 220V 19 A a 440V
Control de Corriente	Regulación fina mecánica
Diámetro de electrodos utilizable	1.6mm a 4mm
Potencia Máxima absorbida	12,5 KVA
Clase de aislamiento	H
Clase de protección	IP 21
Dimensiones LaxAnxAl (mm)	1080 x 560 x 730
Peso	83 Kg.

Tabla 7.5: Características de soldadora de arco CEMONT SV260.

Esta máquina se empleará en la soldadura de los siguientes elementos de la extrusora:

- Bridas de la tee de la sección de alimentación
- Bridas del cañón
- Camisa exterior de refrigeración
- Bastidor y columnas que forman la estructura
- Tolva con la corredera
- Guía con la tee y el tubo de descarga

7.3.5 Aparejo de izaje

Para poder izar la máquina al camión una vez ensamblada, la empresa cuenta con un aparejo de izaje de 1 tonelada de capacidad, similar a la de la figura 7.12.



Figura 7.12: Aparejo de izaje de 1000 kg.

7.4 Maquinaria a adquirir

Debido a la falta de algunas máquinas en el taller, se mostrará a continuación una serie de máquinas que resultan vitales para iniciar nuestra actividad, y que, por ende, se pretenden comprar en el año cero.

7.4.1 Sierra sin fin

Debido a la ausencia de una máquina para cortar de forma precisa dentro del taller, se propone la compra de una sierra sin fin para metales, similar al de la *figura 7.13*.



Figura 7.13: Sierra sin fin para metales.

Dicha máquina se empleará para cortar el material en bruto que servirá para fabricar:

- Camisa exterior de refrigeración
- Tubo de descarga de la guía de la tolva
- Tee
- Plato rompedor

- Tornillos ajuste de altura
- Pies
- Bastidor del soporte de la máquina

Se envió un mail a la empresa “CASABARCIA – Alvear 140 Bis, Rosario, Santa Fe, Argentina – Tel.: 54 (011) 0341-438-3166” quienes presupuestaron una sierra sin fin marca WAYTRAI Modelo UE-712A, cuyas características se muestran en la figura anterior.

COSTO (incluyendo 10,5% IVA): u\$s 3000

7.4.2 Fresadora vertical CNC

Se pretende la incorporación de una máquina flexible, útil para la fabricación de muchas de las piezas que formarán parte de la extrusora. Estas piezas están listadas a continuación:

- Guía de tolva
- Corredora de tolva
- Bridas
- Alineador cañón

Como estas máquinas-herramienta son muy costosas, se realizó la búsqueda de un equipo usado en buen estado. Se encontró una fresadora vertical de control numérico de la marca HAAS, modelo TM-1, como la mostrada en la figura 7.14. Las características de dicha máquina se listan en la *tabla 7.6*.

COSTO (incluyendo 10,5% IVA): u\$s 50000



Figura 7.14: Fresadora vertical CNC HAAS TM-1

TRAVELS	S.A.E	METRIC
X Axis	30.0 in	762 mm
Y Axis	12.0 in	305 mm
Z Axis	16.0 in	406 mm
Spindle Nose to Table (~ max)	20.0 in	508 mm
Spindle Nose to Table (~ min)	4.0 in	102 mm
SPINDLE	S.A.E	METRIC
Max Rating	7.5 hp	5.6 kW
Max Speed	4000 rpm	4000 rpm
Max Torque	33 ft-lbf @ 1200 rpm	45 Nm @ 1200 rpm
Drive System	Direct Speed, Belt Drive	Direct Speed, Belt Drive
Taper	CT or BT 40	CT or BT 40
Bearing Lubrication	Grease Packed	Grease Packed
Cooling	Air Cooled	Air Cooled
TABLE	S.A.E	METRIC
Length	47.8 in	1213 mm
Width	10.5 in	267 mm
T-Slot Width	0.630 in	16 mm
T-Slot Center Distance	4.00 in	102 mm
Number of Std T-Slots	3	3
Max Weight on Table (evenly distributed)	1000 lb	454 kg
FEEDRATES	S.A.E	METRIC
Max Cutting	200 ipm	5.1 m/min
Rapids on X	200 ipm	5.1 m/min
Rapids on Y	200 ipm	5.1 m/min
Rapids on Z	200 ipm	5.1 m/min
AXIS MOTORS	S.A.E	METRIC
Max Thrust X	2000 lbf	8896 N
Max Thrust Y	2000 lbf	8896 N
Max Thrust Z	2000 lbf	8896 N
AIR REQUIREMENTS	S.A.E	METRIC
Air Required	4 scfm @ 100 psi	113 L/min @ 6.9 bar
Inline Air Hose	3/8 in	3/8 in
Coupler (Air)	3/8 in	3/8 in
Air Pressure Min	80 psi	5.5 bar
ELECTRICAL SPECIFICATION	S.A.E	METRIC
Spindle Speed	4000 rpm	4000 rpm
Drive System	Direct Speed, Belt Drive	Direct Speed, Belt Drive
Spindle Power	7.5 hp	5.6 kW
Input AC Voltage (1 Phase)	220 VAC	220 VAC
Full Load Amps (1 Phase)	40 A	40 A
Input AC Voltage (3 Phase) - Low	220 VAC	220 VAC
Full Load Amps (3 Phase) - Low	25 A	25 A

Tabla 7.6: Características fresadora vertical CNC HAAS TM-1.

7.4.3 Pantógrafo CNC oxicorte

Muchas piezas parten de un corte de una plancha de acero al carbono de hasta 1 ½". Para evitar tener que tercerizar este proceso tan recurrente en la fabricación de nuestras extrusoras, decidimos invertir al inicio del emprendimiento en una máquina que realice esta tarea. La opción más económica y que cumple con lo requerido, es el corte por oxicorte, el cual consta de un soplete montado en un pantógrafo con control numérico.

Algunas de las piezas que parten de un corte de una plancha de acero al carbono, son las siguientes:

- Guía de tolva
- Corredera de tolva
- Bridas
- Alineador cañón

En busca de este equipo, nos comunicamos con la empresa "MAQUIMUNDO S.R.L. – Av. Iturraspe (Ruta 8) 585, Villa Lynch – San Martín, Buenos Aires, Argentina – Tel.: 54 (011) 4713-7483" quienes nos cotizaron un pantógrafo CNC marca *Metal Store* modelo *MSP-1010*, mostrada en la *figura 7.15*, pero con soplete de oxicorte. Sus características principales se muestran en la *tabla 7.7*.

COSTO (incluyendo 10,5% IVA): u\$s 15000



Figura 7.15: Pantógrafo CNC equipado con cortadora de plasma.

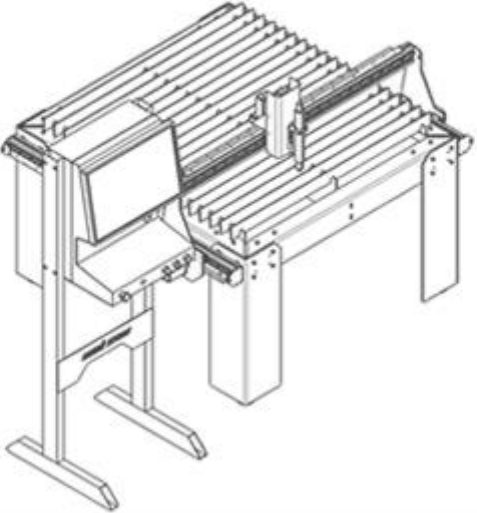
Especificaciones	
Area de Trabajo	MSP-1010 1000 x 1000 mm MSP-1515 1500 x 1500 mm MSP-1530 1500 x 3000 mm
Velocidad Maxima	16000 mm/Min
Exactitud	0.2 mm
Sistema de guiado	Guía prismatica paralela Hiwin
Sistema de transmision ejes X Y	Piñon y cremallera
Sistema de transmision eje Z	Tornillo de bolas recirculantes
Control de altura	THC Digital Integrado opcional
Potencia / Consumo	220 VCA monofasico / 6 Amp.
Software	Control Basado en PC - Codificacion ISO Standard
	

Tabla 7.7: Características principales del pantógrafo CNC MSP-1010.

7.5 Procesos productivos

Muchas veces -por no decir siempre- el diseño de las piezas está condicionado por los procesos de manufactura disponibles para su fabricación. Es imperioso proyectar un diseño que permita ser materializado de la manera más fácil, rápida y económica, siempre atendiendo a las necesidades y cumpliendo con los requisitos de funcionalidad y durabilidad. Durante la elaboración del proceso de diseño, las piezas que componen la extrusora fueron sufriendo numerosos cambios, ya sea por dificultad en la fabricación o por encontrar una alternativa de manufactura más económica. Esto pone en evidencia que el diseño de cualquier pieza mecánica está condicionado por el proceso de manufactura a utilizar.

En esta sección se busca dejar en claro para el lector cómo serán fabricadas la mayoría de los componentes de la extrusora. La tabla *Procesos productivos* que se encuentra en la sección 7.9 *Anexos*, se confeccionó con este fin, permitiendo tener todos los datos ordenados y de fácil lectura. Primeramente, se detalla de qué material en bruto se partirá para fabricar la pieza, atendiendo a lo que ofrece el mercado local, y luego se detallarán los procesos, en orden de ejecución, necesarios para fabricar la pieza en cuestión. Contiguo a cada proceso, se especifica qué maquinaria o equipo se utilizará, tratando siempre de hacer uso de lo existente en el taller. En caso de que no se pueda realizar en el taller, determinados procesos y piezas serán encargados a terceros (ver sección 7.6 *Tercerización de procesos*) y no figuran en la tabla antes nombrada.

7.6 Tercerización de procesos y piezas terminadas

Se hizo mención anteriormente a la cantidad de máquinas disponibles actualmente dentro de la planta. Esto corresponde a una limitante en la capacidad productiva de la empresa, debido a que no se posee capital suficiente para desarrollar todos los procesos que se requieren para la fabricación de la máquina extrusora. Es por ello que en un principio se deberán tercerizar ciertas actividades. Las mismas se listan a continuación y también se observan en la tabla *Procesos productivos* que se encuentra en la sección 7.9 *Anexos*:

- ✚ Trabajos de chapa: punzonado, plegado, rolado. Esto incluye la fabricación de: cerramiento del cañón, tolva y columnas del bastidor.
 - Empresa encargada de estos procesos: Rota S.A. (Rafaela, Santa Fe).
- ✚ Colada. Será necesario para la fabricación del alojamiento del manguito.
 - Empresa encargada de este proceso: Fundición Pérez (Morteros, Córdoba).
- ✚ Tratamientos térmicos: temple y revenido. Necesarios para tratar piezas críticas como: plato rompedor y manguito.
 - Empresa encargada de estos procesos: ETMA S.A. (Rafaela, Santa Fe).
- ✚ Tratamiento superficial: nitrurado. Necesario para tratar piezas críticas como el plato rompedor.
 - Empresa encargada de este proceso: Sudosilo S.A. (Córdoba, Córdoba).

Ciertos componentes importantes que conforman la extrusora, como el cañón y los tornillos, no figuran en dicha tabla, debido a la complejidad en su fabricación y la necesidad de poseer máquinas-herramientas específicas para su manufactura.

Se evaluó la posibilidad de fabricar los tornillos en nuestra empresa. Para tal fin, es indispensable contar con una fresadora con un 4° eje o un torno con herramienta motorizada, con una distancia entre puntas de al menos 1750 mm. Ya sea que se adquiera una máquina con estas características o que se modifique una ya existente en el taller, el costo es muy elevado y no se proyectará esta inversión por el momento. Por esta razón, los tornillos se comprarán a terceros, según las especificaciones detalladas en los planos.

- ✚ Cañón y tornillos
 - Empresa encargada de proveer estos elementos: Taller Firpo (Ramos Mejía, Buenos Aires).

7.7 Layout de planta

Adjunto en la sección 7.9 *Anexos* se encuentra el plano del layout de planta, en el cual se observa la distribución tanto de las máquinas ya existentes en la planta, como de las que se pretenden comprar. Además, se cuenta con un espacio destinado al ensamblaje de la máquina y otro para montar una extrusora que se utilizará para realizar pruebas y ensayos.

Esta distribución se pensó con el fin de:

- Guardar distancias de separación suficientes entre máquinas (respetando separación mínima): para evitar que sus movimientos invadan zonas de paso, permitir la accesibilidad a zonas de operación y facilitar la limpieza del entorno.
- Prever el acceso, disposición y salida de materiales: la zona de ensamblaje se colocó al frente del taller, cerca del portón frontal, para despachar fácilmente la máquina una vez terminada.
- Asegurar superficies libres de trabajo suficiente: espacio destinado para un cómodo ensamblaje y para desplazar el aparejo de izaje móvil sin problemas.

7.8 Fuentes consultadas

7.8.1 Publicaciones

- Juan José Izasa, *Qué es integración vertical e integración horizontal*, Bien Pensado, 2016. Disponible en:
<https://bienpensado.com/integracion-vertical-e-integracion-horizontal/>

7.8.2 Bibliografía

- Gabriel Baca Urbina, *Evaluación de proyectos – Análisis y administración del riesgo*, 2ª ed., McGraw Hill, México, D.F., 1992.

7.8.3 Páginas web

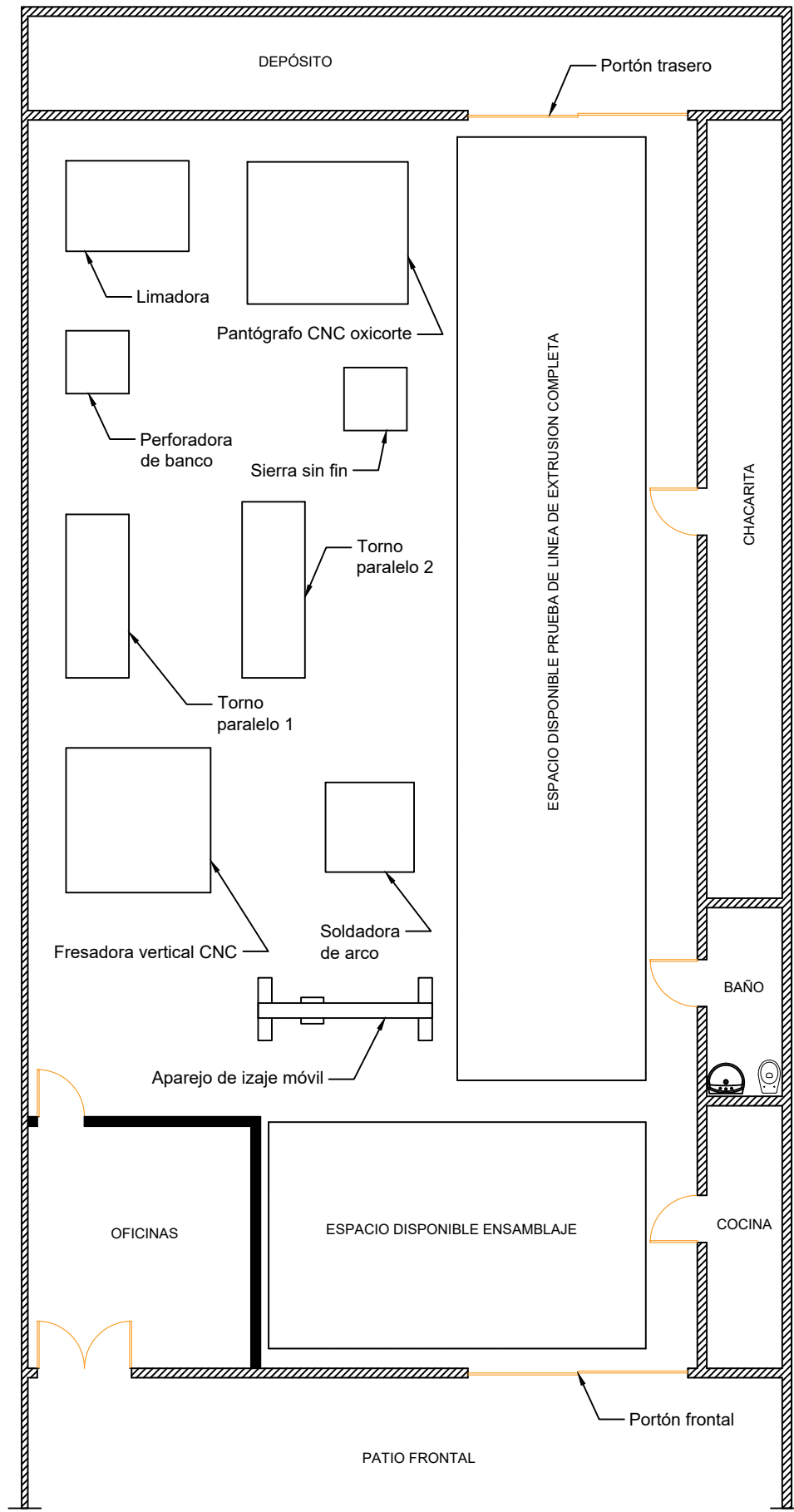
- <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Proyecto%20de%20Automatizacion/Ingenier%EDa%20de%20Proceso.pdf>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_procesos
- <https://profex.educarex.es/profex/Ficheros/RiesgosLaborales/FORMACION/Carpetas/6/Tornoparalelo.pdf>
- <http://www.areatecnologia.com/herramientas/fresadora.html>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Fresadora>
- http://www.sagradorazon.edu.ar/web/cuarto_elect_a/Diseno_Proc_Mec/Limadoras.pdf
- <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/taladro-de-banco-introduccion>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>
- <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-soldadura>

7.9 Anexos

10600603	Corredera parte 2	Plancha SAE 1010 e = 1"	Corte plancha sobrematerial 5 mm	Pantógrafo CNC oxiacorte	Mecanizado	Limadora	Mecanizado agujeros	Perforadora de banco	Pintado epoxi	Compresor								
10600605	Guía con tubo de descarga	Plancha SAE 1010 e = 1" + Tubo redondo c/ costura 3" e = 2mm	Corte plancha sobrematerial 5 mm	Pantógrafo CNC oxiacorte	Remoción sobrematerial	Fresadora vertical CNC	Mecanizado rosca	Macho de roscar	Corte tubo	Sierra sin fin	Unión tubo con guía	Soldadora de arco						
10600701	Manguito	Barra redonda SAE 4140 3 1/4"	Mecanizado	Torno paralelo	Mecanizado de chaveteros	Limadora	Envío pieza para TT (3)	-	Recepción e inspección	-								
10600702	Alojamiento manguito		Solicitud fabricación (2)	-	Recepción e inspección	-	Mecanizado a medidas finales	Torno paralelo	Mecanizado agujeros	Perforadora de banco	Mecanizado rosca	Macho de roscar						
10600801	Soporte máquina	Perfil UPN 120 + Chapa negra lisa 1/4" + Chapa negra lisa 1/8"	Corte perfiles	Sierra sin fin	Unión bastidor	Soldadora de arco	Desbaste cordón soldadura	Amoladora angular	Solicitud fabricación columnas (1)	-	Recepción e inspección columnas	-	Unión columnas al bastidor	Soldadora de arco	Desbaste cordón soldadura	Amoladora angular	Pintado epoxi	Compresor
10600802	Pie	Barra redonda SAE 1045 4"	Corte	Sierra sin fin	Mecanizado	Torno paralelo												
10600803	Tornillo ajuste altura	Barra redonda SAE 1045 7/8"	Corte	Sierra sin fin	Mecanizado	Torno paralelo	Mecanizado hexágono	Limadora										

Procesos tercerizados:

- (1) Rota S.A. (Rafaela, Santa Fe)
- (2) Fundición Pérez (Morteros, Córdoba)
- (3) Etma S.A. (Rafaela, Santa Fe)
- (4) Sudosilo S.A. (Córdoba, Córdoba)



	Fecha	Nombre	Firma
Dibujó:	15/12/2018	Julián Blasco	
Revisó:			
Aprobó:			

LAYOUT PLANTA
EXTRUPOLYMER

Escala:	1:100
Actualizado:	
Plano N°:	001
Hoja N°:	1/1

8 ESTUDIO DE LA ORGANIZACIÓN

8.1 Imagen corporativa

8.1.1 Nombre comercial

El nombre de una marca, empresa o emprendimiento es de vital trascendencia en la venta de sus productos o servicios. El nombre debe, de entrada, comunicar la ideología y significado de la empresa a la hora de presentarse, sin confusiones o explicaciones suntuosas.

El nombre debe ser sencillo, intuitivo y conciso. Si una marca no tiene un nombre que la identifique y la coloque como única en el mercado, será más difícil para el consumidor asociar la marca y el concepto que se le ofrece.

Otro aspecto que permite escoger el nombre para una empresa o marca es construir un vínculo con palabras, nombres u objetos con los que las personas estén familiarizadas: las personas necesitan sentirse a gusto rápidamente, y el comprender un nombre le permitirá sentirse identificado casi al instante.

Una vez que se ha decidido el mensaje y/o el concepto, es el turno del componente artístico: jugar con las palabras, letras, asociaciones, para darle ese toque inusual o innovador.

Luego de utilizar la herramienta de creatividad *brainstorming* y arrojar varias ideas, se logró encontrar el nombre comercial definitivo. El nombre escogido es **ExtruPolymer®**, el cual es la concatenación de las palabras *extrusion* y *polymer*, lo que significan *extrusión* y *polímero* en inglés, respectivamente.

Este nombre refleja al instante la actividad comercial de la empresa, la cual es la fabricación de máquinas que extruyen polímeros (extrusoras).

Se optó por vincular palabras en inglés, debido a que se pretende incursionar en el mercado internacional en un futuro.

8.1.2 Logotipo

Un elemento de vital importancia es también el cómo lucirá el nombre cuando éste sea expuesto en forma de logotipo, o imagen gráfica.

El nombre debe ser visualmente amigable y bien pensado, el diseño de la imagen va a depender del concepto e ideología de la empresa.

Un logotipo es el elemento gráfico que representa a una marca o empresa, compuesto por letras, abreviaturas, símbolos o cifras, y posee colores determinados y formas concretas. Es importante que el logo sea legible, escalable y fácil de reproducir. El diseño va a proporcionarle forma, estética e identidad, lo que incidirá directamente en los

hábitos del cliente para con la marca y en su poder de decisión, frente a una fuerte gama de estímulos provenientes de competidores que quieren vender productos o servicios probablemente parecidos. El diseño de un buen logo y la elección del nombre son aspectos que deben desarrollarse de forma conjunta.

Se pensaron varios diseños, cambiando la morfología, tipografía y colores.

El diseño definitivo es el que se ve en la *figura 7.16*.



Figura 7.16: Logotipo de la empresa.

Se colocarán dos calcomanías con el logo en la parte superior de la tolva, para que sea visible de lejos y se identifique la máquina fácilmente.

8.1.3 Modelos comerciales

Como se describió en el estudio de mercado, se ofrecerán inicialmente tres tamaños diferentes de extrusoras. Esto es así, para satisfacer las diferentes necesidades de producción de la mayor cantidad de empresas de transformación del plástico posible.

Los modelos de extrusoras, que se ofrecerán al público, serán conocidas de la siguiente manera:

- SSE40: Extrusora monotornillo de 40 mm de diámetro.
- SSE60: Extrusora monotornillo de 60 mm de diámetro.
- SSE90: Extrusora monotornillo de 90 mm de diámetro.

Las letras *SSE* son las iniciales de *single screw extruder*, lo que significa *extrusora monotornillo* en inglés. Los números hacen referencia al diámetro del tornillo en milímetros.

8.2 Sociedad

8.2.1 Definición

Una sociedad es una agrupación entre dos o más personas que se obligan en común acuerdo a realizar aportes para concretar una actividad comercial. Las ganancias generadas por dicha actividad deben ser repartidas entre los socios.

8.2.2 Tipos de sociedad

Los tipos societarios con mayor frecuencia de uso son:

- Sociedad Anónima (S.A.)
- Sociedad de Hecho (S.H.)
- Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.)
- Sociedad Colectiva (S.C.)

8.2.2.1 Sociedad Anónima (S.A.)

Es un tipo social que permite numerosos socios y variedad de negocios, se constituye a través de un contrato social, llamado “estatuto”, en el que figuran todos los rasgos de la sociedad.

El capital se divide en acciones, y pueden existir diferentes tipos de acciones que representan mayor o menor cantidad de votos al momento de tomar decisiones.

Los socios tienen limitada su responsabilidad. Puede cotizar o no en bolsa. Debe llevar un libro de registro de acciones (tipos de acciones, suscriptores, transferencias, etc.) y presentar balances. La administración la efectúa el directorio, que se reúne al menos cada tres meses. La responsabilidad económica de sus socios se limita al capital societario.

Órganos de la S.A.

- El órgano de gobierno es la Asamblea, es decir las reuniones de accionistas donde se decide el rumbo de la sociedad.
- El órgano de administración es el Directorio, y se ocupa de ejecutar las acciones necesarias para la consecución del objeto social. Los miembros del Directorio permanecen en sus cargos durante 3 ejercicios como máximo, y entre ellos se elige al Presidente, quien es el representante legal de la sociedad.
- El órgano de Consejo de Vigilancia, es el que se encarga de fiscalizar la gestión del Directorio, entre otros temas.

Ventajas:

- Rapidez y sencillez al momento de la transferencia de las acciones, permitiendo ingreso o salida de socios sin grandes formalismos.
- Gran variedad de negocios a desarrollar
- Se divide en acciones y no hay límite en el número de personas.
- Puede cotizar en bolsa.
- La incorporación de nuevos accionistas no requiere una modificación del estatuto, como tampoco la transferencia de acciones.
- Las acciones que componen el capital de una SA son de libre transmisibilidad, por el aparente carácter abierto de este tipo societario, su transmisión debe ser sencilla, así que ni los propietarios iniciales ni quienes les suceden deben registrar sus nombres en el certificado de Cámara de Comercio.
- La mayor parte los programas de incentivos industriales y comerciales están destinados a SA, dado que su estructura permite una mayor capacidad de concentración de capitales.

Desventajas:

- Gran cantidad de requisitos para su conformación.
- Requiere un aporte inicial de \$100.000.- para su constitución.
- Está sujeta a mayores controles por organismos reguladores.
- Están obligadas a pagar la tasa de fiscalización en la IGJ.
- Deben presentar balances anuales ante la IGJ.
- La Afip puede aplicar intereses presuntos a los socios, por lo que dichos intereses no pueden ser deducidos de ganancias.

8.2.2.2 Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.)

Cada accionista tiene responsabilidad limitada a la cantidad de acciones que posee y a las características de estas. Los socios son responsables sólo hasta el monto de sus aportes, por lo que, ante problemas del negocio, los socios no corren el riesgo de perder todo su patrimonio.

Es la forma más común de asociación en las pymes. La constitución y estatuto son simples y debe presentar balances.

Se constituye a través de un contrato social en el que se detallan todas las características de la sociedad. Los aportes societarios en efectivo se deben depositar en el Banco Central hasta que finalice el proceso de constitución (depósito de Garantía).

El capital se divide en cuotas de igual valor, que no pueden ser cedidas a menos que los demás socios estén de acuerdo, y cada socio con su aporte adquiere determinada cantidad de cuotas. El número de cuotas que cada socio adquiere está ligado a la

cantidad de dinero aportado a la sociedad y es determinante a la hora de tomar decisiones, como así también determina el grado de responsabilidad patrimonial.

Las decisiones se toman en reuniones societarias, que se documentan en un libro de Actas, y los ejecutores de dichas decisiones son los Gerentes, que pueden ser socios o terceros designados.

Ventajas:

- Para sociedades de pocos integrantes con poco aporte de capital.
- Las SRL pueden constituirse por instrumento privado, sólo con firmas certificadas por escribano público teniendo un menor costo de constitución que una S.A. (menor cargo de escribanía).
- La Afip no puede aplicar intereses presuntos a los socios.
- Puede administrarse por un socio, varios o un tercero.

Desventajas:

- No recomendable para grandes estructuras de organización.
- Poco flexible a la entrada y salida de socios. La transmisión de las cuotas de la SRL requiere conformidad por reunión de socios.
- El capital se divide en cuotas y tiene un límite de hasta 50 socios.

8.2.2.3 Sociedad Colectiva (S.C.)

Todos los socios responden personalmente, de manera ilimitada y solidaria en el cumplimiento de las obligaciones contraídas por la sociedad, siempre y cuando estas obligaciones fueran concertadas por el representante legal de la empresa. Está prohibido ceder parte societaria a personas que no constituyan la sociedad.

Se constituye con una pluralidad de socios sin que la ley fije su número máximo o mínimo para realizar actividades lucrativas. El reemplazo de un fundador implica que gozará de la confianza, ya que será aprobado por sus méritos, aptitudes y prestigio.

Estas sociedades generalmente se integran con hasta 3 o 4 personas, cuando no tienen nexos familiares, dado que, al formar estas sociedades, sus socios deben quedar ligados de manera permanente para un propósito común.

El esfuerzo económico individual de cada uno de los socios hace prosperar la empresa. Quienes la constituyen suelen tenerse mutua confianza, dado que la integración de socios no sufre grandes cambios en el tiempo.

Ventajas:

- Sin la aprobación de los socios, ninguno al retirarse puede ceder participación societaria a un extraño.

- Los socios tienen derecho a formar parte en las deliberaciones y votar, cuando se trate de asuntos que deben ser consultados, para revisar el curso de los negocios, examinar los libros, la correspondencia y documentos referentes a la administración, como así también oponerse a cualquier reforma del pacto social que se proyecte.
- Capital mínimo: el necesario para los primeros gastos

Desventajas:

- Los socios no pueden formar parte de otra sociedad con responsabilidad ilimitada sin el permiso de los integrantes de la SC.
- Un socio o a través de un tercero no puede desarrollar negocios análogos que representen competencia para la SC.
- Sus socios deben responder de manera ilimitada.

8.2.2.4 Sociedad de Hecho (S.H.)

No está constituida bajo ningún tipo societario en particular y se caracteriza por no tener instrumento constitutivo. No es necesario firmar un contrato para formar una S.H. Se trata, de una unión de facto entre dos o más personas para explotar de manera común una actividad comercial. Los socios deciden libremente las características de la sociedad que conforman. Cualquier socio por su calidad de tal obliga a la sociedad con sus actos y responde por las obligaciones de la sociedad con todo su patrimonio. Las sociedades de hecho tienen capacidad limitada (no pueden registrar bienes muebles e inmuebles a su nombre) y es de existencia precaria (cualquiera de los socios puede pedir su disolución en cualquier momento).

Ventajas:

- Conformación para emprendimientos pequeños, que involucren bajo riesgo y en el cual los socios estén dispuestos a invertir una suma moderada de dinero.
- No tiene estatuto, lo que facilita su creación.
- No están incluidas en el pago del impuesto a las ganancias del 10% sobre los dividendos cobrados.
- Generalmente aplican para un régimen tributario más económico en comparación a las sociedades anónimas o las sociedades de responsabilidad limitada.

Desventajas:

- La inexistencia de contrato hace imposible determinar responsabilidades frente a terceros, por lo que todos los socios son responsables en la misma proporción por el accionar de la sociedad.
- Al no contar con estructura formal impide el acceso fácil a créditos.
- Ante situaciones legales, los terceros pueden accionar contra toda la sociedad o contra uno o alguno de sus miembros sobre ilimitadamente sobre su patrimonio.

- Tienen más dificultad para acceder a créditos que otro tipo de sociedades.

8.2.3 Comparación entre sociedades

Un tema a tener en cuenta en una sociedad regular (SA o SRL) son sus costos, pero para actividades de riesgo conviene siempre una SRL para no exponerse personalmente con el patrimonio.

Si bien la SH es la sociedad más sencilla, no está constituida regularmente, es decir, no adopta uno de los tipos específicos de la ley y no tiene un contrato social, por lo que tampoco está inscrita en el Registro Público de Comercio, pero tiene como ventaja sus bajos costos de constitución y ciertos beneficios impositivos, por lo que suele elegirse a pesar de sus desventajas.

Desde el marco legal y comercial:

- Cualquiera de las formas societarias puede iniciar una actividad. Todas las formas son legales y están contempladas en la Ley de Sociedades.

Desde el marco de la responsabilidad:

- En una SH los socios responden con la totalidad de sus bienes en forma solidaria e ilimitada
- En una SA los accionistas responden solamente por las acciones (en \$) que disponga cada uno, es decir hasta el valor de las acciones que posea cada uno.
- En una SRL los accionistas responden hasta el capital aportado para la constitución de la sociedad
- En una SC se responde de manera ilimitada con el patrimonio personal

Desde el punto de vista del derecho:

- Las SH no se inscriben en el Registro Público, no tienen un contrato escrito (o tienen uno de condiciones muy básicas)
- Las SA y SRL deben contar con un contrato escrito en el cual se especifica el tipo societario. Para poder funcionar como tales deben estar inscritas en el Registro Público de Comercio, que en la Capital Federal depende de la Inspección General de Justicia y en la provincia de Buenos Aires de la Dirección Provincial de Personas Jurídicas, por citar dos ejemplos.
- En una SC la escritura y estatutos tienen su inscripción en el Registro Público de comercio.

Desde el punto de vista impositivo:

- En una SH cada socio tributa ganancias según lo que le corresponda por dicha escala.
- Una SA y SRL debe tributar el 35% de las ganancias.

- En la sociedad colectiva, el impuesto a las ganancias lo tributan sólo los socios individualmente, en forma proporcional a las ganancias que le corresponden por su participación en la sociedad y no tributa la sociedad como tal.

8.2.4 Sociedad elegida

Por ser una empresa que recién se inicia, se decidió optar por una sociedad de hecho. Esta decisión se tomó por las siguientes razones:

- Pocos requisitos y estatuto inexistente, por lo que facilita y agiliza en gran medida la creación de la sociedad.
- Baja carga impositiva, lo que nos favorece en esta etapa inicial de inversión.
- La mayor dificultad al acceso de créditos no nos perjudica debido a que el capital inicial procede de patrimonios familiares.

En el futuro se podrá cambiar a otro tipo de sociedad, según las necesidades.

8.3 Estructura de la organización

8.3.1 Organigrama

Un organigrama es un esquema de la organización de una empresa, entidad o de una actividad. El término también se utiliza para nombrar a la representación gráfica de las operaciones que se realizan en el marco de un proceso industrial o informático.

Un organigrama permite analizar la estructura de la organización representada y cumple con un rol informativo, al ofrecer datos sobre las características generales de la organización. Pueden incluir los nombres de las personas que dirigen cada departamento o división de la entidad, para explicitar las relaciones jerárquicas y competencias vigentes. De esta manera, los organigramas deben representar de forma gráfica o esquemática los distintos niveles de jerarquía y la relación existente entre ellos. No tienen que abundar en detalles, sino que su misión es ofrecer información fácil de comprender y sencilla de utilizar.

Nuestra empresa se estructurará como se detalla en la *figura 7.17*. El organigrama aquí mostrado es pequeño debido a la característica incipiente de la empresa. Tanto las tareas de dirección de la empresa, como el manejo de las áreas de recursos humanos, ventas, compras, oficina técnica y jefatura de planta, serán realizados por nosotros, dividiéndonos convenientemente las tareas. A medida que la empresa adquiera importancia y crezca, se incorporará nuevo personal que se ocupe de algunas de estas actividades.

La fabricación de la máquina estará a cargo de tres operarios, los cuales se dividirán las tareas según se especifica en el organigrama de la *figura 7.17*. Está claro que a medida que aumente el volumen de ventas y se necesite una producción mayor, se contratará más personal capacitado para llevar a cabo los procesos productivos en planta.

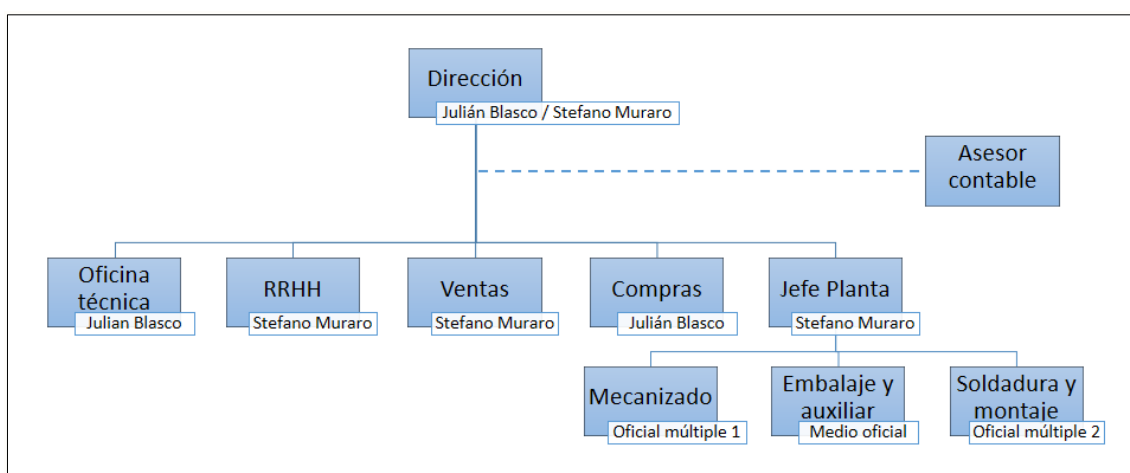


Figura 7.17: Organigrama de la empresa.

Es importante tener en cuenta que ningún organigrama puede ser fijo o invariable. Es decir, un organigrama es una especie de fotografía de la estructura de una organización en un momento determinado. Con el paso del tiempo, toda la estructura y las relaciones existentes experimentan cambios, que deben ser reflejados con actualizaciones del organigrama o, incluso, con el diseño y desarrollo de un organigrama completamente nuevo que deje sin valor el anterior.

8.3.2 Función de cada área

8.3.2.1 Dirección

Determina los objetivos estratégicos que debe alcanzar la empresa y las funciones y objetivos de cada departamento. Supervisa que las tareas que debe realizar cada departamento sean cumplidas en tiempo y forma.

8.3.2.2 Recursos humanos

Esta área es necesaria para la liquidación de sueldos. Además, se encargará de entrevistar y seleccionar a las personas que ocuparán puestos dentro de la organización.

8.3.2.3 Ventas

Este departamento se ocupa de satisfacer las consultas de los clientes y de concretar ventas. Es de vital importancia, ya que es el que le genera los ingresos a la empresa.

El personal de esta área debe comunicarse con las personas externas de manera cordial y formal, con el fin de generar una imagen empresarial seria y de compromiso con la satisfacción del consumidor. Se tendrá contacto con los clientes de forma personal, telefónica y por e-mail. En caso de un trato en persona, se debe cuidar la imagen, tanto del vendedor, como de las instalaciones de la empresa.

Las órdenes de compra que se generen, se registrarán y almacenarán, en una base de datos. Es importante que así sea, para que estén a disposición cuando sea necesario consultarlas. Se les asignará un número para mantenerlas ordenadas y facilitar su ubicación. En caso de que el cliente requiera un repuesto o un accesorio para la extrusora, será sencillo identificar qué máquina compró, consultando su orden de compra. De esta manera se agiliza el servicio de postventa.

8.3.2.4 Compras

Se encarga de llevar un control de existencias de las materias primas y contactar a los proveedores que nos las proporcionan.

Cuando se emite una orden de compra, se debe verificar si se cuenta con todos los materiales e insumos necesarios para la fabricación del pedido. Esto es importante para determinar un plazo de entrega, ya que se debe tener en cuenta la demora de llegada de los insumos faltantes.

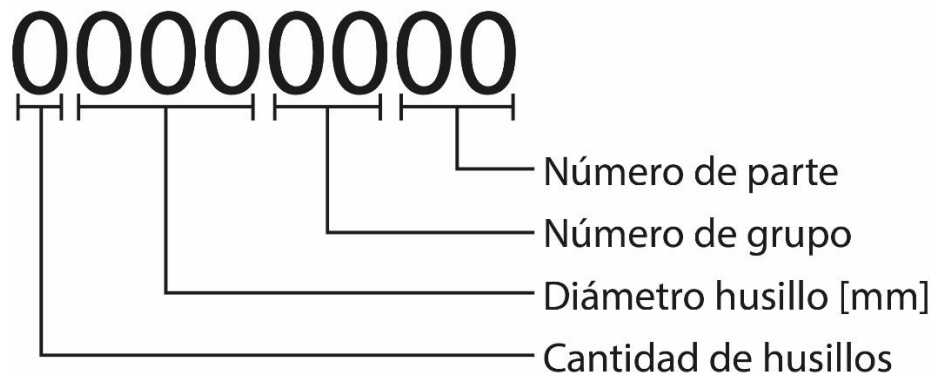
8.3.2.5 Oficina técnica

Se emitirán los planos de todas las partes de la máquina, los cuales serán recibidos por el personal de planta para su fabricación.

Aquí se llevará el desarrollo de nuevos modelos de extrusoras y, además, se realizarán los diseños especiales de las partes que pueda requerir el cliente.

Los planos de cada parte de la extrusora llevarán un código numérico, para facilitar su registro y búsqueda en una base de datos. Adicionalmente, este código será de gran utilidad al momento de que el cliente solicite un repuesto.

Dicho código se compone de las siguientes cifras:



Referencia de número de grupo:

00 = Ensamblaje extrusora

01 = Cabezal

02 = Cañón

03 = Cerramiento

04 = Tornillo

05 = Tee

06 = Tolva

07 = Transmisión

08 = Soporte

Referencia número de parte:

Cañón:

00 = Ensamblaje cañón

01 = Cañón

02 = Brida cañón a cabezal

03 = Brida cañón a tee

04 = Plato rompedor

05 = Alineador cañón

Cerramiento:

00 = Ensamblaje cerramiento

01 = Fondo

02 = Tapa

03 = Tapa lateral inferior

04 = Tapa lateral superior

05 = Rejilla

06 = Rejilla ventilador

Tornillo:

00 = Ensamblaje tornillo

01 = Tornillo HDPE

02 = Tornillo LDPE

03 = Tornillo PP

Tee:

00 = Ensamblaje tee

01 = Tee

02 = Brida tee a cañón

03 = Brida tee a transmisión

04 = Camisa exterior refrigeración

05 = Tapa camisa refrigeración

Tolva:

00 = Ensamblaje tolva

01 = Tolva

02 = Corredera parte 1

03 = Corredera parte 2

04 = Válvula mariposa

05 = Guía con tubo de descarga

Transmisión:

00 = Ensamble transmisión

01 = Manguito

02 = Alojamiento árbol

Soporte:

00 = Ensamblaje soporte máquina

01 = Soporte máquina

02 = Pie

03 = Tornillo ajuste altura

Ejemplo:

Código de plano: 10600204

Cantidad de tornillos: 1

Diámetro tornillo: 60 mm

Grupo: Cañón

Parte: Plato rompedor

8.3.2.6 Jefe de producción

Determina las funciones de los operarios de planta y supervisa sus tareas. Tiene que asegurarse de que en todo momento el personal de planta respete las normas de seguridad.

Debe controlar que el taller se encuentre ordenado y limpio, para garantizar un lugar de trabajo seguro y agradable.

8.3.2.7 Mecanizado

Un oficial múltiple llevará a cabo las tareas que requieran arranque de viruta. Estará calificado para operar y realizar mantenimiento al torno, centro de mecanizado, sierra sin fin, limadora, etc.

8.3.2.8 Embalaje y auxiliar

Aquí un medio oficial se encargará del embalaje de las extrusoras. Armará los cajones y colocará los envoltorios y protectores para que la máquina llegue a manos del cliente en óptimas condiciones.

Podrá desempeñar, además, tareas auxiliares para el personal de mecanizado y soldadura y montaje.

8.3.2.9 Soldadura y montaje

Una persona categorizada como oficial múltiple, realizará las soldaduras que requieran las distintas partes de la máquina a fabricar.

Se encargará, además, de hacer el montaje completo de las extrusoras, desde la mecánica hasta el conexionado eléctrico.

8.3.2.10 Asesor contable

Una persona externa a la organización llevará un registro contable de todos los movimientos de la empresa. Asesorará a la dirección de temas referentes a la contabilidad.

8.4 Fuentes consultadas

8.4.1 Publicaciones

- Daniel Alvarado, *Importancia del nombre de una marca o empresa*, Movidagráfica, 2017. Disponible en:
<https://blog.movidagrafica.co/articulo-importancia-del-nombre-en-una-marca-o-empresa>
- *¿Qué tipos de sociedades conviene constituir, cuáles son sus beneficios?*, Inergram Consultores, 2017. Disponible en:
<http://inergram.com.ar/que-tipos-de-sociedades-conviene-constituir-cuales-son-sus-beneficios/>
- Julián Pérez Porto y María Merino, *Definición de organigrama*, Definicion.de, 2009. Disponible en:
<https://definicion.de/organigrama/>

9 --- MANUAL DE USUARIO

9.1 Información general

Las extrusoras ExtruPolymer® cumplen con los más altos estándares técnicos y aseguran una operación simple y segura. Es altamente recomendable leer cuidadosamente el presente manual antes de poner la máquina en marcha, para familiarizarse con sus funciones y hacer un uso óptimo de la misma.



Este manual de instrucciones fue otorgado junto a la máquina y está destinado para ser consultado durante su operación. En él se encuentra toda la información referida a detalles de funcionamiento y mantenimiento.



Debe atender a las precauciones e instrucciones de seguridad para evitar accidentes debidos al uso y operación inapropiados.

La información contenida en este manual de instrucciones será de gran ayuda en la detección y solución de posibles problemas. Por tanto, este manual debe ser considerado como parte de la máquina y debe estar al alcance del personal operador.



Dentro del alcance de las regulaciones legales, ExtruPolymer® no se hace responsable por daños directos o indirectos causados durante el uso y transporte de sus productos.

Respetar las instrucciones de mantenimiento para una operación segura y garantizar la durabilidad del equipo.



Por razones de seguridad, esté atento al personal no autorizado, a cualquier modificación de la máquina o a cualquier otro hecho no autorizado.

Al mismo tiempo, debe tener en cuenta que la garantía expirará como consecuencia del uso inapropiado, la operación no autorizada y/o modificación y/o cualquier otro hecho no autorizado.



Ante cualquier consulta a ExtruPolymer®, por ejemplo, relacionada con la manipulación del equipo, solicitud de repuestos, accesorios, equipamiento adicional o devolución de partes para mantenimiento o reparación, por favor siempre suministre todos los datos y números completos que figuran en la placa de la máquina.



ExtruPolymer® siempre está a su disposición por cualquier información que no esté incluida en este manual.

9.1.1 Aplicación

La extrusora SSE 60 ha sido diseñada para procesar todo tipo de materiales termoplásticos.

Es importante saber que existe un tornillo extrusor idóneo para el procesamiento de cada polímero.

Básicamente, la SSE 60 puede ser utilizada, según el tipo de cabezal, para las siguientes tareas:

- Producción de tubería.
- Producción de perfiles.
- Recubrimiento de conductores.
- Producción de film.
- Producción de mangueras.
- Otras.

9.1.2 Exclusión de responsabilidad

Dentro del alcance de las regulaciones legales, ExtruPolymer® no se hace responsable por daños directos o indirectos causados durante el uso y transporte de sus productos. Esto aplica particularmente al inapropiado uso y manipulación del equipo.

En este contexto, ExtruPolymer® excluye explícitamente de la garantía el desgaste de piezas, en particular aquellas que están en contacto con el producto a procesar.

Bajo ninguna circunstancia, ExtruPolymer® se hace responsable por daños o lesiones causadas por desobediencia de las indicaciones de seguridad incluidas en las hojas de datos del fabricante de los polímeros que son probados o procesados con las máquinas ExtruPolymer®.

Las máquinas ExtruPolymer® están sujetas tanto a modificaciones en el color y diseño, como así también a modificaciones técnicas sin previo aviso.

9.2 Seguridad

9.2.1 Relativa a la aplicación

La extrusora sólo puede ser utilizada para extruir y procesar materiales adecuados, capaces de fluir. La máquina no debe ser usada para la extrusión de materiales explosivos. Durante el procesamiento de materiales reactivos, debe asegurarse de que las fuerzas generadas durante la reacción no excedan la carga permisible por la máquina.

La extrusora sólo deberá utilizarse una vez que esté completamente ensamblada.

9.2.2 Instrucciones de seguridad para el usuario

Previo a la operación, el usuario debe cerciorarse del correcto ensamblaje y puesta a punto de la máquina. La extrusora debe ser operada solamente por personal capacitado. Se debe atender a las instrucciones de instalación, puesta a punto y operación.



El incumplimiento de las instrucciones de seguridad puede causar daños al personal operativo.

Esto es válido también para modificaciones inapropiadas y no autorizadas de la máquina.

Cuando se realizan pruebas y se procesan polímeros con extrusoras ExtruPolymer®, se deben respetar, bajo cualquier circunstancia, las normas de seguridad expuestas en las hojas de datos que emite el fabricante del polímero.

Es responsabilidad del empleador del usuario, establecer las medidas a tener en cuenta para evitar cualquier peligro que pueda surgir cuando se manipulan sustancias peligrosas.












Bajo ninguna circunstancia, ExtruPolymer® se hace responsable por daños o lesiones causadas por la ignorancia de tales normas de seguridad.



¡La máquina está muy caliente durante la operación y también por un largo período después de apagada! ¡Siempre usar guantes de protección cuando se trabaja con la máquina!


El conducto de salida del agua de enfriamiento está caliente también. ¡Atención, peligro de quemadura!




-  La extrusora no debe ser operada sin el cerramiento aislante de calor de la unidad de procesamiento correctamente montado y asegurado.
-  Siempre tenga cuidado de que haya suficiente distancia entre los cables eléctricos y las superficies calientes de la extrusora.
-  ¡Nunca vierta agua sobre las superficies calientes de la extrusora!
-  ¡Nunca mire directamente a la abertura de alimentación sin la adecuada protección ocular! Peligro de lesiones por material que puede ser despedido de la extrusora.
-  ¡Nunca se pare directamente enfrente de la extrusora durante su funcionamiento!
-  Nunca inserte ningún objeto rígido (espátulas, varillas, etc.) en la tolva de alimentación durante su funcionamiento. ¡Peligro de destrucción del tornillo extrusor y de todo el sistema!
-  ¡No deje ninguna herramienta u otros objetos sobre la extrusora!
-  ¡Nunca deje el equipo sin supervisión durante su funcionamiento!
-  La extrusora sólo debe ponerse en marcha una vez completo su ensamblaje.

9.2.2.1 Instrucciones de seguridad para la instalación y trabajos de mantenimiento




Para la instalación y trabajos de mantenimiento, debe atender a las siguientes instrucciones de seguridad:

9.2.2.2 General



-  El interruptor general de alimentación de la extrusora debe estar en la posición OFF. Tanto la extrusora, como todas las unidades auxiliares conectadas se deben desconectar de la fuente de alimentación.

-  Asegúrese de que ni la extrusora ni ninguna unidad adicional conectada pueda ser encendida accidentalmente. Para ello, lleve consigo la llave de encendido.
-  No opere la máquina sin el cerramiento aislante de calor montado correctamente en la sección de procesamiento.
-  Use vestimenta de seguridad al realizar cualquier trabajo en la máquina.



9.2.2.3 Herramientas

-  Las herramientas, utilizadas para el trabajo, deben estar en condiciones seguras de operación.
-  Utilice herramientas suficientemente aisladas eléctricamente cuando trabaja con el sistema eléctrico.
-  No está permitido utilizar extensiones en las llaves.


9.2.2.4 Transporte


-  No pararse debajo de cargas suspendidas cuando se transportan componentes con un puente grúa, autoelevador, etc.
-  Cuando se utiliza el aparejo con propósito de transporte, asegúrese de que éste posee la suficiente capacidad de carga. Cerciórese de que el aparejo se encuentra en condiciones de operación seguras.


9.2.2.5 Trabajo con componentes calientes

-  Siempre utilice ropa protectora y herramientas resistentes al calor cuando trabaja con componentes calientes.
-  Siempre utilice guantes protectores resistentes al calor, antiparras y herramientas resistentes al calor cuando trabaja en el circuito de enfriamiento. Atención, el refrigerante puede estar muy caliente y puede evaporarse.


9.2.2.6 Trabajo con el sistema eléctrico


 La instalación eléctrica debe ser llevada a cabo sólo por electricistas competentes.

 Utilice herramientas suficientemente aisladas eléctricamente cuando trabaja con el sistema eléctrico.

 Siempre desconecte los equipos de la red cuando trabaje con el sistema eléctrico. ¡Trabaje siempre sin tensión, peligro de choque eléctrico!


9.2.2.7 Cambio de aceite

 Durante el cambio de aceite, recolecte el aceite drenado en contenedores adecuados y asegúrese de su apropiada disposición.

 Adhiera inmediatamente cualquier aceite que se haya filtrado al piso con un agente aglutinante de aceite adecuado y asegúrese de su apropiada disposición.

9.2.2.8 Trabajo de mantenimiento

Las obligaciones que exige la garantía de la extrusora SSE 60 sólo serán satisfechas si el trabajo de mantenimiento y reparaciones son llevadas a cabo en concordancia con las instrucciones dadas en los correspondientes capítulos de este manual.

 ¡Siempre cumpla estrictamente las normas de seguridad de mantenimiento y reparación!

9.2.3 Elementos de seguridad

La extrusora SSE 60 está equipada con los siguientes dispositivos de protección para el personal y la misma máquina:

9.2.3.1 Cerramiento de protección

Cerramiento que cubre las partes calientes de la sección de procesamiento (protección contra contacto directo con partes calientes). En caso de ser abierto cuando la máquina está en funcionamiento, las resistencias se desconectarán para evitar posible choque eléctrico y una alarma visual se encenderá.



La extrusora no debe ser operada sin tener cerrada correctamente la tapa del cerramiento de protección.

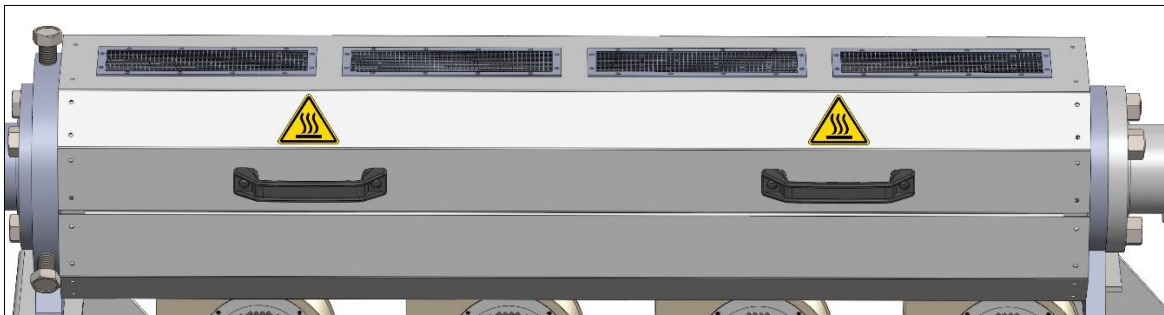


Figura 9.1: Cerramiento de protección.

9.2.3.2 Chaveta

La extrusora SSE 60 está conectada a la unidad de accionamiento por medio de una chaveta. En caso de sobrecarga mecánica, la chaveta se romperá y separará la extrusora de la unidad de accionamiento, protegiendo así a ambos de daños por sobrecarga.



Para las medidas que se deben llevar a cabo cuando se rompe la chaveta, por favor, diríjase a la sección 9.6.2.5 “Chaveta”.

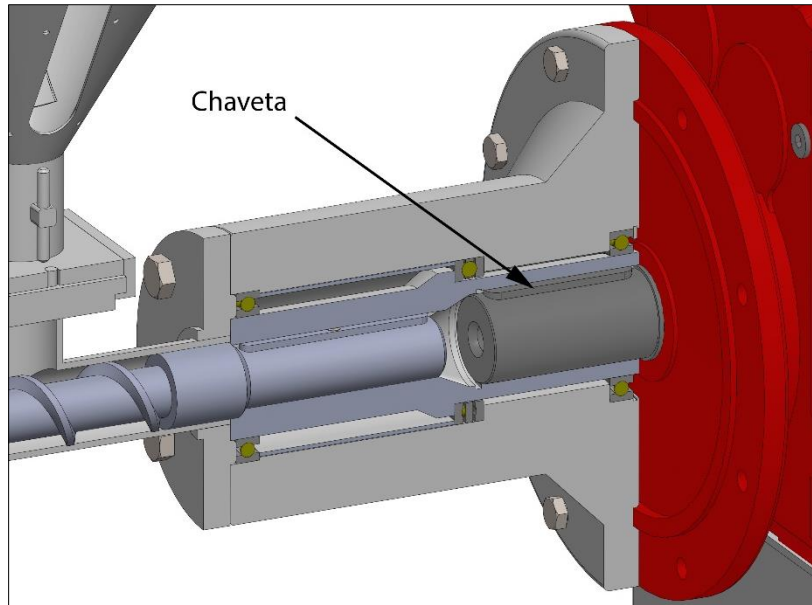


Figura 9.2: Chaveta.

9.2.3.3 Pernos anti giro

La unión bridada entre el cañón y la tee de alimentación está protegida por dos pernos, los cuales soportarán la torsión inducida por la masa fundida al cañón.

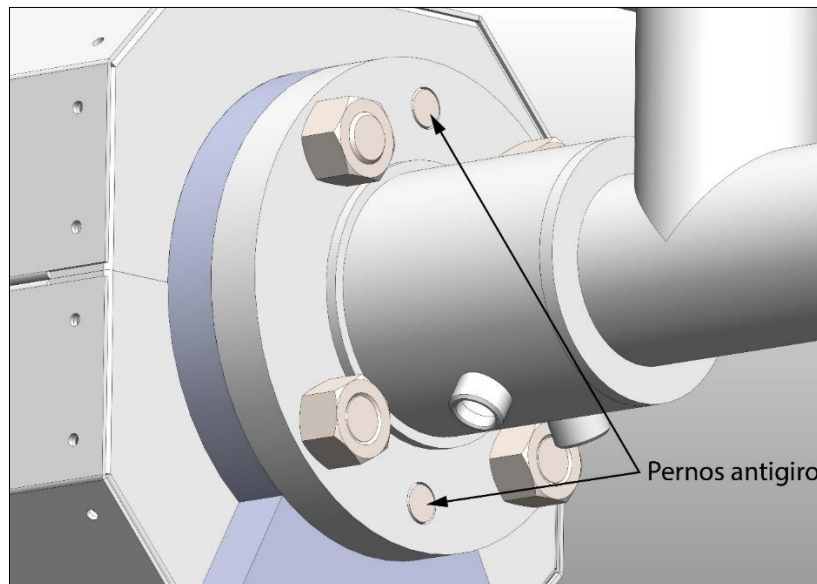


Figura 9.3: Pernos anti giro.

9.3 Descripción de la extrusora

La extrusora SSE 60 está orientada a ofrecer una alta producción y fiabilidad para el procesamiento de todo tipo de materiales termoplásticos. Está destinada a aplicaciones industriales.

Una característica destacable de la SSE 60 es la posibilidad del rápido acople y desacople del tornillo, ya sea para limpieza o cambio de tornillo. Esto permite gran rapidez y flexibilidad en su operación y mantenimiento.

Las geometrías especiales de los tornillos permiten procesar de forma óptima los distintos termoplásticos, permitiéndole alcanzar una alta productividad con cada uno de ellos.

9.3.1 Partes

En la figura 9.4 se señalan las partes principales que componen la extrusora.

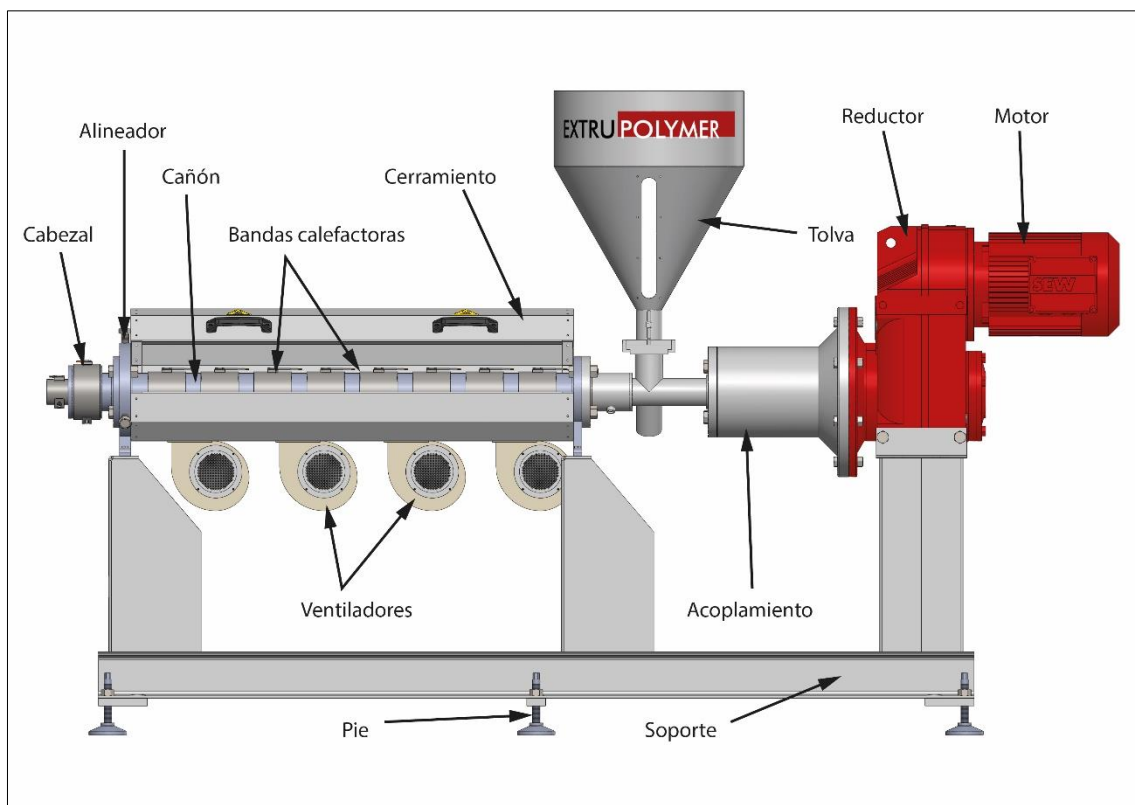


Figura 9.4: Componentes de la extrusora SSE 60.

9.3.1.1 Motorreductor

Está compuesto por un motor eléctrico que se encarga de entregarle al tornillo la energía mecánica necesaria para procesar el polímero. El reductor disminuye, con una relación constante, las rpm a la salida del motor, a un valor que le permita al tornillo trabajar adecuadamente.

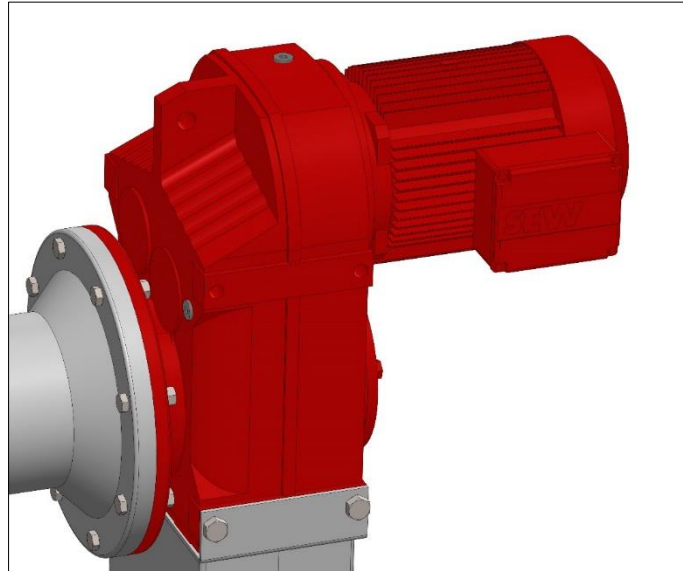


Figura 9.5: Motorreductor.

9.3.1.2 Acoplamiento

Un manguito conecta al tornillo con el eje de salida del reductor, y una chaveta protege el sistema de una sobrecarga.

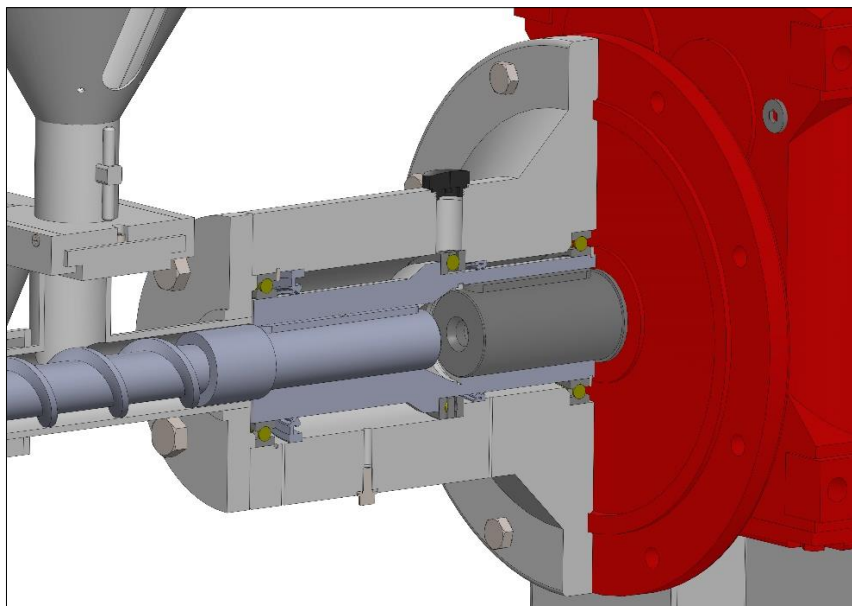


Figura 9.6: Acoplamiento.

9.3.1.3 Tolva

Almacena el material a procesar y alimenta la extrusora por gravedad. Posee dos visores laterales para la verificación visual del nivel de llenado. Además, cuenta con una válvula mariposa que permite cortar de el paso de material.

Es posible colocarla en dos posiciones, deslizando por una guía hasta llegar a uno de los topes:

- Posición de alimentación: la garganta de la tolva está alineada con la abertura de alimentación del cañón. Ésta es la posición normal cuando la extrusora está en funcionamiento.
- Posición de descarga: La garganta de la tolva está alineada con el tubo de descarga. Ésta es la posición que permite vaciar la tolva, ya sea para mantenimiento o para cambiar de producto a procesar.

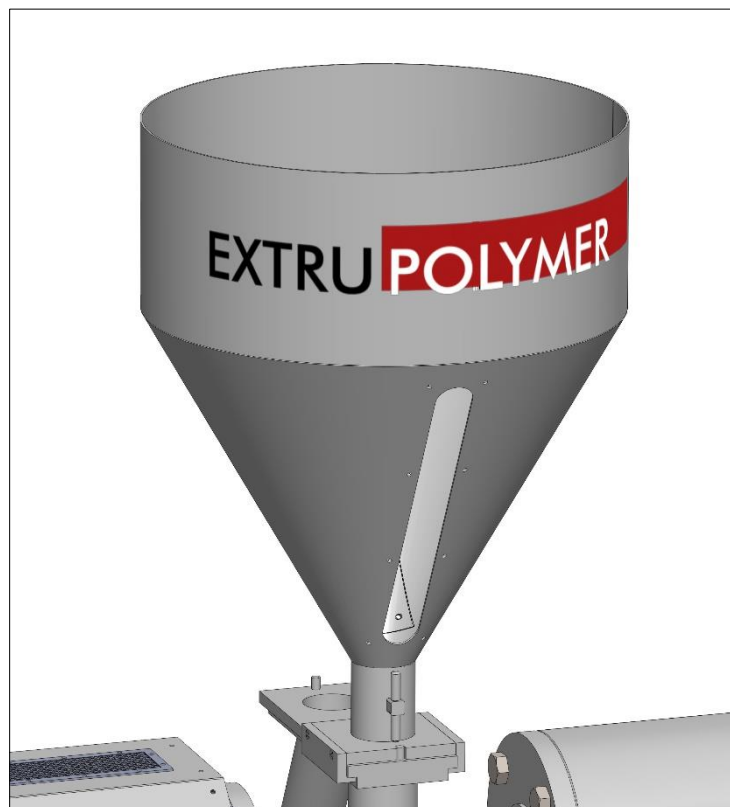


Figura 9.7: Tolva

9.3.1.4 Sistema de enfriamiento en la alimentación

Una camisa envuelve el cañón en la zona próxima a la alimentación, dentro de la cual circula agua para enfriar dicha zona. Esto evita que se funda el termoplástico y provoque el taponamiento de la extrusora.

La camisa está conectada por medio de mangueras al chiller.

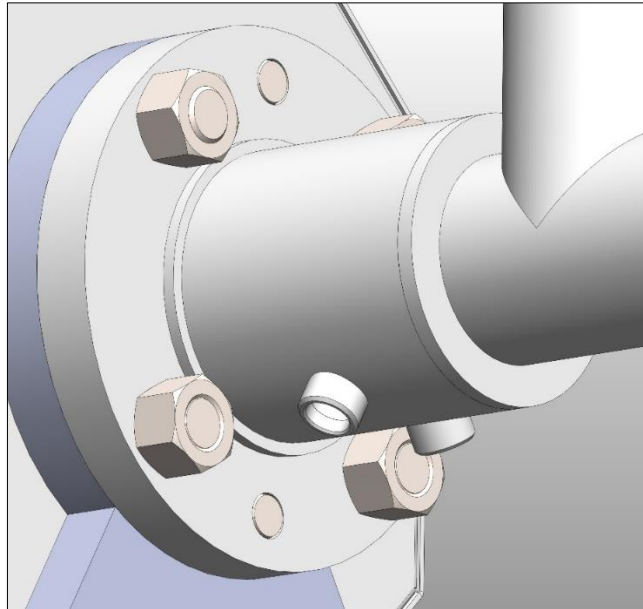


Figura 9.8: Camisa de enfriamiento.

9.3.1.5 Cañón

Aloja el tornillo y el producto fundido en su interior. En su extremo se acopla el cabezal.

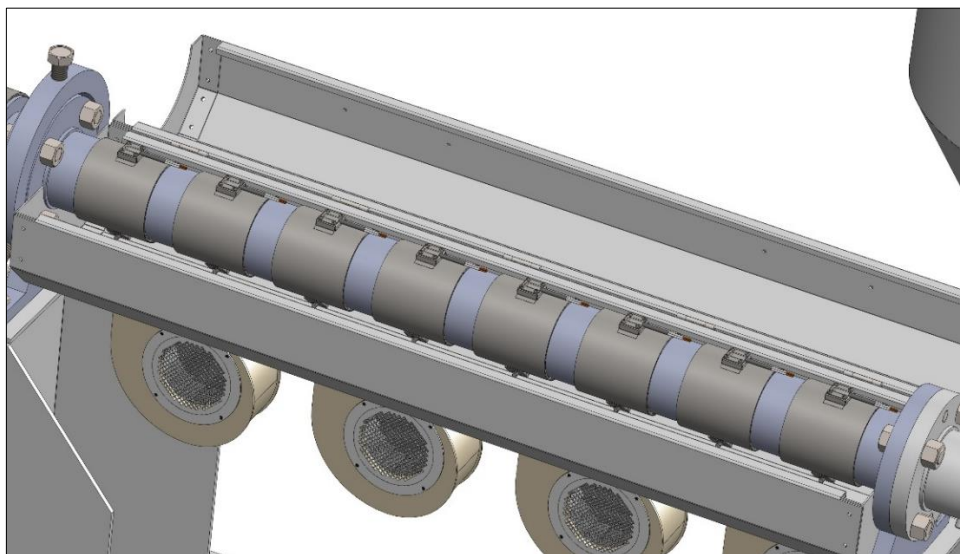


Figura 9.9: Cañón.

9.3.1.6 Tornillo

Transporta y funde por rozamiento al material a procesar. Su geometría óptima depende del material que se quiera procesar.



Figura 9.10: Tornillo.

9.3.1.7 Cerramiento

Cubre las bandas calefactoras y el cañón para evitar contacto directo con el operario. Sirve, además, como sostén de los ventiladores.

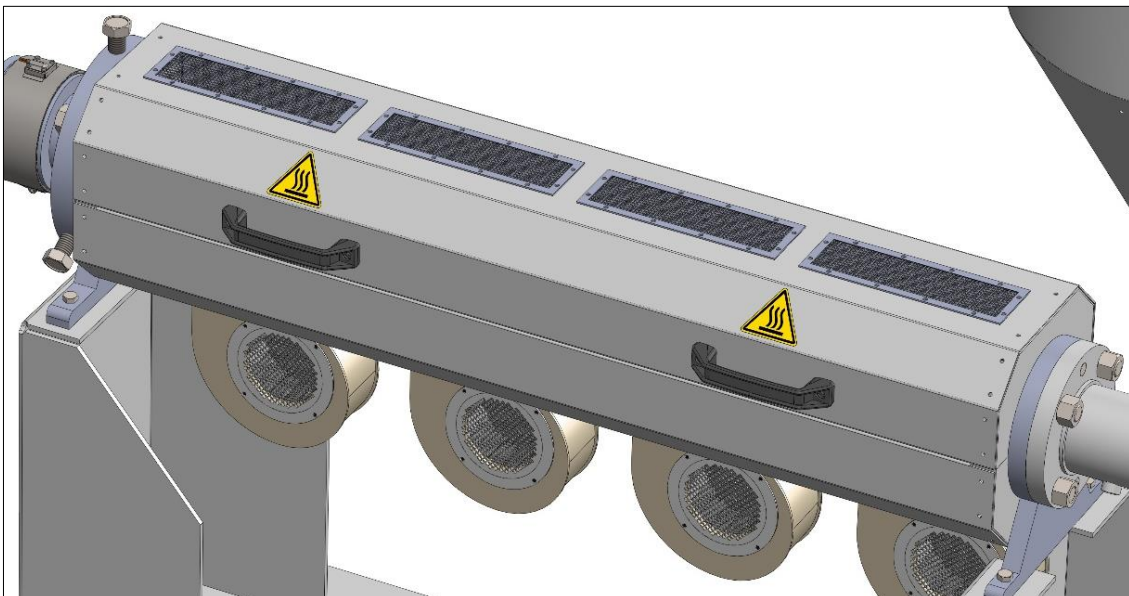


Figura 9.11: Cerramiento.

9.3.1.8 Bandas calefactoras

Se colocan a lo largo del cañón y el cabezal. Aportan calor para fundir el material.

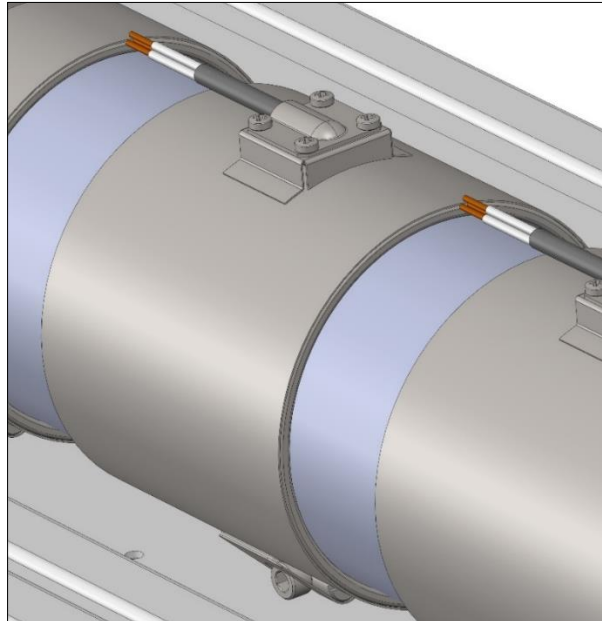


Figura 9.12: Banda calefactora.

9.3.1.9 Ventiladores

Dispuestos a lo largo del cañón, su función es la de bajar la temperatura de la masa fundida en caso de sobrepasar cierto valor.

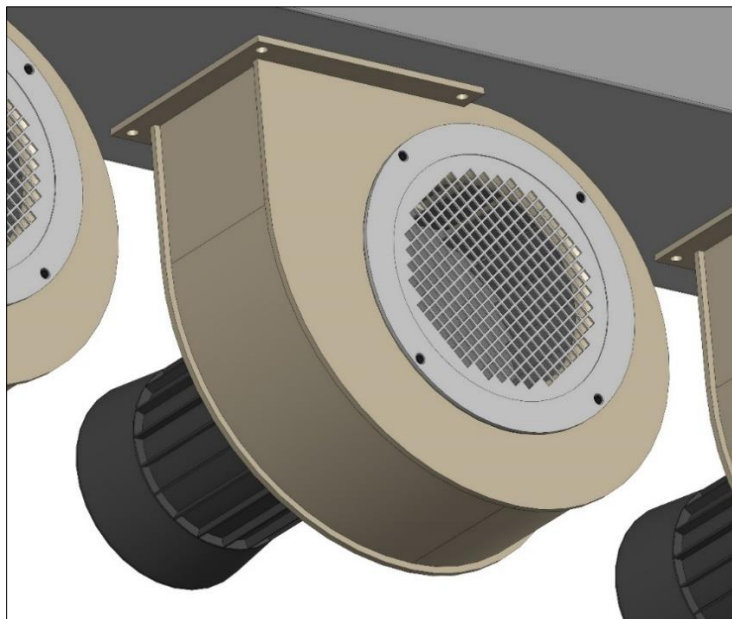


Figura 9.13: Ventilador.

9.3.1.10 Cabezal

Posee la forma de la sección del perfil a extruir. El material pasa a través de él, y éste da forma al producto final.

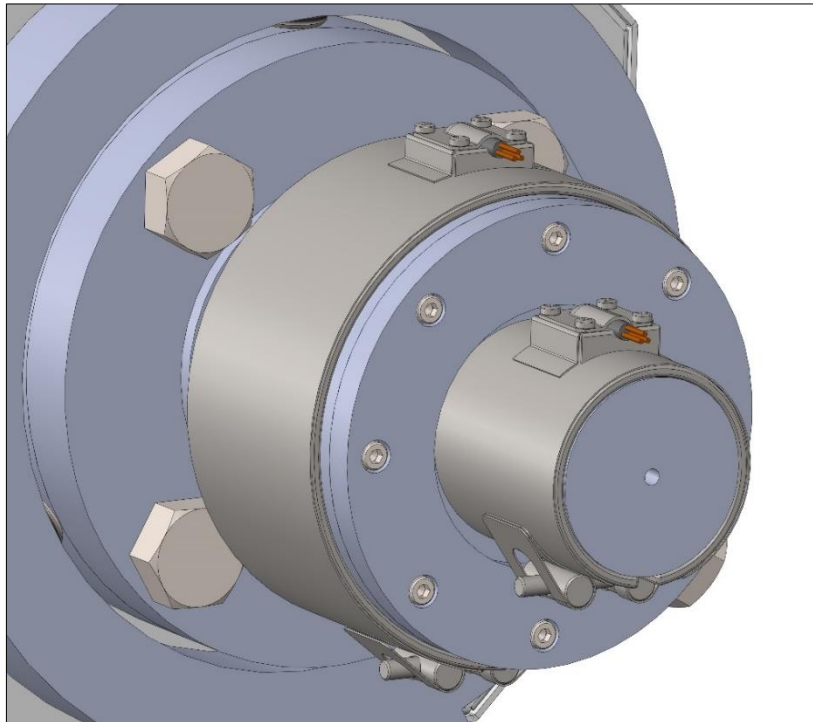


Figura 9.14: Cabezal.

9.3.1.11 Soporte

Estructura que mantiene la extrusora nivelada y a una altura cómoda de trabajo.

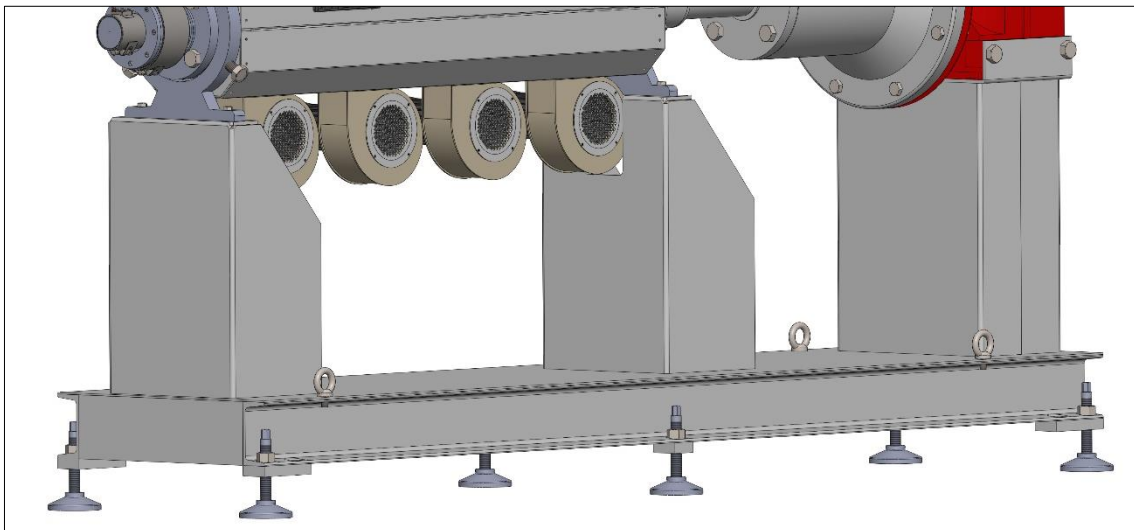


Figura 9.15: Soporte.

9.3.1.12 Alineador

Elemento que sirve para alinear el cañón de la máquina, para que éste quede perfectamente concéntrico con el tornillo, y así, evitar rozamiento.

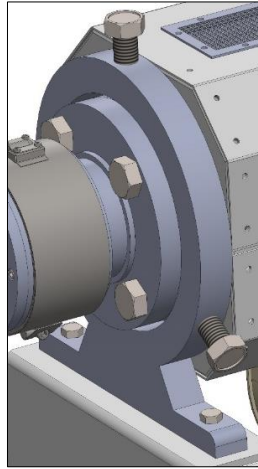


Figura 9.16: Alineador del cañón.

9.3.1.13 Gabinete de control

Contiene el circuito eléctrico de comando. El operario controla la máquina a través de la pantalla táctil, controladores de temperatura, perillas y pulsadores. Indicadores luminosos, amperímetros y una alarma informan al operario del estado de la máquina.

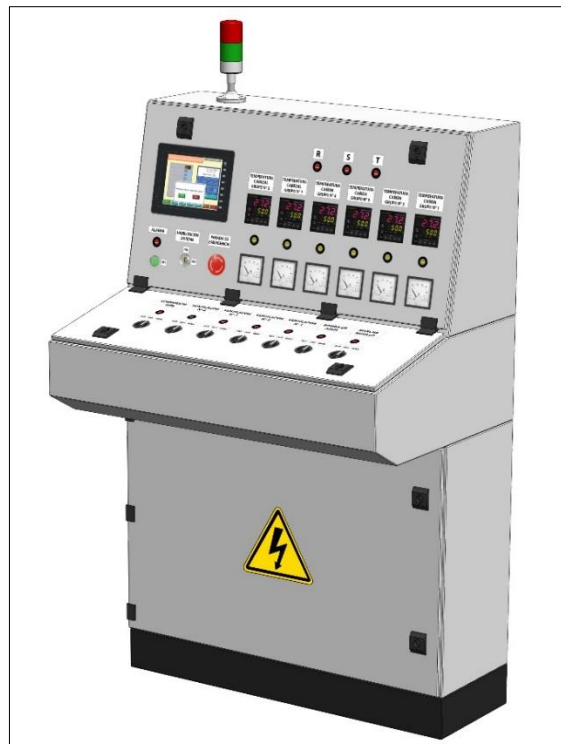


Figura 9.17: Gabinete de control.

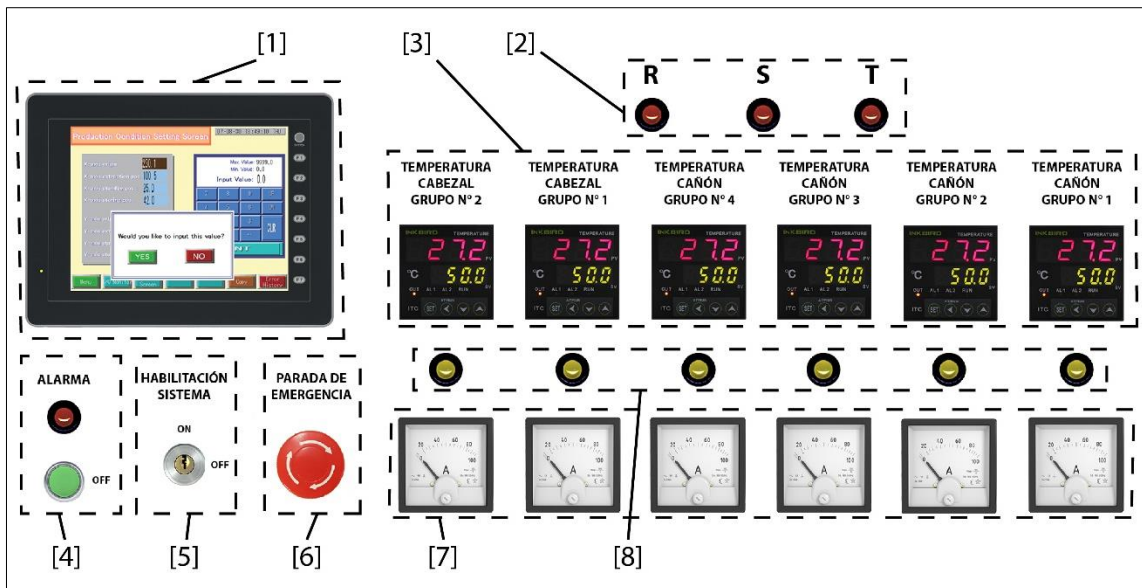


Figura 9.18: Tablero de control superior.

- [1] Pantalla táctil
- [2] Indicadores luminosos de alimentación trifásica general
- [3] Controladores de temperatura
- [4] Indicador luminoso y pulsador de apagado de alarma
- [5] Interruptor general con llave
- [6] Pulsador de parada de emergencia
- [7] Amperímetros de las resistencias eléctricas
- [8] Indicadores luminosos de encendido de las resistencias eléctricas

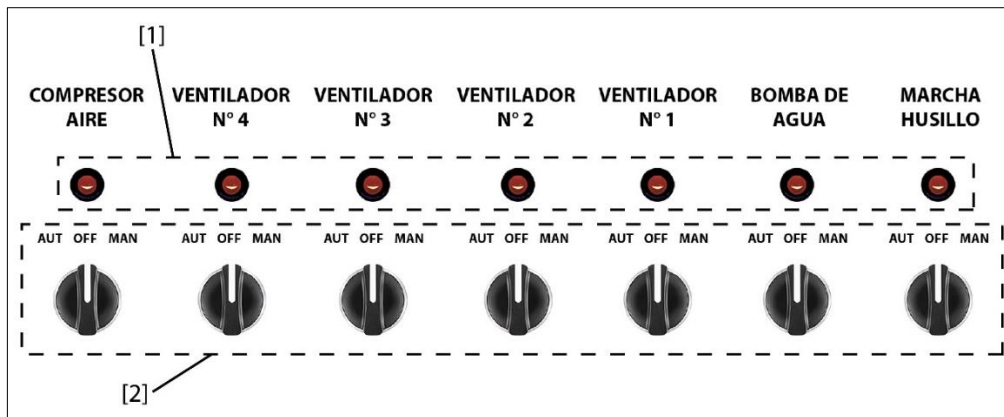


Figura 9.19: Tablero de control inferior.

[1] Indicadores luminosos de encendido

[2] Perillas selectoras de modo de encendido (manual/automático)

9.3.1.14 Gabinete de potencia

Contiene el circuito eléctrico de potencia. Aquí se encuentra la alimentación y protecciones de los motores, incluyendo el variador de velocidad que comanda el motor eléctrico principal.



Figura 9.20: Gabinete de potencia.

9.4 Datos técnicos

9.4.1 Energía eléctrica

Alimentación principal:	3 x 380 V, 50Hz
Potencia total instalada:	55 kW
Factor de potencia global:	0,9
Corriente total por fase:	94 A
Fusibles variador de frecuencia:	3 x 80 A
Voltaje de control:	24 VCC/230 VAC
Voltaje solenoides:	24 VCC

9.4.2 Dimensiones generales y peso

Los siguientes datos corresponden a la extrusora con el soporte, excluyendo los gabinetes del sistema eléctrico.

Dimensiones generales:	Largo: aprox. 2845 mm
	Ancho: aprox. 610 mm
	Alto: aprox. 1710 mm (ajustable mediante patas)
Peso:	aprox. 495 kg

9.4.3 Unidad de accionamiento

Fabricante:	SEW Eurodrive
Modelo:	FF127DV225S4
Tipo:	Motorreductor de engranajes helicoidales de ejes paralelos
Potencia:	50 CV
Relación de transmisión:	16,36
Número de etapas:	2
Torque de salida:	máx. 3930 Nm

Índice de viscosidad aceite:	Ver 9.9.6 “Cambio de aceite del reductor”
Volumen de aceite:	19 l
Intervalo de cambio de aceite:	Ver 9.9.6 “Cambio de aceite del reductor”
Lubricación:	baño de aceite

9.4.4 Lubricación crapodina

Tipo de lubricante:	Aceite mineral
Índice de viscosidad aceite:	95
Grado de viscosidad ISO:	1500
Volumen de aceite:	150 cm ³
Intervalo de cambio de aceite:	3 meses
Lubricación:	baño de aceite

9.4.5 Resistencias calefactoras

Número de resistencias:	8 (cañón) + 4 (cabezal)
Tipo:	abrazadera
Potencia unitaria:	1250 kW
Alimentación:	220 V, 50 Hz

9.4.6 Ventiladores

Número de ventiladores:	4
Tipo:	centrífugo
Potencia unitaria:	0,9 kW
Alimentación:	3 x 380 V, 50 Hz

9.4.1 Refrigeración alimentación

Conexiones:	¾" con rosca NPT
Capacidad chiller:	0,5 toneladas de refrigeración

9.4.2 Tornillos

Número de tornillos:	1
Diámetro del tornillo (D):	60 mm
Largo de la sección de procesamiento	1500 mm = 25 D
Largo del tornillo:	1735 mm
Sentido de rotación:	horario, visto de frente al cabezal

9.4.3 Chaveta reductor

Torque máximo admisible:	3730 Nm
Altura:	9 mm
Ancho:	20 mm
Largo:	120 mm a 125 mm
Material:	acero SAE 1045

9.4.4 Chaveta tornillo

Torque máximo admisible:	3580 Nm
Altura:	9 mm
Ancho:	14 mm
Largo:	160 mm
Material:	acero SAE 1045

9.4.5 Condiciones ambientales

Almacenamiento:	Temperatura bulbo seco: -25 °C a +55 °C
-----------------	---

Marcha:

Humedad relativa: 5 % a 95 %

Temperatura bulbo seco: +5 °C a +45 °C

Humedad relativa: 5 % a 95 %

9.5 Transporte y almacenamiento

9.5.1 Embalaje

La extrusora está firmemente empacada en un cajón de madera. Partes pequeñas y accesorios están empacados en cajas de cartón o bolsas en el cajón. El equipamiento adicional está empacado en el mismo cajón que la extrusora o en un cajón separado, dependiendo del tamaño del pedido.

Sobre el exterior del cajón, hay símbolos que siempre deben ser tenidos en cuenta para su transporte y manipulación:



Figura 9.21: Simbología del embalaje.

9.5.2 Desembalaje

Primero quite la tapa del cajón y luego las paredes laterales. Tenga cuidado con los tirantes y soportes que están dentro del cajón.

⚠ Cuando desembale el equipo, asegúrese de que no queden en el material de empaque, partes pequeñas o accesorios que no estén fijos a la máquina. Partes del equipo se pueden haber aflojado durante el transporte y pueden estar escondidas entre el material del embalaje. Por tal motivo, todo el material de embalaje debe ser cuidadosamente inspeccionado antes de su disposición.

⚠ Lea atentamente las instrucciones en las etiquetas y calcomanías.

⚠ No quite cubiertas y ni films protectores hasta la instalación y puesta en marcha de la máquina, respectivamente.

9.5.3 Inventario de la orden

El inventario de la orden debe ser comparado inmediatamente con los documentos, inmediatamente después de haber llegado a destino. En caso de no concordar, ExtruPolymer® debe ser notificado inmediatamente.

9.5.4 Notificación de daños

Inspeccione inmediatamente el equipo luego de desembalarlo, en busca de cualquier daño que pueda tener. En caso de haberlo, sin importar si aparentemente sucedió o no durante transporte, notifique inmediatamente al transportista y hágale el reclamo. Si fuera necesario, el transportista tiene el derecho de realizar una inspección a la carga. ExtruPolymer® también debe ser notificado inmediatamente.

Si en la orden se especificó que los riesgos de transporte los asume el comprador o el destinatario, éste debe estar al tanto de las normas de la póliza de seguro.

9.5.5 Izaje y transporte



Antes del transporte, leer atentamente las indicaciones de seguridad de la sección 9.2.2.4 “Transporte”.

Para transportar la extrusora con la grúa, use eslingas apropiadas para el peso de la extrusora. Seleccione el largo de la eslinga de tal manera que la extrusora quede suspendida horizontalmente respecto a la grúa.



Asegúrese de que las eslingas están en condiciones seguras de operación.

Elementos necesarios para el transporte mediante una grúa:

- Eslingas acordes al peso de la máquina y con largo necesario.
- Cuatro cáncamos M12 (incluidos).

Procedimiento:



Asegúrese de que la tolva esté desmontada antes de transportar la máquina. Al elevar la extrusora, las eslingas podrían comprimir o flexionar la tolva y, por lo tanto, dañarla.

1. En caso de que los cáncamos no estén colocados, enrósquelos completamente en los orificios roscados ubicados en el bastidor (vea figura 9.22 y figura 9.23).

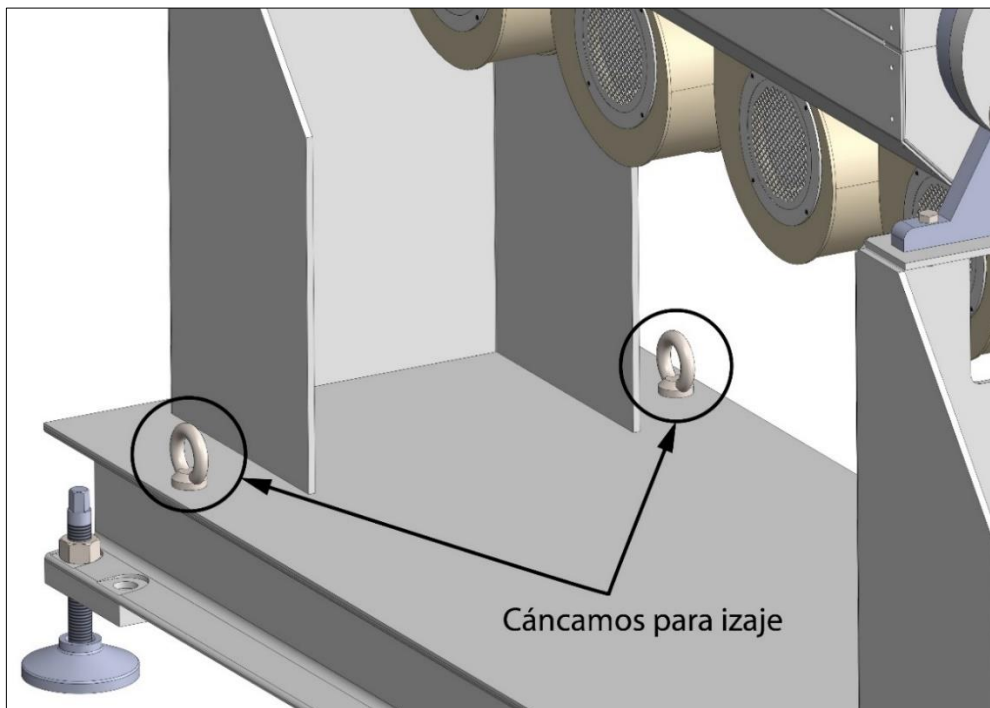


Figura 9.22: Ubicación de los cáncamos de izaje anteriores.

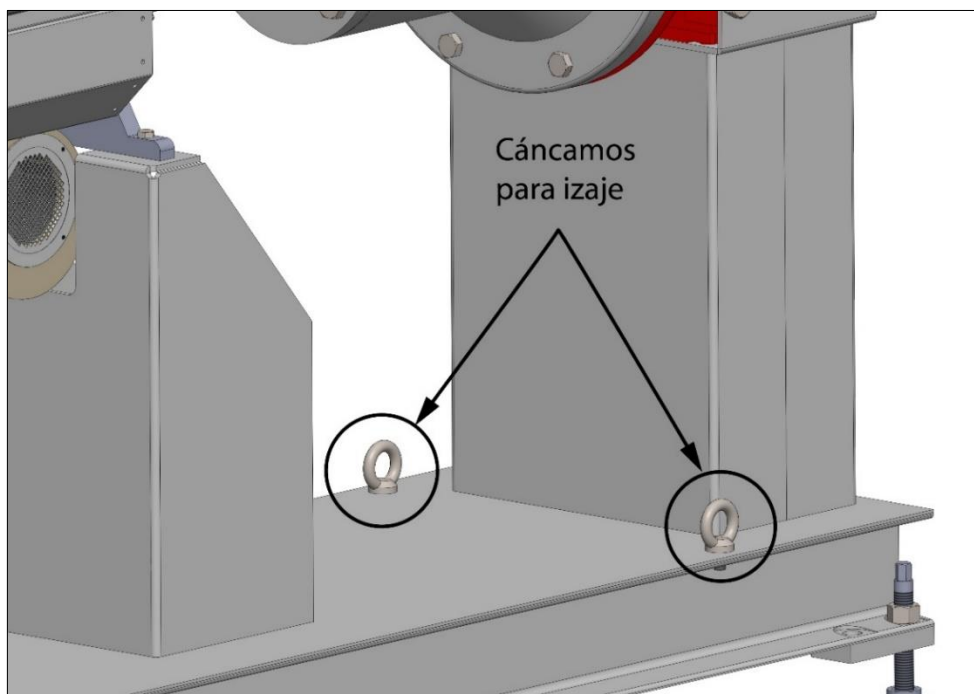




Figura 9.23: Ubicación de los cáncamos de izaje posteriores.

2. Enganche firmemente las eslingas en los cáncamos.
3. Asegúrese de que el gancho de la grúa, que sostiene las eslingas, esté posicionado exactamente sobre el centro de gravedad de la máquina (vea figura 9.24).

 La distancia mínima vertical entre el gancho de la grúa y el piso de la máquina, debe ser de al menos 2000 mm. ¡Riesgo de daño del cerramiento y/o ventilador de la máquina con las eslingas!

 Tenga cuidado al izar la máquina, de que la eslinga no enganche ningún motor de ventilador. ¡Riesgo de dañar la máquina!
Si cree necesario o conveniente, retire uno de los ventiladores antes de izar la máquina.

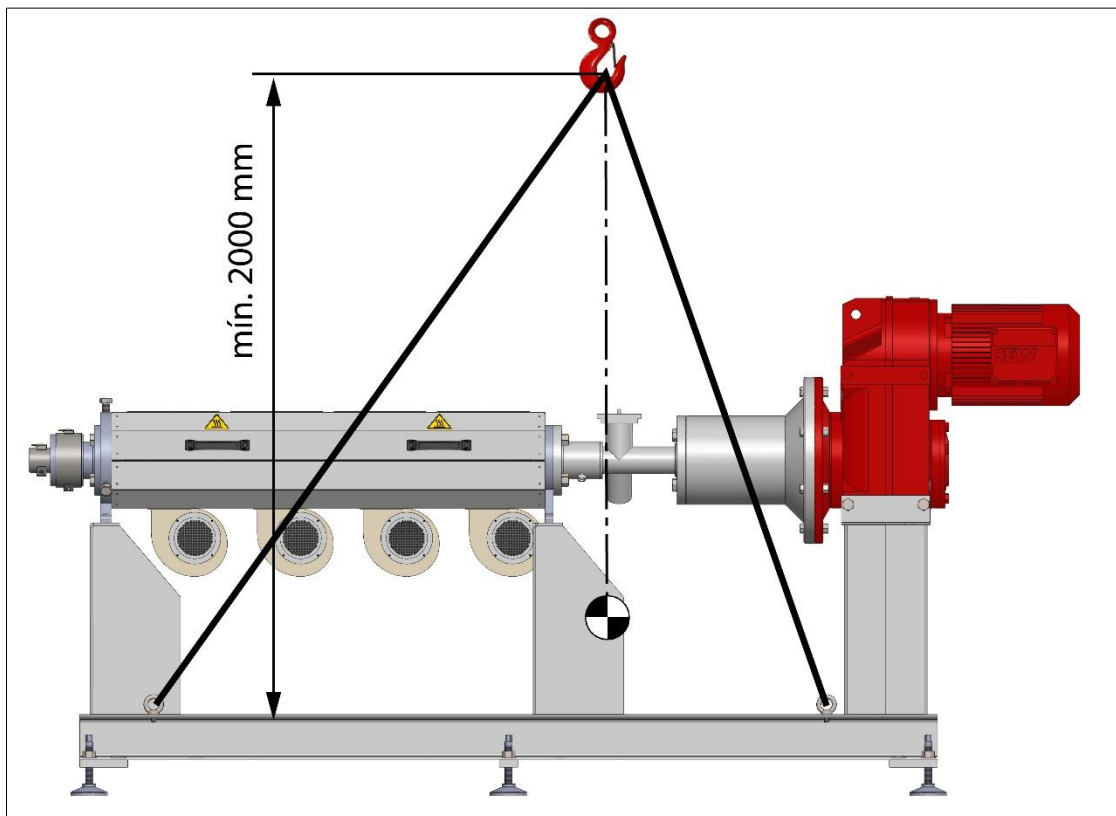




Figura 9.24: Correcta ubicación del gancho de la grúa y las eslingas.


4. Verifique que todos los elementos están firmemente sujetos y en posición.
5. Eleve lentamente la máquina.


 No deje elementos sueltos sobre la máquina, éstos podrían caer durante el transporte, causando daños a personas y bienes.

6. Desplácela suavemente hasta la posición deseada.

 Evite cambios bruscos de dirección. Se pueden producir oscilaciones en la carga y, en consecuencia, la caída de la misma.

7. Descienda la carga lentamente. Una vez que la máquina está a pocos centímetros del suelo, dos operarios deben acompañarla con la mano en el último tramo del descenso, para orientarla correctamente.

 ¡Asegúrese de que no haya ningún objeto en la zona donde colocará la máquina!

 Al acompañar la máquina con la mano, prestar mucha atención a que los pies no queden debajo de la base ¡Riesgo de aplastamiento!

8. Retire las eslingas y los cáncamos de la máquina.

9.5.6 Almacenamiento

El almacenamiento del producto en un ambiente húmedo o agresivo puede causar corrosión y, en casos extremos, picadura.

- Limpie y seque rigurosamente todas las partes de la máquina, en especial aquellas que estarán en contacto con el producto a procesar. Prestar especial atención a la limpieza de esquinas, ángulos y ranuras.
- Antes de almacenar la máquina, desmonte todas las partes en contacto con el producto, como el tornillo, cabezal, etc. y límpielas y séquelas rigurosamente.
- Aplique una fina capa de aceite multipropósito sobre todas las partes de la máquina que estén en contacto con el producto.
- Guarde individualmente los tornillos, cabezales y partes similares envueltos en material protector.
- Guarde la máquina ExtruPolymer® y todas sus partes sólo en lugares secos.
- Coloque la máquina ExtruPolymer® sobre un soporte que tenga por lo menos 200 mm de alto para proteger la máquina de la humedad del suelo.
- Organice el almacén para permitir que escape la humedad y sea posible realizar inspecciones periódicas.

Variaciones extremas de temperatura o exposiciones largas a la luz solar directa pueden causar daños al equipo.

- No exponga al equipo o partes ExtruPolymer® a variaciones extremas de temperatura o directamente a la luz solar.

Los valores límite de temperatura y humedad ambiental para su almacenamiento y operación están incluidos en la lista de datos técnicos (vea sección 9.4).



Reemplace inmediatamente el embalaje dañado.

9.6 Instalación

9.6.1 Requisitos básicos

1. La base destinada para la instalación del equipo tiene que estar limpia, ser plana y lo suficientemente resistente para soportar el peso de toda la máquina. Se recomienda transportar la máquina con mucho cuidado una vez desempacada y apoyarla suavemente sobre la base.

En caso de utilizar equipos de elevación, debe posicionar el gancho lo más cerca posible del centro de gravedad de la máquina y debe cuidar de no dañar partes delicadas con las eslingas.

2. Se recomienda colocar la extrusora lo más cerca posible de las fuentes de suministro.

Requisitos:

Energía eléctrica: ver sección 9.4.1 "Energía eléctrica".

Aire comprimido: 4 - 6 bar.

3. Se recomienda que el montaje y la instalación sean realizados por personal competente.



La instalación eléctrica debe ser llevada a cabo sólo por electricistas competentes.

9.6.2 Montaje e instalación



Debe quitar las cubiertas protectoras y films una vez finalizada la instalación, cuando se ha retirado todo el embalaje. Es muy importante prestar atención a la información en etiquetas y calcomanías.

9.6.2.1 Tolva



Se le provee la tolva desmontada de la máquina por razones de espacio en el transporte.

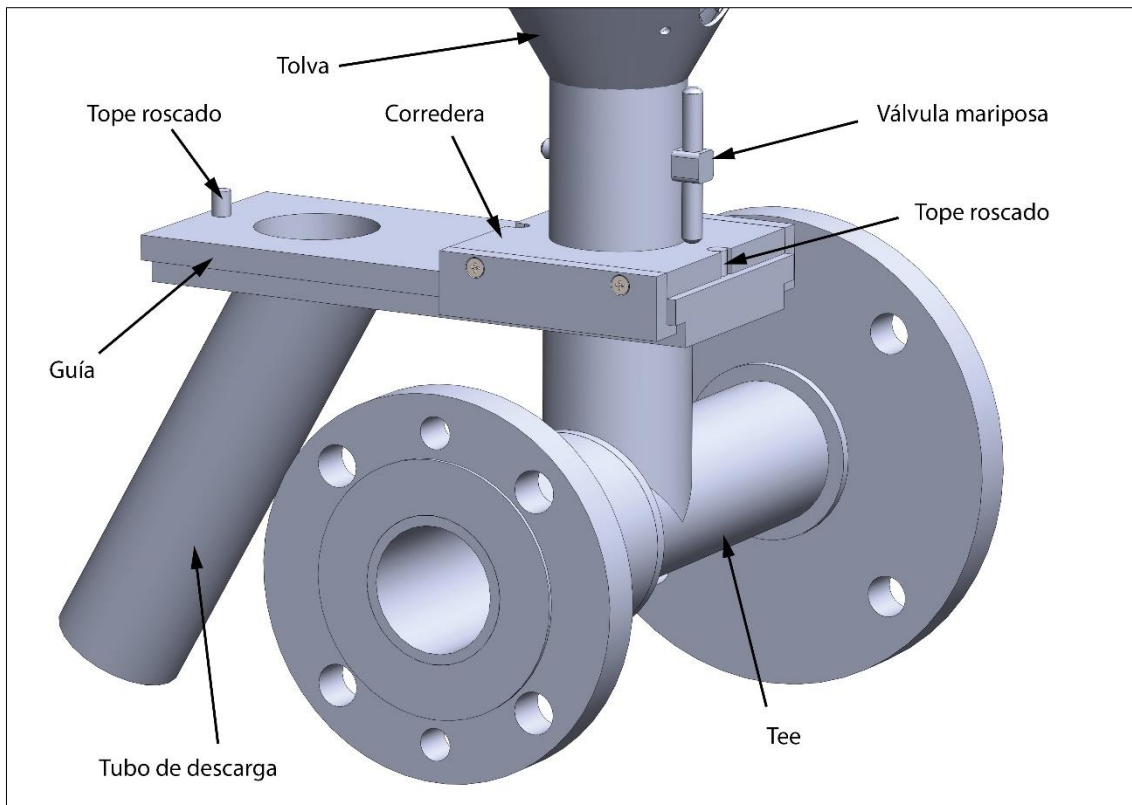


Figura 9.25: Detalle de la tolva.

9.6.2.1.1 Desmontaje

1. Asegúrese de que la tolva está vacía.
Para vaciarla, coloque un recipiente con el volumen adecuado, en el tubo de descarga. Deslice la tolva por la guía, hasta que la garganta quede alineada con el tubo de descarga y abra la válvula mariposa.
2. Quite uno de los topes roscados que se encuentran en la guía.
3. Con la ayuda de otra persona, quite la tolva, deslizando su corredera por la guía.
4. Vuelva a enroscar el tope.

9.6.2.1.2 Montaje

1. Quite uno de los topes roscados que se encuentran en la guía.
2. Con la ayuda de otra persona, inserte la corredera de la tolva en la guía.
3. Vuelva a enroscar el tope.

9.6.2.2 Cableado



Antes de trabajar con el sistema eléctrico, lea atentamente las normas de seguridad de la sección 9.2.2.6 “Trabajo con el sistema eléctrico”.

9.6.2.2.1 Gabinete de comando

1. Conecte las termocuplas en las borneras 1 – 12.



Se entrega la extrusora con todas las termocuplas ya montadas en el cañón.



Debe conectar las termocuplas en el mismo orden que como están montadas en la extrusora, comenzando con la termocupla N°1 que está montada al lado de la sección de alimentación:

- Termocupla N°1: bornes 1 y 2.
- Termocupla N°2: bornes 3 y 4, etc.

Siempre asegúrese de conectarlas correctamente, ¡incluso una termocupla mal conectada puede producir daños severos a la máquina!

2. Conecte los sensores de presión directamente en el módulo de entradas analógicas, en los bornes AN7 y AN8 y masa.



Se entrega la extrusora con los sensores de presión ya montados en el cañón.



Debe conectar los sensores de presión en el mismo orden que como están montados en la extrusora, comenzando con el sensor N°1 que está montado más cerca de la sección de alimentación:

- Sensor de presión N°1: borne AN7.
- Sensor de presión N°2: borne AN8.

Siempre asegúrese de conectarlos correctamente, ¡incluso un sensor de presión mal conectado puede producir daños severos a la máquina!

9.6.2.2.2 Gabinete de potencia

1. El motor principal se conecta a la salida del variador de velocidad.

2. Conecte los ventiladores en los contactores X2 – X5.



Debe conectar los ventiladores en el mismo orden que como están montados en la extrusora, comenzando con el ventilador N°1 que está montado al lado de la sección de alimentación:

- Ventilador N°1: contactor X2.
- Ventilador N°2: contactor X3, etc.

3. Conecte las resistencias eléctricas en las borneras 101 – 112. Éstas se conectan en paralelo en grupos de a dos.



Debe conectar las resistencias en el mismo orden que como están montadas en la extrusora, comenzando con la resistencia N°1 que está montado al lado de la sección de alimentación:

- Resistencias grupo N°1: bornes 101 y 102.
- Resistencias grupo N°2: bornes 103 y 104, etc.

4. En caso de que necesite alimentar un compresor, éste debe conectarse en el contactor X6.



El compresor no está incluido. En caso de no tener una línea de suministro, se recomienda utilizar un compresor de 1 HP.

5. Conecte la bomba de agua del chiller en el contactor X1.
6. Conectar los cables 211, 213, 215, 217, 219 y 221, provenientes de los contactos KA09 – KA14 del gabinete de comando, en los bornes 3 de los relés SSR N°1 – N°6. Conectar el cable 200 (común) en los bornes 4 de los relés SSR antes nombrados.



Asegúrese siempre de realizar las conexiones en orden, de menor a mayor:

- Cables 211 y 200 en relé SSR N°1.
- Cables 213 y 200 en relé SSR N°2, etc.

7. Conectar los cables 52, 62, 65, 68, 71, 77 y 0 (común), provenientes de los contactos KA03 – 08 del gabinete de comando, en los contactos auxiliares de los guardamotors GV1 – 6.



Asegúrese siempre de realizar las conexiones en orden, de menor a mayor.

- Cables 52 y 0 en guardamotor GV1.

- Cables 62 y 0 en guardamotor GV2, etc.

9.6.2.3 Tornillo

9.6.2.3.1 Desmontaje

1. Desmonte el cabezal (vea 9.6.2.4.1).
2. Quite el plato rompedor y los filtros.
3. Utilizando una llave allen, quite el tornillo de la punta del tornillo.
4. Enrosque hasta el extractor del tornillo hasta el tope.
5. Tire del extractor suavemente, y vaya retirando el tornillo lentamente, ayudándose con la otra mano, para evitar que éste toque la superficie interna del cañón.

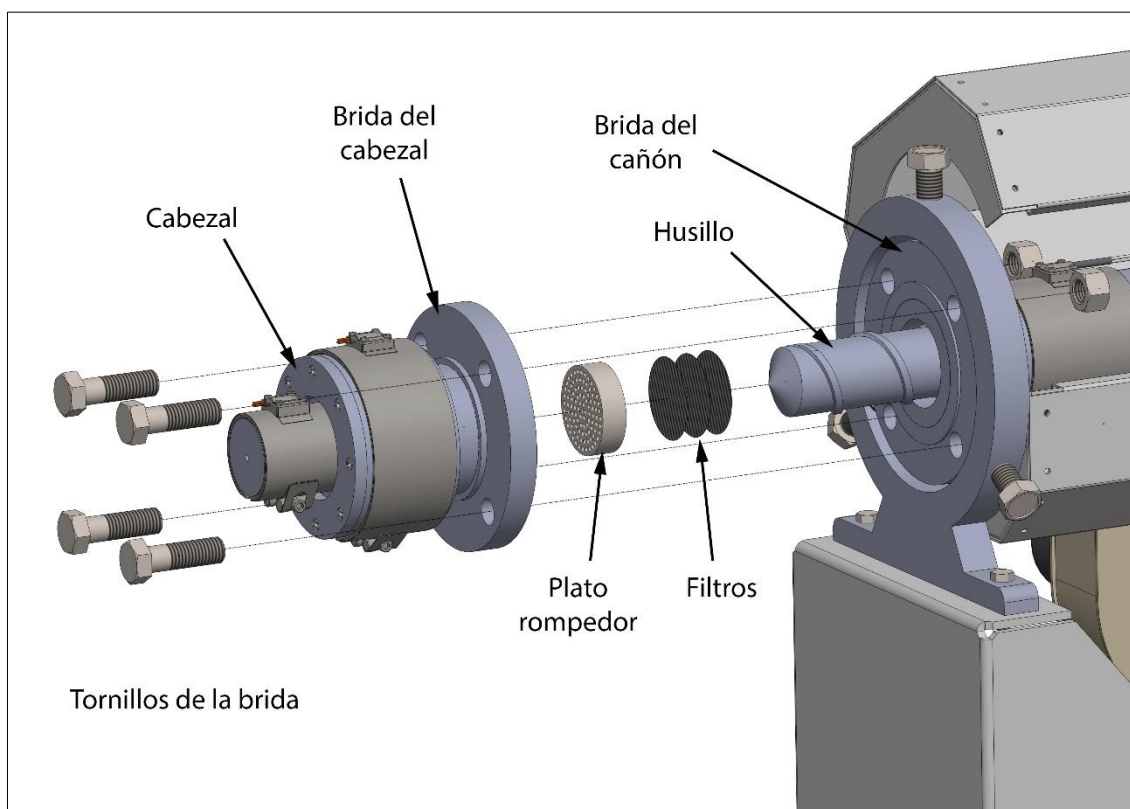


Figura 9.26: Desmontaje del tornillo.

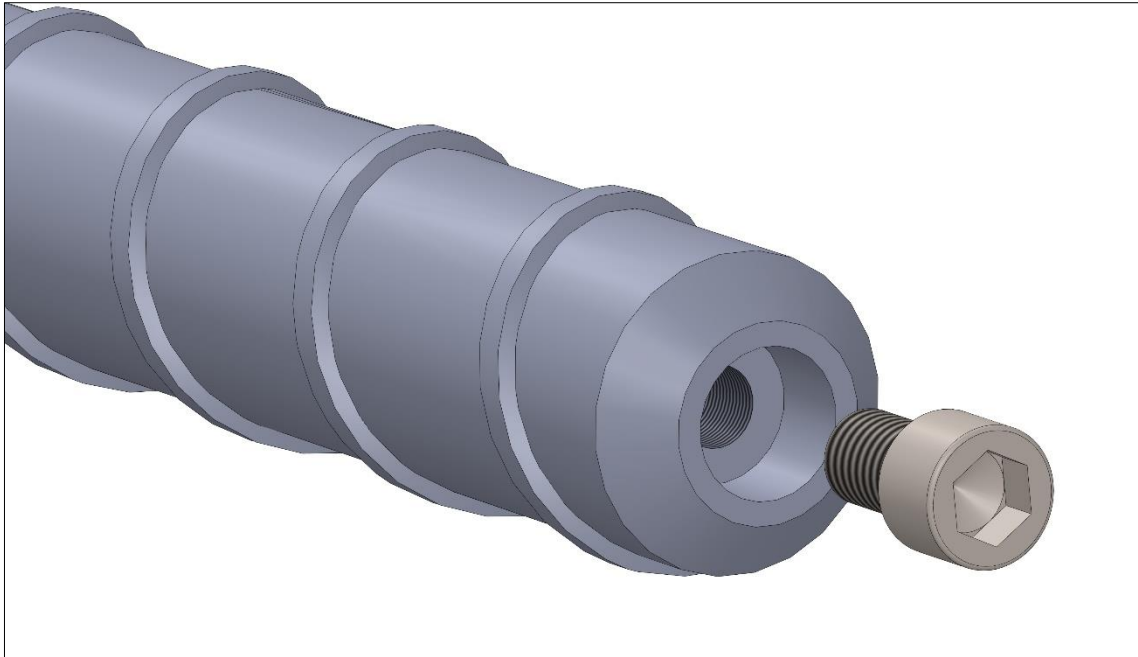


Figura 9.27: Tornillo de la punta del tornillo.

9.6.2.3.2 Montaje

1. Antes de colocar el tornillo en la extrusora, limpie exhaustivamente el cañón con aire comprimido.
1. Inserte el gorrón del tornillo en el cañón, y empuje lentamente el tornillo, tratando de evitar que éste toque la superficie interna del cañón.
2. Gírelo suavemente hasta que entre la chaveta en el manguito y empújelo hasta que haga tope. Si lo montó correctamente, la punta del tornillo no debería sobresalir del cañón. Asegúrese de que el tornillo de la punta del tornillo está correctamente ajustado.
3. Coloque los filtros, empezando por el de malla más fina, hacia la más gruesa. Luego coloque el plato rompedor, de manera que quede al ras de la boca del cañón.
4. Monte el cabezal (vea 9.6.2.4.2).

9.6.2.4 Cabezal

9.6.2.4.1 Desmontaje

1. Desconecte los cables de las resistencias y sensores.
2. Quite los 4 tornillos de la brida que lo une con el cañón y retire el cabezal.

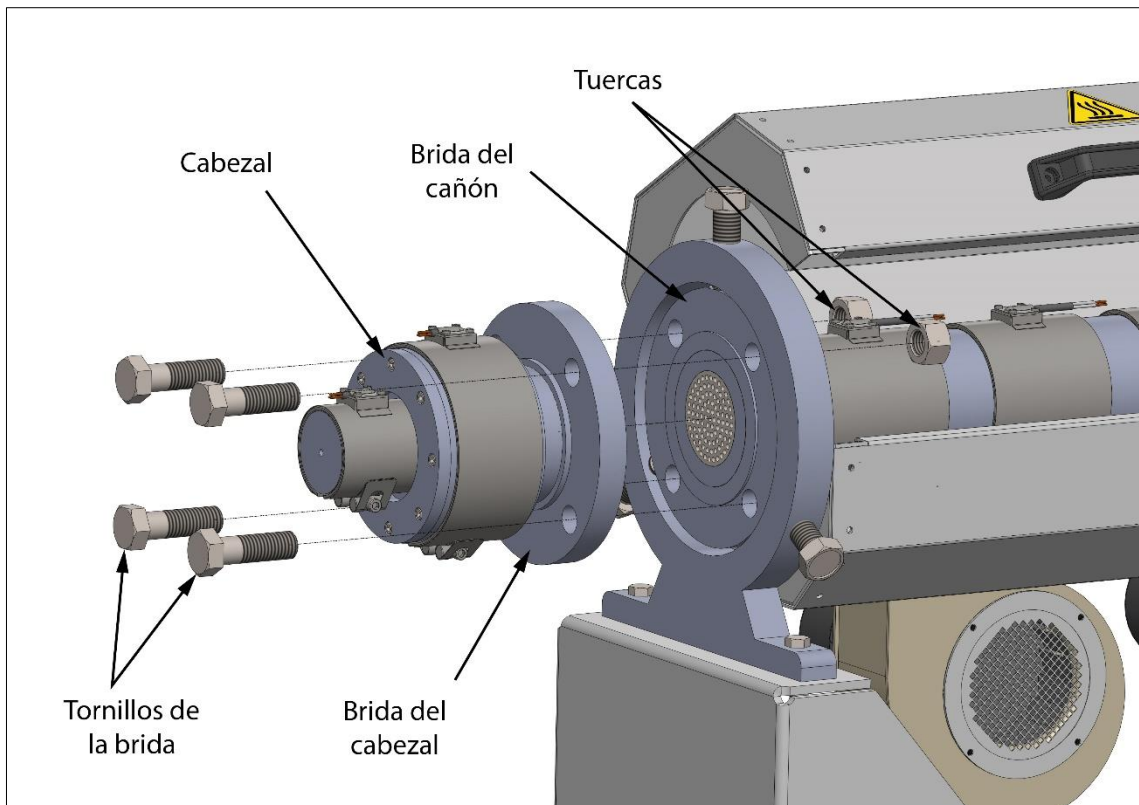


Figura 9.28: Desmontaje del cabezal.

9.6.2.4.2 Montaje

1. Alinee la brida del cabezal con la brida del cañón, coloque los 4 tornillos y ajústelos firmemente.



Ajuste los tornillos de forma cruzada, para que el cabezal quede perfectamente alineado.

2. Monte las resistencias y los sensores, en caso de que no lo estén.
3. Conecte las resistencias y sensores. Verifique que las conexiones fueron correctamente realizadas.


9.6.2.5 Chaveta reductor




Para evitar daños en la máquina, coloque la chaveta especificada en la sección 9.4.3 "Chaveta reductor".

Para cambiar la chaveta en caso de rotura, siga los siguientes pasos:

1. Desmonte el cabezal (vea 9.6.2.4.1).
2. Quite el tornillo (vea 9.6.2.3.1).
3. Retire la tolva (vea 9.6.2.1.1).
4. Desmonte la tee, quitando los tornillos de las bridas.
5. Desmonte el alojamiento del árbol transmisor, quitando los 8 tornillos de la brida.
6. Retire la chaveta rota y reemplácela.
7. Monte el alojamiento del árbol transmisor, ajustando los 8 tornillos.

 Ajuste los tornillos de forma cruzada, para que el alojamiento quede perfectamente alineado.

8. Monte la tee, ajustando los tornillos de las bridas.

 Ajuste los tornillos de forma cruzada, para que la tee quede perfectamente alineada.

9. Monte la tolva (vea 9.6.2.1.2).
10. Monte el tornillo (vea 9.6.2.3.2).
11. Monte el cabezal (vea 9.6.2.4.2).

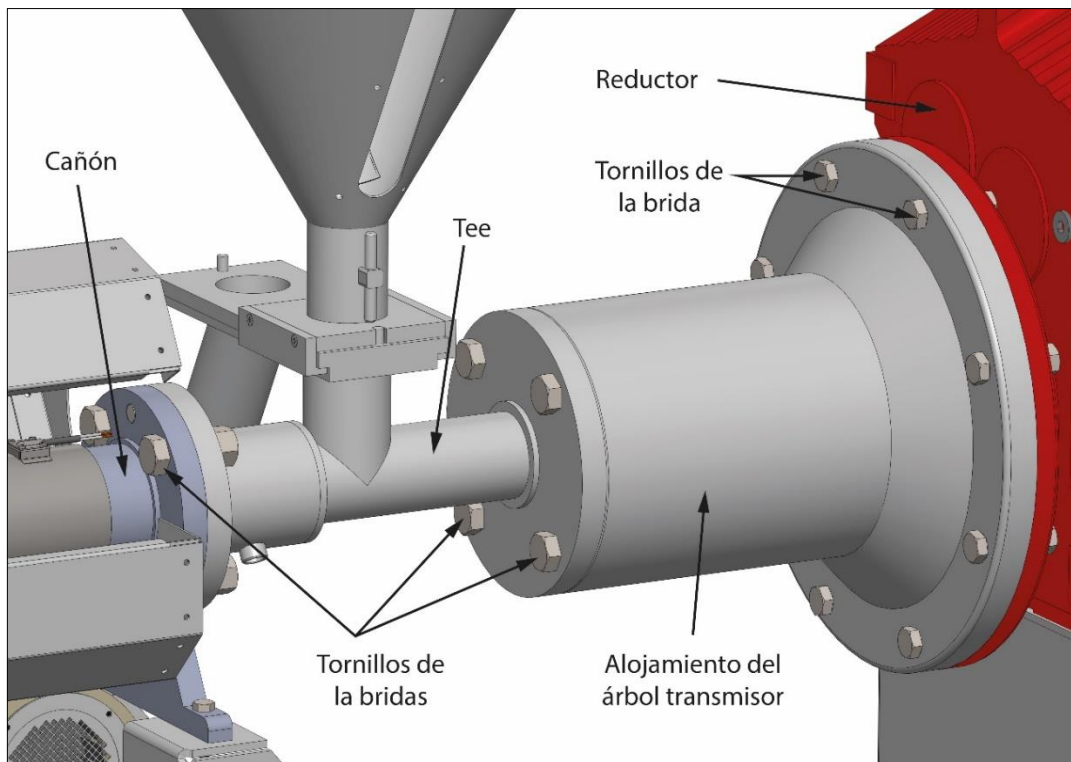


Figura 9.29: Tornillos a quitar para el desmontaje

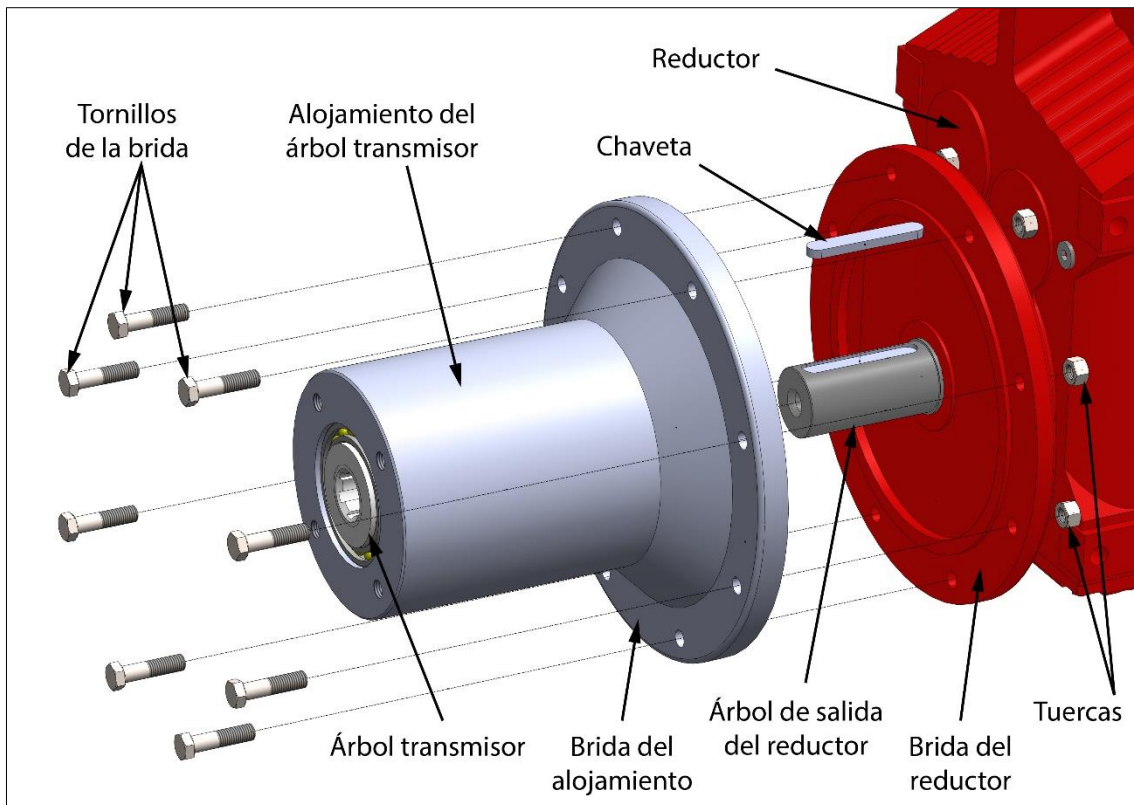


Figura 9.30: Desmontaje de la chaveta.

9.6.2.6 Chaveta tornillo



Para evitar daños en la máquina, coloque la chaveta especificada en la sección 9.4.4 “Chaveta tornillo”.

Para cambiar la chaveta en caso de rotura, siga los siguientes pasos:

1. Desmonte el cabezal (vea 9.6.2.4.1).
2. Quite el tornillo (vea 9.6.2.3.1).
3. Retire la chaveta rota y reemplácela.
4. Monte el tornillo (vea 9.6.2.3.2).
5. Monte el cabezal (vea 9.6.2.4.2).

9.7 Puesta en marcha y operación

9.7.1 Requisitos del personal

- ⚠ Sólo se le debe asignar la operación de esta máquina a personal competente.
- ⚠ Para la puesta en marcha y la operación es, por lo general, suficiente con un solo operario.

9.7.2 Verificaciones previas a la puesta en marcha

9.7.2.1 Verificaciones previas a la puesta en marcha y luego de haber estado parada por largos períodos

- ⚠ Siempre desconecte los circuitos de comando y potencia antes de realizar la verificación de la máquina. Asegúrese de que el sistema no puede ser puesto en marcha involuntariamente.

- ⚠ ¡No encienda el sistema sin antes haber hecho las siguientes verificaciones!

1. Verifique que la extrusora esté correctamente nivelada.
2. Verifique el par de apriete de los tornillos de fijación de las bridas.
3. Compruebe el nivel de aceite del reductor por la mirilla (vea figura 9.31).

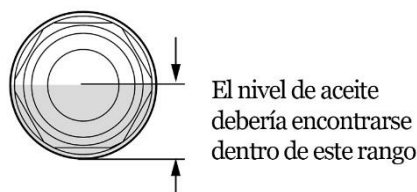


Figura 9.31: Mirilla del nivel de aceite del reductor.

4. Verifique funcionamiento de todo el mecanismo de accionamiento.
5. Verifique las conexiones del circuito de agua, apertura de válvulas de paso del agua y aire comprimido. Compruebe la hermeticidad de los conductos.
6. Luego de colocar el tornillo, verifique que éste haya asentado correctamente en el acoplamiento.
7. Verifique que la abertura para alimentación esté libre de obstrucciones.

8. Introduzca los parámetros de procesamiento y compruébelos. Esto significa configurar los setpoints de los controladores de temperatura, según el polímero a procesar.
9. Caliente la extrusora a la temperatura de operación. Esto puede tardar algunos minutos, dependiendo del producto a procesar.
10. Compruebe que todas las bandas calefactoras funcionan correctamente.
11. Verifique que las termocupas ubicadas en el cañón muestren una correcta lectura.

9.7.2.2 Verificaciones previas antes de cada puesta en marcha

Se deben realizar las siguientes verificaciones luego de cada parada corta (puesta en marcha luego del fin de semana):

1. Verifique nivel de aceite del reductor por la mirilla (vea figura 1.9).
2. Verifique las conexiones del circuito de agua, apertura de válvulas de paso del agua y aire comprimido. Compruebe la hermeticidad de los conductos.
3. Verifique que la abertura para alimentación esté libre de obstrucciones.
4. Compruebe los parámetros de procesamiento ingresados.

Una vez realizadas estas comprobaciones, la extrusora puede ser puesta en marcha.

9.7.3 Puesta en marcha



Antes de poner en marcha la máquina, verifíquela como se describe en las secciones 9.7.2.1 y 9.7.2.2. No comience el calentamiento de la máquina sin haber realizado las comprobaciones correspondientes.



¡El tornillo no debe girar en vacío por más de 2 minutos a una velocidad máxima de 20 min⁻¹!

1. Cierre correctamente la tapa del cerramiento del cañón.
2. Cierre los interruptores generales del circuito de comando y potencia.
3. Se encenderá automáticamente el calentamiento eléctrico.
4. Se encenderá automáticamente el enfriamiento por agua de la zona de alimentación.

5. Asegure la correcta alineación de la garganta de la tolva con la abertura de alimentación, deslizando la corredera hasta el tope. La válvula mariposa debe estar cerrada. Ya puede llenar la tolva con pellets hasta la marca de nivel superior.



¡El material no debe ingresar a la extrusora todavía!

6. Cuando la extrusora haya llegado a la temperatura de operación, encienda el tornillo a baja velocidad (20 min^{-1}) por máximo 2 minutos, para asegurarse de que todas las partes están correctamente montadas.



Si escucha algún sonido de rozamiento durante la prueba de funcionamiento, detenga inmediatamente el motor, encuentre la causa de este ruido y elimínela. De otra manera, el tornillo, el cañón y el reductor pueden dañarse severamente.

7. Con cuidado y lentamente abra la mariposa de la tolva, para que el polímero vaya ingresando a la extrusora. El tornillo debe estar girando a baja velocidad (20 min^{-1}) hasta que el torque del motor alcance el 10 - 20% (el cañón debe llenarse).



¡Siempre observe cuidadosamente el torque y la presión durante el proceso!



Si el torque o la presión se acercan al valor límite, reduzca la velocidad hasta que el torque y la presión disminuyan. Luego incremente lentamente la velocidad nuevamente y continúe el proceso de puesta en marcha con una velocidad de alimentación menor.

8. Cuando el material comience a salir por la boquilla, incremente cuidadosamente la velocidad al valor deseado. Incremente simultáneamente la velocidad de alimentación con cuidado.



¡Nunca deje de observar el torque y la presión durante el funcionamiento!

9.7.4 Puesta en marcha en caliente

Siga este procedimiento solamente cuando el tornillo se haya detenido por un corto período de tiempo y no se apagaron los sistemas de calentamiento y refrigeración, es decir, que la sección de procesamiento está todavía a la temperatura de operación. Las verificaciones de la sección 9.7.2.2 “Verificaciones previas antes de cada puesta en marcha” no son necesarias.

Antes de volver a arrancar la extrusora, realice las siguientes comprobaciones:

1. Verifique que cada zona del cañón está a la temperatura de operación.
2. Verifique que todo el equipamiento adicional está listo para trabajar.

Luego de haber completado estas verificaciones, la producción puede retomarse.

9.7.5 Máquina funcionando

1. Siempre se debe vaciar la máquina antes de detenerla. Para vaciar la extrusora, hacer funcionar la máquina a una velocidad reducida (aproximadamente 50 min^{-1}) sin alimentar con polímero, hasta que el volumen de descarga se reduzca considerablemente.



¡No haga funcionar la máquina en vacío!

2. Luego de haber vaciado la extrusora, se debe decidir entre limpiarla completamente (es recomendable en caso de materiales agresivos o si se debe cambiar por otro) o si los residuos pueden permanecer en el cañón de la extrusora.
3. Si fuera necesario la extrusora puede procesar material neutral (por ejemplo, PE), el cual empuja y retira el material viejo del cañón.



Para detalles de la limpieza de la extrusora, por favor, diríjase al capítulo 9.8 “Limpieza”.

4. Apagar la bomba del circuito de enfriamiento.



El enfriamiento debe continuar por aproximadamente 30 minutos luego de apagada la extrusora.

5. Cuando la extrusora no esté en marcha, la abertura de alimentación debe cubrirse.

9.8 Limpieza



¡Riego de daño!

El producto residual que endurece dentro de la máquina significa un riesgo de limitación automática de la velocidad o detención del motor por la limitación automática de torque.

La humedad o los residuos de productos agresivos, causan deterioro como abrasión y/o corrosión hasta picaduras.

NOTA IMPORTANTE: Todas las partes en contacto con el producto, son partes que se deterioran, por lo que la garantía de tales partes está generalmente excluida.

- ¡Vacíe la máquina completamente antes de cada prueba!
- Limpie exhaustivamente todas las partes que entren en contacto con el producto en intervalos de tiempo regulares o luego de cada prueba, si fuera necesario, dependiendo del producto procesado.
- Limpie y seque con especial cuidado superficies de sellado, ángulos y ranuras.
- ¡Secar a fondo todas las partes luego de limpiarlas!
- ¡Nunca deje residuos de productos agresivos dentro de la extrusora por largos períodos de tiempo!
- ¡Durante la limpieza, preste atención a signos de desgaste!

Luego de cada tanda de pruebas, la extrusora debe limpiarse, en particular si un material agresivo o reactivo fue procesado, afectando el cañón y el tornillo.



Como la extrusora debe limpiarse en caliente, siempre utilice guantes protectores.



Nunca utilice cepillos de acero o alguna otra herramienta rígida para la limpieza.

1. Haga funcionar la extrusora en vacío
2. Introduzca el compuesto de limpieza por la tolva, y déjela funcionando para que éste actúe.





Es posible que los compuestos de limpieza deban extruirse a temperaturas más bajas que las temperaturas de procesamiento (por favor, lea las hojas de datos del fabricante).

3. Detenga el motor de la extrusora.
4. Limpie el cabezal.
 1. Apague el controlador de temperatura del cabezal y desconecte el cable.
 2. Desenrosque el transductor de presión y la termocupla del cabezal mientras estén calientes.
 3. Quite los cuatro tornillos de la brida del cabezal.
 4. Quite el cabezal, colóquelo sobre una superficie adecuada y desmóntelo.
 5. Limpie todas las partes con un cepillo de latón.
5. Quite el plato rompedor y el paquete de filtros del extremo abierto del cañón. Limpie los orificios del plato rompedor con un cepillo cilíndrico. Si los filtros están muy tapados y/o deteriorados, cámbielos.
6. Encienda el motor nuevamente, y haga funcionar la extrusora en vacío hasta que no salga más material por la punta del tornillo.
7. Apague el motor y llévese consigo la llave del interruptor general, para asegurarse de que no se encienda accidentalmente.
8. Quite los sensores del cañón y límpielos cuidadosamente con un cepillo de latón.
9. Desenrosque la punta del tornillo con una llave y enrosque el extractor. Tire del extractor y lentamente vaya sacando el tornillo, ayudándose con la otra mano para evitar que éste último roce con el interior del cañón. Coloque el tornillo cuidadosamente sobre una superficie adecuada, y límpielo con un cepillo de latón.
10. Limpie la superficie interna del cañón con un cepillo cilíndrico de latón.

9.9 Mantenimiento

Las tareas de inspección y mantenimiento sólo las deben realizar personal capacitado. Estudie cuidadosamente las instrucciones de operación.

-  Para cualquier tarea de inspección y mantenimiento, lea atentamente las instrucciones de seguridad del capítulo 9.2 “Seguridad”.
-  Se cumplirá con las obligaciones que exige la garantía de la extrusora SSE 60, si el trabajo de mantenimiento se realiza en todo momento de acuerdo con las instrucciones dadas en los capítulos correspondientes de este manual.

9.9.1 Soporte de la máquina

Elimine el polvo, partículas grandes de suciedad (residuos de pellets, residuos fundidos, etc.), líquidos, etc. del soporte de la máquina en intervalos de tiempo regulares.

9.9.2 Tornillo

Existen dos formas de limpiar el tornillo:

1. Si el tornillo no fue extraído, puede realizar la limpieza del tornillo y la superficie interna del cañón con un compuesto de limpieza.
2. En caso de haber sacado el tornillo de la extrusora, limpie el filete del tornillo con un cepillo de latón.

9.9.3 Cañón

1. Elimine el polvo, residuos de pellets y fundidos, etc. de la superficie externa del cañón en intervalos de tiempo regulares.
2. Luego de cada desmontaje del tornillo, limpie la superficie interna del cañón de residuos fundidos usando un cepillo de alambres de latón.



¡Nunca use cepillos de alambre de acero o cualquier otra herramienta rígida para la limpieza!

3. Limpie la abertura de alimentación.
4. Verifique la condición de la superficie del interior del cañón.
5. Antes de volver a colocar el tornillo en la extrusora, limpie exhaustivamente el cañón con aire comprimido.

9.9.4 Bandas calefactoras

Realice regularmente mantenimiento a las bandas calefactoras. Levante la cubierta protectora para acceder a las resistencias.



¡Siempre utilice guantes de seguridad y use herramientas resistentes al calor! Espere que las piezas se enfríen antes de realizar el mantenimiento.

1. Compruebe que las resistencias estén correctamente ajustadas.
2. Compruebe la continuidad eléctrica.
3. Asegúrese las fichas están firmemente conectadas.

9.9.5 Circuito de enfriamiento

1. Verifique el estado y estanqueidad las mangueras en intervalos de tiempo regulares.
2. Verifique la estanqueidad de las conexiones y reajústelas en caso de fugas.
3. Compruebe si el agua refrigerante está contaminada.
4. Verifique visualmente el área que está debajo del cañón de la extrusora en busca de acumulación de agua.

9.9.6 Cambio de aceite del reductor



La siguiente información fue extraída del manual del fabricante del motorreductor.



Drene el aceite inmediatamente luego de haber apagado la máquina, mientras el aceite esté a la temperatura de operación.



Una selección incorrecta del lubricante puede dañar el reductor.

Si utiliza en el reductor otro lubricante distinto y/o utiliza el lubricante en otro rango de temperatura diferente al recomendado, SEW-EURODRIVE no asume ninguna garantía para ello.



No mezcle entre sí distintos lubricantes sintéticos, ni mezcle lubricantes sintéticos con minerales.



Los aceites con los mismos grados de viscosidad y diferentes fabricantes, no tienen las mismas propiedades. Particularmente las temperaturas del baño de aceite mínimas y máximas admisibles son específicas del fabricante. Estas temperaturas se representan en las tablas de lubricantes.

La figura 9.32 muestra los intervalos de cambio de aceite en condiciones ambientales normales. En caso de condiciones ambientales más duras o agresivas, cambie el lubricante más a menudo.

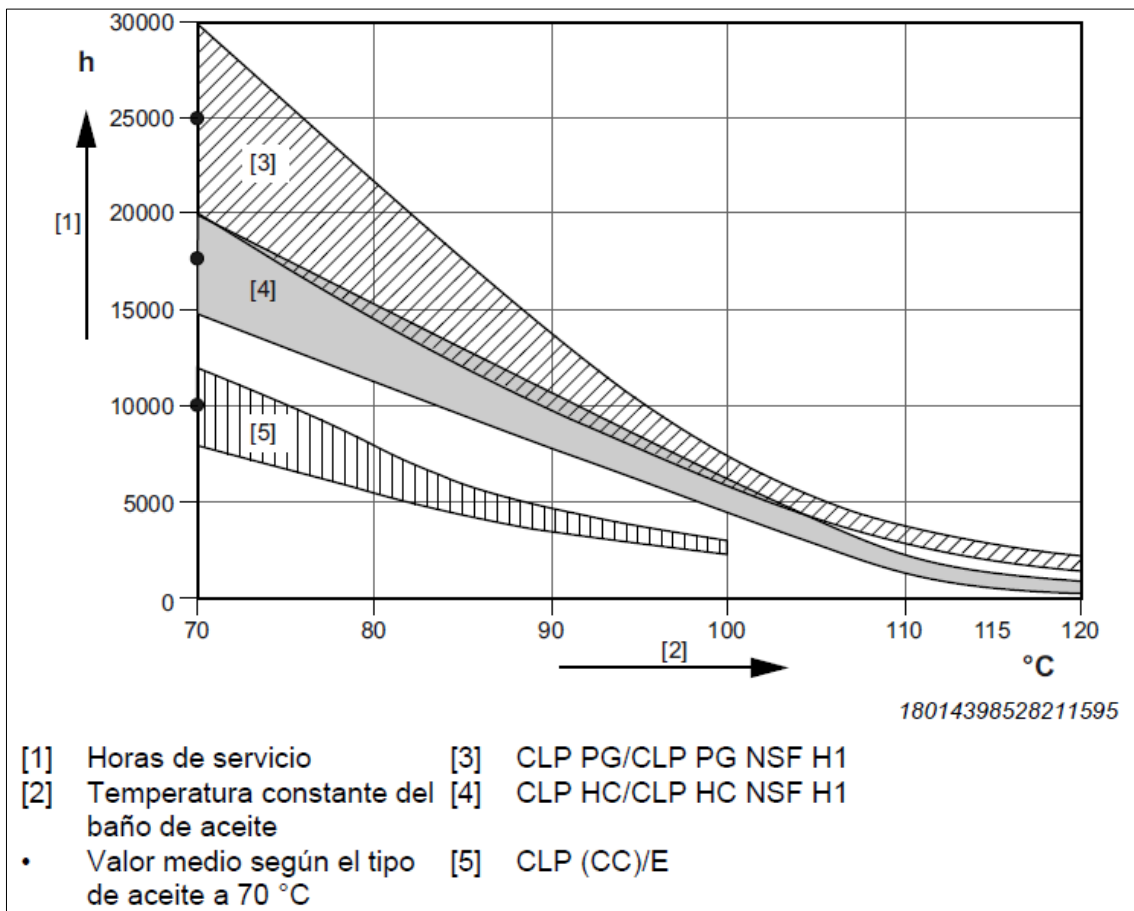
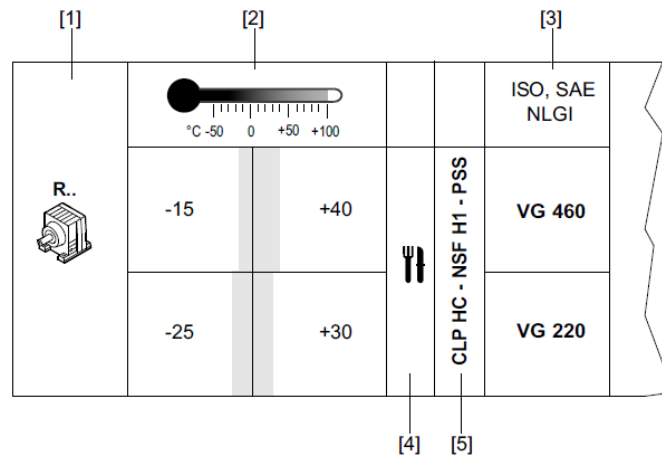


Figura 9.32: Intervalos de cambio de aceite en condiciones ambientales normales.

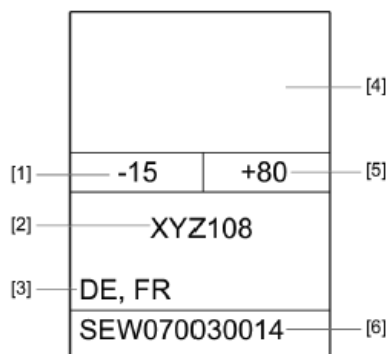
Referencias de las tablas:



18014416412986635

- [1] Modelo de reductor
- [2] Rango de temperatura ambiente
- [3] Clase de viscosidad
- [4] Nota en cuanto a aprobaciones específicas
- [5] Tipo de lubricante

Las temperaturas ambientales indicadas sirven de valores de orientación gruesos para la selección preliminar de un lubricante apropiado. Los límites de temperatura inferior y superior exactos para la planificación de proyecto deben consultarse en la tabla con el nombre comercial correspondiente.



9007217272258699

- [1] Temperatura más baja del baño de aceite en °C **por debajo de la cual no se puede quedar durante el funcionamiento**
- [2] Nombre comercial
- [3] Llenado de fábrica para los países enumerados
BR: Brasil
CN: China
DE: Alemania
FR: Francia
US: Estados Unidos
- [4] Fabricante
- [5] Temperatura del baño de aceite máxima en °C. En caso de excederla se reduce notablemente la vida útil. Deben respetarse los intervalos de cambio de lubricante.
- [6] Aprobaciones en relación a la compatibilidad del lubricante con retenes autorizados

La siguiente tabla muestra las abreviaturas y los símbolos que se utilizan en la tabla de lubricantes, así como su significado:


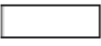












Abreviatura/ Símbolo	Significado
	Lubricante sintético (sobre fondo gris)
	Lubricante mineral
CLP	Aceite mineral
CLP PG	Poliglicol (PG)
CLP HC	Hidrocarburos sintéticos – polialfaolefinas (PAO)
E	Aceite en base a ésteres
	Lubricante para la industria alimenticia – conforme a NSF H1
	Lubricante fácilmente biodegradable para áreas ecosensibles
	Lubricante apropiado para entorno ATEX
1)	Reductores de tornillo sin fin con CLP-PG: Favor de consultar con SEW-EURODRIVE
2)	Lubricante especial solo para reductores SPIROPLAN®
3)	SEW- $f_B \geq 1.2$ necesario
4)	Observe que con temperaturas bajas se da un comportamiento de arranque crítico.
RWDR	Retén
PSS	Retén de diseño PSS (Premium Sine Seal). El apéndice "PSS" en el tipo de lubricante señala la compatibilidad con el sistema de estanqueidad.

Tabla de lubricantes:

R.. RES K..7 KES HK.. F..		[3]  °C -50 0 +50 +100		[1]	[2]	ISO,SAE NLGI							
		-15	+40			VG 220		Optigear BM 220	Renolin CLP220	Mobilgear 600 XP 220 DE,FR	Klüberoil GEM 1-220 N	Shell Omala S2 G 220 CN,US	Cater EP 220
		-20	+30		CLP	VG 150 ⁴⁾		Optigear BM 150	Renolin CLP150	Mobilgear 600 XP 150 DE,FR	Klüberoil GEM 1-150 N	Shell Omala S2 G 150	Cater EP 150
		-25	+80		CLP PG	VG 220		Optigear Synthetic 800/220	Renolin PG220	Mobil GLyolye 220 DE,FR	Klübersynth GH 6-220	Shell Omala S4 WE 220 CN,US	Cater SY 220
		-25	+80		CLP PG PSS	VG 220							

- [1] Nota en cuanto a aprobaciones específicas
- [2] Tipo aceite
- [3] Rango de temperatura ambiente
- [4] Estándar

[3]	[1]	[2]	ISO,SAE NLGI	bremser & leguil	Castrol	FUCHS	Mobil®	KLÜBER LUBRICACION	Shell	TOTAL
 [4]		CLP HC - PSS	VG 220		Optigear Synthetic PD220	Renolin Unisyn CLP220	Mobil SHC 630 DE, FR	Klubersynth GEM 4-220 N BR	Shell Omala S4 GX 220 CN, US	Cater SH 220
			VG 150 ⁴⁾		Optigear Synthetic PD150	Renolin Unisyn CLP150	Mobil SHC 629 DE, FR	Klubersynth GEM 4-150 N	Shell Omala S4 GX 150	Cater SH 150
		CLP HC	VG 68 ⁴⁾			Renolin Unisyn CLP68	Mobil SHC 626 DE, FR		Shell Omala S4 GX 68	
			VG 32 ⁴⁾				Renolin Unisyn OL32	Mobil SHC 624 DE, FR		
		CLP HC - PSS	VG 220				Mobil SHC 630 DE, FR, US, BR, CN			
			VG 150 ⁴⁾					Mobil SHC 629 DE, FR, US, BR, CN		

R.:
RES

K..7

KES






HK..

F.:






- [1] Nota en cuanto a aprobaciones específicas
 [2] Tipo aceite
 [3] Rango de temperatura ambiente
 [4] Estándar

[3]	[1]	[2]	ISO,SAE NLGI	b brenner & leguit	Castrol	FUCHS	Mobil®	KLÜBER LUBRICATION	Shell	TOTAL
[4]  °C -50 0 +50 +100	[1] 	[2] CLP HC - NSF H1	VG 460	-15 +100 Cassida Fluid GL 460 DE,FR SEW70040013	-15 +100 Optileb GT 460 DE,FR SEW70040013			-15 +105 Klüberoil 4UH1-460 N		
			VG 220	-25 +80 Cassida Fluid GL 220 DE,FR SEW70040013	-25 +80 Optileb GT 220 DE,FR SEW70040013			-25 +80 Klüberoil 4UH1-220 N		
	[1] 	[2] CLP HC - NSF H1 - PSS	4) VG 68	-40 +50 Cassida Fluid HF 68 DE,FR	-35 +50 Optileb HY 68 DE,FR			-35 +50 Klüberoil 4UH1-68 N		
			4) VG 32	-40 +30 Cassida Fluid HF 32 DE,FR	-40 +30 Optileb HY 32 DE,FR			-40 +30 KlüberSummit HySynFG32		
	[1] 	[2] CLP HC - NSF H1 - PSS	VG 460	-15 +100 Optileb GT 460 DE,FR,US,BR,CN SEW70040013	-15 +100 Optileb GT 460 DE,FR,US,BR,CN SEW70040013					
			VG 220	-25 +80 Optileb GT 220 DE,FR,US,BR,CN SEW70040013	-25 +80 Optileb GT 220 DE,FR,US,BR,CN SEW70040013					
	[1] 	[2] E	VG 460			-20 +80 Plantogear 460 S DE,FR		-20 +80 Klüberbio CA2-460		

R..
RES
K..7
KES
HK..
F..



- [1] Nota en cuanto a aprobaciones específicas
 [2] Tipo aceite
 [3] Rango de temperatura ambiente
 [4] Estándar



Recoja el aceite usado y deséchelo en el lugar correspondiente.

9.9.1 Cambio de aceite de la crapodina

ⓘ Drene el aceite inmediatamente luego de haber apagado la máquina, mientras el aceite esté a la temperatura de operación.

⚠ Una selección incorrecta del lubricante puede dañar la crapodina.

⚠ No mezcle entre sí distintos lubricantes sintéticos, ni mezcle lubricantes sintéticos con minerales.

⚠ Los aceites con los mismos grados de viscosidad y diferentes fabricantes, no tienen las mismas propiedades. Particularmente las temperaturas del baño de aceite mínimas y máximas admisibles son específicas del fabricante. Estas temperaturas se representan en las tablas de lubricantes.

1. Coloque un recipiente debajo del orificio de drenaje del acoplamiento.
2. Quite el tapón de llenado ubicado en la parte superior del acoplamiento (ver figura 9.34).
3. Quite el tapón de drenaje ubicado en la parte inferior del acoplamiento (ver figura 9.33).
4. Espere a que el aceite drene completamente.
5. Coloque y ajuste el tapón de drenaje con su junta.
6. Vierta el aceite nuevo por el orificio de llenado. Las especificaciones del lubricante se encuentran en la sección 9.4.4 “Lubricación crapodina”.

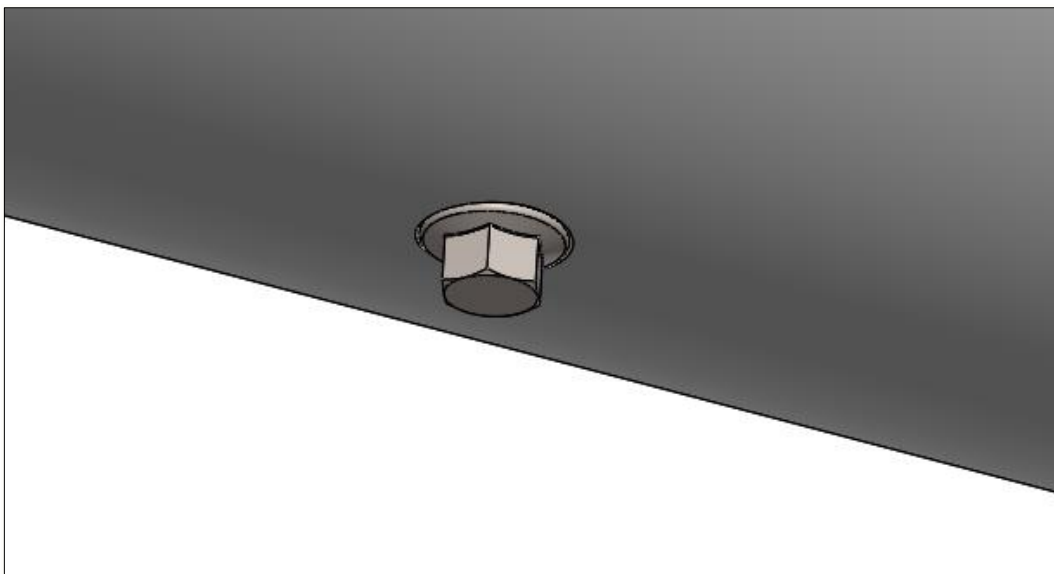


Figura 9.33: Tapón rosado para el drenaje de aceite.

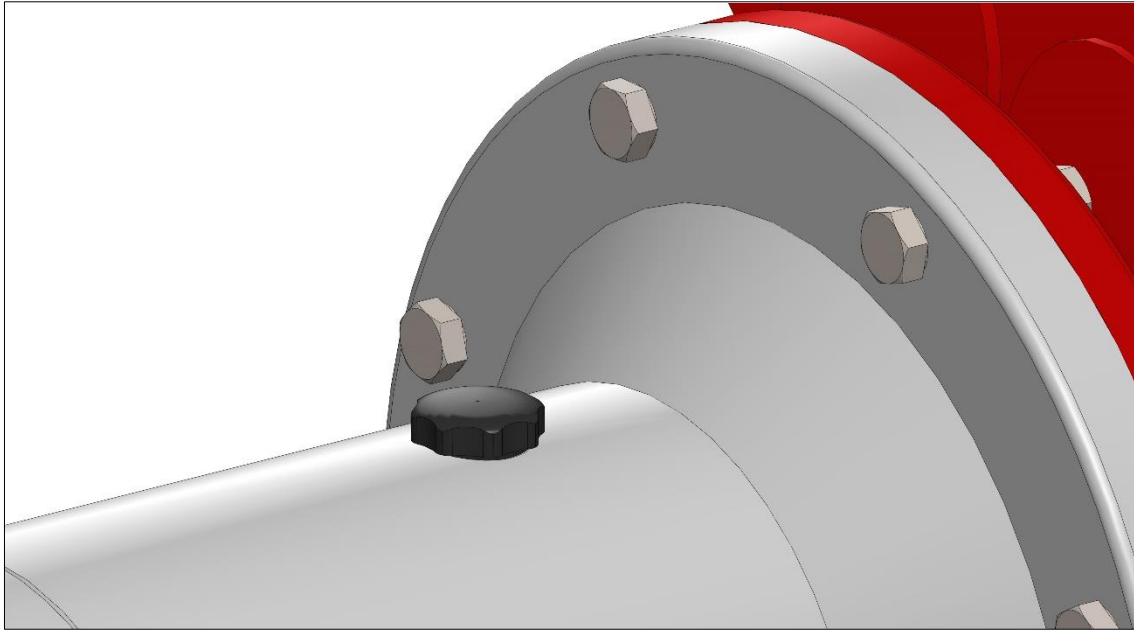


Figura 9.34: Tapón para el ingreso de aceite.

 Recoja el aceite usado y deséchelo en el lugar correspondiente.

9.9.2 Sensores de presión y temperatura

Mantenga siempre limpios los sensores y los orificios en donde van alojados, caso contrario las mediciones pueden ser erróneas.

9.9.3 Programa de mantenimiento preventivo

El siguiente programa de mantenimiento preventivo es recomendado para varios intervalos de tiempo.

9.9.3.1 Semanalmente

Protecciones eléctricas	Verificar el correcto funcionamiento.
Circuito de refrigeración por agua	Verificar temperatura del agua refrigerante.
	Verificar estanqueidad de las conexiones. Ajustarlas si fuera necesario.
Bandas calefactoras	Verificar correcto funcionamiento y conexión.
	Verificar que los tornillos de las uniones estén correctamente ajustados. Ajustar si es necesario.
Sensores	Verificar correcto funcionamiento y conexión.
	Verificar correcto ajuste y posicionamiento.
Reductor	Verificar nivel de aceite. Agregar aceite si es necesario.

9.9.3.2 Mensualmente



Las verificaciones mensuales se deben llevar a cabo junto con las verificaciones semanales.

Soporte de la máquina	Eliminar suciedad externa.
	Verificar que los tornillos de unión estén correctamente ajustados. Ajustar si es necesario.
Cañón	Eliminar suciedad externa.
	Verificar que los tornillos de unión estén correctamente ajustados. Ajustar si es necesario.
	Comprobar que esté correctamente anileado. Alinear si es necesario.
Sensores	Eliminar suciedad externa.
Bandas calefactoras	Eliminar suciedad externa.
Filtros	Verificar que no estén muy sucios. Cambiarlos en caso de que estén tapados.
Reductor	Eliminar suciedad externa.
	Control visual de las juntas por si presentaran fugas. Cambiarlas en caso de fugas.

	Comprobar el ruido de funcionamiento por si los rodamientos presentaran daños. Cambiarlos en caso de que estén dañados.
	Verificar que los tornillos de unión estén correctamente ajustados. Ajustar si es necesario.

9.9.3.3 Según sea necesario



Las siguientes verificaciones se deben llevar a cabo junto con las verificaciones semanales y mensuales.

Las aclaraciones entre paréntesis indican las operaciones después de las cuales se debe realizar la correspondiente tarea de mantenimiento.

Cañón	Limpiar la superficie interna (cambio de producto).
	Limpiar superficies de sellado.
Tornillo	Limpiar (cambio de producto).
Plato rompedor	Limpiar (cambio de producto).
Sensores	Limpiar y calibrar (cambio de producto).
Reductor	Cambiar aceite (vea sección 9.9.6 “Cambio de aceite”).
Acople	Cambiar aceite crapodina cada 6 meses.

9.10 Solución de problemas



Para cualquier tarea de inspección y mantenimiento, lea atentamente las instrucciones de seguridad del capítulo 9.2 “Seguridad”.

Problema	Causa posible	Medida a tomar
El tornillo no gira.	El motor eléctrico no está alimentado.	Verificar interruptores y protecciones eléctricas.
	Temperaturas en el cañón muy bajas, evitando que el polímero se funda.	Verificar temperaturas y elevarlas si es necesario.
		Dar tiempo a que el polímero se funda.
	Objeto extraño atascado entre el tornillo y el cañón.	Quitar objeto extraño.
	Transmisión desacoplada. Chaveta rota.	Cambie la chaveta (vea secciones 9.6.2.5 “Chaveta reductor” y 9.6.2.6 “Chaveta tornillo”).
Rozamiento del tornillo con el cañón.	Funcionamiento en vacío	Evite que la máquina funcione en vacío. Ingrese producto por la tolva.
	Cañón desalineado.	Comprobar correcto alineamiento de las uniones bridadas.
		Verificar la posición de los tornillos del alineador.
		Comprobar que el soporte no presente daños.
	Tornillo desalineado.	Verificar el correcto montaje del árbol de transmisión y sus rodamientos.
		Comprobar correcto alineamiento de las uniones bridadas.
Cañón y/o tornillo torcidos.	Verificar que el tornillo y el cañón estén perfectamente rectos.	

El tornillo gira, pero no sale material por la boquilla	Tolva vacía.	Llenar la tolva con pellets.
	Formación de “puente” en la tolva de alimentación, causando insuficiente alimentación a la extrusora.	Golpear suavemente la tolva con un martillo de goma.
	Deficiente enfriamiento en la zona de alimentación.	Verificar el nivel de agua refrigerante.
		Comprobar la presión en la descarga y que la bomba esté cebada.
		Verificar que las mangueras ni ningún otro elemento del circuito estén obstruidos
	Temperatura muy alta en la zona 1 (más cercana a la alimentación).	Disminuya la temperatura en esta zona.
	Tapón de polímero en la zona de alimentación.	Quitar el tapón de polímero y verificar temperatura en esa zona.
	El material no funde por falta de calentamiento.	Verificar temperaturas del cañón y el cabezal y elevarlas si es necesario.
	Filtros tapados.	Reemplazar los filtros.
	Plato rompedor tapado.	Limpiar con un cepillo cilíndrico.
	Boquilla tapada.	Desmontar, desarmar y limpiar cabezal completo.
Diseño de tornillo incorrecto.	Cambiar el tornillo.	
Tornillo roto.	Quitar el tornillo roto e instalar uno nuevo.	
La extrusora se detiene.	Presión muy alta antes del plato rompedor (punta del tornillo). Desconexión de seguridad.	Ver fallo “Presión muy alta antes del plato rompedor”.
	Objeto extraño atascado entre el tornillo y el cañón.	Quitar objeto extraño.
	Sobrecarga del motor. Desconexión de las protecciones.	Ver fallo “Sobrecarga del motor”.

Presión muy alta antes del plato rompedor.	Filtros tapados o sucios.	Reemplazar los filtros.
	Plato rompedor tapado.	Limpiar con un cepillo cilíndrico.
	Temperatura en la zona de dosificación muy baja.	Elevar la temperatura en esta zona.
	Temperatura en el cabezal muy baja.	Elevar la temperatura en el cabezal.
	Boquilla tapada.	Desmontar, desarmar y limpiar cabezal completo.
Sobrecarga del motor.	Temperatura en la zona de dosificación muy baja.	Elevar la temperatura en esta zona.
	Presión muy alta antes del plato rompedor.	Ver fallo "Presión muy alta antes del plato rompedor".
	Diseño inadecuado del tornillo.	Reemplazar el tornillo.
Fuga de polímero por la unión bridada entre el cañón y el cabezal.	El plato rompedor no está correctamente montado	Colocar el plato rompedor correctamente en su asiento.
	La superficie del plato rompedor que produce el sello, está dañada.	Mecanizar la superficie del plato rompedor para que quede perfectamente lisa. Reemplazar el plato rompedor.
	Tornillos de las bridas flojos.	Ajustar los tornillos luego de alcanzar la temperatura de operación.
Producción más baja de lo esperado.	Fluctuaciones en el dosificado del material.	Asegurarse de que la tolva no se vacíe en ningún momento. Evitar que el nivel baje demasiado.
	Formación parcial de "puente" en la tolva de alimentación, causando insuficiente alimentación a la extrusora.	Golpear suavemente la tolva con un martillo de goma.
	Zona de alimentación parcialmente tapada.	Limpiar la zona de alimentación.
	Temperaturas del cabezal/cañón muy bajas.	Elevar temperaturas.

	Diseño inadecuado del tornillo.	Reemplazar le tornillo.
	Diseño inapropiado de la boquilla.	Reemplazar la boquilla.
	Filtros sucios o inadecuados	Reemplazar filtros.
	Tornillo sucio.	Limpiar tornillo.
	La boquilla requiere ajuste.	Ajustar la abertura de la boquilla.
	Tornillo desgastado. El polímero fundido pasa sobre los filetes del tornillo.	Medir las dimensiones del tornillo. Reemplazar si está desgastado.
Producción inestable.	Temperatura del cañón muy baja, no se produce una fusión completa del polímero.	Incrementar temperatura del cañón en las zonas de dosificación y transición.
	Fluctuaciones en el dosificado del material.	Asegurarse de que la tolva no se vacíe en ningún momento. Evitar que el nivel baje demasiado.
	Formación y disipación cíclica de "puente" en la tolva de alimentación.	Golpear suavemente la tolva con un martillo de goma.
	Diseño inadecuado del tornillo.	Reemplazar el tornillo.
	Baja calidad del polímero.	Cambiar polímero.
Burbujas en el producto	Aire atrapado	Incrementar temperatura en zona de transición.
		Incrementar restricción en paquete de filtros (reemplazar por filtros más finos).
	Degradación del polímero	Disminuir la temperatura de la masa fundida.
	Humedad	Secar previamente el material.
	Vacío	Enfriar más lento el material extruido.
	Contaminación por resina previamente procesada	Purgar correctamente extrusora y cabezal.

9.11 Repuestos

Para todas las consultas y ordenes de repuestos o equipamiento adicional para extrusoras ExtruPolymer®, por favor, siempre indique el número de modelo y serie de la extrusora, para la cual necesita los repuestos o equipamiento adicional. Encontrará estos números en la placa de la máquina.



Su orden o inquietud no podrá ser procesada sin estos números.

Su orden o inquietud será procesada más fácilmente si, además, indica el número de orden con el cual recibió su equipo ExtruPolymer®.

Los repuestos pueden ser solicitados directamente a ExtruPolymer® o a cualquier local representante de ExtruPolymer®.

9.12 Fuentes consultadas

9.12.1 Bibliografía

- Harold F. Giles, Jr.; John R. Wagner, Jr.; Eldridge M. Mount, III, *Extrusion: the definitive processing guide and handbook*, William Andrew, Inc., Norwich, 2005.

9.12.2 Manual de usuario

- Brabender® GmbH & Co. KG, *Instruction manual: twin screw extruder 20/40 D*, Duisburgo, 2012.

10

ESTUDIO ECONÓMICO

10.1 Introducción

En este capítulo analizaremos los costos implicados tanto directamente como indirectamente en la fabricación de la máquina. Muchos son los factores que intervienen en la manufactura de las máquinas extrusoras y distintos son los impactos que tienen en el precio final de venta del producto. En las siguientes páginas, desglosaremos los costos implicados en su fabricación y analizaremos uno por uno para determinar su peso dentro de la actividad económica de la empresa.

Para insertarnos sin muchas dificultades en el mercado y mantenernos en él, debemos ofrecer un bien que sea competitivo, manteniendo una relación calidad/precio lo más alta posible. Podemos identificar muchos factores en los cuales podemos actuar, para así mejorar globalmente como empresa y, por consiguiente, el producto ofrecido.

Finalmente, se lleva a cabo la evaluación económica del proyecto para comprobar su rentabilidad económica en los primeros cinco años de operación. Este último paso es fundamental, ya que se demostrará si realmente vale la pena realizar la inversión propuesta.

Debido a la fluctuante economía nacional, la cual genera que los precios sean inestables a lo largo del tiempo, se calcularán todos los costos siguientes utilizando como divisa el dólar estadounidense. Tomaremos como tasa de cambio, la correspondiente al día miércoles 31 de octubre de 2018, la cual es de 35,90 pesos argentinos.

10.2 La contabilidad de costos

Luego de la segunda guerra mundial, la industria nacional gozaba de una floreciente situación económica, con plantas que operaban a pleno rendimiento para satisfacer la creciente demanda interna. Objetivos más importantes que el conocimiento de los costos ocupaban la mente de los empresarios.

Pero esas épocas en que la meta básica era lograr elevados volúmenes de producción pronto pasaron. Por distintas circunstancias la avidez del mercado, tanto nacional como extranjero, comenzó a declinar. Se produjo una agudización de la competencia. La necesidad de conocer los costos fue, poco a poco, acrecentándose. Los factores determinantes fueron varios:

- La diversificación de productos. Hace cuatro décadas la gama de artículos producidos por una compañía era reducida y los bienes variaban poco entre sí. El cálculo de sus costos era más sencillo que lo que resultó ser años después.
- La creciente competencia interna, que al obligar a la mayoría de las empresas a operar con márgenes de utilidad reducidos. Intensificó la necesidad de instalar y utilizar sistemas de costeo cada vez más evolucionados, desterrando definitivamente la errónea creencia de que el estudio de los costos constituye un gasto superfluo
- Las exigencias de la demanda, que ya no operaba tan despreocupadamente como en los años de esplendor.
- La renovación de equipos con miras a la reducción de costos. Los cuantiosos capitales que requiere obligó a efectuar prolijos análisis para evaluar previamente su incidencia económica. En épocas pretéritas la situación del mercado no exigía tal minuciosidad en los estudios previos.
- La necesidad empresarial de aumentar la cantidad de bienes exportables para disminuir los márgenes de capacidad ociosa y proveer al país las divisas que equilibraran las transacciones con el exterior.
- La intervención del Estado en la actividad económica a través de controles de precios y fijación de márgenes de utilidad. Estas disposiciones tuvieron marcada influencia en el desarrollo de la contabilidad industrial, ya que obligaron a las manufacturas a encarar el cálculo de sus costos.

La contabilidad de costos es una rama de la contabilidad general que sintetiza y registra los costos de los centros fabriles, de servicios y comerciales de una empresa con el fin de que puedan medirse, controlarse e interpretarse los resultados de cada uno de ellos a través de la obtención de costos unitarios y totales en progresivos grados de análisis y correlación. Sus principales propósitos son: contribuir al control de las operaciones y facilitar la toma de decisiones. Por tanto. Ella no constituye un fin en sí misma, sino un medio para planear y conducir adecuadamente los negocios, operándolos a niveles que brinden una adecuada rentabilidad.

La contabilidad industrial surgió como consecuencia de las limitaciones y la rigidez de la tradicional que, al impedir conocer los costos con la rapidez y el desglose requerido, no permitía disponer de información inmediata u exacta sobre los hechos acaecidos en la gestión empresarial, ni se amoldaba a la dinámica del proceso fabril y comercial.

Pero esa misma contabilidad industrial, aun traducida en un buen sistema de costos, no garantiza a una compañía una situación competitiva favorable si ella carece de ejecutivos que sepan extraer de sus cifras conclusiones inteligentes y traducirlas en acciones debidamente orientadas. Pero es innegable que el establecimiento que posea buena información sobre sus costos tendrá mejores posibilidades de alcanzar sus objetivos que los competidores que carezcan de ella.

En la figura 10.1, se muestran los costos que integran en el precio de venta del producto.

MATERIA PRIMA	MANO DE OBRA DIRECTA	CARGAS FABRILES	GASTOS DE COMERCIALIZACIÓN	COSTOS FINANCIEROS	BENEFICIO
COSTO PRIMO					
	COSTO DE CONVERSIÓN				
COSTO DE PRODUCCIÓN					
COSTO DE VENTA					
COSTO TOTAL					
PRECIO DE VENTA NETO					

Figura 10.1: Desglose del precio de venta de un producto.

Se observa que la reunión de los costos de materia prima y de mano de obra directa constituyen el costo primo, y que la unión de ese último factor y las cargas fabriles forma el costo de conversión. El costo de producción engloba todo lo anterior.

El costo de venta deriva de la unión del costo de producción y los gastos de comercialización. El costo total está formado por aquél y los costos financieros, o sea los costos de mantener activos en el tiempo.

Por último, el precio de venta neto, tiene en cuenta el costo total que implica la fabricación del producto y el beneficio que deseamos obtener son su venta al cliente.

En la figura 10.1 encontramos las expresiones “costo de producción” y “gastos de comercialización”. Cuando una empresa incurre en un compromiso monetario lo hace para obtener de él un ingreso futuro. Por ello, mientras ese compromiso monetario se halla registrado en su activo, constituye un “costo”. Sólo cuando ese costo se consume o expira se convierte en “gasto”.

Por ejemplo, mientras una orden de trabajo o un producto permanece en proceso dentro de la planta o en el almacén de productos terminados, o como materia prima en los almacenes de materiales, se conceptúa un activo. Se transforma en “gasto” al

facturarse a un cliente y debitarse a la cuenta “costo de entregas” (costo de producción de los artículos vendidos)

Los “gastos de comercialización” fueron en un primer momento “costos” que se convierten en “gastos” al cancelarse por esa cuenta de resultados (en la mayoría de los rubros que se debitan a esa cuenta esa conversión de “costo” a “gasto” es prácticamente instantánea). De allí la justificación de su denominación, en lugar de “costos de comercialización”.

El costo de producción “exacto” es una utopía. No existe ni aun en industrias que elaboren un solo producto o procesen una sola orden de trabajo, aunque, por razones obvias, en ellas los valores unitarios suelen ser más precisos que en plantas multiproductoras.

Hay una serie de factores que afectan y perturban la justa determinación de los valores que deben integrar el costo unitario.

Resulta imposible calcular con exactitud cuántos centavos del costo de una máquina, de un edificio, de un mueble, etcétera, le corresponden a cada unidad u orden procesada, dado que no se conoce cuantos años de vida útil podrá llegar a tener cada uno de esos bienes.

Tampoco es factible establecer la porción equitativa de pagos por enfermedad, vacaciones, seguros, sueldos, etcétera, que debe absorber cada artículo o cada orden de trabajo. Por todo esto no puede pretenderse que el costo represente una verdad irrefutable, sino sólo una imputación justificable.

Es que, si bien la matemática es una ciencia exacta, cuando se llega a estudiar a fondo los costos, quien, lo hace se encuentra con una base firme (la matemática) sobre la cual se erige un edificio que puede variar según las ideas del arquitecto. El diseño cambia según los valores que la dirección quiera dar los distintos parámetros que forman la estructura del sistema. En pocas palabras, el costo es una mezcla de ciencia y arte, es una proyección subjetiva sobre una base objetiva.

10.3 Costo de materia prima

La materia prima comprende todos aquellos elementos físicos que es imprescindible consumir durante el proceso de elaboración de un artículo, de sus accesorios y de su envase. Ello con la condición de que tal consumo quede reflejado en el volumen de elementos empleados mediante una relación cierta y normalmente constante (directamente proporcional) con el de la producción obtenida cualquiera sea la transformación física o química que sufran y formen parte integrante del artículo final o no. Todos aquellos materiales que no cumplen el requisito de su relación proporcional del consumo anteriormente señalado, se engloban dentro del elemento “cargas fabriles”. Como ejemplos de éstos últimos podemos nombrar: repuestos de máquinas, lubricantes, herramientas, artículos de limpieza, etcétera.

Para que un producto sea competitivo, debe ser de calidad y tener un buen precio, es aquí donde se maneja y maniobra con el uso de diversos materiales. La materia prima es uno de los elementos más importantes a considerar en el manejo del costo final de un producto. El producto terminado es el resultado de aplicarle ciertos procesos a algunas materias primas, por lo que en el costo final del producto incluye el costo de cada materia prima y el valor del proceso aplicado. Igualmente, la calidad del producto final obedece en gran parte a la calidad de la materia prima.

En un mercado competitivo como el mercado actual, se debe ser eficiente en el manejo de los costos, un margen de utilidad elevado solo se puede conseguir mediante la disminución de costos sin embargo no se debe arriesgar la calidad del producto por lo que se deben elegir materias primas de excelente calidad. La tabla 10.1 muestra la lista de materiales que están involucrados en la fabricación una sola extrusora, especificando la cantidad requerida y su costo. El precio en dólares de cada componente es sin IVA.

COSTO DE MATERIAS PRIMAS					
Componente	Materias Primas	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (u\$s)	Precio Total (u\$s)
Tolva	Chapa negra lisa n° 14	0,84	m2	21,85	18,35
	Acrílico transparente 2 mm (x 2 unidades)	0,07	m2	25,71	1,80
	Remaches pop 5 x 10 mm	16	ud.	0,03	0,53
	Mariposa	1	ud.	10,00	10,00
	Guía	9,5	kg	1,95	18,53
	Tubo descarga Ø 67 x 2 mm	0,25	m	7,20	1,80
	Corredera pieza 1	1,9	kg	1,95	3,71
	Corredera pieza 2 (x 2 unidades)	1,6	kg	1,95	3,12
	Tornillo M6 x 12 mm	3	ud.	0,13	0,40
	Tornillo cabeza fresada M5 x 8	4	ud.	0,20	0,80
Accionamiento	Motorreductor SEW + VARIADOR 37KW 50HP 460V TRI IP20	1	ud.	6590,00	6590,00
Ventilación	Ventilador centrífugo	4	ud.	120,00	480,00
	Rejilla circular	4	ud.	2,00	8,00
Árbol	Árbol	2	kg	2,50	5,00
	Chaveta	1	ud.	0,50	0,50
	Rodamiento rígido de bolas SKF 61920	2	ud.	70,00	140,00
	Rodamiento axial de bolas SKF 51120	1	ud.	85,00	85,00
Alojamiento árbol	Alojamiento árbol	125	kg	1,97	245,8
	Tornillo M16 x 65 x 38 + tuerca	8	ud.	1,32	10,56
Tornillo	Tornillo SAE 4140 templado, revenido y nitrurado	1	ud.	2000,00	800,00
Cañón	Tubo SAE 1045 templado, revenido y nitrurado	1	ud.	1500,00	1500,00
	Brida	10,6	kg	1,95	20,67
	Brida con pie	4	kg	1,95	7,80

	Soporte centrante + 3 tornillos M20	6	kg	1,95	11,70
	Resistencia abrazadera Ø 100 x 100 mm acero inoxidable 220 V 1200 W	8	ud.	32,50	260,00
	Tornillo M10 x 40 + tuerca	4	ud.	0,67	2,68
Cabezal	Cabezal completo con resistencias para caños de PP hasta 2"	1	ud.	800,00	800,00
	Plato rompedor	0,7	kg	2,50	1,75
	Juego mallas	1	ud.	20,00	20,00
	Tornillo M20 x 65 x 46 + tuerca	4	ud.	2,50	10,00
Tee	Caño schedule 40 - 3 1/2" sin costura	0,1	m	25,00	2,50
	Caño schedule 40 - 2 1/2" con costura	0,46	m	21,60	9,94
	Brida (x 2 unidades)	21,2	kg	1,95	41,34
	Media cupla 3/4" rosca NPT	2	ud.	4,00	8,00
	Cierre camisa refrigeración	0,6	kg	1,95	1,17
	Tornillo M20 x 65 x 46 + tuerca	8	ud.	2,50	20,00
Cerramiento	Chapa negra lisa n° 14	1,39	m2	21,85	30,37
	Rejilla rectangular	4	ud.	3,00	12,00
	Manija plástica	2	ud.	2,00	4,00
	Remaches pop 5 x 10 mm	125	ud.	0,03	4,13
	Bisagra	5	ud.	0,25	1,25
	Tuerca remachable M4	20	ud.	0,07	1,40
	Tornillo cabeza fresada M4	20	ud.	0,08	1,56
	Tornillo M5 + tuerca	4	ud.	0,30	1,20
	Arandela grower M5	4	ud.	0,01	0,04
Soporte	Chapa negra lisa 1/8"	1,23	m2	31,19	38,36
	Chapa negra lisa 1/4"	1,67	m2	60,10	100,37
	UPN 120	7,17	m	13,20	94,64

	Patás (x 6 unidades)	12	kg	1,95	23,40
	Tornillo M20 paso fino	6	ud.	3,33	19,98
	Tuerca M20 paso fino	6	ud.	0,78	4,68
	Cáncamo M12	4	ud.	2,75	11,00
Automatización	INT. AUT. CVS160B 25KA TMD125 4P3D	1	ud.	200,54	200,54
	BASE ACR00 A	3	ud.	5,26	15,78
	FUSIBLE ACR 00 80 A	3	ud.	3,08	9,24
	GUARDAMOTOR MAGTERM 3P 1,6/2,5A 100KA	2	ud.	73,51	147,02
	GUARDAMOTOR MAGTERM 3P 1/1,6A 100KA	4	ud.	73,51	294,04
	CONT. 12A 3P 1NA+1NC 380VCA 50/60HZ	6	ud.	35,88	215,28
	INT. TERMOMAGNETICO C60N 1X16A CURVA C	6	ud.	7,40	44,40
	INT. TERMOMAGNETICO C60N 2X16A CURVA C	3	ud.	16,48	49,44
	ZELIO SSP C/DIS,3-32VCC,24-280VCA,50A	6	ud.	59,98	359,88
	FUENTE REGUL.24VCC 3A 72W	1	ud.	86,00	86,00
	Pirometro controlador digital de temperatura	6	ud.	110,00	660,00
	M221 PLC 24 ES RELE ETH COMPACT	1	ud.	428,54	428,54
	MAGELIS STU 5,7" COLOR TOUCH 22MM	1	ud.	781,84	781,84
	MOD. TM3 24 ES (16 E + 8 S REL)	1	ud.	134,01	134,01
	Bornera relé PLC 24VCC bornera tornillo	17	ud.	15,13	257,21
	Relé electrom. 6,2mm. 1 cont. inv. AgSnO E: 24VCC S: 250V 6A	17	ud.	6,93	117,81
	ZELIO ZOCALO MEZCLADO RXM2-4 ANCHO 27MM	4	ud.	6,66	26,64
	ZELIO RELE S/LED 6A 4NANC 230VCA	4	ud.	7,26	29,04
	Portafusible unipolar para fusibles 8x31mm.	16	ud.	4,67	74,72
	FUSIBLE GG SERIE FE 8,5x31,5mm. 2A	16	ud.	0,50	8,00
Portafusible unipolar para fusibles 8x31mm.	2	ud.	4,67	9,34	

	FUSIBLE GG SERIE FE 8,5x31,5mm. 4A	2	ud.	0,50	1,00
	Borne de paso para conductor de 4mm ²	56	ud.	0,52	29,12
	Borne de puesta a tierra para conductor de 4mm ²	4	ud.	1,90	7,60
	Extremo bornera bajo doble tornillo para riel NS-35	24	ud.	0,39	9,36
	VENTILADOR 165M3/H 230V IP54	1	ud.	64,69	64,69
	REJILLA SALIDA MECAN. 223X223MM	1	ud.	22,05	22,05
	Amperímetro C.A. 96x96 0-15A.	6	ud.	46,66	279,96
	XA2 SEL 2 POS FIJAS 1NA LLAVE	1	ud.	11,23	11,23
	XA2 SEL 2 POS FIJAS 1NA MAN CORTA	1	ud.	5,39	5,39
	XA2 SEL 3 POS FIJAS 2NA MAN CORTA	6	ud.	7,26	43,56
	XA2 PULSADOR RASANTE 1NA NEGRO	1	ud.	3,63	3,63
	PARADA DE EMERGENCIA	1	ud.	13,88	13,88
	XA2 PILOTO LUMINOSO ROJO LED 220VCA	11	ud.	11,00	121,00
	XA2 PILOTO LUMINOSO AMAR LED 220VCA	6	ud.	11,00	66,00
	Gabinete estanco metálico S9000 - 750 x 1200 x 300 mm.	1	ud.	258,84	258,84
	Gabinete pupitre c/cabezal 900 x 1400 x 600 mm.	1	ud.	645,62	645,62
	Termocupla K vaina de 1/4" c/ cable de 2.5mts	6	ud.	30,00	180,00
	Transductor de presión salida 4-20ma	2	ud.	125,00	250,00
	Cable subterráneo 1 x 35 mm ²	3	m	4,16	12,48
	Cable 1 x 4,00 mm ²	5	m	0,43	2,15
	Cable 1 x 2,50 mm ²	10	m	0,27	2,70
	Cablecanal 60x60mm. calado	3	m	4,02	12,06
	Cablecanal 40x60mm. calado	3	m	2,99	8,97
	Columna luminosa 3 ELEM.C/MOD.SON.220VCA	1	ud.	69,35	69,35
Mecanizado	Herramienta de corte para torno	3	ud.	30,00	90,00

	Fresa	1	ud.	10,00	10,00
	Mechas	4	ud.	15,00	60,00
	Sierra sin fin	1	ud.	50,00	50,00
	Disco desbaste amoladora	2	ud.	5,00	10,00
	Disco corte amoladora	4	ud.	2,00	8,00
	Lubricante para corte	2	l	13,75	27,50
Soldadura SMAW	Pack de electrodos	3	kg	4,00	12,00
TOTAL					17826,73

Tabla 10.1: Costo de materia prima.

10.4 Costo de mano de obra

La mano de obra representa el valor del trabajo realizado por los operarios que contribuyen, directa o indirectamente, al proceso de transformación de la materia prima.

10.4.1 Sistemas básicos de pago

Existen dos métodos principales para retribuir las tareas de los operarios. Los demás sistemas no son sino combinaciones de ellos en proporciones variables. Uno consiste en “pagar” el tiempo que el trabajador permanece en la planta. El otro, en acreditarle la cantidad de unidades que ha fabricado. Al primero se lo denomina generalmente “jornal”, porque su remuneración está determinada por el día de labor. Al segundo se lo conoce con el nombre de trabajo incentivado o trabajo por pieza, puesto que la compensación guarda cierta proporcionalidad con el número de piezas elaboradas.

En ese último caso, cualquiera sea la forma en que se liquide la ganancia de un obrero, esa ganancia reúne, en cierto grado, las características de ambas formas de pago, las características de ambas formas de pago, puesto que se le asegura un salario mínimo por unidad de tiempo. Mas una recompensa suplementaria si supera un rendimiento estipulado.

10.4.1.1 Trabajo a jornal

En el sistema de trabajo a jornal el empresario “compra” el tiempo del obrero, quien recibe una remuneración que es independiente del volumen de producción logrado. La unidad de tiempo es, por lo general, la hora o el día.

Este tipo de retribución proporciona al operario la seguridad de un salario conocido y calculable, el cual es más uniforme que el obtenido según cualquier forma de pago basada en resultados, lo que constituye un atractivo para muchos de ellos. Al empleador le ahorra expensas administrativas, ya que este método tiene la ventaja de ser relativamente barato y comprensible para el subordinado medio. Requiere solamente un registro del número de horas de labor de cada obrero. Un cómputo sencillo es suficiente para establecer el monto total que debe pagarse. Además, en los casos en que la calidad tiene especial importancia o el material trabajado es muy costoso, este tipo de recompensa suele ser más conveniente que el sistema de retribución por pieza.

No obstante, las desventajas que presenta la remuneración por unidad de tiempo deben analizarse con mucho cuidado. No proporciona verdaderos estímulos para el desarrollo de un esfuerzo mayor o la ejecución de un trabajo más penoso. No ofrece recompensa adicional para quien excede la “cuota” acostumbrada, ni aliciente para operar con mayor celeridad que la correspondiente al ritmo tolerado por el capataz. Por consiguiente, la empresa está obligada a confiar en la capacidad de mando de sus

superiores o en la amenaza de una cesantía para obtener la eficiencia que juzga adecuada. Pero la experiencia señala que ambas formas de incentivo forzado no tienen efecto positivo. Se estima que los obreros que perciben ganancias horarias solo rondan alrededor de un 60% de la productividad que alcanzarían trabajando por pieza. Encuestas realizadas en distintas plantas industriales para conocer cuál es la opinión de los trabajadores respecto de ambos sistemas de pago mostraron que los operarios más laboriosos prefieren el incentivo, y los menos diligentes, el salario horario.

Lo cierto es que a medida que la especialización se eleva y es mayor el volumen de operaciones en una fábrica, este método se hace cada vez menos aplicable y el empresario prefiere “comprar trabajo”.

10.4.1.2 Trabajo por pieza o incentivado

En este sistema, como se señaló, el operario percibe una retribución diaria acorde con la cantidad de trabajo que realiza. Cualquier disminución en la producción representará una rebaja en sus ganancias, mientras que un ascenso en el número de piezas se traducirá en una mayor utilidad. Para concretar esta forma de pago, es necesario determinar científicamente cuál es la producción normal que puede realizar un trabajador en un tiempo dado y según un método de operación establecido, y en premiar toda superación que logre respecto de ese nivel normal.

Es importante destacar que “aumentar el rendimiento” no significa trabajar más horas, sino incrementar el volumen en el mismo tiempo de labor. Esto tampoco equivale a exigir al operario una operatividad superior a sus fuerzas. Lo que pretenden estos sistemas de pago es lograr en una tarea manual un mayor número de unidades, o igual cantidad de una calidad superior. Si la función del obrero es la de atender varias máquinas automáticas, el objetivo es tratar de acrecentar su número o hacer que, mediante una mayor actividad en la labor manual durante los tiempos de espera, esos equipos eleven su productividad.

La retribución por pieza tiene un fértil campo de aplicación en las plantas que realizan trabajos estandarizados y donde los procesos se desarrollan en serie. Su empleo es ventajoso cuando el propósito principal de una empresa consiste en obtener un gran volumen de producción cuya calidad, o bien reviste importancia secundaria, o bien puede ser controlada fácilmente por personal distinto del que la ha realizado o por algún aparato mecánico. Ofrece un tipo de estímulo inconveniente, en cambio, cuando los productos exigen la utilización de maquinaria delicada que requiere atención especial. Asimismo, si el material empleado es valioso, el desperdicio ocasionado por la mayor rapidez en la operación puede anular los beneficios que este sistema brinda al empresario.

A pesar de esas limitaciones se juzga que cuando la taifa por pieza está establecida de común acuerdo entre el patrono y sus obreros, este método de retribución es el ideal, puesto que brinda al operario idóneo la oportunidad de asegurarse una compensación

acorde con su mayor habilidad o diligencia, sin desalentar por eso a los de eficiencia media. Estimulando en esa forma la producción se obtiene una disminución en el costo merced a la mejora que se produce en el rendimiento operativo.

10.4.1.3 Sistema de pago elegido

En nuestra empresa, la remuneración se calculará por el sistema de trabajo a jornal, por su simplicidad y por ser el método más común, con el cual ya todos están familiarizados. Consideraremos adoptar una jornada laboral de 8 horas de corrido, sumando 44 horas semanales. Al mes, cada trabajador deberá cumplir 176 horas en total.

Debido a la actividad que ejerceremos, nuestra empresa se encuentra regida bajo las normas del sindicato Unión Obrera Metalúrgica (U.O.M.), dentro de la rama n°17: metalmecánica y otras. En la sección 10.15 *Anexos*, se adjunta el acuerdo salarial ente la U.O.M. y diferentes cámaras.

Con respecto a los cargos a ocupar en la empresa, nosotros nos ocuparemos del área de compras, ventas y oficina técnica. El trabajo en planta, lo llevaran a cabo los operarios de la tabla 10.2. Se detallan las tareas que realizará cada uno y su sueldo según la categoría. Además, se agregó la mano de obra tercerizada, la cual estará a cargo de las siguientes tareas:

- Corte y rolado de la tolva.
- Corte, plegado y punzonado del cerramiento.
- Corte, plegado y punzonado del soporte.
- Tratamientos térmicos y superficiales.
- Colada.

Se estima que en los cinco años de evaluación se venderán 20 máquinas, esto es, 4 máquinas por año en promedio (ver sección 10.13.2 *Flujos de caja anuales (F)*). Considerando esto, podemos determinar el costo de mano de obra por máquina fabricada.

COSTO DE MANO DE OBRA						
Cargo	Categoría	h/mes	\$/h	Aportes sociales (%)	Importe mensual (\$/mes)	Importe por máquina (u\$s/máq.)
Soldadura y montaje	Oficial múltiple	176	112,30	49	29449,55	2460,00
Embalaje y ayudante	Medio oficial	176	88,12	49	23108,59	1931,00
Mecanizado	Oficial múltiple	176	112,30	49	29449,55	2460,00
Mano de obra tercerizada						500,00
TOTAL						7351,00

Tabla 10.2: Costo de mano de obra.

Las cargas o aportes sociales son el conjunto de contribuciones que el empleador tiene la obligación de pagarle al Estado y al organismo sindical, dependiendo de la actividad en cuestión, todos los meses, en concepto por el trabajo de sus empleados. Entre las mismas se cuentan diversos conceptos que las conforman, tales como las que se muestran en la tabla 10.3.

CARGAS SOCIALES			
Concepto	Aportes del trabajador (%)	Contribuciones del empleador (%)	Total (%)
Jubilación	11	16	27
Obra social	2,7	4,5	7,2
Ley 19032	3	2	5
Subsidio familiar y fondo de desempleo	0	9	9
ANSSAL	0,3	0,5	0,8
TOTAL			49

Tabla 10.3: Aportes sociales.

10.5 Costo primo

El costo primo nos queda definido como la suma de los costos de materia prima y de mano de obra.

COSTO PRIMO	
Concepto	Importe por máquina (u\$s/máq.)
Costo de materia prima	17826,73
Costo de mano de obra	7351,00
TOTAL	25177,73

Tabla 10.4: Costo primo.

10.6 Cargas fabriles

Son todos los costos en que necesita incurrir una empresa para el logro de sus fines, costos que, salvo casos de excepción, no pueden ser adjudicados exactamente a una orden de trabajo o a una unidad de producto, por lo que deben ser absorbidos por la totalidad de la producción del centro operativo con miras a una imputación final a aquéllas, que no es posible efectuar sino mediante ciertos dispositivos contables cuya precisión no es justa.

La simple existencia de un establecimiento manufacturero implica contar con un edificio que, sea propio o alquilado, genera una serie de cargos. También debe disponer de instalaciones, maquinarias, muebles, etcétera, que generan no solo costos provenientes de su simple existencia, tales como amortización, seguros y mantenimiento, sino, además, de los derivados de su uso, como lubricantes, repuestos y energía.

Las cargas fabriles presentes en nuestro emprendimiento se encuentran listadas en la tabla 10.5.

CARGAS FABRILES			
Concepto		Importe mensual (u\$s/mes)	Importe por máquina (u\$s/máq.)
Mantenimiento	Máquinas	72,00	216,00
	Edificio	50,00	150,00
Servicios	Electricidad	368	1104,00
	Agua corriente	35,00	105,00
	Gas	25,00	75,00
	Telefono/internet	32,00	96,00
Asesoramiento contable		100,00	300,00
Depreciación			1895,33
TOTAL			3941,33

Tabla 10.5: Cargas fabriles.

A continuación, se desarrolla el procedimiento que se llevó a cabo para el cálculo del costo de la energía eléctrica y la depreciación de los activos fijos.

10.6.1 Energía eléctrica

Para estimar el consumo de energía eléctrica, y por ende, su costo, identificamos como primer punto la carga total instalada de la empresa en la tabla 10.6.

CARGA TOTAL INSTALADA	
Máquina	Potencia (kW)
Torno paralelo WING L-1640	4,1
Torno paralelo SIDERAL	5,5
Fresadora vertical CNC HAAS TM-1	8
Limadora FOLLOW SH-680	3,55
Perforadora SINQUET TIPO 25	1,5
Soldadora de arco CEMONT SV260	10
Compresor	0,75
Iluminación (10 W/m ² x 270 m ²)	2,7
Sierra sin fin WAYTRAI Modelo UE-712A	0,75
Pantógrafo CNC oxicorte MSP-1010	1,2
Computadoras y otros	5
TOTAL	43

Tabla 10.6: Carga instalada.

Carga total instalada = 43 kW

Demanda contratada = 60% de la carga total instalada = 25,8 kW

Basándonos en las tarifas mensuales vigentes de la EPE para grandes usuarios (demanda máxima > 20 kW), realizamos el cálculo del costo que implicará el consumo de la energía eléctrica de nuestra empresa. El cuadro tarifario completo mensual se adjunta en la sección 10.15 *Anexos*.

Consumo mensual promedio:

$$25,8 \text{ kW} \times 176 \frac{h}{mes} = 4540,8 \frac{kWh}{mes}$$

El precio de la energía varía según en qué momento del día es consumida. Existen tres franjas horarias:

- Horas pico: de 18:00 hs. a 23:00 hs.
- Horas resto: de 05:00 hs. a 18:00 hs.
- Horas valle: de 23:00 hs. a 05:00 hs.

El horario de actividades que optaremos será el siguiente:

- De lunes a jueves: de 07:00 hs. a 16:00 hs.
- Viernes: de 07:00 hs. a 15:00 hs.

Por lo tanto, nuestra tarifa queda enmarcada en “horas resto”.

Cargo por energía consumida:

$$4540,8 \frac{kWh}{mes} \times 1,753 \frac{\$}{kWh} = 7960 \frac{\$}{mes}$$

Cargo por potencia adquirida:

$$25,8 kW \times 12,808 \frac{\$}{kW mes} = 330,45 \frac{\$}{mes}$$

Cargo por demanda de potencia fuera de pico:

$$25,8 kW \times 129,204 \frac{\$}{kW mes} = 3333,46 \frac{\$}{mes}$$

Cargo comercial:

$$879,15 \$/mes$$

Valor cuota parte alumbrado público:

$$709,98 \$/mes$$

Sumando los costos anteriores, obtenemos el cargo total mensual por energía eléctrica:

$$\begin{aligned} \text{Cargo total} &= \text{Cargo por energía consumida} + \text{Cargo por potencia adquirida} \\ &+ \text{Cargo por demanda de potencia fuera de pico} \\ &+ \text{Cargo comercial} + \text{Valor cuota parte alumbrado público} \end{aligned}$$

$$\text{Cargo total} = 13213,04 \frac{\$}{\text{mes}}$$

Como la tasa de cambio que se definió en la sección 10.1 *Introducción* es de \$35,90, el cargo total en dólares será:

$$\text{Cargo total} = 368 \frac{\text{u}\$}{\text{mes}}$$

10.6.2 Depreciación de activos fijos

A las extrusoras vendidas hay que hacerles un recargo por depreciación de los activos fijos o tangibles, ya que, con el uso, en el tiempo estos bienes valen menos; es decir, se deprecian.

En la tabla 10.7 se indica cuáles serán los cargos por depreciación de activos tangibles. Los años de vida útil estimados fueron extraídos de la tabla “*Año de vida útil usuales en actividades comerciales, industriales y agropecuarias*”, adjunta en la sección 10.15 *Anexos*.

DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS									
Concepto	Valor de adquisición (u\$s)	Vida útil (años)	Tasa de depreciación anual (%)	Depreciación anual (u\$s/año)	Valor depreciado (u\$s)				
					1	2	3	4	5
Sierra sin fin	3000	10	10	300	2700	2400	2100	1800	1500
Fresadora vertical CNC	50000	10	10	5000	45000	40000	35000	30000	25000
Pantógrafo CNC oxicorte	15000	10	10	1500	13500	12000	10500	9000	7500
Herramientas Elementos de seguridad Computadoras Impresora	1990	3	33,33	663,33	1326,67	663,33	0,00	1326,67	663,33
Armarios Estanterías Mesas de trabajo Escritorios Sillas	1180	10	10	118	1062	944	826	708	590

Tabla 10.7: Depreciación de los activos fijos.

10.6.2.1 Sierra sin fin

$$\text{Valor de adquisición} = 3000 \text{ u\$s}$$

De la tabla "Año de vida útil usuales en actividades comerciales, industriales y agropecuarias", adjunta en la sección 10.15 Anexos:

$$\text{Vida útil} = 10 \text{ años}$$

Utilizando el método de línea recta, el cual consiste en depreciar (recuperar) una cantidad igual cada año, obtendremos:

$$\text{Tasa de depreciación anual} = 10 \%$$

$$\text{Depreciación anual} = \text{Valor de adquisición} * \text{Tasa de depreciación anual}$$

$$\text{Depreciación anual} = 300 \text{ u\$s}$$

Como se dijo que en promedio se venderán cuatro máquinas anuales, el costo de depreciación por extrusora vendida será:

$$\text{Costo depreciación} = \frac{300 \text{ u\$s}}{4} = 75 \text{ u\$s}$$

10.6.2.1 Fresadora vertical CNC

$$\text{Valor de adquisición} = 50000 \text{ u\$s}$$

De la tabla "Año de vida útil usuales en actividades comerciales, industriales y agropecuarias", adjunta en la sección 10.15 Anexos:

$$\text{Vida útil} = 10 \text{ años}$$

Utilizando el método de línea recta, el cual consiste en depreciar (recuperar) una cantidad igual cada año, obtendremos:

$$Tasa\ de\ depreciación\ anual = 10\ \%$$

$$Depreciación\ anual = Valor\ de\ adquisición * Tasa\ de\ depreciación\ anual$$

$$Depreciación\ anual = 5000\ u\$s$$

Como se dijo que en promedio se venderán cuatro máquinas anuales, el costo de depreciación por extrusora vendida será:

$$Costo\ depreciación = \frac{5000\ u\$s}{4} = 1250\ u\$s$$

10.6.2.1 Pantógrafo CNC oxicorte

$$Valor\ de\ adquisición = 15000\ u\$s$$

De la tabla "Año de vida útil usuales en actividades comerciales, industriales y agropecuarias", adjunta en la sección 10.15 Anexos:

$$Vida\ útil = 10\ años$$

Utilizando el método de línea recta, el cual consiste en depreciar (recuperar) una cantidad igual cada año, obtendremos:

$$Tasa\ de\ depreciación\ anual = 10\ \%$$

$$Depreciación\ anual = Valor\ de\ adquisición * Tasa\ de\ depreciación\ anual$$

$$Depreciación\ anual = 1500\ u\$s$$

Como se dijo que en promedio se venderán cuatro máquinas anuales, el costo de depreciación por extrusora vendida será:

$$Costo\ depreciación = \frac{1500\ u\$s}{4} = 375\ u\$s$$

10.6.2.2 Herramientas y computadoras

En este apartado haremos referencia a herramientas, elementos de seguridad, computadoras e impresora.

$$\text{Valor de adquisición} = 1990 \text{ u\$s}$$

De la tabla "Año de vida útil usuales en actividades comerciales, industriales y agropecuarias", adjunta en la sección 10.15 Anexos:

$$\text{Vida útil} = 3 \text{ años}$$

Utilizando el método de línea recta, el cual consiste en depreciar (recuperar) una cantidad igual cada año, obtendremos:

$$\text{Tasa de depreciación anual} = 33,33 \%$$

$$\text{Depreciación anual} = \text{Valor de adquisición} * \text{Tasa de depreciación anual}$$

$$\text{Depreciación anual} = 633,33 \text{ u\$s}$$

El costo de depreciación por extrusora vendida será:

$$\text{Costo depreciación} = \frac{633,33 \text{ u\$s}}{4} = 165,83 \text{ u\$s}$$

10.6.2.3 Muebles

Aquí incluiremos armarios, estanterías, mesas de trabajo, escritorios y sillas.

$$\text{Valor de adquisición} = 1180 \text{ u\$s}$$

De la tabla "Año de vida útil usuales en actividades comerciales, industriales y agropecuarias", adjunta en la sección 10.15 Anexos:

$$\text{Vida útil} = 10 \text{ años}$$

Utilizando el método de línea recta, el cual consiste en depreciar (recuperar) una cantidad igual cada año, obtendremos:

$$Tasa\ de\ depreciación\ anual = 10\ \%$$

$$Depreciación\ anual = Valor\ de\ adquisición * Tasa\ de\ depreciación\ anual$$

$$Depreciación\ anual = 118\ u\$s$$

El costo de depreciación por extrusora vendida será:

$$Costo\ depreciación = \frac{118\ u\$s}{4} = 29,5\ u\$s$$

10.6.2.4 Costo de depreciación total

El costo de depreciación total por extrusora vendida será la sumatoria de los costos de depreciación de los activos analizados anteriormente:

$$Costo\ depreciación\ total = 1895,33\ u\$s$$

Este valor es el que se debe sumar a las cargas fabriles en concepto de depreciación de equipamiento.

10.7 Costo de producción

Es el valor del conjunto de bienes y esfuerzos, en que se ha incurrido o se va a incurrir, que deben consumir los centros fabriles para obtener un producto terminado, en condiciones de ser entregado al sector comercial.

El costo de producción no incluye el valor del conjunto de bienes y esfuerzos que una empresa realiza hasta el momento en que percibe la cobranza de los artículos entregados a su clientela, sino que solo agrupa los costos originados por el sector industrial. Este sector, constituido por los centros fabriles y por la debida porción de los departamentos de servicios que les corresponde recuperar, termina normalmente en la puerta de entrada al almacén de productos terminados, donde comienza el área comercial.

Los elementos integrantes del costo de producción son: materia prima, mano de obra y cargas fabriles. En la tabla 10.8 se detallan estos costos y se determina el costo de producir una extrusora.

COSTO DE PRODUCCIÓN	
Concepto	Importe por máquina (u\$s/máq.)
Costo primo	25177,73
Cargas fabriles	3941,33
TOTAL	29119,06

Tabla 10.8: Costo de producción.

10.8 Gastos de comercialización

Es el valor actualizado del conjunto de bienes o esfuerzos en que ha incurrido o va a incurrir una empresa industrial desde el momento en que los productos terminados ingresan en el almacén homónimo, hasta que salen con destino al cliente o llegan a su poder, incluyéndose en este ciclo la gestión de cobranzas pertinente.

Dentro de esta categoría, podemos diferenciar los siguientes gastos:

- Movilidad y gastos de viaje
 - ✓ Viajes y estadías
 - ✓ Vehículos
 - ✓ Gastos de representación
 - ✓ Traslados y mudanzas
 - ✓ Alquiler de vehículos

- Gastos de distribución
 - ✓ Alquileres de depósitos
 - ✓ Materiales de embalaje
 - ✓ Seguros de existencias
 - ✓ Fletes (a cargo del cliente)
 - ✓ Seguros sobre riesgos de transporte (a cargo del cliente)
 - ✓ Gastos de devolución de mercaderías

- Publicidad
 - ✓ Campaña de publicidad
 - ✓ Stands en exposiciones
 - ✓ Institucional

- Retribuciones al personal (área comercial)
 - ✓ Sueldos
 - ✓ Cargas sociales sobre sueldos

- Gastos administrativos
 - ✓ Útiles de papelería
 - ✓ Sellados fiscales
 - ✓ Comisiones y gastos bancarios
 - ✓ Informes comerciales
 - ✓ Asuntos legales
 - ✓ Honorarios a terceros
 - ✓ Gastos de convenciones

En la tabla 10.9 se especifica el gasto incurrido en cada una de las funciones referentes al área comercial.

GASTOS DE COMERCIALIZACIÓN		
Concepto	Importe mensual (u\$s/mes)	Importe por máquina (u\$s/máq.)
Movilidad y gastos de viaje	120,00	360,00
Publicidad	300,00	900,00
Gastos de distribución	200,00	600,00
Gastos administrativos	40,00	120,00
TOTAL		1980,00

Tabla 10.9: Gastos de comercialización.

No se ha tenido en cuenta la remuneración al personal del área comercial, ya que nosotros efectuaremos las tareas de este tipo.

10.9 Costo de venta

El importe resultante de sumar al costo de producción los gastos de comercialización se denomina “costo de venta”. Ambas cifras han de mostrarse claramente separadas.

COSTO DE VENTA	
Concepto	Importe por máquina (u\$s/máq.)
Costo de producción	29119,06
Gastos de comercialización	1980,00
TOTAL	31099,06

Tabla 10.10: Costo de venta.

10.10 Costo financiero

Son los intereses que se deben pagar en relación con capitales obtenidos en préstamo. Algunas veces estos costos se incluyen en los generales y de administración, pero lo correcto es registrarlos por separado, ya que un capital prestado puede tener usos muy diversos y no hay porqué cargarlo a un área específica.

Solicitar un préstamo no es tarea fácil para estudiantes con bajas ganancias anuales. El monto que el banco accede a prestar, es acorde a estas ganancias anuales o recibiendo alguna garantía de pago como puede ser la hipoteca de algún inmueble. Por lo tanto, se nos hace muy difícil adquirir un préstamo que, aunque sea, nos cubra una parte de la inversión inicial.

Dicho esto, y, además, con nuestra ya consolidada idea de ser autónomos y montar nuestro propio emprendimiento, fuimos recaudando y ahorrando capital para poder hacerla realidad en un futuro. Nuestra estrategia es utilizar los capitales familiares que poseemos para financiar la totalidad de este proyecto.

En conclusión, al no ser necesario el pedido de un préstamo a una entidad bancaria, quedamos exentos de este costo.

10.11 Costo total

El costo total es la suma del costo de venta y el costo debido al préstamo bancario. El resumen se aprecia en la tabla 10.11.

COSTO TOTAL	
Concepto	Importe por máquina (u\$s/máq.)
Costo de venta	31099,06
Costo financiero	0,00
TOTAL	31099,06

Tabla 10.11: Costo total.

10.12 Precio de venta neto

El precio de venta al público contempla el costo total del producto más un beneficio, el cuál será el monto neto que nos dejará la venta de cada máquina.

PRECIO DE VENTA NETO	
Concepto	Importe por máquina (u\$s/máq.)
Costo total	31099,06
Beneficio (20%)	6219,81
TOTAL	37318,87

Tabla 10.12: Precio de venta neto.

Para tener un precio al público lo más competitivo posible, y teniendo en cuenta que somos una pyme incipiente, fijamos un beneficio promedio del 20%. Esto nos da un precio de venta de **u\$s 37300 + IVA**.

Analizando los precios de venta de las extrusoras que se comercializan en el mercado, nuestra cifra demuestra ser un precio comprendido en los valores que maneja el mercado. Los precios que podemos encontrar en él, van desde los u\$s 30000 a u\$s 40000 en extrusoras de similares características.

10.13 Evaluación económica

En esta sección se hará una evaluación económica del proyecto propuesto, con el fin de determinar si el negocio es económicamente rentable. Dicha evaluación se realizará para los primeros cinco años de operación.

10.13.1 Inversión

Nuestra inversión inicial consiste en adquirir todos los activos faltantes, necesarios para iniciar las operaciones de la empresa. Estos activos comprenden maquinaria, equipamiento de planta y oficinas. También tenemos inversiones posteriores al momento cero, para renovación de activos que han finalizado su vida útil (teóricamente) y para compra de maquinaria más costosa. Los detalles pertinentes a las inversiones necesarias para llevar adelante el emprendimiento, en un período de evaluación de cinco años, se encuentran en la *tabla 10.13*.

INVERSIÓN						
Concepto	Monto (u\$s)					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sierra sin fin	3000	0	0	0	0	0
Fresadora vertical CNC	50000	0	0	0	0	0
Pantógrafo CNC oxicorte	15000	0	0	0	0	0
Herramientas Elementos de seguridad	1990	0	0	0	1990	0
Computadoras Impresora						
Armarios Estanterías Mesas de trabajo	1180	0	0	0	0	0
Escritorios Sillas						
TOTAL	71170	0	0	0	1990	0

Tabla 10.13: Inversiones.

En el momento cero, es decir, antes de iniciar las actividades, se comprarán algunos activos indispensables. Respecto a maquinaria, se adquirirá una sierra sin fin nueva, con una vida útil estimada de diez años.

También se comprarán diversos elementos necesarios para el trabajo en planta. Éstos están detallados en la tabla 10.14. Como se puede observar, los elementos de seguridad se compran en cantidad de tres, debido a que tendremos tres operarios trabajando

simultáneamente en planta, a excepción de la máscara para soldar, ya que habrá solamente un encargado de soldadura. Las herramientas manuales e instrumentos de medición son elementos que tendrán que utilizar todos los operarios. Además, incluimos dos armarios, para guardar las herramientas y los elementos de seguridad, y así, poder mantener el área de trabajo ordenada. Las estanterías se utilizarán para colocar piezas terminadas que luego irán a montaje o piezas semielaboradas que requieran entrar en espera para pasar a la siguiente operación. Las mesas de trabajo serán de mucha ayuda para el personal de planta para realizar diversos trabajos manuales de una forma más cómoda.

EQUIPAMIENTO PLANTA				
Concepto		Cantidad (ud.)	Precio unitario (u\$s/ud.)	Precio final (u\$s)
Herramientas	Juego herramientas	1	335	335
	Taladro	1	85	85
	Amoladora angular	1	60	60
	Remachadora	2	10	20
	Calibre	2	85	170
	Cinta métrica	3	15	45
Elementos de seguridad	Calzado	3	50	150
	Casco	3	10	30
	Protectores auditivos	3	15	45
	Antiparras	3	15	45
	Vestimenta	3	30	90
	Guantes	3	2	5
	Máscara soldador	1	20	20
Armario		2	170	340
Estantería		2	45	90
Mesa de trabajo		2	115	230
TOTAL				1760

Tabla 10.14: Equipamiento de planta.

La tabla 10.15 detalla la inversión referente a los activos indispensables en las oficinas. Por el momento, ya que solamente seremos dos personas encargadas de los trabajos administrativos, comercialización y oficina técnica, propusimos la adquisición de dos escritorios y dos computadoras. Una impresora no puede faltar, para manipular de forma práctica planos y órdenes de compra dentro de la empresa. Dos armarios también se colocarán en las oficinas para archivar documentos, guardar útiles de oficina, etc.

EQUIPAMIENTO OFICINAS			
Concepto	Cantidad (ud.)	Precio unitario (u\$s/ud.)	Precio final (u\$s)
Computadora	2	420	840
Impresora	1	160	160
Escritorio + silla	2	160	320
Armario	2	100	200
TOTAL			1520

Tabla 10.15: Equipamiento de oficinas.

Dentro del equipamiento de oficinas y de planta, hay elementos con vidas útiles estimadas diferentes. Por ello, los separamos en dos grupos (ver *tabla 10.13*). En el primero se colocaron herramientas, elementos de seguridad, computadoras e impresora, ítems que tienen una vida estimada de tres años. Por esta razón, estos elementos se vuelven a comprar al inicio del cuarto año.

Por otro lado, en el segundo grupo se incluyen muebles (escritorios, sillas, mesas, armarios), a los cuales se les asigna una vida útil de diez años. Las estimaciones de la vida útil de los activos fueron consultadas en la tabla “*Año de vida útil usuales en actividades comerciales, industriales y agropecuarias*” que se adjunta en la sección 10.15 Anexos.

En el quinto año se invertirá en nueva maquinaria para disminuir el trabajo tercerizado y, en consecuencia, los costos. Esta nueva maquinaria incluye un torno y una plegadora con control numérico computarizado.

10.13.2 Flujos de caja anuales (FCA)

El flujo de caja de un período, es la diferencia entre los ingresos y los egresos que tuvo la empresa en ese período. Para nuestro estudio, calculamos el flujo de caja para cada año, con un horizonte de tiempo de cinco años. Un flujo positivo representa un beneficio anual de la empresa, mientras que un flujo negativo representa un desembolso anual que ésta tuvo que realizar.

En la tabla 10.16 aparecen como ingresos el dinero proveniente de la venta de las extrusoras. Como egresos tenemos el costo total que implica a la empresa producir y comercializar dichos productos y las inversiones en nuevo equipamiento.

FLUJOS DE CAJA ANUALES					
Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Máquinas vendidas (ud.)	4	4	4	4	4
Ingresos (u\$s)	149275,49	149275,49	149275,49	149275,49	149275,49
Costo total (u\$s)	-124396,24	-124396,24	-124396,24	-124396,24	-124396,24
Inversión (u\$s)	0	0	0	-1990	0
Flujo de caja anual (u\$s)	24883,25	24883,25	24883,25	22893,25	24883,25

Tabla 10.16: Flujos de caja anuales.

Arrojar un número estimativo de ventas, no es una tarea sencilla teniendo en cuenta la situación económica del país. Las bruscas e impredecibles variaciones de la tasa de inflación y el precio del dólar, introducen una incertidumbre elevada en la ecuación. Hemos consultado con varias personas que conocen el negocio de la construcción de maquinaria para obtener una mejor orientación sobre este valor. Hemos concluido que, para no pecar de optimistas y resguardarnos, cuatro máquinas en promedio por año es un número de ventas razonable en el contexto actual y futuro cercano. Las ventas comenzarán los primeros años por debajo de este valor e irán aumentando progresivamente.

Hay que tener en cuenta que es una empresa incipiente, con poca experiencia en la construcción de este tipo de máquinas y tiene mucho que aprender en sus primeros años de vida. Optimizar los procesos productivos para que estos insuman la menor cantidad de tiempo y esfuerzo, no es un trabajo de un solo día. Es un camino largo y progresivo. El personal de planta debe adquirir práctica en el manejo de las máquinas, éstas se deben poner a punto, se debe pulir la programación las máquinas CNC, etc. Además, en paralelo con este proceso, irán surgiendo nuevos y mejores diseños de las extrusoras y sus partes, a medida que se realizan pruebas y ensayos en la línea de extrusión de prueba.

10.13.3 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Antes de invertir, siempre se tiene en mente una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, llamada *tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)*.

$$TMAR = \text{índice inflacionario}$$

Índice inflacionario: debido a la inflación, existe una pérdida neta del poder adquisitivo o valor real de la moneda con el tiempo. El índice inflacionario es la tasa de interés que hace que el dinero invertido mantenga su valor adquisitivo en un período definido. Dicho de otra manera, determina el beneficio que compensa solamente los efectos de la inflación en dicho período.

La TMAR se calculó en base a la suma de la tasa nominal de las letras del tesoro de los E.E.U.U. y el riesgo país. La primera está comprendida entre un 2,5% y un 3%, mientras que el riesgo país se calcula en un 7%. De esta manera, la TMAR considerada para los cálculos del VPN y la TIR será:

$$TMAR = 10\%$$

10.13.4 Valor presente neto (VPN)

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Los flujos descontados son los flujos traídos al presente o tiempo cero, es decir, se descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente.

El cálculo del VPN para el período de cinco años es:

$$VPN = -P + \frac{FCA_1}{(1 + TMAR)^1} + \frac{FCA_2}{(1 + TMAR)^2} + \frac{FCA_3}{(1 + TMAR)^3} + \frac{FCA_4}{(1 + TMAR)^4} + \frac{FCA_5}{(1 + TMAR)^5}$$

P = Inversión inicial en el tiempo cero.

$\frac{FCA_n}{(1+TMAR)^n}$ = Flujo descontado correspondiente al período (año) *n*.

Con un VPN = 0 no se aumenta el patrimonio de la empresa durante el horizonte de planeación estudiado. Si el resultado es VPN > 0, sin importar cuánto se supere a cero ese valor, esto implica una ganancia extra después de ganar la TMAR aplicada a lo largo del período considerado y el proyecto puede aceptarse. Por el contrario, si el VPN < 0, la inversión produciría pérdidas y el proyecto debería rechazarse.

Utilizando una TMAR = 10% y reemplazando los valores en la fórmula anterior, obtenemos el valor del VPN de nuestro proyecto:

$$VPN = \text{u\$s } 21797,89$$

El VPN es positivo, lo que significa que se acepta el proyecto de inversión.

10.13.5 Tasa interna de rendimiento (TIR)

Es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero. En otras palabras, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Se llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generada en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión.

Con el VPN, se determinó la viabilidad del proyecto, pero ahora con la TIR, conoceremos cuál es el valor real del rendimiento del dinero de esta inversión. Según los cálculos, la TIR de este proyecto es de:

$$TIR = 21\%$$

10.14 Fuentes consultadas

10.14.1 Bibliografía

- Gabriel Baca Urbina, *Evaluación de proyectos – Análisis y administración del riesgo*, 2ª ed., McGraw Hill, México, D.F., 1992.
- Juan Carlos Vázquez, *Costos*, 2ª ed., Aguilar, Buenos Aires, 1992.

10.15 Anexos



C.C.T. N° 260/75-SALARIOS 2018 - ANEXO "A"

RAMA N° 17 Metalmecánica y otras

SALARIOS BASICOS

Vigente desde: 1° de Abril de 2018

ACUERDO SALARIAL ENTRE UOMRA Y LAS CÁMARAS:

ADIMRA: ASOCIACION DE INDUSTRIALES METALURGICOS.

CAMIMA: CAMARA DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA METALURGICA ARGENTINA.

FEDEHOGAR: FEDERACION DE CAMARAS INDUSTRIALES DE ARTEFACTOS PARA EL HOGAR DE LA R. A.

AFARTE : ASOCIACION DE FABRICANTES ARGENTINOS DE TERMINALES ELECTRONICAS.

AFAC : ASOCIACION DE FABRICAS ARGENTINAS DE COMPONENTES.

RAMA 17 - Mecánica, Electromecánica y Manufactura de la Industria Metalúrgica y sus Actividades Complementarias.

Armas y Armamentos, Cromo Hojalatería Mecánica, Fabricación de Envases e Impresión Litográfica sobre

Metales, Empleados de la Industria Metalúrgica, Construcción Montaje Armado y Reparación de Maquinas

Viales y Neumáticas, Fabricación y Reparación de Material Ferroviario, Montajes Industriales.

RAMA 3 - Ascensores

RAMA 13 - Fundición

RAMA 14 - Fundición-Laminación-Extrusión-Mat no Ferrosos

RAMA 15 - Fundición-Cinc/Plomo/Plata y Afines

RAMA 16 - Herrería de Obra/Carpintería Metálica

RAMA 20 - Pulvimetalurgia

I) PERSONAL JORNALIZADO:

SALARIOS BASICOS DE LAS CATEGORIAS

BASE DE CALCULO

VIGENTE DESDE

VIGENTE DESDE

01/04/2018

1° DE ABRIL

1° DE JULIO

9,00%

6,00%

a) CATEGORIAS GENERALES Art.6.

Ingresante

\$ 65,33

\$ 71,21

\$ 75,48

Operario Calificado

\$ 70,77

\$ 77,14

\$ 81,77

Medio Oficial

\$ 76,27

\$ 83,13

\$ 88,12

Operario Especializado

\$ 81,59

\$ 88,93

\$ 94,27

Operario Espdo. Múltiple

\$ 86,26

\$ 94,02

\$ 99,66

Oficial

\$ 90,25

\$ 98,37

\$ 104,27

Oficial Múltiple

\$ 97,19

\$ 105,94

\$ 112,30

OPERADORES CNC

Oficial Superior

\$ 97,19

\$ 105,94

\$ 112,30

Oficial Múltiple Superior

\$ 104,02

\$ 113,38

\$ 120,18

Ingreso Mínimo Global de Referencia (IMGR)

\$ 14.540

\$ 15.412

\$ 16.800

II PERSONAL MENSUALIZADO:

a) GRUPO "A" - PERSONAL ADMINISTRATIVO

Cat. Administrativo de 1ª	\$ 12.618,95	\$ 13.754,66	\$ 14.579,94
Cat. Administrativo de 2ª	\$ 14.004,66	\$ 15.265,08	\$ 16.180,98
Cat. Administrativo de 3ª	\$ 16.170,44	\$ 17.625,78	\$ 18.683,33
Cat. Administrativo de 4ª	\$ 17.660,63	\$ 19.250,09	\$ 20.405,10

b) GRUPO "B" – PERSONAL TECNICO

Cat. Técnico de 1ª	\$ 12.618,95	\$ 13.754,66	\$ 14.579,94
Cat. Técnico de 2ª	\$ 14.006,83	\$ 15.267,44	\$ 16.183,49
Cat. Técnico de 3ª	\$ 14.971,01	\$ 16.318,40	\$ 17.297,50
Cat. Técnico de 4ª	\$ 16.982,54	\$ 18.510,97	\$ 19.621,63
Cat. Técnico de 5ª	\$ 17.661,33	\$ 19.250,85	\$ 20.405,90
Cat. Técnico de 6ª	\$ 19.337,26	\$ 21.077,61	\$ 22.342,27

c) GRUPO "C" - PERSONAL AUXILIAR

Cat. Auxiliar de 1ª	\$ 12.139,19	\$ 13.231,72	\$ 14.025,62
Cat. Auxiliar de 2ª	\$ 13.211,12	\$ 14.400,12	\$ 15.264,13
Cat. Auxiliar de 3ª	\$ 15.034,40	\$ 16.387,50	\$ 17.370,75

III - MENORES AYUDANTES OBREROS, APRENDICES Y EMPLEADOS

14 y 15 Años	\$ 57,25	\$ 62,40	\$ 66,14
16 y 17 Años	\$ 59,72	\$ 65,09	\$ 69,00

B) APRENDICES

1er. Año	\$ 57,65	\$ 62,84	\$ 66,61
2do. Año	\$ 59,72	\$ 65,09	\$ 69,00
3er. Año	\$ 60,32	\$ 65,75	\$ 69,70
4to. Año	\$ 61,46	\$ 66,99	\$ 71,01

C) EMPLEADOS MENORES

6 HORAS

14 Años	\$ 9.783,73	\$ 10.664,27	\$ 11.304,13
15 Años	\$ 10.077,21	\$ 10.984,16	\$ 11.643,21
16 Años	\$ 10.098,25	\$ 11.007,09	\$ 11.667,52
17 Años	\$ 10.152,39	\$ 11.066,11	\$ 11.730,08

8 HORAS

16 Años	\$ 11.280,20	\$ 12.295,42	\$ 13.033,15
17 Años	\$ 11.671,70	\$ 12.722,15	\$ 13.485,48

IV) FOGUISTAS Y CHOFERES

A) FOGUISTAS

Con Patente de 3ª	\$ 86,26	\$ 94,02	\$ 99,66
Con Patente de 2ª	\$ 90,25	\$ 98,37	\$ 104,27
Con Patente de 1ª	\$ 97,42	\$ 106,19	\$ 112,56

B) CHOFERES

Con Registro de Carga.	\$ 86,26	\$ 94,02	\$ 99,66
Con Registro Profesional.	\$ 90,25	\$ 98,37	\$ 104,27
Con Registro de DNV.	\$ 97,42	\$ 106,19	\$ 112,56

Categorías Generales y Especificas de la Ex-Rama N° 7 - "CROMO HOJALATERIAS MECANICAS, FABRICACION DE ENVASES E IMPRESIÓN LITOGRAFICA SOBRE METALES".(Actualmente en Rama N° 17)

Ingresante	\$ 65,33	\$ 71,21	\$ 75,48
Operario Calificado	\$ 70,77	\$ 77,14	\$ 81,77
Medio Oficial	\$ 76,27	\$ 83,13	\$ 88,12
Operario Especializado	\$ 81,59	\$ 88,93	\$ 94,27
Operario Espdo. Múltiple	\$ 86,26	\$ 94,02	\$ 99,66
Oficial	\$ 90,25	\$ 98,37	\$ 104,27
Oficial Múltiple	\$ 97,19	\$ 105,94	\$ 112,30
Oficial Maquinista de Papel Metalico	\$ 84,69	\$ 92,31	\$ 97,85
Oficial Maquinista de Pomo	\$ 87,56	\$ 95,44	\$ 101,17
Oficial Maquinista de Rotativa de un Color	\$ 91,22	\$ 99,43	\$ 105,40
Oficial Maquinista de Plana	\$ 91,22	\$ 99,43	\$ 105,40
Oficial Armador y Tracista	\$ 94,21	\$ 102,69	\$ 108,85
Oficial Transportista y Fotocopiador	\$ 94,21	\$ 102,69	\$ 108,85
Oficial Maquinista de más de un Color	\$ 97,60	\$ 106,38	\$ 112,76
OPERADORES CNC			
Oficial Superior	\$ 97,19	\$ 105,94	\$ 112,30
Oficial Múltiple Superior	\$ 104,02	\$ 113,38	\$ 120,18

Categorías Generales y Especificas de la Rama N° 3 - "ASCENSORES".

Categorías del Personal de Fabricas y Talleres

Menores Ayudantes Obreros

Aprendices

Ingresante	\$ 65,33	\$ 71,21	\$ 75,48
Operario Calificado	\$ 70,77	\$ 77,14	\$ 81,77

Medio Oficial	\$ 76,27	\$ 83,13	\$ 88,12
Operario Especializado	\$ 81,59	\$ 88,93	\$ 94,27
Operario Espdo. Múltiple	\$ 86,26	\$ 94,02	\$ 99,66
Oficial	\$ 90,25	\$ 98,37	\$ 104,27
Oficial Múltiple	\$ 97,19	\$ 105,94	\$ 112,30
OPERADORES CNC			
Oficial Superior	\$ 97,19	\$ 105,94	\$ 112,30
Oficial Múltiple Superior	\$ 104,02	\$ 113,38	\$ 120,18

Rama 3, Ascensores Art. 4º
Categorías del Personal de Montaje,

Manutención y Reparaciones.

<i>Ingresante</i>	\$ 65,33	\$ 71,21	\$ 75,48
Operario Calificado	\$ 70,77	\$ 77,14	\$ 81,77
1/2 Oficial Mecánico	\$ 76,27	\$ 83,13	\$ 88,12
1/2 Oficial Electricista	\$ 76,27	\$ 83,13	\$ 88,12
Oficial de Servicio de 2ª	\$ 80,32	\$ 87,55	\$ 92,80
Oficial Reclamista	\$ 90,30	\$ 98,43	\$ 104,34
Oficial Mecánico	\$ 90,30	\$ 98,43	\$ 104,34
Oficial Electricista	\$ 90,30	\$ 98,43	\$ 104,34
Oficial de Serv. de Primera	\$ 90,30	\$ 98,43	\$ 104,34
Oficial Múltiple	\$ 97,19	\$ 105,94	\$ 112,30
Oficial Montador	\$ 99,78	\$ 108,76	\$ 115,29
Oficial Calibrador de 2ª	\$ 110,57	\$ 120,52	\$ 127,75
Oficial Calibrador de 1ª	\$ 118,95	\$ 129,66	\$ 137,44

OPERADORES CNC

Oficial Superior	\$ 97,19	\$ 105,94	\$ 112,30
Oficial Múltiple Superior	\$ 104,02	\$ 113,38	\$ 120,18

Categorías Generales y Especificas de la Rama Nº 16 -
"HERRERÍA DE OBRA Y CARPINTERÍA METÁLICA".

Categorías generales de
Aplicación en la Rama:

<i>Ingresante</i>	\$ 65,33	\$ 71,21	\$ 75,48
Operario Calificado	\$ 70,77	\$ 77,14	\$ 81,77
Medio Oficial	\$ 76,27	\$ 83,13	\$ 88,12
Operario Especializado	\$ 81,59	\$ 88,93	\$ 94,27
Operario Espdo. Múltiple	\$ 86,26	\$ 94,02	\$ 99,66
Oficial	\$ 90,25	\$ 98,37	\$ 104,27
Oficial Múltiple	\$ 97,19	\$ 105,94	\$ 112,30

OPERADORES CNC

Oficial Superior	\$ 97,19	\$ 105,94	\$ 112,30
Oficial Múltiple Superior	\$ 104,02	\$ 113,38	\$ 120,18

Categorías Especificas de la
Rama:

(This section contains numerous handwritten signatures in blue ink, including names like 'Abraim', 'Antonio', and others, overlaid on the table and surrounding areas.)

Oficial Carpintero Metálico	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Herrero	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Fraguador Artístico	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Plegador	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Soldador	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Tornero	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Fresador	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Mecánico	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Electricista	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Pintor a Soplete	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Pintor a Pincel	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17
Oficial Carp. en Madera	\$ 90,16	\$ 98,27	\$ 104,17

ADICIONALES

Adicional Art. 53 Titulo Técnico	\$ 345,83	\$ 376,95	\$ 399,57
Adicional Art. 54 Titulo Secundario	\$ 345,83	\$ 376,95	\$ 399,57
Adicional Art. 55 Idiomas	\$ 195,50	\$ 213,10	\$ 225,89
Adicional Art.57 Subsidio por padres incapacitados	\$ 864,57	\$ 942,38	\$ 998,92
Adicional Art. 58 Fallecimiento de Familiar.	\$ 2.161,42	\$ 2.355,95	\$ 2.497,31
Adicional Art. 59 Servicio Militar.	\$ 949,79	\$ 1.035,27	\$ 1.097,39
Adicional Art. 60 Por Cobranza	\$ 75,88	\$ 82,71	\$ 87,67
Adicional Art. 61 a) Por Ensobrado	\$ 21,07	\$ 22,97	\$ 24,35
b) Por ensobrado y pago. Pago Mensual	\$ 41,71	\$ 45,46	\$ 48,19
Adicional Art. 62 Por Tareas de otro Grupo o Superior. P/Mensual	\$ 130,57	\$ 142,32	\$ 150,86
Adicional Art. 63 Por llamada fuera de horario. Por cada llamada	\$ 50,70	\$ 55,26	\$ 58,58
Adicional Art. 64 Por falta de Vacante. Por hora	\$ 1,04	\$ 1,13	\$ 1,20
Adicional Art. 91 a) Vajante en el Interior del País	\$ 570,05	\$ 621,35	\$ 658,63
b) Viajante Urbano y Suburbano Mensual	\$ 1.900,46	\$ 2.071,50	\$ 2.195,79
3ª Categoría Choferes	\$ 90,25	\$ 98,37	\$ 104,27

SALARIOS RESULTANTES DE LA APLICACIÓN DE LOS PORCENTUALES ESTABLECIDOS EN EL ACTA ACUERDO EN EL EXPEDIENTE N° 1.788.861/18 DEL ___ DE 2018, MTEySS.

Handwritten signatures and initials in blue ink are present at the bottom of the page, including a large signature on the left and several smaller ones across the bottom.

EMPRESA PROVINCIAL DE LA ENERGIA DE SANTA FE

Área de aplicación: Todo el territorio de la Provincia de Santa Fe
Consumos registrados desde el 01 de AGOSTO de 2018

CUADRO TARIFARIO COMPLETO MENSUAL - FACTURACION MENSUAL

Demanda Máxima: Mayor de 20 kW

TARIFA 2 - GRANDES DEMANDAS

Tarifa 2 - GRANDES DEMANDAS		Cargo comercial (\$-mes)	Cargo cap. Pico (\$/kW-mes)	Cargo cap. F. de Pico (\$/kW-mes)	Cargo por pot. adq. (\$/kW-mes)	Cargo energía hs. Pico (\$/kWh)	Cargo energía hs. Resto (\$/kWh)	Cargo energía hs. Valle (\$/kWh)
2 B1	Baja Tensión - Demandas menores a 300 kW	879,15	289,760	129,204	12,808	1,83580	1,75317	1,67055
2 B2	Baja Tensión - Demandas mayores o iguales a 300 kW	879,15	289,760	129,204	12,808	2,79544	2,66678	2,53812
2M11	Media Tensión 13,2 kV - Demandas menores a 300 kW	3935,69	202,711	82,374	12,090	1,74466	1,66614	1,58761
2M12	Media Tensión 13,2 kV - Demandas mayores o iguales a 300 kW	3935,69	202,711	82,374	12,090	2,65666	2,53438	2,41211
2M31	Media Tensión 33 kV - Demandas menores a 300 kW	3935,69	198,662	76,151	12,090	1,74466	1,66614	1,58761
2M32	Media Tensión 33 kV o Capacidad Contratada mayor o igual a 1000 kW - Demandas mayores o iguales a 300 kW	3935,69	198,662	76,151	12,090	2,65666	2,53438	2,41211
2AM1	Bornes de ET AT/MT - Demandas menores a 300 kW	3935,69	118,698	65,069	11,892	1,71927	1,64189	1,56451
2AM2	Bornes de ET AT/MT - Demandas mayores o iguales a 300 kW	3935,69	118,698	65,069	11,892	2,61800	2,49750	2,37701
2 A1	Alta Tensión 132 kV - Demandas menores a 300 kW	4336,66	29,060	19,353	11,541	1,67305	1,59775	1,52245
2 A2	Alta Tensión 132 kV - Demandas mayores o iguales a 300 kW	4336,66	29,060	19,353	11,541	2,54761	2,43036	2,31311

P - GRANDES DEMANDAS Parques Industriales		Cargo comercial (\$-mes)	Cargo cap. Pico (\$/kW-mes)	Cargo cap. F. de Pico (\$/kW-mes)	Cargo por pot. adq. (\$/kW-mes)	Cargo energía hs. Pico (\$/kWh)	Cargo energía hs. Resto (\$/kWh)	Cargo energía hs. Valle (\$/kWh)
P B1	Baja Tensión - Demandas menores a 300 kW	773,65	254,996	113,700	12,808	1,83580	1,75317	1,67055
P B2	Baja Tensión - Demandas mayores o iguales a 300 kW	773,65	254,996	113,700	12,808	2,79544	2,66678	2,53812
PM11	Media Tensión 13,2 kV - Demandas menores a 300 kW	3463,54	178,398	72,479	12,090	1,74466	1,66614	1,58761
PM12	Media Tensión 13,2 kV - Demandas mayores o iguales a 300 kW	3463,54	178,398	72,479	12,090	2,65666	2,53438	2,41211
PM31	Media Tensión 33 kV - Demandas menores a 300 kW	3463,54	174,816	67,020	12,090	1,74466	1,66614	1,58761
PM32	Media Tensión 33 kV o Capacidad Contratada 1000 kW o más - Demandas mayores o iguales a 300 kW	3463,54	174,816	67,020	12,090	2,65666	2,53438	2,41211
PAM1	Bornes de ET AT/MT - Demandas menores a 300 kW	3463,54	104,450	57,266	11,892	1,71927	1,64189	1,56451
PAM2	Bornes de ET AT/MT - Demandas mayores o iguales a 300 kW	3463,54	104,450	57,266	11,892	2,61800	2,49750	2,37701
P A1	Alta Tensión 132 kV - Demandas menores a 300 kW	3816,26	25,574	17,031	11,541	1,67305	1,59775	1,52245
P A2	Alta Tensión 132 kV - Demandas mayores o iguales a 300 kW	3816,26	25,574	17,031	11,541	2,54761	2,43036	2,31311

HORARIOS:

- Tarifas 2, P y 4: (hs. pico) de 18:00 hs. a 23:00 hs.; (hs. resto) de 05:00 hs. a 18:00 hs.; (hs. valle) de 23:00 hs. a 05:00 hs)

VALOR CUOTA PARTE ALUMBRADO PÚBLICO (MENSUAL)

(Bandas de consumo bimestrales)	
kWh/BIM.	\$/MES
0 - 120	4,82575
121 - 240	11,96266
241 - 300	48,87503
301 - 450	79,87250
451 - 599	119,74048
600 - 999	162,12426
1000 - 1400	200,58448
1401 - 2800	241,12015
2801 - 5000	496,98445
5001 - o más	709,97779

IMPUESTOS: Los porcentajes que se enumeran a continuación se aplicarán sobre el importe básico.

- Nacionales:

Ley N° 20361 (IVA): Monotributo 27,00%. Cons. Final 21,00%. Resp. Inscripto 27,00%

- Provinciales:

Ley N° 12.692 Energías Renovables 2,96 \$/mes

Ley N° 6.604 - FER - Decreto N° 2.258 Fondo de Electrificación Rural 1,50 %

- Municipales:

Ley N° 7797 6,00 % (Excepto Ofic., Alum. Públ., Distr. Rurales y Tracción)

Ord. 1592/62 y 1618/62 para la Ciudad de Rosario 0,60 % y 1,80 % respect.

DESCRIPCIÓN: Agenda Impositiva
 SECCIÓN: Impuesto a las Ganancias
 DETALLE: Amortizaciones. Años de vida útil usuales en actividades comerciales, industriales y agropecuarias

AÑO DE VIDA ÚTIL USUALES EN ACTIVIDADES COMERCIALES, INDUSTRIALES Y AGROPECUARIAS

DESCRIPCIONES DEL BIEN	AÑOS DE VIDA ÚTIL	
	ACTIVIDADES INDUSTRI., COMERC. Y AGROP. (1)	OPERAC. DE LEASING ⁽²⁾
ACTIVIDADES AGROPECUARIAS		
- Máquinas (sembradoras, rastras, etc.)	10	-
- Alambrados y tranqueras	33	30
- Molinos y aguadas	20	20
- Automóviles y camiones	4	-
- Tractores	5	8
- Herramientas y útiles (horquillas, arneses, etc.)	5	-
- Tarros tambos	5	5
- Alfalfares	5	-
- Galpones y silos	20	20
- Contenedores excepto silos (toneles, tambores)	-	8
- Cosechadoras (granos, oleaginosas y forrajes)	-	8 ⁽³⁾
- Rotoenfardadoras	-	6
- Pulverizadoras motopropulsadas	-	8
- Equipos y maquinarias de arrastre (sembradoras, discos, arados de reja, arados de cinceles, escardadoras, etc.)	-	8
Reproductores:		
<i>Machos:</i>		
-Toros y carneros	5	5
-Padrillos	10	5
-Cerdos	4	5
<i>Hembras: (pedigrí y pura p/cruza)</i>		
- Vacas	8	5
- Ovejas	5	5
- Yeguas	10	5
- Cerdas	4	5
ACTIVIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES EN GENERAL		

- Edificios	-	50
- Edificios de mampostería	50	-
- Edificios y construcciones de otro tipo	40	-
- Muebles e instalaciones	10	10
- Computadoras y máquinas en general de oficina	3	3
- Máquinas en general	10	10
- Herramientas y útiles de taller	3	3
- Automóviles	5	5
- Camiones	5	5
- Aviones, hidroaviones, helicópteros	5	5
- Instrumental médico	5	-
- Autoelevadores, grúas, motocicletas, acoplados	-	5
- Barcos	-	15
- Embarcaciones de recreo	-	8
- Contenedores (incluidos contenedores cisternas y contenedores depósitos) para cualquier medio de transporte	-	10
- Equipos, aparatos e instrumental de uso técnico y profesional	-	8
- Equipos, aparatos e instrumental de precisión de uso técnico y profesional	-	5
- Ferrocarriles (locomotoras y vagones)	-	10

Notas:

[1:] Los años de vida útil consignados en el Cuadro no han sido aprobados por la DGI. Ante la falta de publicidad de los coeficientes oficiales, la vida útil probable ha sido preparada por la Redacción en función a la práctica diaria de empresas comerciales e industriales. Para las actividades agropecuarias la información, en parte, surge del instructivo que acompañaba hace algunos años al F. 223

[2:] Fuente: D. 1038/00 (BO: 14/11/2000). Con anterioridad, resultaba de aplicación el D. 873/97 (BO: 3/9/1997). Ambas normas fijan la misma cantidad de años de vida útil, con excepción de lo expresado en la [nota 3](#)

[3:] El D. 873/97 (BO: 3/9/1997) fijaba la vida útil de las cosechadoras en 10 años

Editorial Errepar - Todos los derechos reservados.