Diseño y construcción de una extrusora de plastico para elaborar listones de sección transversal de 5cm *1cm.

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero mecánico.



Universidad de Pamplona

facultad de ingenierias y arquitectura.

> Ingenieria Mecánica.



Carlos Andrés Jiménez Geney COD: 1052.965.097





DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA ELABORAR LISTONES DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE 5cm*1cm

CARLOS ANDRÉS JIMÉNEZ GENEY COD: 1052'965.097

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA TRABAJO DE GRADO PAMPLONA N. S. 2017













DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA ELABORAR LISTONES DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE 5cm*1cm

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO INGENIERO MECÁNICO

CARLOS ANDRÉS JIMÉNEZ GENEY COD: 1052'965.097

> DIRECTOR FREDY SANCHEZ ING. MECANICO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA PROYECTO DE GRADO PAMPLONA N. S. 2017

> Como no comenzar dando gracias a Dios todo poderoso, por darme la oportunidad de aprender y realizar este gran proyecto.













AGRADECIMIENTO

A mi madre Santa Cielo Margoth Geney Solano que nunca dejo de creer en mí y siempre con su sabiduría me aconsejo, guio y me inspiro a seguir adelante. Gracias madre por apoyarme 70 veces 7.

También quiero agradecer a las personas que hicieron parte en este proyecto brindando su apoyo e ideas. Como el ingeniero Fredy Sánchez director del proyecto, Profesor Jesús Cacique del colegio inem, al químico Joseph payares por confiar en mí, la realización del proyecto.

Muchas gracias.

INTROI	DUCCION	11
FO	RMULACION DEL PROBLEMA	12
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUS	STIFICACIÓN	13
3. OB	JETIVOS	14
3.1	OBJETIVO GENERAL	14
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
4. MA	ARCO TEORICO	15













1. Contenido

1.			
	4.1	EL PLÁSTICO	15
	4.2	PROCESO DE EXTRACCION DEL PLASTICO	16
	4.3	CARACTERISTICAS DE LOS PLASTICOS	17
	4.4	PROPIEDADES MECANICAS DEL PLASTICO	17
	4.5	PROPIEDADES TÉRMICAS DEL PLÁSTICO	18
	4.6	TIPOS DE PLASTICOS	18
	4.7	CARACTERISTICAS Y USO DEL PLASTICO	20
	4.8	PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL PLÁSTICO	22
	4.8.	1 RECOLECCION	22
	4.8.	PROCESO DE CORTE	22
	4.8.	3 CUCHILLAS	23
	4.9	PROCESO EXTRUSIÓN	24
	4.9.	1 PARTES DE MAQUINA EXTRUSORA	24
	4.9.	2 TORNILLO	25
	4.9.	3 MOTOR ELECTRICO	26
	4.9.	4 REDUCTORES	27
	4.9.	5 RESISTENCIA ELECTRICA	28
	4.9.	6 VARIADOR DE VELOCIDAD	30
		MARCO REFERENCIAL	21
	5.9.	ANTECEDENTE 1	
	5.10.	ANTECEDENTE 2	
	5.11.	ANTECEDENTE 3	
	5.12.	ANTECEDENTE 4	
	5.13.	ANTECEDENTE 5	35













12. CONCLUSIONES
13. RECOMENDACIONES
14. BIBLIOGRAFIA106
15. ANEXOS
6. ALCANCE
7. LIMITANTES
8. METODOLOGIA
8.9. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO Nº 1
8.9.5. ACTIVIDADES
8.10. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO Nº2
8.10.5. ACTIVIDADES
8.11. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO N°3
8.11.5. ACTIVIDADES
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES
10. RECURSOS
10.9. RECURSO HUMANO
10.10. RECURSO ECONOIMICO
10.10.5. RECURSO ECONOMICO PERSONAL
10.10.6. RECURSO ECONOMICO MATERARIALES
10.10.7. RECURSO ECONÓMICO DE EQUIPOS
11. RESULTADOS
11.9. PARÁMETROS TECNOLÓGICOS
11.10. DISEÑO DE MOLDE METALICO CON SECCION TRANVERSAL 5CM * 1CM 76
12.3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE COMPONENTES DE LA EXTRUSORA DE PLASTICO













INDICE DE ILUSTRACIONES

<u>INDICE DE ILUSTRACIONES</u>	
Ilustración 1. Obtención del plástico. Imagen tomada de sitio web	
http://blogjumarsol.es/sabes-como-se-obtienen-los-plasticos/	
Tabla 1. Propiedades de los plásticos	15
Tabla 2. Características térmicas, Instituto Politécnico Nacional	
Tabla 3. Plástico y año de descubrimiento	
Tabla 4. Uso y simbología de los plásticos,	
http://ecoplas.org.ar/pdf/folletos/CaracteristicasyUso.pdf	19
Tabla 5. http://www.cga.com.co/images/document/ficha_cuchillas_industriales.pdf	
Tabla 6. Costos de personal a cargo	
Tabla 7. Costos de elaboración de máquina extrusora	
Tabla 8. Equipos necesarios para la ejecución del proyecto	
Tabla 9. Elección de tipo de cabezal. (Savgrodny, 2000)	
Tabla 10. Análisis del flujo másico con el aumento de las revoluciones	
Tabla 11. Variación del flujo volumétrico	50
Tabla 12. Capacidad máxima del tornillo extrusor a RPM variable	
Tabla 13. Componentes de la extrusora de plástico	
Ilustración 2. Sitio web	
http://www.ibiae.com/sites/default/files/P1%C3%A1stico%20recuperado.jpg	
Ilustración 3. http://www.monografias.com/trabajos102/trituradora-plastico/trituradora-	
plastico.shtml	
Ilustración 4. http://www.cga.com.co/images/document/ficha_cuchillas_industriales.pdf 23	
Ilustración 5. Partes de máquina extrusora,	
https://www.google.com.co/search?q=EXTRUSION&espv=2&biw=1164&bih=595&source	
=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiSuqvAk9TOAhXBmR4KHQmmC88Q_AUIBigB	
$\#imgdii = ssKOVR_BcghQXM\%3A\%3BssKOVR_BcghQXM\%3A\%3BCRRuDqx_RB-1000000000000000000000000000000000000$	
OeM%3A&imgrc=ssKOVR_BcghQXM%3A	
Ilustración 6. Características del tornillo o husillo	
https://www.google.com.co/search?q=CARACTERISTICAS+DEL+HUSILLO+PARA+PLA	
STICOS&espv=2&biw=1164&bih=595&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiu	
obnQlNTOAhWF9x4KHXsKAmoQ_AUIBigB#imgrc=K6D7ywF-ey2rOM%3A25	
Ilustración 7.	
https://www.google.com.co/search?q=H%C3%89LICE+DEL+TORNILLO+SIN+FIN+ANG	
ULO&espv=2&biw=1024&bih=509&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKE wip3pj6n9XOAhVMJx4KHbPmA48QsAQIJg#imgrc=3ADSxsbVmItRmM%3A	









Ilustración	8.	Estructura	interna	del	motor	eléctrico
http://ecatalog.v	weg.net/file	es/wegnet/WEG-g	guia-de-esp	ecificacion-5	50039910-man	ıual-
espanol.pdf						26
Ilustración	9.	Estructura	ì	interna	del	reductor,
http://www.sun	nitomodriv	e.com/uploads/pr	oduct/files/	file-1207.pd	f	27
Ilustración 10.	Resistencia	tipo abrazadera,	http://wwv	v.mundialder	esistencias.co	m.ec/ 28
Ilustración 11.	Controlado	res autonics, con	regulación	PID		29
Ilustración 12. l	Estructura	interna de la term	ocupla			29
Ilustración	1	3. V	⁷ ariador	G	120	Siemens,
http://sites.ama	rillasintern	et.com/electricos	ycontroles/	electricos1.h	tml	30
Ilustración 14.	Parámetros	reales del tornill	o extrusor,	C. Jiménez.		42
Ilustración 15, 0	Característi	cas de todo torni	lo extrusor	, Solid Work	s. C, Jiménez	43
Ilustración 16.	Vista de se	cción del barril y	tornillo ext	rusor, SolidV	Vorks. C, Jimé	nez 45
Ilustración 17.	Cilindro o	barril extrusor, C.	Jiménez			46
Ilustración 18.	Tornillo ex	trusor, Solidwork	s. C, Jimér	nez		47
Ilustración 19.	Perfil de ve	elocidades debido	al flujo de	presión		49
Ilustración 20.	Perfil de ve	elocidades debido	al flujo de	presión		49
Ilustración 21. l	Perfil de ve	elocidades del fluj	o voluméti	rico total		50
Ilustración 22.	Velocidad	de cortadura para	los distinto	os procesos d	el plástico. (Sa	avgrodny,
2000)						53
Ilustración 23.	Geometría	de la pieza a extr	uir, SolidW	orks		56
Ilustración 24.	Intervalos d	de viscosidad efec	ctiva (Savg	rodny, 2000)		60
Ilustración 25. l	Peso del al	ma constate del h	usillo, C. J	iménez		61
Ilustración 26						61
Ilustración 27. l	Dimensión	del alma del husi	llo, SolidV	Vorks. C. Jim	énez	62
Ilustración 28						62
Ilustración 29.	Longitud d	el filete en la zon	a de alimer	ntación		63
Ilustración 30.	Característi	icas del tornillo si	n fin utiliz	ado para la e	xtrusora de plá	ístico. C.
Jiménez						64
Ilustración 31. l	Longitud d	el filete en la zon	a de compr	esión		65
Ilustración 32.	Longitud d	el filete en la zon	a de dosific	cación		66
Ilustración 33.	Diagrama d	de fuerzas del hus	illo extrus	or. (Savgrodi	ny, 2000)	69
Ilustración 34.	Vista trans	versal de husillo,	Solidwork	s. C. Jiménez	<u>,</u>	74
Ilustración 35	Molde met	álico con dimensi	ones interr	as de 5cm*1	cm en Solidwe	orks C













Jiménez	5
Ilustración 36. Filiera o contenedor del dado metálico, mediante programa metálico C	CAD
solidwork, C. Jiménez.	77
Ilustración 37. Vista de sección del plano alzado de la filiera y dado usando SolidWorks. O	Ξ,
Jiménez	8
Ilustración 38. Área transversal del dado, mediante uso de SolidWorks. C, Jiménez	79
Ilustración 39. Fuerza distribuida de la extrusora de plástico. C, Jiménez.	81
Ilustración 40. Carga puntual para determinar la reacción de P. C, Jiménez	. 81
Ilustración 41. Extrusora de plástico en programa CAD, C. Jiménez.	83
Ilustración 42. Husillo extrusor en programa Solidworks, C. Jiménez.	84
Ilustración 43. Barril extrusor diseñado en programa Solidworks, C. Jiménez	85
Ilustración 44. Tolva de almacenamiento diseñada en programa CAD Solidworks, C.	
Jiménez	85
Ilustración 45. Pirámide truncada de la tolva de almacenamiento. C, Jiménez	86
Ilustración 46. Motor eléctrico diseñado a partir del programa CAD Solidworks, C. Jimén	ez.
	3
Ilustración 47. Reductor MNRV relación I10. C, Jiménez.	89
Ilustración 48. Resistencia eléctrica tipo abrazadera. C, Jiménez	. 90
Ilustración 49. Cabezal diseñado a partir de programa CAD Solidworks, C. Jiménez	90
Ilustración 50. Cabezal diseñado a partir de programa de diseño CAD Solidworks, C.	
Jiménez9	1
Ilustración 51. Filiera a partir del programa CAD Solidworks, C. Jiménez.	91
Ilustración 52. Base o estructura metálica con Perfiles tipo I. C, Jiménez	92
Ilustración 53. Soporte inicial cerca a la tolva de almacenamiento, C. Jiménez.	93
Ilustración 54. Soporte de la parte final de la extrusora cerca al cabezal. C, Jiménez	93
Ilustración 55. Extrusora terminada con todos los componentes. C, Jiménez	94
Ilustración 56. Filiera contenedora del dado o preforma. C, Jiménez.	. 94
Ilustración 57. Construccion del dado. C, Jiménez.	95
Ilustración 58. Dado con preforma interna. C, Jiménez.	96
Ilustración 59 Tolva de almacenamiento, C. Jiménez.	. 96
Ilustración 60 Acople tipo araña del muñón del husillo y eje del reductor. C. Jiménez	97
Ilustración 61. Resistencia tipo abrazadera. C. Jiménez.	97
Ilustración 62. Termocupla tipo J para censar la temperatura de la resistencia eléctrica, C,	
Jiménez	3













INTRODUCCION

Ilustración 63. Acople de cabezal, C. Jiménez.	98
Ilustración 64. Barril o cilindro extrusor. C, Jiménez.	99
Ilustración 65. Husillo simple de acero 4340. C. Jiménez.	99
Ilustración 66. Motor eléctrico Siemens de 10Hp, C. Jiménez.	100
Ilustración 67. Reductor de velocidad de relación I10, C. Jiménez.	100
Ilustración 68. Sistema de nivelación de la maquina extrusora, C. Jiménez	10
Ilustración 69. Estructura en el proceso de pintura con base anticorrosiva, C. Jiménez	10
Ilustración 70. Tablero eléctrico para encendido de todas las maquinas	102
Ilustración 71. Parte frontal del tablero eléctrico.	. 103

Los plásticos son materiales muy comunes en el entorno, generalmente utilizados para el empaque de diversos productos industriales y alimenticios, por su versatilidad, economía y practicidad, llegando remplazar metales anteriormente utilizados en el ámbito industrial, comercial y doméstico. El alto consumo del plástico ha llevado consigo un mayor aumento en sus desperdicios y aunque existen diversas campañas para el reciclaje de este material parece ser inacabable y mínimo.

Una de las formas más importantes en las industrias transformadoras de plástico es por medio de una maquina desfibriladora, la cual se encarga de disminuir el tamaño en pequeños gránulos que luego se hacen pasar por una extrusora que aplica calor modificando su estado obteniendo un material maleable, convirtiéndolo en infinidades de diseños por medio de moldes.

Para realizar campañas de reciclaje es importante la búsqueda de nuevos avances industriales, que permitan brindar ideas para contribuir a mejorar el medio ambiente, por esto es de vital importancia disponer de máquinas para manufacturar diferentes productos a partir del plástico (PP y PET) generando a su vez un beneficio económico. La máquina extrusora se compone de:

- 1. Tolva que utiliza la acción de la gravedad para depositar los gránulos de plásticos ya cortados.
- 2. Un tornillo sin fin o husillo de metal que permite mezclar y homogenizar el plástico al cambiar el estado al ser inyectado.
- 3. Resistencia eléctrica que permite el cambio de temperatura de los plásticos, tornándolos maleables que es calentado mediante resistencias para cambiarles el estado a los plásticos y volverlos maleables.













1. FORMULACION DEL PROBLEMA

4. Molde que permite obtener la forma deseada, del plástico procesado.

Al término del proyecto el fin será lograr.

- Maquina extrusora de plásticos
- Diversidad de producción para diferentes productos
- Reutilización de material no biodegradable
- Bajo costo de producción
 - ✓ ¿ A partir de que maquina se puede generar otro producto que reduzca el impacto ambiental producido por los residuos plásticos)?

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El índice de uso de los plásticos en estos últimos tiempos se ha disparado exponencialmente, generando un gran impacto ambiental inevitable. Aun sabiendo que "Las resinas plásticas base están constituidas por moléculas de gran tamaño compuestas por gran número de átomos denominadas macromoléculas de alto peso molecular que se caracterizan por tener una gran inercia por polímeros" (PLASTIVIDA, 2006), el cual tarda entre 30 a 100 años en descomponerse en la tierra generando desechos incalculables en el planeta, no contando con la capacidad para degradarse según estudios en el laboratorio Plastivida, después de ser usado este material vaga por la tierra causando múltiples problemas, como el taponamiento de las cañerías, causando inundaciones, la perdida de nutrientes en la tierra, el ahogamiento de las plantas y animales entre otras. En la ciudad de Cúcuta Norte de Santander los desechos plásticos son evidentes, puesto que la mayoría de los elementos que se consumen en el diario vivir, vienen en este material y no existe un control adecuado sobre el uso de este desecho, causando un gran riego en el ecosistema. Buscando disminuir los desechos plásticos que generan todos los problemas mencionados, surge la necesidad de realizar una investigación para la fabricación de una máquina extrusora, para el aprovechamiento de materiales como el polipropileno y el polietileno tereftalato (PP y PET) que no se recicla totalmente pudiéndose utilizar como materia prima para la elaboración de maderas plásticas (listones) con sección













2. JUSTIFICACIÓN

transversal 5cm*1cm por sus características fisicoquímicas, como la resistencia a la corrosión, la humedad y al impacto.

El alto consumo del plástico se debe a su gran economía, practicidad y la fácil asequibilidad para obtenerlo por lo que genera también un alto nivel de desechos, causando deterioro en el estado del planeta, que según en el aporte del Ministerio de Ambiente, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por su sigla en inglés), quien aporta cinco datos sobre los daños que están causando los Residuos plásticos como: 1. La humanidad en promedio gasta, cada tres años, casi 1.000 millones de toneladas de plástico, 2. Al ser un elemento tan ligero, en un 90% de los casos no se recicla, por lo que llega fácilmente a las copas de los árboles, ríos y luego a los océanos, 3. Si las personas no cambian sus hábitos, la conclusión es que para el 2050 el océano contendrá más plástico que peces, 4. El 60% de todas las especies tienen este material en su intestino, 5. Si todo el plástico fabricado en las últimas décadas fuera vinipel transparente, habría suficiente como para producir una capa que recubriera todo el planeta (medioambiente, 2016).

Este proyecto se ha realizado para cubrir principalmente la perdida de material que surge en la ciudad de Cúcuta-Norte de Santander a partir de los desechos plásticos como (PP) Y (PET) teniendo en cuenta la capacidad del plástico para ser reutilizado como materia prima con fines de mejor provecho y la rentabilidad.

En búsqueda del proceso de contribución y mejoramiento de la ciudad de Cúcuta - Norte de Santander se resaltan dos aspectos importantes de alto beneficio: 1. A nivel ambiental como resultado de la disminución de contaminantes para el planeta por el aprovechamiento del 100% de material reciclado, 2. Económico para la población en general por su bajo costo de producción.

Por lo anterior mencionado se propuso el diseño y montaje de una máquina para la extrusión de material no biodegradable que actualmente es un desperdicio de la ciudad de CúcutaNorte de Santander, el proyecto será ejecutado dentro de las instalaciones del colegio INEM (institución educativa diversificada José Eusebio Caro).













4. MARCO TEORICO

4.1 EL PLÁSTICO

Diseñar y construir una extrusora de plástico para elaborar listones de sección transversal de 5cm*1cm

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar una extrusora de plástico que permita obtener listones de PET Y PP reciclado.
- Elaborar un molde metálico con sección transversal de 5cm* 1cm que permita obtener listones de plástico.
- Realizar montaje de la extrusora de plásticos dentro de las instalaciones del colegio INEM.

"Plástico" proviene de PLASTIKOS palabra griega que significa susceptible de ser modelado o moldeado (TECNOLOGIA DEL PLASTICO, 2009).













4.2 PROCESO DE EXTRACCION DEL PLASTICO

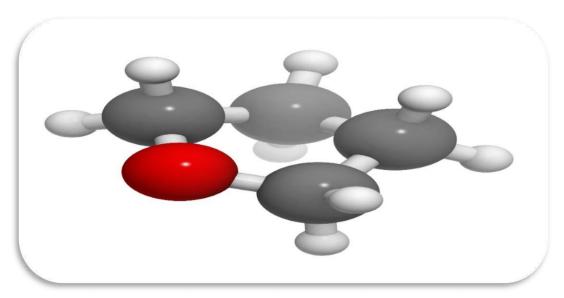


Ilustración 1. Obtención del plástico. Imagen tomada de sitio web http://blogjumarsol.es/sabes-comose-obtienen-los-plasticos/

El nacimiento del plástico surge por la necesidad de suplir otras herramientas como las piedras, maderas y metales que carecían de propiedades como flexibilidad, peso, durabilidad y economía (García, 2009). La historia habla sobre como los egipcios utilizaban resinas naturales para embalsamar a sus muertos desde los años 2000 a. C, estos polímeros naturales quedaron atrás en el año 1862 cuando el inventor Alexander Parkes, descubre que modificando las fibras de celulosa con ácido nítrico obtiene lo que hoy se conoce como el primer plástico en el mundo (Maini, 2015).

Un plástico es un material que está formado por moléculas de gran longitud (macromoléculas) que se enredan formando una madeja.

Aunque existen plásticos naturales, como la celulosa y el caucho, la gran mayoría de los plásticos son materiales sintéticos. Se obtienen de materias primas como el petróleo, el carbón o el gas natural. Aunque la inmensa mayoría se obtiene básicamente del petróleo.











Ilustración 2. Sitio web http://www.ibiae.com/sites/default/files/Pl%C3%A1stico%20recuperado.jpg

Existen muchos métodos industriales y complicados de fabricación de plástico. El material plástico obtenido puede tener forma de bolitas, gránulos o polvos que se procesan y moldean para convertirlas en láminas, tubos o piezas definitivas de objeto (departamento de tecnologia, 2012).

- ✓ Conductividad térmica nula: los plásticos conducen mal la electricidad, por eso se emplean como aislantes eléctricos; lo vemos, por ejemplo, en el recubrimiento de cables.
- ✓ Conductividad térmica baja: los plásticos suelen trasmitir el calor muy lentamente, por eso suelen usarse como aislantes térmicos.
- ✓ **Bajo punto de fusión**: da la facilidad de procesarlos por su inferior temperatura.
- ✓ **Resistencia mecánica**: son altamente resistentes a pesar de ser tan ligeros.
- ✓ **Combustibilidad**: la mayoría de los plásticos arde con facilidad, ya que sus moléculas se componen de carbono e hidrogeno.
- ✓ **Compatibilidad**: son fácilmente compatibles con otros materiales para crear nuevos compuestos con mejores propiedades.

4.4 PROPIEDADES MECANICAS DEL PLASTICO













Son aquellas que se determinan mediante diferentes tipos de ensayos, además, el PET es sometido a fuerzas de distinta naturaleza para conocer el efecto de las mismas sobre el material. Por ejemplo, ensayo de tracción, compresión, impacto, dureza etc. (Quintana & Rodriguez, 2010).

PROPIEDAD	VALOR
Coeficiente de fricción	0,2-0,4
Dureza - Rockwell	M94-101
Módulo de tracción (Gpa)	2-4
Relación de poisson	0,37 – 0,44 (orientado)
Resistencia a la tracción (Mpa)	80, para filmes biax. 190-260
Resistencia al impacto Jm ⁻¹	13-35

Tabla 1. Propiedades de los plásticos

4.5 PROPIEDADES TÉRMICAS DEL PLÁSTICO

Se sabe que los materiales cambian sus propiedades con la temperatura. En la mayoría de los casos las propiedades mecánicas y físicas dependen de la temperatura a la cual se emplea el material o se somete durante su procesamiento. La siguiente tabla muestra algunas de las propiedades térmicas del PET. Estas propiedades limitan los usos del plástico, pues como puede observarse no deberán exceder estos valores pues, de ocurrir, simplemente no podrán ser empleados

PROPIEDAD	VALOR
Calor Especifico (JK ⁻¹ kg ⁻¹)	1200-1350
Coeficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	20-80
Conductividad Térmica a 23°C (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	0,15-0,4
Temperatura Máxima de Utilización (°C)	115-170
Temperatura Mínima de Utilización	-40 a -60
Temperatura de Deflexión en Caliente -0,45Mpa (°C)	115
Temperatura de Deflexión en Caliente -1,8Mpa (°C)	80

Tabla 2. Características térmicas, Instituto Politécnico Nacional

4.6 TIPOS DE PLASTICOS

Tipos de plásticos y su descubrimiento a través del tiempo.













Los plásticos se dividen en termofijos, termoplásticos, solubles en aceite y productos proteinados (Arangiz & Hidalgo, 2010).

Basándose en su origen se pueden agrupar como resinas naturales, derivados de celulosa,

PLASTICO	AÑO
NITRATO DE CELULOSA	1868
ACETATO DE CELULOSA	1894
FENOL-FORMALDEHIDO	1909
ETERES DE CELULOSA	1912
VINILOS	1927
UREA-FORMALDEHIDO	1929
ACRILATOS	1931
FURANOS	1934
POLIESTIRENO	1937
POLIAMIDAS	1938
POLIESTERES	1942
POLIETILENO	1943
POLIPROPILENO	1957
FENOXI	1962

Tabla 3. Plástico y año de descubrimiento

productos proteínicos y resinas sintéticas.

Las resinas sintéticas se forman por dos reacciones fundamentales diferentes

- Polimerización por condensación (reacción de polimerización por etapas) Las resinas sintéticas son termofijas (curándolas con calor producen un producto insoluble). Los polímeros de condensación tienen una unidad que se repite, a la que le falta ciertos átomos presentes en el manómero original. La reacción tiene lugar mediante la combinación de dos o más unidades con la eliminación de una molécula pequeña como el agua, metanol o cloruro de hidrógeno. Las cadenas largas del polímero pueden reaccionar entre sí para formar un material "eslabonado en cruz", más duro y más resistente que el polímero de cadena lateral.
- Polímeros por adición (reacción de polimerización en cadena)

Las resinas sintéticas son termoplásticas (el calor las suaviza y el frío las endurece). Intervienen una serie de conversiones que producen un polímero con una unidad estructural que de repite y es idéntica a la del manómero del que se forma.













4.7 CARACTERISTICAS Y USO DEL PLASTICO

Otra variación en el producto final se logra polimerizando simultáneamente dos o más tipos de manómeros, regulando sus cantidades relativas y las condiciones de reacción e iniciadores, controlándose las propiedades del polímero final, pudiéndose obtener tres tipos de polímeros:

Copolímero al azar $M_1M_2M_2M1_1M_1M_1M_2$

Copolímero alternante $M_1M_2M_1M1_2M_1M_2$

Copolímero en bloque $M_1M_1M_1M_2M_2M_2M_2$

PLASTICOS	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES
	01 PET	Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por policondensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.	Envases para gaseosas - Aceites - Agua mineral - Cosmética - Frascos varios (mayonesa, salsas, etc.) - Películas transparentes - Fibras textiles - Laminados de barrera (productos alimenticios) - Envases al vacío - Bolsas para horno - Bandejas para microondas - Cintas de video y audio - Geotextiles (pavimentación / caminos) - Películas radiográficas.
POLIETILENO	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES
TEREFTALATO			









	02 PE-HD	El Polietileno de Alta Densidad es un termoplástico fabricado a partir del Etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: • Inyección • Soplado • Extrusión • Rotomoldeo	Envases para: detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos - Bolsas para supermercados - Bazar y menaje - Cajones para pescados, gaseosas, cervezas - Baldes para pintura, helados, aceites, - Tambores — Caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario - Macetas - Bolsas tejidas
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES
	03 PVC	Se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43 % y sal común 57 %. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos a totalmente flexibles: • Inyección • Extrusión • Soplado	Envases para: Agua mineral, aceites, jugos, mayonesa - Perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües domiciliarios y de redes - Mangueras - Blisters para medicamentos, pilas, juguetes - Envolturas para golosinas - Películas flexibles para envasado (carnes, fiambres, verduras) - Film cobertura - Cables - Juguetes - Cuerina - Papel vinílico (decoración) - Catéteres - Bolsas para sangre.
POLICLORURO DE VINILO	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES
	4 LDPE	Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD, es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: • Inyección • Extrusión • Soplado • Rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.	Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc Películas para: Agro - Recubrimiento de acequias - Embasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos, etc.), stretch film, base para pañales descartables - Bolsas para suero - Contenedores herméticos domésticos - Bazar - Tubos y Pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos) - Tuberías para riego.
POLIETILENO DE	SIMBOLO	CARACTERISTICAS	USO/APLICACIONES
BAJA DENSIDAD		ELDD 1/2	D1/ 1 / F1 / 1
80116	S 5 PP	El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado	Película / Film (para alimentos, snacks, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria) - Bolsas tejidas (para papas, cereales) - Envases industriales (Big Bag) - Hilos, cabos, cordelería - Caños para agua caliente - Jeringas descartables - Tapas en general, envases - Bazar y menaje - Cajones para bebidas - Baldes para pintura, helados - Potes para margarina - Fibras para tapicería, cubrecamas, etc Telas no tejidas (pañales descartables) - Alfombras - Cajas de baterías paragolpes y autopartes.













POLIPROPILENO SIMBOLO CARACTERISTICAS USO/APLICACIONES Potes para lácteos (yoghourt, postres, PS Cristal: Es un polímero de estireno monómero derivado del petróleo, cristalino etc.), helados, dulces, etc. - Envases y de alto brillo. PS Alto Impacto: Es un varios, vasos, bandejas de supermercado y polímero de estireno monómero con rotisería - Heladeras: contrapuertas y oclusiones de Polibutadieno que le confiere anaqueles - Cosmética: envases, máquinas alta resistencia al impacto. Ambos PS son de afeitar descartables - Bazar: platos, fácilmente moldeables a través de procesos cubiertos, bandejas, etc. - Juguetes, cassetes, blisters, etc. - Aislantes: de: • Inyección • Extrusión y Termoformado • Soplado planchas de PS espumado. **POLIESTIRENO SIMBOLO CARACTERISTICAS USO/APLICACIONES** Autopartes - Chips - Carcazas de Otros Plásticos: En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales computación - Teléfonos, celulares y como: Policarbonato (PC); Poliamida (PA); electrodomésticos en general - Compact ABS; SAN; EVA; Poliuretano (PU); discs - Accesorios náuticos y deportivos -Acrílico (PMMA), etc. Se puede desarrollar Piezas para la ingeniería aeroespacial un tipo de plástico para cada aplicación Artículos para medicina, farmacología y específica cosmetología; botellones de agua Indumentaria - Muebles; y un sinnúmero de aplicaciones más.

Tabla 4. Uso y simbología de los plásticos, http://ecoplas.org.ar/pdf/folletos/CaracteristicasyUso.pdf

Para la recolección de los plásticos se debe tener en consideración la **TABLA 2**, el PET y el POLIPROPILENO son los dos tipos de material a utilizar en el proyecto planteado considerando que las botellas y tapas están hechas de este material actualmente desperdiciado.

4.8.2 PROCESO DE CORTE













4.8 PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL PLÁSTICO

4.8.1 RECOLECCION

Este proceso se realiza mediante la utilización de una máquina de corte, compuesta por cuchillas, dichas cuchillas están sujetas a unas porta cuchillas o discos y estos porta cuchillas a su vez están sujetos a un eje y en uno de sus extremos el eje realiza un movimiento giratorio gracias a la acción de un motor, haciendo cortes en el plástico hasta determinados gránulos. El plástico cae por acción de la gravedad en depósitos de recolección para posteriormente ser lavados y secado quedando listo para el siguiente proceso.

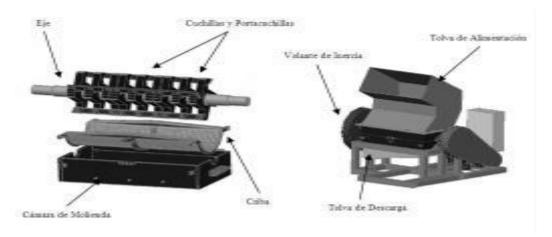


Ilustración 3. http://www.monografias.com/trabajos102/trituradora-plastico/trituradora-plastico.shtml

Para la elección del tipo de metal para las cuchillas se tiene en cuenta la resistencia y dureza del plástico para triturarlo, así como el ángulo de inclinación de las cuchillas es fundamental en éxito del corte.













4.8.3 CUCHILLAS

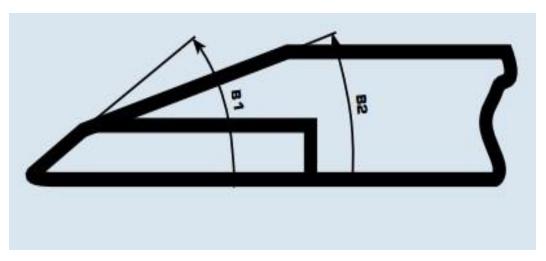


Ilustración 4. http://www.cga.com.co/images/document/ficha_cuchillas_industriales.pdf

Mientas más dura sea la escala Rockwell, para una cuchilla su vida útil incrementara o mayor resistencia al desgaste tendrá.

Tipos de metales más utilizados para las cuchillas de corte de plástico son referenciados en la tabla siguiente:

MATERIAL	DUREZA
	ROCKWELL C
1-2363	58-60
1-2379	58-62
FOR 821	60-64
1-3343/TSP-4	58-64

Tabla 5. http://www.cga.com.co/images/document/ficha_cuchillas_industriales.pdf

El proceso de extrusión del plástico comienza por la acción de forzar del plástico a través de un dado o boquilla. Una maquina extrusora está constituida principalmente por un tornillo de Arquímedes que se ajusta con precisión dentro de la camisa cilíndrica, apenas con el espacio suficiente para realizar el movimiento de rotación (GOMEZ & BEDOYA, 2007). El polímero solido se alimenta en un extremo por una tolva mediante la acción de la gravedad cae dentro del tornillo sin fin calentándolo hasta fundirlo y homogenizarlo para darle la forma necesaria.













4.9 PROCESO EXTRUSIÓN

4.9.1 PARTES DE MAQUINA EXTRUSORA

□ TOLVA

- ZONA DE ALIMENTACION
- ZONA DE COMPRESION O PLASTIFICACION
- ZONA DE DOSIFICACION O BOMBEO
- PLATO ROMPEDOR
- BOQUILLA
- MOTOR

Processing Plastics – Extrusion

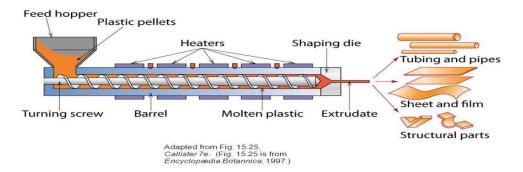


Ilustración 5. Partes de máquina extrusora, https://www.google.com.co/search?q=EXTRUSION&espv=2&biw=1164&bih=595&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiSuqvAk9TOAhXBmR4KHQmmC88Q AUIBigB#imgdii=ssKOVR BcghQXM%3A%3BssKOVR BcghQXM%3A%3BCRRuDqx RB-OeM%3A&imgrc=ssKOVR BcghQXM%3A

El tornillo o husillo extrusor está constituido por un hilo en espiral a lo largo de todo el eje y cuenta con tres zonas para la transformación de las propiedades físicas del plástico.





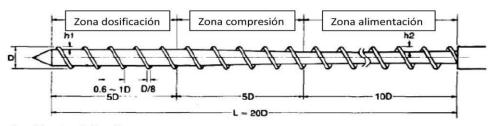








4.9.3 MOTOR ELECTRICO

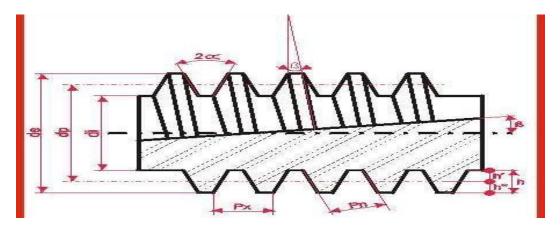


D= diámetro del husillo

L= Longitud efectiva del husillo ... Compresión ratio h2/h1

Ilustración 6. Características del tornillo o husillo https://www.google.com.co/search?q=CARACTERISTICAS+DEL+HUSILLO+PARA+PLASTICOS&espv=2&biw=1164&bih=595&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiuobnQlNTOAhWF9x4KHXsKAmoQ AUIBigB#imgrc=K6D7ywF-ey2rOM%3A

Características necesarias para el diseño del tornillo sin fin, a tener en cuenta.



El motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las









ventajas de la utilización de energía eléctrica - bajo costo, facilidad de transporte, limpieza, simplicidad de comando - con su construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos y mejores rendimientos (WWW.WEG.NET, 2010). Los tipos más comunes de motores eléctricos son:



Ilustración 8. Estructura interna del motor eléctrico http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-deespecificacion-50039910-manual-espanol.pdf

- a) Motores de corriente continua Son motores de costo más elevado y, además de eso, precisan una fuente de corriente continua, o un dispositivo que convierta la corriente alterna común en continua. Pueden funcionar con velocidad ajustable, entre amplios límites y se prestan a controles de gran flexibilidad y precisión. Por eso, su uso es restricto a casos especiales en que estas exigencias compensan el costo mucho más alto de la instalación y del mantenimiento.
- b) Motores de corriente alterna Son los más utilizados, porque la distribución de energía eléctrica es hecha normalmente en corriente alterna. Los principales tipos son:
 Motor de inducción: Funciona normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje. Debido a su gran simplicidad, robustez y

bajo costo, es el motor más utilizado de todos, siendo adecuado para casi todos los tipos de máquinas accionadas, encontradas en la práctica. Actualmente es posible el control de la velocidad de los motores de inducción con el auxilio de convertidores de frecuencia.













Motor síncrono: Funciona con velocidad fija, o sea, sin interferencia del deslizamiento; utilizado normalmente para grandes potencias (debido a su alto costo en tamaños menores).

4.9.4 REDUCTORES

Los Reductores o Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.



Ilustración 9. Estructura interna del reductor, http://www.sumitomodrive.com/uploads/product/files/file1207.pdf

- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.













Al emplear REDUCTORES O MOTORREDUCTORES se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

4.9.5 RESISTENCIA ELECTRICA

Las resistencias abrazaderas son muy utilizadas en la industria del plástico, concretamente se utiliza para el calentamiento de los usillos de la maquinaria de inyección. Para que la disipación del calor sea lo más precisa posible, las resistencias de abrazadera han de estar completamente apretadas al usillo (Trullás Resistencias Eléctricas, 2016).



Ilustración 10. Resistencia tipo abrazadera, http://www.mundialderesistencias.com.ec/

Ilustración 11. Controladores autonics, con regulación PID

Los controladores de temperatura ofrecen un rápido ajuste y proporcionan una gestión de temperatura precisa y así también el control para una variedad de aplicaciones al ofrecer el mejor precio, diseño y fácil funcionamiento.

4.9.5.2. TERMOCUPLAS TIPO J













4.9.5.1. CONTROLADORES DE TEMPERATURA



Las termocuplas són el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocupla se hace con dós alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura. Por ejemplo, una termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y nickel) Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 milivolts. (Arian, 2015)

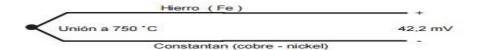


Ilustración 12. Estructura interna de la termocupla

Los variadores de frecuencia son sistema utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra por un motor.

Otra forma en que son conocidos los variadores de frecuencia son como Drivers ya sea de frecuencia ajustable (ADF) o de CA, VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), micro drivers o inversores; esto depende en gran parte del voltaje que se maneje.













4.9.6 VARIADOR DE VELOCIDAD



Ilustración 13. Variador G120 Siemens, http://sites.amarillasinternet.com/electricosycontroles/electricos1.html

en molienda y extrusión de polímeros.

5.9. ANTECEDENTE 1.

TITULO: "DISEÑO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA PARA LA EMPRESA

PLASTIK DE OCCIDENTE"

Autor: ROOSEVELTH CIFUENTES C, FRED ALBAN ACHINTE













5.10. ANTECEDENTE 2

TITULO: "DISEÑO DE UNA EXTRUSORA PARA PLASTICO"

ser utilizada para la producción de diferentes productos en polipropileno.

Autor: JIMMY JOANE GÓMEZ GÓMEZ, JORGE EDWIN GUTÍERREZ BEDOYA

Resumen: En el presente documento se especifica el diseño de una maquina extrusora orientada a la producción de insumos plásticos, para la empresa PLASTIK de OCCIDENTE, quien a través de su gerente el señor Reynaldo Amaya, financio y facilito todos los recursos posibles para que se culminara el proyecto y se construyera una maquina versátil que permita

El proyecto se inicia con la solicitud de la empresa, para realizar un diseño que cumpla con las necesidades en cuanto a los productos que desean producir y comercializar a nivel nacional, para el caso el palito plástico para el bon bon bum, y en un futuro la malla para las flores, así mismo una máquina de fácil manejo, con un diseño simple y eficiente, económica, que permita la fabricación de variados productos.

Partiendo de lo anterior, se hará una búsqueda de información técnica referente al diseño y construcción de una maquina extrusora, para continuar con el diseño teórico de la máquina, generación de planos y la posterior fabricación con ayuda de la empresa.

El proyecto tiene como finalidad poner a disposición de la empresa un proyecto de diseño simple y eficiente de una maquina extrusora, que permita la extrusión de termoplásticos, para este caso en particular el polipropileno, polietileno y PVC, El trabajo por tanto debe concluir cuando se tenga la información teórica, los planos tecnológicos y la lista de elementos para la construcción de la máquina (ACHINTE, 2011).

Resumen: Dada la importancia del tema de la extrusión y la poca atención que se le ha prestado a este tipo de proceso en nuestra región, quizás por desconocimiento o desinterés de académicos y empresarios, se ha querido emprender una campaña de información, inicialmente entre estudiantes interesados en el tema y posteriormente se hará extensiva a los empresarios. Este trabajo servirá como apoyo de tal campaña, en el hecho que se pretende, además de instruir en el tema de la extrusión brindar la posibilidad de realizar trabajos prácticos a través de ensayos de laboratorio y en la misma vía, fortalecer los procesos de academia, Extensión e investigación promulgados en el plan de desarrollo de la universidad tecnológica de Pereira.

Este trabajo se encargara de estudiar en forma teórica los conceptos relacionados con la extrusión y diseñar una máquina que nos permita la extrusión de termoplásticos, en nuestro caso el polipropileno (PP). El trabajo por tanto debe concluir cuando se tenga la información teórica, los planos tecnológicos y la lista de elementos para la construcción de la máquina.













5.11. ANTECEDENTE 3

TITULO: "RECONSTRUCCION Y RECONVERSION DE UNA MAQUINA DE EXTRUSIÓN SOPLADO PARA EL LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE PLASTICOS"

El proyecto tiene como fin último poner a disposición de los interesados (estudiantes, académicos e industriales), una base teórica y la posibilidad de abordar estudios prácticos en un tema que día a día cobra mayor importancia en la industria (GOMEZ & BEDOYA, 2007).

Autor: ANGEL ALFREDO CUADROS VILLEGAS; M.I. MAGDALENA TRUJILLO BARRAGAN.

Resumen: ¿En que pensamos cuando decimos o escuchamos la palabra plástico? Hace más de cien años, al mencionar el término plástico, éste se podía entender como algo relativo a la reproducción de formas o de las artes plásticas, la pintura, la escultura y el modelado. En la actualidad, esta palabra se utiliza con mayor frecuencia y tiene un significado que implica no sólo arte, sino también tecnología y ciencia.

PLASTICOS es una palabra que deriva del griego "Plastikos" que significa "Capaz de ser Moldeado", sin embargo, esta definición no es suficiente para describir de forma clara la gran variedad de materiales que así se denominan.

Técnicamente los plásticos son sustancias de origen orgánico formado por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente y se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural.

Es posible moldearlos mediante procesos de transformación aplicando calor y presión.

Los plásticos son parte de la gran familia de los Polímeros.

Polímeros es una palabra de origen latín que significa Poli, muchas y meros, partes, de los cuales se derivan también otros productos como los adhesivos, recubrimientos y pinturas.

Para procesar estos polímeros se requiere de maquinaria y equipo que pueda transformarlos en diferentes formas, colores y tamaños, para eso se crearon diferentes procesos que se utilizan para esta transformación y de ellos se destaca uno que es el proceso de extrusión soplado (extrusión soplo) para fabricación de artículos de formas huecas con partes estrechas como el













5.13. ANTECEDENTE 5

cuello o boca que no pueden ser procesadas en otro tipo de equipos como lo son el moldeo, por inyección, por compresión, etcétera (villegas, 2007).

Resumen: En el proceso de formación de un Ingeniero Industrial, es muy importante el conocimiento de la Ciencia de los Materiales, ya que esta proporciona las herramientas necesarias para comprender el comportamiento general de cualquier material, lo cual es necesario a la hora de desarrollar adecuadamente diseños de componentes, sistemas y procesos que sean confiables y económicos.

Las ventajas de los plásticos son bien conocidas: son seguros, lo que los convierte en materiales adecuados para envases y embalajes de todo tipo; son ligeros, lo que permite ahorros sustanciales de energía en su producción y en el transporte de mercancías envasadas; son versátiles, es decir, hay un plástico para cada aplicación, desde la técnica aeroespacial más sofisticada, pasando por aplicaciones en automoción, industria eléctrica, electrónica, construcción y agricultura, hasta la medicina, el envasado y la industria del ocio.

Son resistentes y duraderos, lo que, lejos de ser un inconveniente, es una gran ventaja para perfiles, tuberías, parachoques o contenedores; finalmente, los plásticos son reciclables y pueden ser utilizados de nuevo mediante gran variedad de métodos (reciclado mecánico, químico o recuperación energética, entre otros).

En el presente protocolo se mostrarán la historia y características más relevantes de los polímeros; los procesos más usados para la manipulación de plásticos así como la importancia del reciclado, y algunas formas más usuales de hacerlo (ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 2007).

TITULO: "DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UNA DESFIBRADORA DE HOJAS Y PSEUDOTALLOS PARA OBTENER MATERIAL LIGNOCELULÓGICO A UTILIZAR COMO ESFUERZOS DE POLIMEROS"

Autor: Leonardo David Espín Cárdenas; Víctor Manuel Cárdenas Cárdenas.

Resumen: El ecuador posee una gran riqueza biogenética por lo que la extracción de fibras naturales y el estudio de sus diversas aplicaciones industriales representa un amplio campo de desarrollo en el país. El diseño y desarrollo de equipos desfibradores de uso múltiple no ha tenido un estudio detallado debido al insuficiente incentivo para la utilización de las fibras













6. ALCANCE

✓ Elaboración de una extrusora de plásticos a partir de material no biodegradable en la naturales es la fabricación de materiales compuestos de matriz polimérica. Por esto, el presente proyecto nace con la necesidad de implementar un equipo desfibrador tanto de hojas como pseudotallos en el laboratorio de nuevos materiales de la escuela politécnica Nacional. Para esto, se estudian los equipos desfibradores disponibles en el mercado y se determinan las necesidades, características y especificaciones del equipo a construir. Una vez definida la necesidad se realiza un análisis funcional en donde se divide al equipo en módulos de acuerdo a la funcionalidad y constitución de la máquina. Se plantea diferentes alternativas para cada módulo y se las evalúa utilizando el método de criterios ponderados, considerando entre ellos los principales el costo y la facilidad constructiva. De este análisis se determina para la construcción un equipo desfibrador de tipo descortezadora con mecanismo auxiliar de cuchillas adaptado para el desfibrado de pseudotallos. La fase de diseño se orienta de acuerdo a las especies de hojas y pseudotallos más comunes, que son la cabuya y el abacá. De acuerdo con esto se diseñan componentes y se seleccionan elementos de catálogo para el equipo. La máquina construida posee un sistema descortezador impulsado mediante un motor de 10hp y 1760 rpm y un sistema de trasmisión por 3 bandas en V, obteniéndose un torque de 23,5Nm en el rotor a 1358 rpm. Además se cuenta con un mecanismo de cuchillas con una apertura de 6º y ajuste mediante resorte de compresión. La capacidad de desfibrado mediante la descortezadora de aproximadamente 360 hojas o chantas/hora mientras que con el mecanismo de cuchillas se llega hasta 45 chantas/hora. En los casos se obtiene fibra limpia, de acuerdo a las pruebas realizadas con cabuya y abacá. El equipo puede usarse a escala de laboratorio y cumple con las garantías de seguridad requeridas y está en capacidad de desfibrar todo tipo de hojas y pseudotallos (CARDENAS & CARDENAS, 2015).

ciudad de Cúcuta – Norte de Santander.

7. LIMITANTES

✓ El tiempo de duración es la principal restrictiva que tiene el proyecto.













8. METODOLOGIA

Para la ejecución a cabalidad del proyecto planteado en el INEM (la institución educativa diversificada José Eusebio Caro) se demarcaron 3 objetivos específicos importantes con las actividades a continuación descritas:

8.9. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO № 1

☐ Diseñar extrusora que permita obtener listones de PET Y PP reciclado, manteniendo las propiedades plásticas y no vítreas

8.9.5. ACTIVIDADES

- ✓ Calcular el tornillo sin fin.
- ✓ Calcular diámetro del cilindro fijo.
- ✓ Determinar mediante cálculos matemáticos flujo volumétrico del tornillo sin fin.
- ✓ Determinar relación de longitud del tornillo sin fin.
- ✓ Determinar el número de filetes y ángulo del tornillo sin fin.
- ✓ Calcular revoluciones del tornillo sin fin.
- ✓ Calcular la potencia requerida para la elección del motor eléctrico.
- ✓ Determinar el cálculo de potencia consumida por el motor para establecer costos de producción.
- ✓ Calcular la potencia requerida para la elección de la resistencia eléctrica.
- ✓ Calcular transferencia de calor máquina extrusora para cada tipo de plástico.
- ✓ Calculo de presiones de la máquina extrusora
- ✓ Determinar el volumen másico de plástico necesario para la máquina extrusora.

8.10. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO №2

□ Elaborar un molde metálico con sección transversal de 5cm* 1cm que permita obtener listones de plástico.

8.10.5. ACTIVIDADES

- ✓ Diseño de un molde metálico que permita realizar listones con sección transversal 5cm*1cm.
- ✓ Calcular la cantidad de masa requerida de plástico para elaborar listones con sección transversal 5cm*1cm por unidad de longitud.
- ✓ Calcular la transferencia de calor necesaria para enfriar el plástico.













8.11. EJECUCIÓN DEL OBJETIVO Nº3

Realizar montaje de la extrusora de plásticos dentro de las instalaciones del colegio INEM.

8.11.5. ACTIVIDADES

- ✓ Diseñar mediante la utilización de programas de diseño mecánico CAD partes de la extrusora de plástico.
 - Tolva
 - Husillo
 - Cilindro o barril
 - Cabezal
 - Acople
 - Soporte de cilindro
 - Estructura metálica
 - Dado
 - Filiera
 - Resistencia eléctrica
 - Motor eléctrico
 - Reductor
- ✓ Construcción de piezas que complementan la extrusora de plástico:
 - Tolva
 - Husillo
 - Cilindro o barril
 - Cabezal
 - Acople
 - Soporte de cilindro
 - Estructura metálica
 - Dado
 - Filiera
- ✓ Construcción de tablero eléctrico para arranque y paro del motor eléctrico mediante un variador de velocidad.













Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La lista de actividades para la solución del proyecto planteado se evidencia a continuación en la página siguiente con una disposición de 19 semanas trabajando de lunes a viernes de 6:00pm a 10:00pm, los sábados 2:00pm a 6:00pm y los domingos y festivos de 8:00am a 12:00m si el proyecto lo requiere.

Planificador del proyecto Plan Real Resaltado del períod 1 % completado Real (más allá del plan) % Completo (más allá del plan) DURACIÓN INICIO DURACIÓN COMPLETADO 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 Diseñar extrusora que permita obtener listones de PET Y PP Calcular el tornillo sin fin. 100% Calcular diámetro del cilindro fijo. Determinar mediante cálculos matemáticos flujo volumétrico del tornillo sin fin. Determinar relación de longitud del tornillo sin fin. Determinar el número de filetes y ángulo del tornillo sin fin. Calcular revoluciones del tornillo sin fin. Calcular la potencia requerida para la eleccion del motor electrico. Determinar el cálculo de potencia consumida por el motor para 100% establecer costos de producción. Calcular la potencia requerida para la elección de la resistencia 100% Calcular transferencia de calor máquina extrusora para cada tipo de 100% Calculo de presiones de la máquina extrusora 100% Determinar el volumen másico de plástico necesario para la máquina 100% Elaborar un molde metálico con sección transversal de 5cm⁴ 1cm que permita obtener listones de plástico. Diseño de un molde metálico que permita realizar listones con sección 100% transversal 5cm*1cm. Calcular la cantidad de masa requerida de plástico para elaborar 100% listones con sección transversal 5cm*1cm por unidad de longitud. Calcular la transferencia de calor necesaria para enfriar el plástico. Realizar montaje de extrusora de plásticos dentro de las 14 100% instalaciones del colegio INEM. Diseñar mediante la utilización de programas de diseño mecánico 10 100% CAD partes de la extrusora de plástico. Construcción de piezas que complementan la extrusora de plástico: 16 100% Construcción de tablero eléctrico para arranque y paro del motor eléctrico mediante variador de velocidad. Elaboracion del libro 100% Presentar ante la comunidad de la Universidad de Pampiona los resultados del proyecto













10. RECURSOS

Para que la ejecución del proyecto se lleve a cabo en su totalidad es necesario recursos de tipo personal y económico a continuación descrito.

10.9. RECURSO HUMANO

Estudiante

Carlos Andrés Jiménez Geney del programa de ingeniería mecánica, encargado de ejecutar el proyecto.

Director

Fredy Sánchez, ingeniero mecánico encargado de guiar el proceso y ejecución del proyecto.

10.10. RECURSO ECONOIMICO

Teniendo en cuenta que los costos son un estimado que depende del valor salarial actual según las cartillas de pagos a los ingenieros se realiza la siguiente tabla.

10.10.5. RECURSO ECONOMICO PERSONAL

TABLA DE PRESUPUESTO		
FACTOR	NOMBRE	SALARIO(\$)
PERSONAL	CARLOS ANDRES JIMENEZ	3'000.000
ILKSONAL	GENEY	
	FREDY SANCHEZ	7'000.000

Tabla 6. Costos de personal a cargo.

TABLA DE PRESUPUESTO PARA MAQUINA EXTRUSORA DE PLASTICO			
DIMENCIÓN	MATERIAL	CANT	VALOR













10.10.6. RECURSO ECONOMICO MATERARIALES

20cmx20cm	Lamina de acero inoxidable	4	60.000
2m	Tornillo sin fin acero inoxidable Ø 35mm	1	2'200.000
2m	Tubo inoxidable hueco Øi 35mm	1	400.000
5cmx5cm	Tubo cuadrado 1m	12	144.000
6cm	Tornillo hexagonal Ø 10mm	50	5.000
N/A	Arandela Ø 10mm	50	5.000
N/A	Tuerca Ø 10mm	100	5.000
N/A	Chumacera SY 30	2	50.000
N/A	Motor reductor 3Hp + reductor I15 1700rpm	1	1'200.000
N/A	Variador de frecuencia 3Hp	1	1'200.000
N/A	Contactor eléctrico	1	120.000
N/A	Guarda motor	1	210.000
N/A	Coraza plástica de clave (m)	12	15.000
N/A	Resistencia Eléctrica Tipo abrazadera	3	150.000
N/A	Cabezal		
Total materiales		5'764.000	

Tabla 7. Costos de elaboración de máquina extrusora.

10.10.7. RECURSO ECONÓMICO DE EQUIPOS

Los siguientes equipos a mencionar la institución educativa INEM cuentan con ellas y se hará uso de las mismas.

Equipo	CANTIDAD
Torno	1
Fresadora	1
Pulidora	1
Dobladora de laminas	1
Dobladora de tubo	1
Juego de llave española	1
Juego de llaves Bristol	1
Máquina para soldar	1
Medidor de nivel de burbuja	1
Cautín	1
Estaño y crema	1













11. RESULTADOS

11.9. PARÁMETROS TECNOLÓGICOS

Tabla 8. Equipos necesarios para la ejecución del proyecto.

Para el diseño de la maquina extrusora de este proyecto se utilizó un tornillo sin fin o husillo con barril existente, encontrado en una chatarrería ubicada en la ciudad de Cúcuta Norte de Santander. Sin embargo se realizó el análisis de las características del tornillo extrusor como si se fabricara.



Ilustración 14. Parámetros reales del tornillo extrusor, C. Jiménez.

Medidas reales del husillo tomado de la chatarrería.

D = diámetro del tornillo = 55 mm w = paso del tornillo = 55 mm L = longitud del tornillo = 1320 mm e = ancho del filete = 5,5mm Di = diámetro interno = 39,6mm

Diext = diámetro exterior del cilindro fijo = 107,5mm

Ilustración 15, Características de todo tornillo extrusor, Solid Works. C, Jiménez





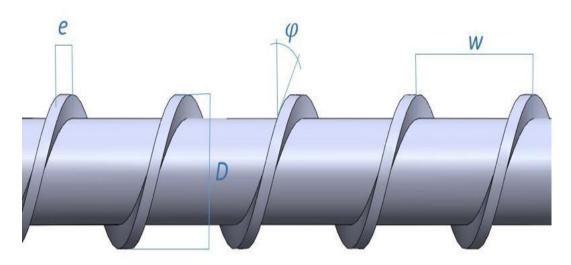








ANGULO DEL FILETE



El cálculo del ángulo del filete o hélice del tornillo extrusor va ser constante y se determina mediante la utilización de la siguiente ecuación matemática.

$$tan\varphi = \frac{w}{\pi * D}$$

Ecuación 1

$$w = paso de filete \varphi$$

= Angulo del filete

Entonces, si w=D

Obtenemos lo siguiente:

$$tan\varphi = \frac{w}{\pi * D} = \frac{1}{\pi}$$

$$\varphi = tan^{-1}(1)$$

$$\pi$$













De lo anterior, se llega a la conclusión que siempre que se cumpla la relación de paso del filete y diámetro del husillo w=D, el ángulo de la hélice para todos los tornillos extrusores no especializados de 17,65°.

$$\varphi = 17,65^{\circ}$$

ANCHO DEL FILETE

El ancho del filete del tornillo o husillo sin fin según la siguiente ecuación descrita por V. K SAVGORODNY, transformación de plásticos. Involucra el diámetro del tornillo para determinar la medida de longitud.

$$e = 0.1 * D$$

Ecuación 2

$$e = 0.1 * 55mm$$

$$e = 5.5 \, mm$$

PASO DEL FILETE

El paso del filete está comprendido como la distancia que existe entre dos filetes y se determina mediante la siguiente fórmula matemática:

$$w = \pi * D * tan\varphi$$

Ecuación 3

$$w = \pi * 55mm * \tan (17,65^{\circ})$$

$$w = 54,9775 \simeq 55mm$$

Ilustración 16. Vista de sección del barril y tornillo extrusor, SolidWorks. C, Jiménez.

La holgura está comprendida desde la parte final de la cresta del filete del tornillo extrusor hasta la superficie del diámetro interior del cilindro fijo o barril, la holgura es muy importante a la hora de trasportar el plástico en el interior del cilindro mejorando la homogeneidad y eficiencia del flujo del plástico y se determina mediante la siguiente ecuación según V. K SAVGORODNY, transformación de plásticos.













DIAMETRO DE CILINDRO FIJO



 δ = holgura

 $\delta = 0.002 * D$

Ecuación 4

 $\delta = 0.002 * 55mm$

 $\delta = 0.11mm$

Ilustración 17. Cilindro o barril extrusor, C. Jiménez

El diámetro externo del tornillo real tiene una medida de 107,5 mm.

Para calcular el diámetro interno del cilindro fijo son necesarios los datos de holgura y diámetro de husillo analizados anteriormente, partiendo de allí se calcula de la siguiente manera:

$$Di = D + \delta$$

Ecuación 5

Di = 55mm + 0,11mm

Di = 56,1mm













\square DIMENSIONES DEL HUSILLO

La configuración geométrica del husillo depende esencialmente del material a transformar, el tornillo extrusor está dividido por zonas modificando la estructura del material polimérico al ser trasportando por las diferentes zonas antes de terminar el proceso de extrusión.

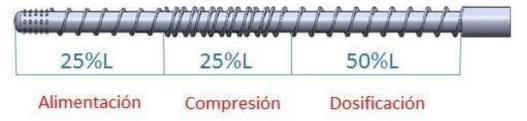


Ilustración 18. Tornillo extrusor, Solidworks. C, Jiménez

L= longitud del husillo

L = 1320 mm

Zona de alimentación: Es también conocida como zona de trasporte y tiene lugar en la primera instancia del husillo debajo de la tolva de almacenamiento. Y en esta zona las partículas de plástico son preparadas térmicamente sin modificar su forma para la siguiente zona.

Longitud de la zona de alimentacion = 0.25 * L

Ecuación 6

Longitud de la zona de alimentación = 0.25 * 1320mm

 $Longitud\ de\ la\ zona\ de\ alimentaci\'on=330mm$

Zona de compresión: es la zona donde el material comienza el proceso de fusión como consecuencia del aumento de calor producido por el proceso de conducción por las resistencias eléctricas y fricción entre las paredes. A medida que la película del polímero fundido aumenta, la capa solida disminuye. De













Zona de dos ificación: Inicia cuando finaliza la fusión, es decir cuando todas las partículas del polímero se han fundido. Esta zona actúa como una bomba en la que el movimiento del material fundido es debido a la forma helicoidal del filete y al movimiento del tornil lo. La zona de dosificación cuenta con un mezclador para garantizar la homogenización del material, antes de introducirlo a la boquilla.

esta manera se desarrolla una presión que empuja a la capa sólida y la sitúa en la parte anterior del canal. Forzando a la capa fundida a pasar por la holgura que existe entre el barril y el filete.

Longitud de la zona de compresión = 0.25 * L

Ecuación 7

Longitud de la zona de compresión = 0,25 * 1320mm

Longitud de la zona de compresión = 330mm

Longitud de la zona de disificación = 0.5 * L

Ecuación 8

Longitud de la zona de dosificación = 0.5 * 1320mm

Longitud de la zona de dosificación = 660mm

Para cálculos posteriores se realiza el cálculo de la longitud de la **altura del filete en la zona de dosificación**, utilizando la siguiente ecuación matemática:

$$= \frac{Dext - Dint h_d}{2}$$

Ecuación 9

Dext = Diámetro exterior del husillo real = 55mm Dint = Diámetro interior del husillo real = 39,6mm

$$= \frac{55mm - 39,6mm \ h_d}{2}$$

 $h_d = 2,5mm$













de arrastre y originado por el gradiente de presión a lo largo del tornillo. La tolerancia radial de ajuste en tre el tornillo y las paredes internas del cilindro es generalmente muy pequeña (del orden de 0,1 milímetros) y, por tanto, el flujo de pérdidas es mucho más pequeño que los dos mencionados anteriormente (Anguita, 1977).

□ FLUJO VOLUMÉTRICO

El estudio de movimiento de un material viscoso en el tornillo de una máquina de extrusión se simplifica considerando tres tipos diferentes de flujos; el **flujo de arrastre o de fricción**, α , que es debido a la fricción del material con el tornillo y con las paredes del cilindro, es el principal responsable del movimiento del material desde la tola de alimentación hasta la boquilla; el **flujo de presión o de retroceso**, β , opuesto al interior y debido a la diferencia de presión entra la tolva y el cabezal de la máquina, presión esta última que se originada por la restricción que impone la boquilla o el plato rompedor. Finalmente, el **flujo de pérdida o de fugas**, γ , que tiene lugar entre el cilindro y el filete del tornillo y es también opuesto al flujo

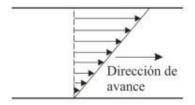


Ilustración 19. Perfil de velocidades debido al flujo de presión.

El flujo de presión se debe, como ya se ha indicado, al gradiente de presión a lo largo del cilindro. La presión es mayor en el lado de la boquilla, y este gradiente de presión tiende a hacer que el material fluya hacia atrás a lo largo del canal del tornillo oponiéndose al flujo de arrastre y suponiendo un retroceso del material en el canal del tornillo. El perfil de velocidades debido a la existencia de un gradiente de presión es parabólico y se representa:

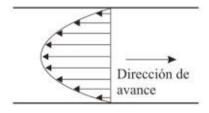


Ilustración 20. Perfil de velocidades debido al flujo de presión.

Como el flujo de perdidas es muy pequeño comparado a los dos anteriores y no es preciso considerarlo. El flujo total a lo largo del canal del tornillo es el resultado del flujo de avance y



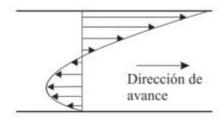












del de presión y su perfil de velocidades puede determinarse sumando algebraicamente los dos de la siguiente manera (Anguita, 1977).

Ilustración 21. Perfil de velocidades del flujo volumétrico total.

El flujo volumétrico se determina mediante la siguiente ecuación matemática:

$$Q = (\frac{\alpha k}{k + \beta + \gamma}) n$$

Ecuación 10

 α = flujo de arrastre β = flujo de presión γ = flujo de

 $fuga\;k=constante\;total\;de\;la\;forma\;geom\'etrica\;del$

cabezal.

☐ FLUJO DE ARRASTRE

El flujo de arrastre se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\propto = \frac{\pi * m * D * h_d \left(\frac{w}{u} - e\right)_{mcos^2 \varphi}}{2}$$

Ecuación 11

m= número del canales del husillo hd= altura del filete en la zona de dosificación w= paso del filete e= ancho de filete D= diámetro del husillo













$$\propto = \frac{\pi * 1 * 55mm * 2,5mm (\frac{55mm}{1} - 5,5mm) \cos^{2}(17,65^{\circ})}{2}$$

 $\propto = 9708,37mm^3$

$$\propto = 9,70837cm^3$$

$$*h_d^3*(\frac{w}{m}-e)\sin(17,65^\circ)\cos(17,65^\circ)$$

• FLUJO DE PRESIÓN

$$m$$
 $\beta = 12 * L$

Ecuación 12 L

= longitud del husillo

$$\beta = \frac{1 * (2,5mm)^3 * \left(\frac{55mm}{1} - 2,5mm\right) \sin(17,65^\circ) \cos(17,65^\circ)}{12 * 1320mm}$$

 $\beta = 0.014963mm^3$

$$\beta = 1,4963x10^{-5}cm^3$$

FLUJO DE FUGAS

$$\gamma = \frac{\pi^2 * D^2 * \delta^3 * \tan \varphi}{10 * e * L}$$

Ecuación 13

$$\gamma = \frac{\pi^2 * (55mm^2) * (0,011mm)^3 * \tan 17,65^\circ}{10 * 5,5mm * 1320mm}$$

$$\gamma = 1,74156 * 10^{-7}mm^3$$













□ VELOCIDAD DE CORTADURA

La velocidad efectiva (u) se determina en función de la velocidad de cortadura por medio de diagramas, preparados para los diferentes materiales, en función de la temperatura. De la siguiente ilustración 19. Se toman los datos de velocidad de cortadura $100 s^{-1}$ $\gamma = 0.0017415 cm^3$

Tipo de canal	Formula	Nomenclatura
Para canal cónico con el diámetro de salida menor	$k = \frac{3\pi * d_o^3 * d_1^3}{128 * L(d_o^2 + d_1 * d_0 + d_1^2)}$	do: diámetro de entrada del material en un canal anular cilíndrico. d1: diámetro de salida del material en un canal anular cilíndrico

Tabla 9. Elección de tipo de cabezal. (Savgrodny, 2000)

$$_{k} = \frac{3\pi * d_{o}^{3} * d_{1}^{3}}{128 * L(d_{o}^{2} + d_{1} * d_{0} + d_{1}^{2})}$$

Ecuación 14

$$_{k}=\frac{3\pi *55mm^{3}*48mm^{3}}{128*1320mm*(55mm^{2}+48mm*55mm+48mm^{2})}$$

 $k = 128.794mm^3$

 $k = 0.128794cm^3$

y es donde

comienza el proceso de extrusión.









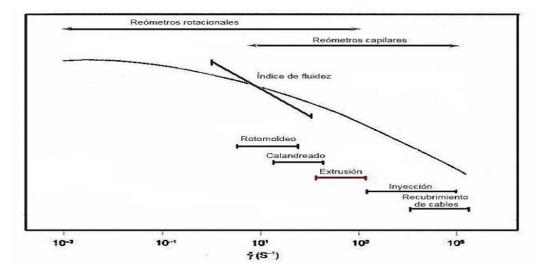


Ilustración 22. Velocidad de cortadura para los distintos procesos del plástico. (Savgrodny, 2000)

La velocidad de cortadura que se utiliza para el PET, con relación a los parámetros de rpm entre 85 a 165. Mediante la siguiente ecuación matemática se determina los rpm necesarios para el desempeño óptimo de la máquina.

$$\partial = \frac{\pi * D * \mathfrak{y}}{h_d}$$

Ecuación 15

 ∂ = velocidad de cortadura

n = Revoluciones

D = diámetro del husillo

hd = profundidad del canal en la zona de dosificación

Entonces, para el número de revoluciones de 86,81RPM el flujo volumétrico es:

$$Q = (\underline{\qquad}) n$$

$$k + \beta + \gamma$$













$$\frac{100}{s} = \frac{\pi * 55mm * \mathfrak{y}}{2,5mm}$$

 $n = 86,81 \, RPM$

$$_{Q} = \left(\frac{9,70837cm^{3}*0,128794cm^{3}}{0,128794cm^{3}+1,4963x10^{-5}cm^{3}+0,0017415cm^{3}}\right)86,81 \\ rpm$$

$$Q = 9,57775cm^3 * 86,81RPM$$

$$cm^{3}$$
 $Q = 831,444$ _____ min

Ahora bien, la densidad del plástico PET es 1,38 ____g $_3$ $_{cm}$

$$O = 831,444 \frac{cm^3}{min} * \frac{1,38g}{cm3} * \frac{60min}{1h} * \frac{1kg}{1000g}$$

$$kg$$
 $Q = 68,8436 _{---} h$

n (RPM)	Q (cm3)	Q (kg/h)
80	9,578	63,443016
86,81	9,578	68,8436027
90	9,578	71,373393
100	9,578	79,30377
110	9,578	87,234147
120	9,578	95,164524













Entonces, como son proporcionales los RPM y Q, si aumentamos el RPM a:

130	9,578	103,094901
140	9,578	111,025278
150	9,578	118,955655
160	9,578	126,886032
170	9,578	134,816409

Tabla 10. Análisis del flujo másico con el aumento de las revoluciones.

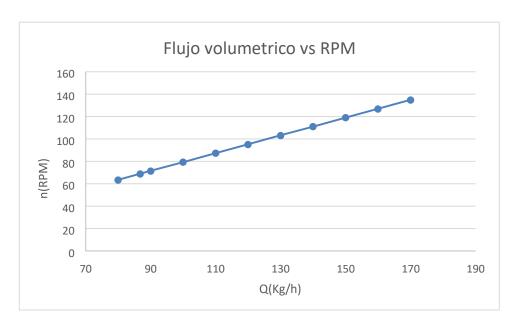


Tabla 11. Variación del flujo volumétrico













☐ REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN

Se desea elaborar listones con las siguientes características, como lo muestra la ilustración 20.

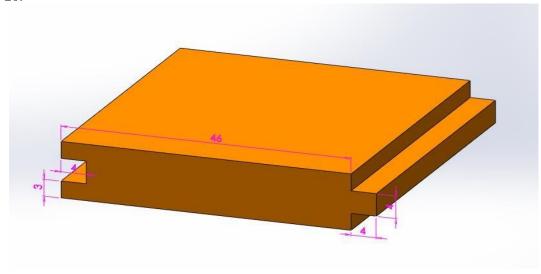


Ilustración 23. Geometría de la pieza a extruir, SolidWorks.

Se determinan las siguientes medidas a partir de la ilustración 20.

$$Área_{rec} = b * a$$

Ecuación 16

b = base de la figura a= altura de la figura

 $\acute{A}rea_{rec} = 46mm * 10mm$

 $\acute{A}rea_{rec}=0,00046m^2$

La profundidad de los listones es de 6m, entonces el volumen

$$V = \text{\'A}rea_{rec} * profundidad$$

Ecuación 17

 $V = 0.00046m^2 * 6m$













Si la densidad del PET es de $1380_{m^3}^{Kg}$

 $m = V * \rho$

 $V = 0.00276m^3$

Ecuación 18

 $m = masa V = Volumen \rho = densidad$

Entonces,

$$m = V * \rho$$

$$M = 0.00276m^3 * 1380 m_3$$

$$m = 3,8088Kg$$

□ VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN

Para determinar cuánto produce la maquina por hora es necesario calcular los siguientes datos con el fin de determinar en un turno de 8horas cuál sería la producción total, y se determina de la siguiente forma:

$$C = v * A_{rec}$$

Ecuación 19

C = Caudalv = velocidad de producción













$$v = 0.030125 \frac{m}{s}$$

$$v = 3,0125 \frac{cm}{s}$$



<u>m</u>3

$$v = 0$$
_____0,000014,00046 ms_2

Tabla 12. Capacidad máxima del tornillo extrusor a RPM variable.

☐ POTENCIA REQUERIDA

Para darle movimiento al husillo es necesario calcular la potencia necesaria del motor a utilizar, que depende estrictamente de las dimensiones, características del husillo, RPM y el factor de proporcionalidad mediante la siguiente ecuación matemática:

$$P = 32x10^{-5} * Q * C * (T_m - T_o)$$













C = Capacidad calorífica del PP (J/Kg*C)

Tm = Temperatura de trabajo de extrusión.

Ecuación 20

Donde,

P = potencia

Q = Caudal o flujo volumétrico (Kg/h)

 $T_0 = Temperatura ambiente.$

Despejando se obtiene lo siguiente:

Donde la capacidad calorífica del plástico a extruir = 1700J/Kg*°C

$$P = 32x10^{-5} * 68,8436 \frac{kg}{h} * 1900 \frac{J}{Kg * {}^{\circ}C} * (200 {}^{\circ}C - 30 {}^{\circ}C)$$

P = 7115,67W

$$_{P} = 7115,67W * \frac{1Kw}{1000W} * \frac{1Hp}{0,7457Kw}$$

$$P = 9,54Hp$$

Si el motor eléctrico trabaja 8 horas al día por 30 días se obtiene el consumo total en Kw horas.

☐ CONSUMO ELECTRICO

Consumo = P * horas de trabajo * dias al mes

Ecuación 21

$$Consumo = 10,199Kw * 8 \frac{h}{m} * 30 dias$$

Consumo = 2447,76Kwh













costo del consumo electrico = 926697 pesos

Con un factor de seguridad de n = 1.1 el motor asignado para este proyecto es de 15hp marca Siemens.

Si se multiplica el total del consumo por el costo del kilovatio hora en la ciudad de Cúcuta se obtiene lo siguiente:

 $costo\ del\ consumo\ electrico = Consumo\ *\ precio\ del\ kilovatio\ hora$

Ecuación 22

$$costo \ del \ consumo \ electrico = 2447,76kwh*378,59 \frac{pesos}{kwh}$$

□ PRESIÓN MAXIMA

Este cálculo es importante ya que se determina la presión máxima en la que la extrusora de plástico va a trabajar y se determina mediante el uso de la siguiente ecuación matemática:

$$Pmax = \frac{6\pi * D * L * \eta * \mu}{h_d * \tan \varphi}$$

Ecuación 23

Donde,

Pmax = presión máxima $n = revoluciones \mu = viscocidad efectiva$













De la ilustración 21. Se determina la viscosidad efectiva para una velocidad de cortadura de 100 1/s de 800 pa.s.

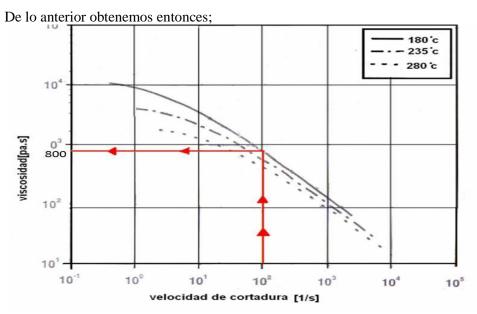


Ilustración 24. Intervalos de viscosidad efectiva (Savgrodny, 2000).

$$\frac{1min}{6\pi * 0,55m * 1,32m * (86,81rpm *)}$$

$$Pmax = 0,0025_2 * tan 17,65°60s * 800pa. s$$

Pmax = 7,96Gpa

□ PESO DEL HUSILLO.









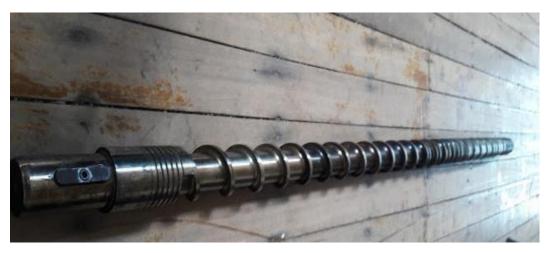


Ilustración 25. Peso del alma constate del husillo, C. Jiménez.

Para determinar las fuerzas que se generan en el husillo, es necesario calcular el peso del husillo en todas sus tres zonas, alimentación, compresión y dosificación. En este caso el alma del husillo es constante y varía es la longitud o tamaño de cresta del filete según la zona donde se encuentre, de este modo obtenemos entonces lo siguiente:

$$A_{\odot} = \pi * r^2$$

Ilustración 26

Ilustración 27. Dimensión del alma del husillo, SolidWorks. C. Jiménez.

 A_{\odot} = Área transversal del alma del husillo r = radio.

Entonces obtenemos lo siguiente remplazando los datos:

$$A_{\odot} = \pi * (19.8mm)^2$$

 $A_{\odot} = 1231,63mm^2$

 $A_{\odot} = 0.00123163m^2$



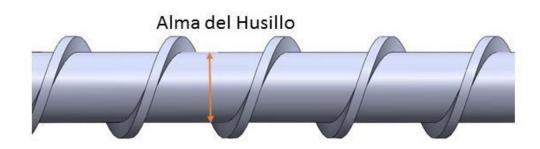












Con el área del alma del husillo es fácil calcular el volumen del husillo de la siguiente manera:

$$V = A_{\odot} * L$$

Ilustración 28

L = longitud total del husillo

$$V = 0.0123163m^2 * 1.32m$$

$$V = 0.01626m^3$$

Volumen del filete para la zona de alimentación

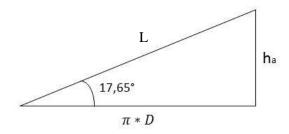


Ilustración 29. Longitud del filete en la zona de alimentación.

 h_a = altura del filete en la zona de alimentación













$$L = \sqrt{(\pi * 39.6mm)^2 + 7.7mm^2}$$

L = 124,645mm

L = 0.124645m

L = longitud del filete

Mediante trigonometría se puede obtener la longitud L de la ilustración 26, de la siguiente manera:

$$L = \sqrt{(\pi * D)^2 + h_a^2}$$

Ecuación 24

$$= \frac{D - D_a h_a}{2}$$

Ecuación 25

$$= \frac{55mm - 39,6mm \text{ h}_{a}}{2}$$

 $h_a = 7.7 mm$

Entonces se obtiene lo siguiente:

Volumen del filete se calcula mediante la siguiente expresión matemática donde se involucra los datos de espesor, longitud del filete y altura del filete.

$$V = h_a * L * e$$

Ecuación 26











Ilustración 30. Características del tornillo sin fin utilizado para la extrusora de plástico. C. Jiménez.

e = espesor del filete

Reemplazando los datos en la ecuación 24 obtenemos lo siguiente:

V = 7.7mm * 124,645mm * 5.5mm

 $V = 5278,72mm^3$

 $V = 5.27872x10^{-6}m^3$

Total de la zona de alimentacion

Ecuación 27

 V_{Total} de la zona de alimentacion = 5,27872x10⁻⁶m³ * 12

VTotal de la zona de alimentacion $=6.3x10^{-5}m^3$

Para hallar el cálculo del filete en la zona de compresión se realiza de la misma manera obteniéndose lo siguiente:

$$V = h_c * L * e$$













Ahora teniendo el volumen del filete, se multiplica por el número de filetes en la zona de alimentación, obteniendo entonces lo siguiente:

$$V = V * \# de \ filetes \ en \ la \ zona$$

h_c = altura de la zona de la zona de compresión

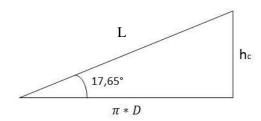


Ilustración 31. Longitud del filete en la zona de compresión.

$$L = \sqrt{(\pi * D)^2 + h_c^2}$$

Ecuación 29

Ecuación 28

Reemplazando se obtiene lo siguiente:

$$L = \sqrt{(\pi * 39.6mm)^2 + 5.1mm^2}$$

Entonces el volumen se obtiene a partir de los datos anteriores:

$$V = 5.1mm * 124.512mm * 5.5mm$$

$$V = 3492,56mm^3$$

$$V = 3,49256x10^{-6}m^3$$

Multiplicando el volumen por el número de filetes en la zona de compresión se obtiene:

Vtotal de los filetes en la zona de compresión = V*# de filetes

Ecuación 30













L = 124,512mm

L = 0.124512m

Vtotal de los filetes en la zona de compresión = 3,49256x10 ^{-6}m 3 * 13

Vtotal de los filetes en la zona de compresión = $4.5 \times 10^{-5} m^3$

Por último se calcula el volumen de los filetes en la zona de dosificación.

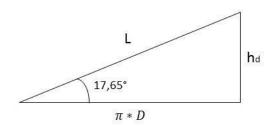


Ilustración 32. Longitud del filete en la zona de dosificación.

$$L = \sqrt{(\pi * D)^2 + h_d^2}$$

Ecuación 31

Con la longitud de filete en la zona de dosificación es fácil obtener el volumen del filete en la zona de dosificación.

$$V = h_d * L * e$$

Ecuación 32

Reemplazando los datos se obtiene:

$$V = 2.5mm * 124.432mm * 5.5mm$$

 $V = 1710 mm^3$

$$V = 1,710x10^{-6}m^3$$













$$L = \sqrt{(\pi * 39.6mm)^2 + 2.5mm^2}$$

L = 124,432mm

Multiplicando el volumen con el número de filetes se obtiene el volumen total de los filetes en la zona de dosificación de la siguiente manera:

 V_{total} de los filetes en la zona de dosificación = V * # de filetes en la zona de dosificación

Ecuación 33

Vtotal de los filetes en la zona de dosificación $= 1,710x10^{-6}m^3*6$

Vtotal de los filetes en la zona de dosificación $=1x10^{-5}m^3$

Sumando los volúmenes totales de los filetes en cada zona con el volumen del alma del husillo se obtienen el volumen total del husillo.

Vtotal del husillo = VAlma del husillo + VTotal de los filetes en Z. A + VTotal de los filetes en Z. C + VTotal de los filetes en Z. D

Ecuación 34

Reemplazando se obtiene el volumen total

$$V_{total\ del\ husillo} = 0,01626m_3 + 6,3x_10_{-5}m_3 + 4,5x_10_{-5}m_3 + 1x_10_{-5}m_3$$
 Donde, ρ =

densidad

m = masa

Despejando la masa obtenemos lo siguiente:

$$m = \rho * V$$













$$V_{total\ del\ husillo} = 0.01744m^3$$

Ya con el volumen total del husillo se puede determinar el peso mediante la formula matemática a continuación descrita:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

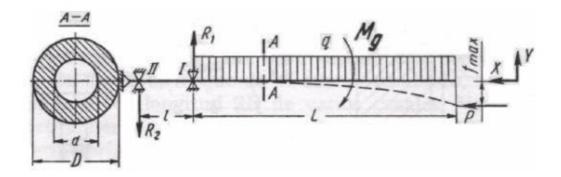
La densidad del acero 4340 está definida como 7,85 cm___g 3

$$m = \frac{}{7850} \frac{Kg}{m_3}$$
 * 0,01744 m

$$m Kg 3$$
= $7850 \frac{}{3} * 0.01744 m$

$$m = 136,904Kg$$

La misión fundamental de un cálculo de resistencia consiste en comprobar las dimensiones previamente determinadas del husillo y determinar la flecha máxima admisible. Sobre el husillo la fuerza axial P, el momento de giro M, y la carga uniformemente repartida q, originada por el propio peso del husillo. Las fuerzas P y q provocan la flecha de giro (Savgrodny, 2000).















☐ FUERZA DEL HUSILLO

Ilustración 33. Diagrama de fuerzas del husillo extrusor. (Savgrodny, 2000)

Los valores iniciales para el cálculo del husillo se determinan fácilmente por la formula siguiente:

$$M_g = 9950 \underline{\hspace{0.2cm}}_n$$

Ecuación 36

Donde;

 $M_g = Momento de giro.$

N = Potencia

n = revoluciones

Reemplazando en la ecuación 34, se obtiene:

$$M_g = 9950 \underbrace{\hspace{1cm} 10,199Kw}_{86,81rpm}$$

$$J = \frac{\pi * D^2}{64} (1 - u^4), m^4$$

Ecuación 37

Donde,

J = momento de inercia del husillo D =

diámetro del husillo u = relación entre

diámetros del husillo

$$u = \frac{d}{D}$$













 $M_g = 1168,99N.m$

Para calcular las fuerzas que actúan sobre el husillo es necesario encontrar el momento de inercia de la sección transversal de la siguiente manera.

Ecuación 38

Reemplazando obtenemos:

$$u = \frac{39,6mm}{55mm}$$

$$u = 0.72$$

Teniendo los datos de la relación entre los diámetros del husillo, se obtiene fácilmente el momento de inercia:

$$J = \frac{\pi * 0.055m^2}{64} (1 - 0.72^4)$$

$$J = 0.000109m^4$$

Ahora se calcula la superficie de la sección transversal del husillo mediante la siguiente ecuación matemática:

Reemplazando los datos en la ecuación 37 se obtiene lo siguiente:

$$F = \pi - * (0,055m)^2 (1 - 0,722), m_2$$

$$F = 0.001144m^2$$

Teniendo los datos de momento inercia y superficie de sección transversal se puede calcular el radio de inercia de la sección transversal de la siguiente manera:

$$\mathcal{R} = \sqrt{\int_{F}^{J} f}$$
, m

Ecuación 40













 $F = \frac{\pi * D^2}{4} (1 - u^2), m^2$

Ecuación 39

F = superficie de la sección transversal

Reemplazando los datos en la ecuación 38 se obtiene:

$$\mathcal{R} = \sqrt{\frac{0,000109m^4}{0,001144m^2}}$$

 $\mathcal{R} = 0.308674m$

Para determinar la fuerza axial P, que se ejerce en el husillo se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$P = F * pmax$$

Ecuación

41

Ecuació

Reemplazando los datos en la ecuación 39 se obtiene lo siguiente:

pmax = Presión máxima, (determinada en la ecuación 21)

La tensión tangencial máxima sobre la superficie del husillo se calcula mediante el siguiente cálculo:

$$\tau = \frac{16 * M_g}{\pi * D_3(1 - u_4)}$$

Ecuación 42

Obteniéndose lo siguiente,

$$16 * 1168,99N. m$$

$$\tau = \pi * (0.055m)^3 (1 - 0.724)$$

MN

$$\tau = 48,93 _{m_2}$$













$$P = 0.001144m^2 * 7.96Gpa$$

$$P = 9,10624MN$$

Puesto que las tensiones normales son provocadas por la fuerza axial P y la carga repartida q, las tensiones máximas surgirán en el apoyo del árbol (en el primer cojinete)

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{M_f}{W_o}$$

Ecuación 43

Donde Mf, es el momento de flexión máximo; y está dado por las siguientes expresiones matemáticas:

$$M_f = \frac{qL^2}{2} = \frac{\gamma * F * L^2}{2} = \frac{\gamma L^2}{2} * \frac{\pi D^2}{4} (1 - u^4)$$

Ecuación 44

Donde γ es la densidad del material.

De todas las posibles soluciones para encontrar el momento de flexión máximo se optó por tomar la expresión:

$$q = \frac{peso\; del\; tornillo}{longitud\; del\; tornillo}$$

Ecuación 46

$$q = \frac{136,904Kg}{1,32m}$$

$$q = 103,715 \underbrace{\qquad \qquad}_{m}$$

Reemplazando los datos de q en la ecuación 43 se obtiene:













 $M_f = \frac{qL^2}{2}$

Ecuación 45

q = carga repartida
$$Kg$$

$$103,715$$

$$M_f = \frac{m*(1,32m)}{2}$$

$$M_f = 90,3565Kg$$

De la ecuación 41. W₀, se obtiene con la siguiente expresión:

$$W^0 = \frac{1}{32} \pi * D^3 (1 - u_4)$$

Ecuación 47

$$W^0 = \frac{\pi * (0,055m)^3}{32} (1 - 0,72^4)$$

$$W_0 = 0.000012m^3$$

Sustituyendo los valores F, M_f, y Wo en la ecuación 41. Se obtiene la tensión normal:

$$\sigma = 0.001144m2 + 0.000012m3$$

Es necesario determinar la transferencia de calor en el interior del husillo, calculando la temperatura T2 requerida para que t1 alcance la temperatura de 260 grados que es la temperatura de fundición del plástico PET.













 $\sigma = 803,53 \frac{MN}{m^2}$

☐ TRANFERENCIA DE CALOR

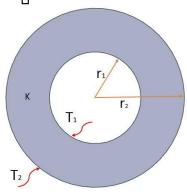


Ilustración 34. Vista transversal de husillo, Solidworks. C. Jiménez.

Mediante la ecuación de transferencia de calor por conducción en cilindros huecos es fácil determinar la temperatura requerida, de la siguiente manera.

$$Q_{cond, cil} = \frac{2\pi * L * K(T_2 - T_1)}{r}$$

$$ln^{\left(\frac{2}{T_1}\right)}$$

Ecuación 48

 $Q_{cond, cil}$ = Calor Transferido por unidad de tiempo

L = longitud del cilindro fijo

K = conductividad térmica

La temperatura por formula se tiene que convertir a grados Kelvin de la siguiente manera: El calor transferido por la potencia de las resistencias eléctricas está dado por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{V_2}{R}$$

Ecuación 50













11.10. DISEÑO DE MOLDE METALICO CON SECCION TRANVERSAL 5CM * 1CM

P= Potencia

V = Voltaje

R = Resistencia

$$P = \frac{220^2}{24}(W)$$

P = 2000W

Teniendo el dato de Q lo reemplazamos en la ecuación 48.

$$\frac{W}{2\pi * 1,32m * 44,5} \frac{W}{mK} (T_2 - 533,15K)$$

$$2000W = \underbrace{\frac{0,1075m}{ln()}}_{0,0055m}$$

Despejando T₂ se obtiene:

$$T_2 = 535K$$

Y convirtiéndolos en centígrados se obtiene:

$$T_2 = 549K - 273,15$$
°C

$$T_2 = 276,109$$
°C

Su objetivo principal es preformar el plástico fundido proveniente de la extrusora de plástico según su geometría interna, las geometrías pueden ser infinitas y para este proyecto se diseñó









un molde o dado metálico en aluminio, con un área transversal interna de 5cm*1cm y además de preformar el plástico PET o PP también tiene el propósito de contener el material fundido a 260°C hasta que sale del dado con características sólidas.

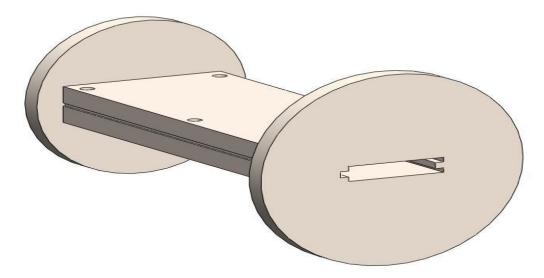


Ilustración 35. Molde metálico con dimensiones internas de 5cm*1cm en Solidworks, C. Jiménez.

Mediante cálculos matemáticos se desea saber que tanto calor transfiere el plástico a temperatura de salida de extrusión 260°C, utilizando las ecuaciones de Fourier de transferencia de calor por conducción es posible determinarlo de la siguiente manera:

$$q_k = KA * \underbrace{\frac{dt}{dx}}$$

Ecuación 51

Donde, $q_k = calor$

transferido

K = conductividad termica del plasticodx = distancia

Tienen los valores siguientes:

И













A =área transversal

dt = diferencia de temperatura

 $K = 0.4 \underline{\qquad}$, conductividad del plástico PET.

$$A = 0.00046m^2 dx = 22 cm = 0.22m$$

distancia del dado.

= $0.4 \frac{1}{100} * 0.00046$ Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 50. Se obtiene:

$$q_k = 0.192364W$$

Si el dado o molde metálico está contenido dentro de un recipiente cilíndrico se puede obtener la temperatura necesaria para disipar el calor transferido por el dado metálico.

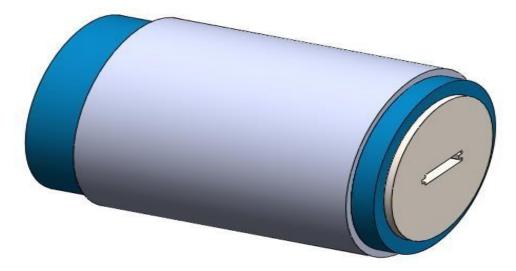


Ilustración 36. Filiera o contenedor del dado metálico, mediante programa metálico CAD solidwork, C. Jiménez.













El calor transferido por convección tiene la siguiente fórmula matemática y puede predecir la temperatura a la cual es necesario ingresar el agua en el contenedor para que el plástico pueda enfriase rápidamente y que no se deforme al momento de salir del dado.

$$q_c = h_c * A(T_s - T_\infty)$$

Ecuación 52

 q_c = calor tranferido por convección h_c

= Coeficiente de convección

A = área del cilindro (filiera)

 T_{∞} = temperatura dentro del interior de la filiera.

$$Ac = \pi r^2$$

Ecuación 53

$$Ac = \pi(0.08252m)^2 = 0.021393m^2$$

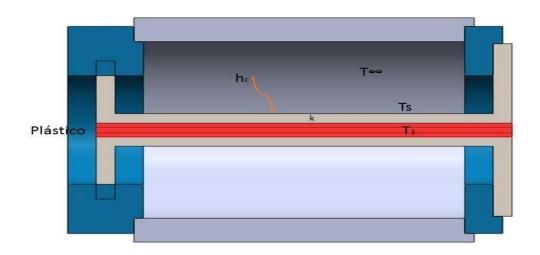


Ilustración 37. Vista de sección del plano alzado de la filiera y dado usando SolidWorks. C, Jiménez.

K*m













Pero antes es necesario calcular la transferencia de calor en la pared del dado utilizando la misma ecuación de transferencia de calor (ecuación 50) modificando solamente la temperatura Ts. Para el dado de aluminio se obtiene.

$$q_k = KA * \frac{Ts - T_1}{dx}$$

K = 209,3 ^W Conductividad térmica del aluminio. dx

= longitud del dado

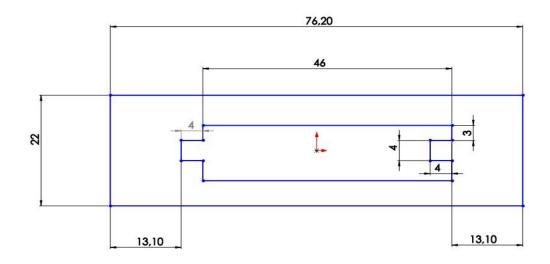


Ilustración 38. Área transversal del dado, mediante uso de SolidWorks. C, Jiménez.

Medida dadas en milímetros.

Donde,

Ecuación 54

Área = 0.0762m * 0.022m - 0.046m * 0.01mReemplazando los datos obtenidos en la ecuación 50. Se obtiene:













$$Área = 0.001216m^2$$

$$T_k = 273,15 + 260$$

$$0,192364W = 0,001216m$$
 $2 * 209,3 W Ts - 533,15k$
 $K*m 0,22m$

$$T_s = 532$$
K

$$T_s = 258,85^{\circ}C$$

Como el espesor del dado que contiene el plástico es tan delgado la transferencia de calor no tiene variaciones muy altas, por tanto las temperaturas son cercanas entre sí.

Reemplazando los datos en la ecuación 51, de transferencia de calor por convección se puede calcular el coeficiente de convección, con el fin de determinar qué tipo de refrigerante es necesario utilizar para enfriar el plástico.

$$0,192364W = h_c * (532k - 303,15K) \text{ hc}$$

$$= 0.000841 W$$

m*K

Los datos obtenidos muestran que el refrigerante óptimo para enfriar el plástico es el propano de la tabla A-12 del libro de Cenyel.

Peso del husillo más cilindro hueco = 260Kg

Primero se determina las fuerzas A y B para determinar por último la fuerza P que se requiere.













□ CARGA PUNTUAL

Se desea saber cuánta fuerza la carga punt ual P, para generar momento en el final de la extrusora de plástico, con el propósito de determinar si es necesario un soporte que evite el volcamiento de la máquina.

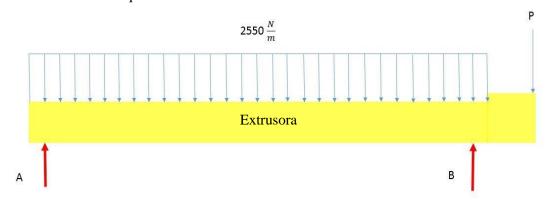


Ilustración 39. Fuerza distribuida de la extrusora de plástico. C, Jiménez.

Resolviendo la carga distribuida queda una carga puntual de la siguiente forma:

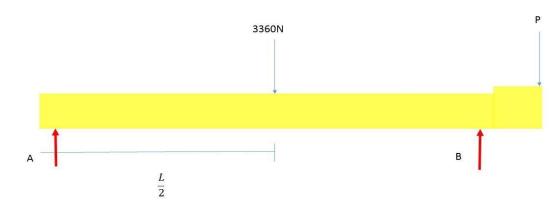


Ilustración 40. Carga puntual para determinar la reacción de P. C, Jiménez.

Ecuación 55 F_R

$$= -A_y - B_y + 3360N$$













12.3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE COMPONENTES DE LA EXTRUSORA DE PLASTICO.

$$\sum M_A = 0$$

Ecuación 56

$$3360 \frac{N}{m} * \frac{L}{2} - B_y * L = 0$$

Donde L es la longitud del husillo.

L = 1,32m

Reemplazando se obtiene:

$$\frac{N}{3360m} \quad \frac{1,32m}{2} \quad {}^{y}_{*} \quad -B \quad *1,32m = 0$$

 $B_{\nu} = 1660N$

Despejando By en la ecuación 54, se obtiene Ay:

 $A_y = 1660N$

Para que la fuerza P pueda hacer momento en el cilindro, esta tiene que ser mucho mayor a 3360N/m. por tanto no es necesario un apoyo para la filiera.

□ DISEÑO

En este punto se utilizó un programa CAD Solidworks para el diseño de cada una de las piezas que componen la extrusora de plástico.









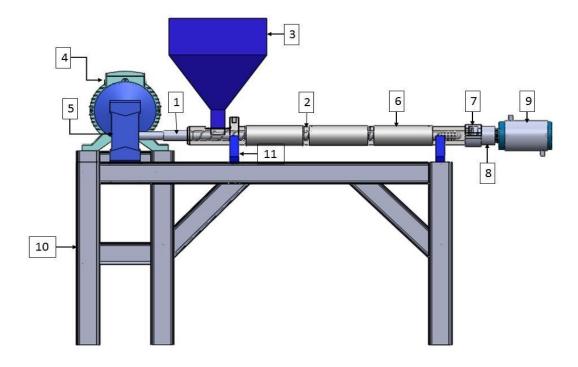


Ilustración 41. Extrusora de plástico en programa CAD, C. Jiménez.

Cada uno de los componentes enumerados es especificado en la siguiente tabla.

Numeración	Nombre de la pieza	Cantidad
1	Husillo	1
2	Barril o cilindro extrusor	1
3	Tolva de almacenamiento	1
4	Motor eléctrico 10Hp	1
5	Reductor NMRV I10	1













6	Resistencia eléctrica	3
7	acople	2
8	Cabezal	1
9	Filiera	1
10	Estructura	1
11	Soporte	2

Tabla 13. Componentes de la extrusora de plástico.

Diseño del husillo en programa Solidworks con las mismas características de construcción que el encontrado en la chatarrería de la ciudad de Cúcuta. (Ver Anexo 1)



Ilustración 42. Husillo extrusor en programa Solidworks, C. Jiménez.

Ilustración 43. Barril extrusor diseñado en programa Solidworks, C. Jiménez.













Diseño de barril o cilindro extrusor diseñado en el programa CAD Solidworks con las mismas características que el encontrado en la chatarrería de la ciudad de Cúcuta. (Ver Anexo 2)

Diseño de tolva de almacenamiento en programa CAD Solidworks, a partir de las necesidades de producción de la maquina extrusora.

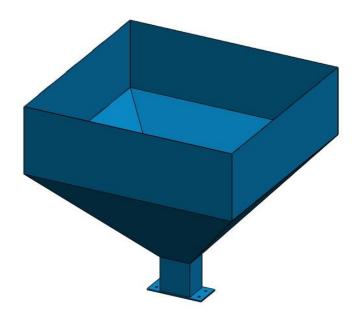


Ilustración 44. Tolva de almacenamiento diseñada en programa CAD Solidworks, C. Jiménez.

Ecuación 57













CALCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

$$V_{rectangulo} = b * a * p$$

b = base a =

altura p =

profundidad

 $V_{rectangulo} = 0.5m * 0.48m * 0.2m$

Vrectangulo = 0,048m3

□ Volumen de la pirámide truncada

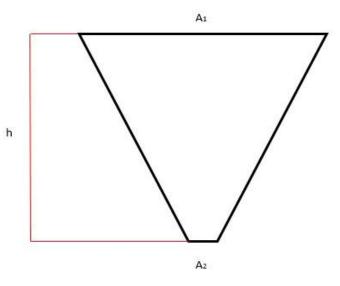


Ilustración 45. Pirámide truncada de la tolva de almacenamiento. C, Jiménez.

$$A_1 = 0.5m * 0.48m A_2 =$$

$$0.056m * 0.072m h =$$

0.3m

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 58 se puede determinar el volumen.













Se determina el volumen de la pirámide truncada mediante la siguiente ecuación matemática:

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

Ecuación 58

$$V = \frac{0.3m}{3} \left(0.24m^2 + 0.004032m^2 + \sqrt{0.24m^2 * 0.004032m^2} \right)$$

 $V = 0.027514m^3$

Por último se determina el volumen del rectángulo inferior de la siguiente manera.

$$V = 0.056m * 0.072m * 0.1m$$

 $V = 0.000403m^3$

El volumen total de la tolva de almacenamiento se da a partir de la suma de todos los volúmenes calculados anteriormente se la siguiente manera:

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$$

Ecuación 59

$$V_{total} = 0.048m^3 + 0.027514m^3 + 0.000403m^3$$

$$V_{total} = 0.075917m^3$$

La masa total de plástico que puede contener la tolva de almacenamiento se determina según la ecuación siguiente:

$$m = V_{total} * \rho$$

Ecuación 60 ρ

= densidad

Reemplazando los datos en la ecuación 60 se obtiene:













$$m = 0.075917m^3 * 1380 \frac{Kg}{m^3}$$

 $m=104,\!7Kg$ Diseño de motor eléctrico de acuerdo a las características establecidas por Siemens empresa elaboradora de motores eléctricos.

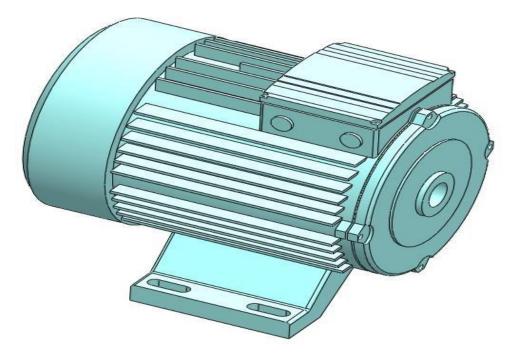


Ilustración 46. Motor eléctrico diseñado a partir del programa CAD Solidworks, C. Jiménez.

Ilustración 47. Reductor MNRV relación I10. C, Jiménez.

El motor eléctrico de 10Hp tiene 1700 rpm y de acuerdo la relación del motor puede reducir la velocidad de giro de la siguiente manera:

V = velocidad





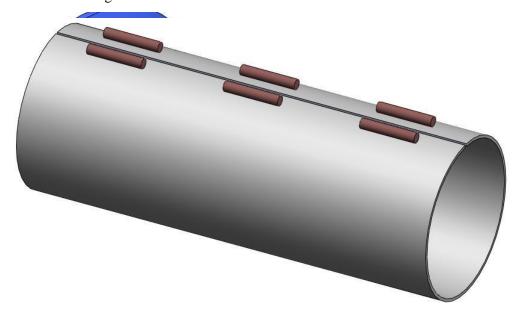








Las resistencias eléctricas diseñadas están con las dimensiones establecidas de acuerdo a la empresa que provee este tipo de resistencias para extrusoras de plástico, ELCTRO SILVANA en la ciudad de Bogotá.



relacion de reducción I

Ecuación 61

$$V = \frac{1700RPM}{10}$$

$$V = 170RPM$$

Es la velocidad máxima permitida a la salida del reductor y gracias a la ayuda de un variador eléctrico se puede modificar la velocidad de giro del motor entre (0 RPM y 170RPM). Ilustración 48. Resistencia eléctrica tipo abrazadera. C, Jiménez.

El acople diseñado se creó para aprovechar la reducción de diámetro en la parte final de la extrusora de plástico y tiene como propósito sujetar el cabezal.













Diseño de cabezal a partir de la necesidad de compactar el plástico extruido por la extrusora, evitando de esta manera las burbujas de aire que se pueden generar en la entrada del plástico cuando la tolva deja pasar los gránulos triturados hacia el interior del barril.

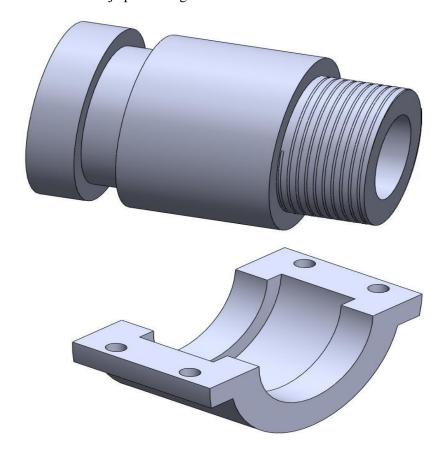


Ilustración 49. Cabezal diseñado a partir de programa CAD Solidworks, C. Jiménez.

Ilustración 50. Cabezal diseñado a partir de programa de diseño CAD Solidworks, C. Jiménez.

Diseño de filiera que dentro de su interior contiene el dado que le da preforma al plástico extruido.













Además la filiera tiene una entrada y salida de agua para el proceso de enfriado del plástico, esto garantiza que el plástico a la salida del dado consistente y no se deforme.

Diseño de la estructura que soporta el peso de todos los componentes descritos anteriormente

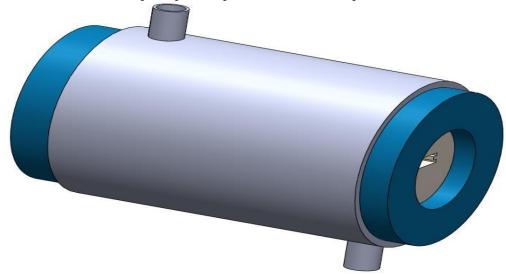


Ilustración 51. Filiera a partir del programa CAD Solidworks, C. Jiménez.

a partir de un perfil o viga tipo I.









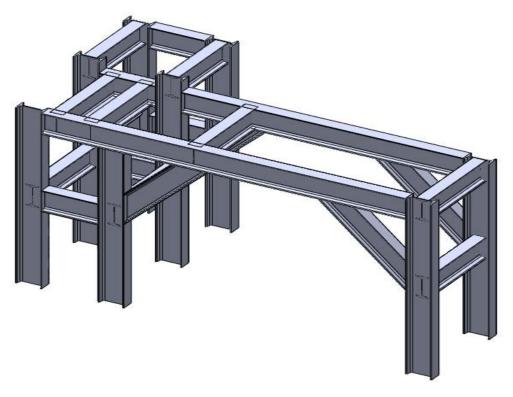


Ilustración 52. Base o estructura metálica con Perfiles tipo I. C, Jiménez.

Diseño de empotramientos o soportes del cilindro y husillo a carga estática.











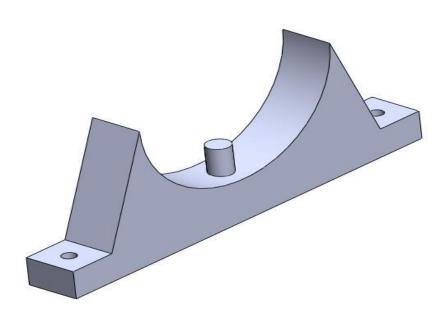
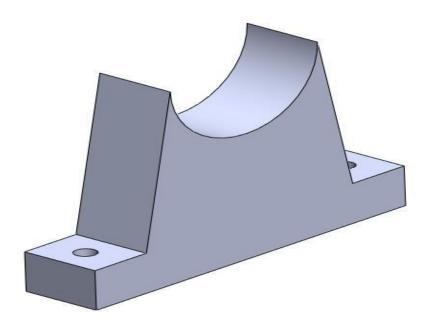


Ilustración 53. Soporte inicial cerca a la tolva de almacenamiento, C. Jiménez.



54. Soporte de la parte final de la extrusora cerca al cabezal. C, Jiménez.













☐ CONSTRUCCIÓN



Ilustración 55. Extrusora terminada con todos los componentes. C, Jiménez.



Ilustración 56. Filiera contenedora del dado o preforma. C, Jiménez.













El volumen que puede contener la filiera está dado por la siguiente formula:

$$V = \pi * r^2 * L$$

Ecuación 62

L= longitud de la filiera.

$$V = \pi(0,08252m)^2 * 0,2m$$

 $V = 0.004270m^3$

A esto se le resta el volumen del dado que se calculó en la ecuación 54.

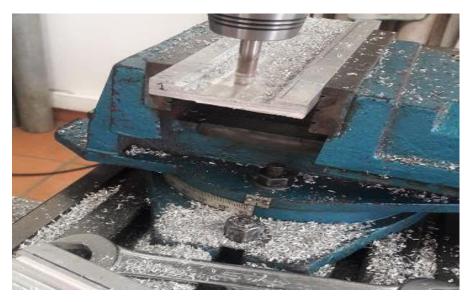
 $V = 0.000243m^3$

Dado como resultado el volumen resultante de la resta

$$V_R = 0.004270m^3 - 0.000243m^3$$

$$V_R = 0.004035m^3$$

La capacidad máxima de volumen que puede contener la filiera.



57. Construccion del dado. C, Jiménez.













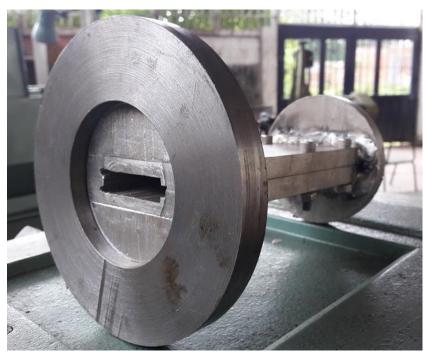
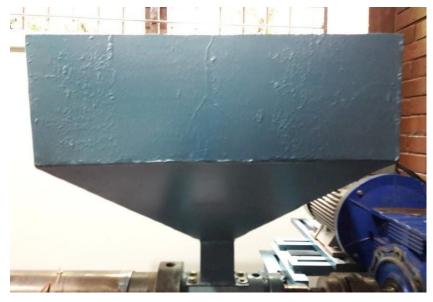


Ilustración 58. Dado con preforma interna. C, Jiménez.



59 Tolva de almacenamiento, C. Jiménez.







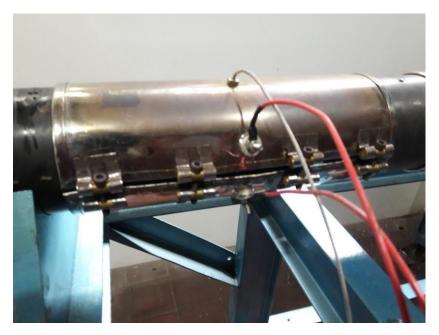








Ilustración 60 Acople tipo araña del muñón del husillo y eje del reductor. C. Jiménez



61. Resistencia tipo abrazadera. C. Jiménez.













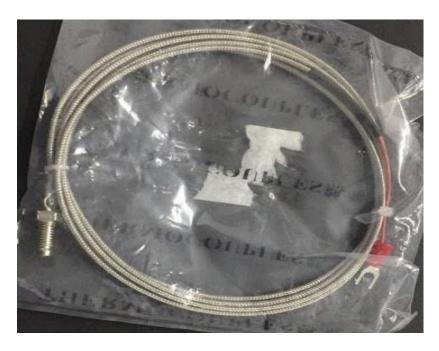


Ilustración 62. Termocupla tipo J para censar la temperatura de la resistencia eléctrica, C, Jiménez.



63. Acople de cabezal, C. Jiménez.















Ilustración 64. Barril o cilindro extrusor. C, Jiménez.



Ilustración 65. Husillo simple de acero 4340. C. Jiménez.















Ilustración 66. Motor eléctrico Siemens de 10Hp, C. Jiménez.



67. Reductor de velocidad de relación I10, C. Jiménez.















Ilustración 68. Sistema de nivelación de la maquina extrusora, C. Jiménez



Ilustración 69. Estructura en el proceso de pintura con base anticorrosiva, C. Jiménez.















70. Tablero eléctrico para encendido de todas las maquinas. Ilustración 71. Parte frontal del tablero eléctrico.













13. RECOMENDACIONES

- El tipo de plástico a utilizar en el proceso de extrusión tiene una gran cantidad de variables a considerar y son de gran importancia. Como la granulometría, vitrificación del plástico al momento de triturarlo, humedad relativa, temperatura máxima de fundición, densidad, dureza, velocidad de enfriamiento entre otros factores.
- Los cálculos matemáticos realizados son de vital importancia al momento de diseñar todos los componentes de la extrusora de plástico para su buen funcionamiento.
- Las termocuplas deben ir conectadas directamente a los controladores de temperatura para evitar un error al momento de censar la temperatura real.
- Para todo tipo de extrusoras de plástico, sin importar su tamaño, si es de un solo husillo o doble husillo la única variable que no cambia es el ángulo del filete dado como 17,65°.
- La construcción de una extrusora de plástico tiene un costo muy elevado por la precisión que necesita en todos sus componentes.
- Es indispensable el manejo de maquinarias como torno, fresadora, esmeril, soldadura (mig, tig), roladora, broachadoras para cuñeros, pulidora, taladro; para el éxito de las piezas que componen la extrusora de plástico.
- Diseñar mediante un programa de diseño CAD, es de gran utilidad para evitar errores de construcción que pueden ser representados en costos elevados innecesarios.

Al momento de elegir el tipo de plástico a extruir es más factible elegir un tipo de plástico con baja temperatura de fundición como es el PP (Polipropileno), que funde a temperatura de no más de 80 °C, además el proceso de enfriado del PP a temperatura ambiente no modifica su estructura amorfa como si lo hace el PET que se vuelve vidrio al enfriarse lentamente.

A primera vista la elección del PET por costo es conveniente ya que su precio está alrededor de 250 pesos hasta los 300 pesos por kilogramo y es más fácil la obtención del mismo en la ciudad de Cúcuta Norte de Santander. El PP tiene un costo mayor, puede estar entre los 600 pesos hasta 1000 pesos el kilogramo y es menor la disposición de este tipo de plástico. Pero por el proceso que se tiene que hacer para extruir los dos tipos de plástico por consumo eléctrico, al aumentar las temperaturas de las resistencias eléctricas, flujo de refrigerante y el enfriamiento del plástico es aún más costoso utilizar el PET.













14. BIBLIOGRAFIA

ACHINTE, R. C. (2011). DISEÑO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA. SANTIAGO DE

CHILE: UNIVERSIDAD DEL VALLE.

- Anguita, R. (1977). Extrusión de plasticos. Madrid: H. blume ediciones. .
- Arangiz, I. F., & Hidalgo, J. P. (2010). *PLASTICOS*. BOGOTA: ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA.
- CARDENAS, L. D., & CARDENAS, V. C. (2015). DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA DESFRIBRADORA DE HOJAS Y PSEUDOTALLOS PARA OBTENER MATERIAL LIGNOCELULÓGICO A UTILIZAR COMO REFUERZO DE POLIMERO. BOGOTA COLOMBIA: ESCUELA POLICTECNICA NACIONAL.
- departamento de tecnologia. (2012). plasticos. bogota: 3° E.S.O.
- ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA. (2007). *PLASTICOS PROTOCOLO*. BOGOTA: LABORATORIO DE PRODUCCION.
- García, S. (2009). *REFERENCIAS HISTÓRICAS Y EVOLUCIÓN DE LOS PLÁSTICOS*. Europa España: Revista Iberoamericana de Polímeros.
- GOMEZ, J. J., & BEDOYA, J. E. (2007). *DISEÑO DE UNA EXTRUSORA PARA PLASTICO*. Pereira : Escuela Tecnologica Mecanica.
- IMPI. (1997). *ENCICLOPEDIA DEL PLASTICO*. MEXICO: INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL.
- Maini, V. (2015). *PLÁSTICOS.MATERIALES ORGÁNICOS DE SÍNTESIS*. España: la Salle Arq. .
- medioambiente. (2016, abril 29). cinco datos para entender el daño del plastico en el mundo. *EL tiempo*, p. 1.
- PLASTIVIDA, C. d. (2006). Degradación de los materiales plasticos. *Entidad Técnica Profesional Especializada en Plásticos y Medio Ambiente*, 3.













Savgrodny, v. k. (2000). Transformación de plasticos. Barcelona: Gustavo Gili.

TECNOLOGIA DEL PLASTICO. (2009). PLASTICOS. ARGENTINA: 2009.

- Quintana, J. G., & Rodriguez, J. D. (2010). Estudio de factibilidad para reciclar envases plasticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil. GuayaquilEcuador: Universidad politencnica Salesiana.
- Trullás Resistencias Eléctricas. (2016). *RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES*. Barcelona: SANT JOAN DESPÍ.
- villegas, a. a. (2007). reconstruccion y reconversion de una maquina de extrusion soplado para el laboratorio de procesamiento de plasticos. Bogota : Escuela colombiana de ingenieria. .
- WWW.WEG.NET. (2010). *Guia de especificaciones de motores electricos*. Alemania : Grupo weg.







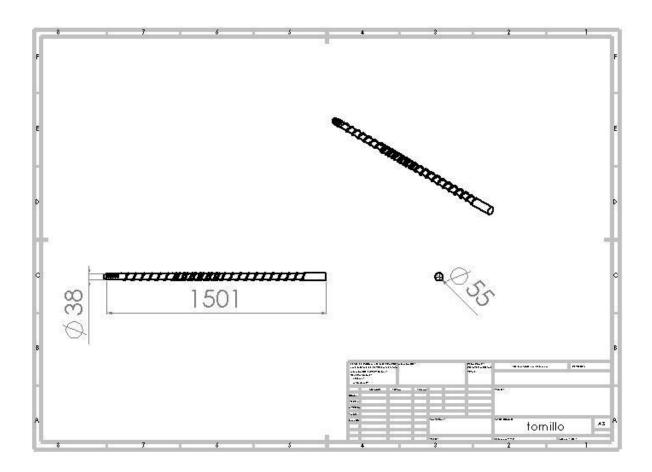






15. ANEXOS

PLANOS DE LOS COMPONENTES DE LA EXTRUSORA DE PLASTICO ANEXO 1 PLANO HUSILLO EXTRUSOR







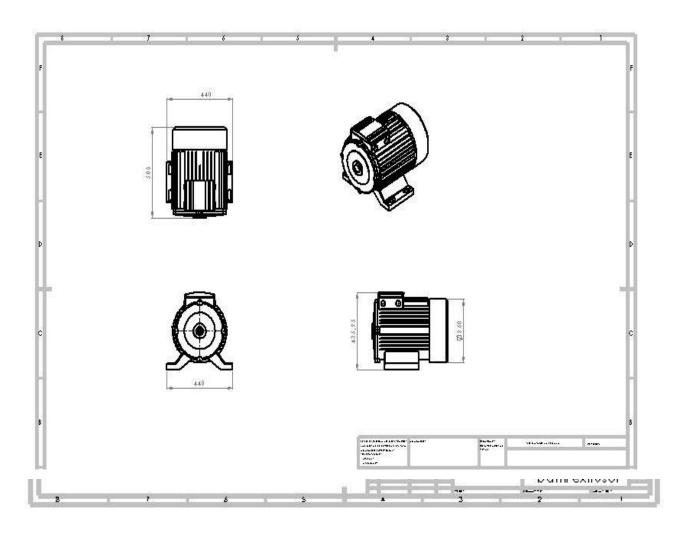








ANEXO 4. PLANO DE MOTOR ELECTRICO





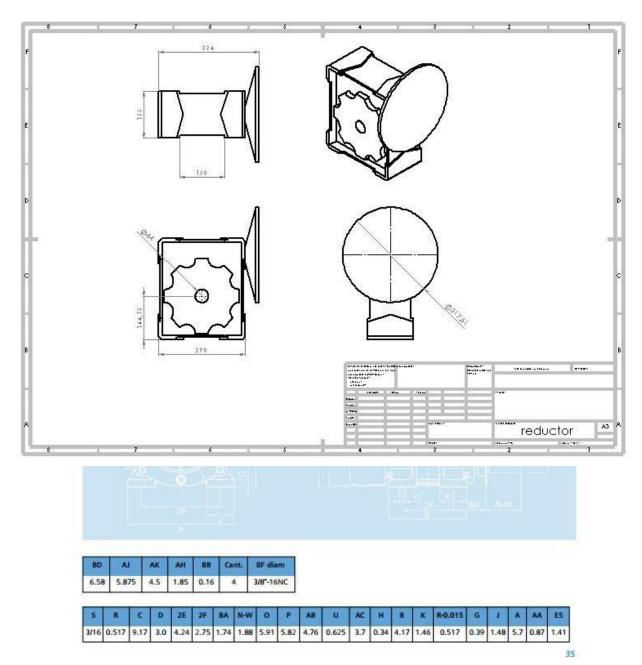












ANEXO 5. PLANO DE REDACTOR DE VELOCIDAD.



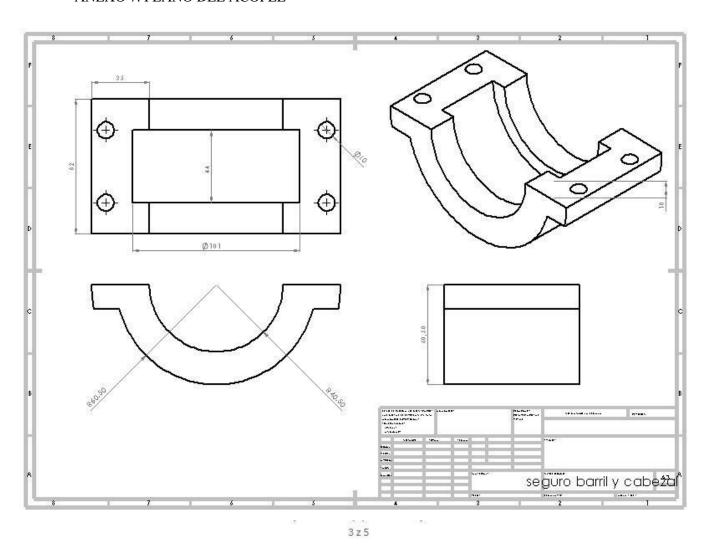








ANEXO 7. PLANO DEL ACOPLE







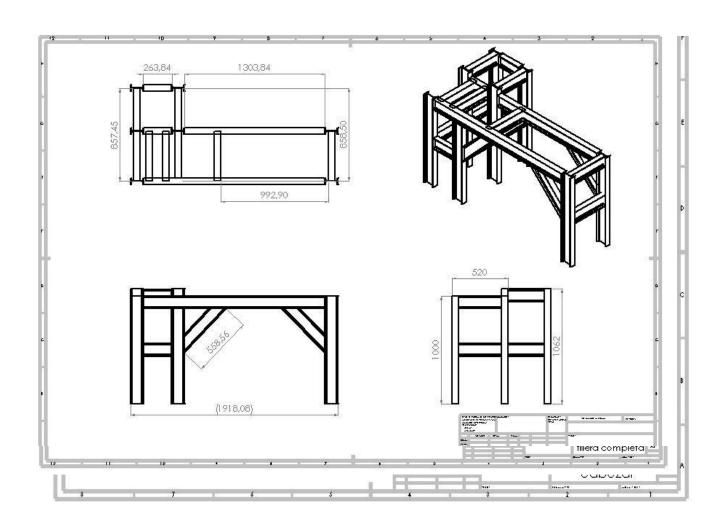








ANEXO 10. PLANO DE LA ESTRUCTURA METALICA (BASE)







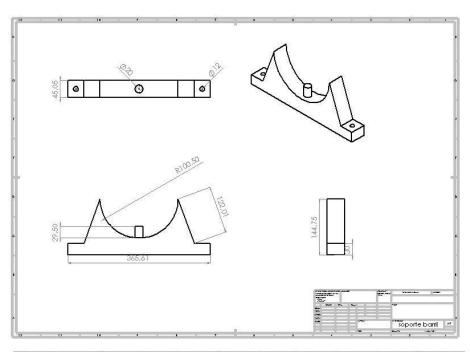


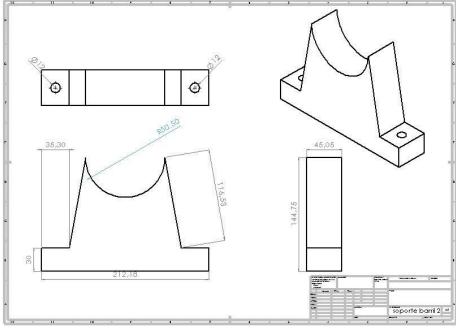






ANEXO 11. PLANO DE SOPORTE

















ANEXO 12 FICHA TECNICA DE NS 160 SCHNEIDER















Compact NS interruptores termomagnéticos para redes de baja tensión.

			NS1	00		NS	160		NS2	50		NS4	00		NS6	30	
Número de polos 2		2,3,4		2,3,4		2.3,4		3.4			3,4						
Características eléctric	cas según IE0	C 947-2 v	EN 6	0947	-2							1					
Corriente nominal (A)	In 40°C		100		1000	160			250			400			630		
Tensión nominal de aistamient	1,337, 7,73,47,		750			750		750			750			750			
Tensión de choque (KV)	Uimp		8			8		8		- 1	8			8			
Tensión nominal (V)	Ue CA 50/60 Hz		690		690		690		690			690					
			N	Н	L	N	Н	L	N	Н	L	N	Н	L	N	Н	L
Poder último de corte	lcu CA 50/60 H	z 220/240 V	85	100	150	85	100	150	85	100	150	85	100	150	85	100	150
(kA rms)		380/415 V	25	70	150	36	70	150	36	70	150	45	70	45	36	70	150
		440/480 V	20	65	130	35	65	130	35	65	130	42	65	130	42	65	130
		500/525 V	18	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
		660/690 V	8	10	20	8	10	20	8	10	20	10	20	35	10	20	35
Poder de corte en servico	ics (% icu)	000,000 4	100%	-	-	1009	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1009
Apto para seccionamiento	100 (10 100)		-	10070			1007	10070			100.10	-					
Categoria de utilización			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Protección			-		-		17.	1		-						,,,	
Protección contra sobre-	Unidades interca	mhiablac	_			-			-			_					
corrientes Ajustes de corriente mín		- C. L. G. L. S. C. L	12.5/100		12.5/160		12.5/250		_	160/400		250/630					
Protección de falla a tierra	Módulo Vigi opci	The state of the s	ELX 12.3/100			12.3/100		12.3/230		100400		230/030					
Alto umbral (unids, electrónicas)				-						E							
Instalación y conexión	1								-								
Fija/frontal																	
Fija/trasera					-												
Enchufable (en base)																	
Extraible (en chasis)			-									•					
Indicación y Medición																	
Funciones relacionadas con	Indicación	local	-							•							
unidades electrónicas	de carga	e carga remota															
	Indicación de falla								8								
	Comunicación																
Indicador de presencia de voltaje								•									
Módulo de medición de corriente																	
Módulo monitor de aislamiento		•		•				•									
Funciones de control																	
Mando rotatorio lago o corto																	
Contactos auxiliares																	
Motor operador																	
Enclavamiento eléctrico y mecánico							III.										
Dimensiones																	
Dimensiones W x H x D (mm)	3p		105 x	161 x 8	6							140 x	255 x 1	10			
Peso (kg)	40-4	1	1,6 a	1,9	11							6					













ANEXO 13. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL BREAKER

Technical Characteristics

Toolinious onusactorious	
Horsepower Rating (1-Phase)	2HP@115VAC - 3HP@230VAC
Maximum Voltage Rating	600VAC
Mounting Type	Panel
Number of Poles	3-Pole
Starter Type	Non-Reversing
Thermal Trip Setting	20A to 25A
Туре	GV2
Horsepower Rating (3-Phase)	5HP@200VAC - 7.5HP@230VAC - 15HP@460VAC - 20HP@575VAC
Marketing Trade Name	TeSys
Operator Type	Pushbutton
Overload Type	Ambient Compensated Bimetallic (Class 10)
Interrupt Rating	Standard
Terminal Type	Screw Clamp
Approvals	UL Listed File Number: E164864 NLRV - CSA Certified File Number: LR81630 Class: 3211 05 - CE Marked

Shipping and Ordering

Category	22367 - Protectors, Starter, Manual, Type GV2
Discount Schedule	l11
GTIN	00785901212034
Package Quantity	1
Weight	0.64 lbs.
Availability Code	Stock Item: This item is normally stocked in our distribution facility.
Returnability	Y
Country of Origin	FR















BREAKER GV2ME22, COMPONENTE ELECTRICO DE LA EXTRUSORA DE PLASTICO.













ANEXO 14. VARIADOR DE VELOCIDAD G120 SIEMENS Y FICHA TECNICA

Etapas de potencia	PM230 IP55	PM230 IP20	PM240/PM240-2 IP20	PM250 IP20 Frenado con realimentación			
etapas de potencia	Comportamiento de frenado restringido	Comportamiento de frenado restringido	Frenado con resistencia de freno				
Tensión de red			0 V 3 AC ± 10%				
Potencia HO = High Overload LO = Low Overload	Filtrado/filtro 8: 0,25 75 kW (HO) 0,37 90 kW (LO)	0,25 55 kW (HO) 0,37 75 kW (LO)	Sin filtrar 0,37 200 kW (HO) 0,55 250 kW (LO) Filtrado 0,37 75 kW (HO) 0,55 90 kW (LO)	Sin filtrar 15 75 kW (HO) 18,5 90 kW (LO) Filtrado 5,5 75 kW (HO) 7,5 90 kW (LO)			
Intensidad asig- nada de entrada (depende de la carga del motor y de la impedancia de red)	0,9 135 A (HO) 1,3 166 A (LO)	0,9 102 A (HO) 1,3 135 A (LO)	PM240 FS A-GX (400 V) sin filtrar: 2/2,3 442 A (HOILO) PM240 FS B-F (400 V) filtrado: 2/2,3 204 A (HOILO)	13,2 135 A (HO) 18 166 A (LO)			
Intensided asigned de selide (dereting con temperatures ambiente > 40 °C (LO) o > 50 °C (HO))	0,9 145 A (HO) 1,3 178 A (LO)	0,9 110 A (HO) 1,3 145 A (LO)	PM240 FS A-GX (400 V) sin filtrar: 1,3 370 A (HO), 1,7 477 A (LO) PM240 FS B-F (400 V) filtrado: 1,3 145 A (HO), 1,7 178 A (LO)	1,3 145 A (HO) 1,7 178 A (LO)			
Dimensiones de montaje (An x Al x P) en mm Profundidad sin Control Unit	E: 37 45 kW: 320 x 751 x 329 F: 55 90 kW: 410 x 915 x 416 Filtrado, filtro 8 (potencia en LO): A: 0,37 3 kW: 154 x 460 x 249 C: 11 15 kW: 230 x 640 x 249 D: 18,5 30 kW: 320 x 640 x 329 E: 37 45 kW: 320 x 751 x 329	F: 75 90 kW: 350 x 634 x 316 Filtrado (potencia en LO) A: 0,37 3 kW: 73 x 196 x 165 B: 4,0 7,5 kW: 100 x 292 x 165 C:11 18,5 kW: 140 x 355 x 165 D: 22 37 kW: 275 x 512 x 204	C: 7,5 15,0 kW: 189 x 334 x 185 D: 18,5 30 kW: 275 x 512 x 204	E: 37 45 kW: 275 x 635 x 20			
Aumento de profundidad con CU en mm	0	CU230: 58 CU240: 48 CU240: 40 Exception PSGX: 0					
Aumento de profundidad con panel en mm	BOP-2: 5 IOP: 15		BOP-2: 12 IOP: 25 Excepción FSGX: 0	1 (1 (1 (1 (1 (1 (1 (1 (1 (1 (
Conformidad con las normas	UL, CE, c-tick	7	UL, cUL, CE, c-tick, SEMI F47	FM, cULus, CE, c-Tick,			
Marca CE		Según Directiva de	baja tensión 2006/95/CE				
Datos eléctricos							
Frecuencia de red		47	63 Hz				
Capacidad de sobrecarga		oad (HO): 200% durante 3 s más 150	% durante 57 s dentro de un ciclo de car % durante 57 s dentro de un ciclo de car educe la intensidad de salida continua2)	ga de 300 s.			
Frecuencia de salida		0 650 Hz (tipo	de control Uff y FCC)				
Frecuencia de pulsación		4 kHz (estándar) o 4 16 kHz (IDEM) 4 kHz 16 kHz (derating) FS F: 4 kHz 16 kHz (derating) 4 kHz 18 kHz (derating)					
Rendimiento del convertidor	86	98%	96 97 %	95 97%			
Compatibilidad electromagnética	Filtro de red integrado clase A o B según EN 61800-3 C2 y EN 61800-3 C1 tabla 14		Filtro de red opcional disponible clase A o B según EN 55011	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
Funciones			3180/REDA				
Funciones de freno	Frenado por co	rriente continua	Freno resistivo, freno por corriente continua, freno de mantenimiento del motor, freno combinado	Realimentación de energía en régimen generador			
	-			A.c.			
Motores compatibles		Motores trifficione	síncronos y asíncronos				















VELOCIDAD DE GIRO CON POTENCIOMETRO.













ANEXO 15. FICHA TECNICA CONTROLADORES TCN4S

Series			10	60 E	TC4 series	5E	0.	V/E				
Selles		TC4S	TC4SP	TC4Y	TC4M	TC4H	TC4W	TC4L				
Power	supply			100-	-240VAC 50/	60Hz	,					
Allowa range	ble voltage	90-110% of rated voltage										
Power o	consumption	Max. 5VA										
Displa	y method	7Segment(Red), Other display(Green, Yellow, Red LED)										
Chara	cter H	15.	.0mm	15.0mm	20.0mm	14.6mm	20.0mm	22.0mm				
size	W	7.	Omm	7.4mm	9.5mm	7.0mm	9.5mm	11.0mm				
Input	RTD	6	DIN Pt100	Ω (Allowable	line resistar	os max.5Ω	per a wire)					
type	TC				K(CA), J(IC)							
Displa metho		(*2)										
	Relay	250VAC 3A 1a										
Outpu	t SSR	12VDC ±2V 20mA Max.										
	Sub	AL1, AL2 relay output: 250VAC1A1a(#TC4SP, TC4Y have AL1 only.)										
Contro	ol method	ON/OFF and P. Pl. PD, PID control										
Hyster	esis	1 - 100°C(KCA,JIC,PT1) / 0.1 - 50.0°C(PT2)										
Propor	tional band	0.1 - 999.9℃										
Integr	al time(I)	9999sec.										
Derivat	tive time (D)	9999sec.										
Contro	ol period	0.5 - 120.0sec.										
	al reset	0.0 ~ 100.0%										
Sampl	ling period	100ms										
Dielect	ric strength	2000VAC 50/60Hz for 1min.(Between input terminal and power terminal)										
Vibrati	ion	0.75mm amplitude at frequency of 5-55Hz in each X, Y, Z directions for 2 hours										
Relay	Mechanical	Min. 10,000,000 operations										
cycle	Malfunction	Min. 100,000 operations (at 250VAC 3A resistive load)										
Insulatio	on resistance		Min. 100M Q (at 500VDC)									
Noise			Square shaped noise by noise simulator(pulse width 1 ps) ±2kV R-phase and S-phase									
Memory retention		Appro	Approx. 10 years (When using non-volatile semiconductor memory type)									
Ambient temperature		-10 - 50℃ (at non-freezing status)										
Storage temperature		-20 - 60°C (at non-freezing status)										
Service of	nt humidity				35 - 85% RH							
	reight	Approx. 97c	The Committee of the second	F 40 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	A STATE OF THE PARTY.	8 to 10 to 1	The second secon	1 mg				





















