

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS  
ESCUELA DE INGENIERIA TEXTIL**

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE GRANULOS DE  
POLIAMIDA DE BAJA Y ALTA VISCOSIDAD**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIEROS  
TEXTILES**

**POR:  
IVAN BUSTAMANTE  
ELMER CARVAJAL**

**IBARRA – 2001**

## **APROBACIÓN**

La tesis titulada **“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE GRANULOS DE POLIAMIDA DE BAJA Y ALTA VISCOSIDAD”** presentada por: Ivan Bustamante y Elmer Carvajal, como requisito para optar por el título de **Ingenieros Textiles** fue aprobada el .....de Mayo del 2001

**DIRECTOR DE TESIS:** \_\_\_\_\_

**Ing. Marcelo Puente**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Empresa **ENKADOR S.A.**, que fue quién permitió que esta tesis llegue a feliz termino al facilitar sus instalaciones, equipos y a su personal técnico quienes colaboraron con sus experiencias al dirigir la presente tesis y dónde hemos desarrollado nuestro trabajo.

A la **Universidad Técnica del Norte** en especial a la **Escuela de Ingeniería Textil**, a todo su personal docente quienes supieron inculcarnos el saber y la enseñanza que día a día nos a fortalecido en este mundo tan competitivo.

## **DEDICATORIA**

**A Dios, a mis Padres y a toda mi Familia que sin su apoyo no hubiera sido posible terminar este trabajo.**

**A mi esposa quién a compartido el sacrificio y su amor.**

**A mi hija para que en el futuro siga los mismos pasos que su padre.**

**E. Carvajal**

## **DEDICATORIA**

**A Dios, a mis Padres quienes desde el cielo comparten mis alegrías y penas.**

**A mi esposa por su bondad y cariño,**

**Y a mi hija para que en el futuro siga los mismos pasos que su padre.**

**I. Bustamante**

# INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>14</b>
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS	15

## CAPITULO I

<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>16</b>
1.1 LOS POLIMEROS CONCEPTO	16
1.2 LA POLIAMIDA Y SU OBTENCION	17
1.2.1 EL PRIMERO AMIDA	17
1.2.2 EL SEGUNDO DIAMINA + ACIDO	18
1.2.3 SINTESIS	18
1.2.3.1 FASE INICIAL	18
1.2.3.1.1 APERTURA DE CICLOS POR HIDRÓLISIS	19
1.2.3.1.2 POLIADICION	19
1.2.3.2 SEGUNDA FASE	19
1.2.4 TERCERA FASE: INCREMENTO DEL PESO MOLECULAR	19
1.3 ESTRUCTURA QUIMICA	20
1.4 PROPIEDADES DE LA POLIAMIDA	20
1.4.1 PROPIEDADES FISICAS	20
1.4.2 PROPIEDADES QUIMICAS	21
1.5 VISCOSIDAD Y SU INFLUENCIA EN EL HILO	22
1.5.1 CONCEPTO DE VISCOSIDAD	22
1.5.2 TAMAÑO MOLECULAR Y EFECTO EN PROPIEDADES	22
1.5.2.1 RESISTENCIA MECANICA	22
1.5.2.2 CAPACIDAD DE TEÑIDO	23
1.5.2.2.1 CARACTERISTICAS DEL HILO DE BAJO PESO MOLECULAR	23
1.5.2.2.2 CARACTERISTICAS DEL HILO DE ALTO PESO MOLECULAR	24

## CAPITULO II

<b>2. PROCESO DE PRODUCCION DE HILOS DE POLIAMIDA</b>	<b>25</b>
2.1 PROCESO DE HILATURA POR FUSION	25
2.1.1 INTRODUCCION	25
2.1.1.1 REACTOR DE POLICONDENSACION	25
2.1.1.2 POR MEDIO DE PARRILLAS	25
2.1.1.3 POR MEDIO DE EXTRUSORES	25
2.1.2 LLENADO DEL SILO PRESURIZADO CON NITROGENO	26
2.1.3 EXTRUSION	27
2.1.3.1 HILADO POR MEDIO DE EXTRUSORES EU-10	27
2.1.3.1.1 ZONA DE TRANSPORTE	27

2.1.3.1.2 ZONA DE COMPRESION	28
2.1.3.1.3 ZONA DE BOMBAS	28
2.1.3.2 TORNILLO EXTRUSOR	28
2.1.3.3 ZONAS DE CALEFACCION	29
2.1.3.4 EL POLIMERO EN LA CABEZA DEL EXTRUSOR	29
2.1.3.5 PRESION DEL POLIMERO	30
2.1.3.6 TEMPERATURA DEL POLIMERO TS7	31
2.1.4 HILADO	31
2.1.4.1 MAQUINA DE HILAR	31
2.1.4.1.1 LINEAS DE POLIMERO	31
2.1.4.1.2 CAJAS DE HILAR	32
2.1.4.1.3 SISTEMA DE DOWTHERM	32
2.1.4.1.4 DOSIFICACION DEL POLIMERO	33
2.1.4.1.5 PRESION ANTES DE LA BOMBA	35
2.1.4.1.6 CONJUNTO DE HILAR	35
2.1.4.1.7 PIEZA DE RELLENO HEYNIS	35
2.1.4.1.8 PLACAS DE HILAR	35
2.1.4.1.9 PRESION DEL POLIMERO DESPUES DE LA BOMBA DE HILAR	37
2.1.4.1.10 TEMPERATURA DE LA PLACA DE HILAR	37
2.1.5 CAJAS DE SOPLADO	38
2.1.5.1 AIRE DE SOPLADO	38
2.1.5.2 TEMPERATURA DE TRANSICION VITREA	40
2.1.5.3 ¿QUÉ ES UNA ZONA CRISTALINA Y ZONA AMORFA?	41
2.1.6 MESA PORTA JET DE AVIVAJE	41
2.1.6.1 JET DE AVIVAJE	42
2.1.6.2 AVIVAJE	43
2.1.7 CHIMENEA	43
2.1.8 EMBOBINADO	44
2.1.8.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE EMBOBINADO	44
2.1.9 PROPIEDADES DEL HILO NO ESTIRADO	46
2.1.9.1 PREORIENTACION DE LAS MOLECULAS EN EL HILO	46
2.2 PROCESO DE TEXTURIZADO	47
2.2.1 INTRODUCCION	47
2.2.2 DESCRIPCION DE LA MAQUINA FK5	49
2.2.2.1 FILETA DE DESENROLLAMIENTO	49
2.2.2.2 GUIA HILO CERAMICO	49
2.2.2.3 CORTA HILOS	49
2.2.2.4 SISTEMA ALIMENTADOR DE BANDAS	49
2.2.2.5 DISPOSITIVO KLETTERMAX	50
2.2.2.6 CALEFACCION PRIMARIA ó T1	50
2.2.2.7 DISCOS DE FRICCION Y AGREGADOS	51
2.2.2.8 GUARDA HILOS O SENSOR	52
2.2.2.9 SEGUNDO ALIMENTADOR ó V2	52
2.2.2.10 CAJAS DE CALEFACCION ó T2	52
2.2.2.11 RODILLO DE ENROLLAMIENTO ó V4	53

2.2.3 TIPO DE FORMACION DEL PAQUETE	54
2.2.4 VELOCIDAD DEL VAIVEN	54
2.2.5 CONICIDAD DEL PAQUETE	55
2.2.6 DISTURBANCIA DEL ESPEJO	55
2.2.7 LA RESPIRACION	55
2.2.8 TENSION Y SU INFLUENCIA EN EL TEXTURIZADO	56
2.2.9 CARACTERISTICAS DEL HILO TEXTURIZADO	56
2.3 PROCESO DE RETORCIDO	57
2.3.1 INTRODUCCION	57
2.3.2 OBJETIVO DE RETORCER	58
2.3.3 MAQUINARIA UTILIZADA	59
2.3.3.1 CONJUNTO TENSOR	59
2.3.3.2 OLLA O POTE	59
2.3.3.3 RODILLO SOBREALIMENTADOR	59
2.3.3.4 RODILLO V4	59
2.3.4 TIPOS DE TORSION	61
2.3.5 SISTEMAS DE TORSION	62
2.3.5.1 RETORCIDO SIN HUSO	62
2.3.5.2 DOBLE TORSION	63
2.3.6 PROCESO DE RETORCER POLIAMIDA EN MAQUINAS RATTI R441	63
2.4 ENCONADO	64
2.4.1 INTRODUCCION	64
2.4.2 MAQUINARIA UTILIZADA	65

### **CAPITULO III**

<b>3.0 USOS DONDE EL CLIENTE</b>	<b>66</b>
3.1 USOS PRIMARIOS	66
3.2 USOS FINALES	66
3.3 USOS PRIMARIOS	66
3.4 USOS FINALES	66
3.5 EFECTOS DE LOS HILOS EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS TEJIDOS	68

### **CAPITULO IV**

<b>4.0 DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE PROCESO</b>	<b>69</b>
4.1 CONDICIONES DE HILATURA	69
4.1.1 INFLUENCIA DEL LLENADO EN EL SILO	69
4.1.2 EXTRUSOR Y PRESION DE POLIMERO	69
4.1.3 PAQUETE DE FILTRADO	72
4.1.4 TIPO DE HILERAS	75
4.2 PARAMETROS QUE INFLUYEN EN EL TEÑIDO	76
4.2.1 GRANULOS	76
4.2.2 EXTRUSOR	77
4.2.3 CONDICIONES DE AIRE DE SOPLADO	77
4.3 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LAS PROPIEDADES DE LOS HILOS TEXTURIZADOS	78



4.3.1 RELACION DE ESTIRADO	78
4.3.2 TEMPERATURA DE PLACAS ó T1	79
4.3.3 TORSIONES	79
4.3.4 TEMPERATURA DE CAJA FIJADORA ó T2	79
4.3.5 SOBREALIMENTACION	80
4.3.6 TEMPERATURA DE PLACAS Y CAJAS	80
4.3.7 VELOCIDAD DE EMBOBINADO	80
4.3.8 VELOCIDAD DE VAIVEN	80
4.4 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LAS PROPIEDADES DE HILO RETORCIDO	80
4.4.1 TORSIONES	80
4.4.2 SOBREALIMENTACION	81
4.4.3 VELOCIDAD DE TRABAJO	81
4.4.4 TENSION DE TRABAJO	81
4.4.5 TEMPERATURA DE CAJAS	82
4.5 INFLUENCIA DE VARIABLES DE PROCESO EN LAS PROPIEDADES DE HILO ENCONADO	82
4.5.1 VELOCIDAD DE TRABAJO	83
4.5.2 TENSION DE TRABAJO	83
4.5.3 CONTENIDO DE AVIVAJE	83
4.6 CONDICIONES DE PROCESO MODELO	84
4.7 PARAMETROS DE CONTROL DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN PROCESO	86
4.7.1 CONTROL DEL GRANULO	86
4.7.2 CONTROL DE HUMEDAD	86
4.7.3 CONTROL DE VISCOSIDAD	87
4.7.4 PORCENTAJE DE CENIZAS	87
4.8 CONROL DE PROPIEDADES FISICAS DEL HILO	87
4.8.1 DECITEX	87
4.8.2 TENACIDAD	87
4.8.3 ELONGACION	87
4.8.4 REGULARIDAD	88
4.8.5 COEFICIENTE DE VARIACION	88
4.8.6 VIVIDEZ POR METRO	88
4.8.7 ENCOGIMIENTO AL AIRE CALIENTE HL	88
4.8.8 ENCOGIMIENTO AL AGUA CALIENTE KK	88
4.8.9 AFINIDAD	89
4.8.10 DUREZA DE DIRECTAS	89

## **CAPITULO V**

<b>5.0 PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>90</b>
5.1 CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN HILATURA	90
5.1.1 DIVERSAS PRUEBAS DEL GRANULO TIPO A EN HILATURA	91
5.1.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL GRANULO TIPO A EN HILATURA	92
5.1.3 GRAFICOS DE CONTROL DE LA CORRIDA DEL GRANULO TIPO A	

EN HILATURA	93
5.2 CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZADO	95
5.2.1 DIVERSAS PRUEBAS DEL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZADO	95
5.2.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZA	96
5.2.3 GRAFICOS DE CONTROL DE LA CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZADO	97
5.3 CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO	99
5.3.1 DIVERSAS PRUEBAS DEL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO	99
5.3.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO	99
5.3.3 GRAFICOS DE CONTROL DE LA CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO	100
5.4 CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN ENCONADO	102
5.4.1 DIVERSAS PRUEBAS DEL GRANULO TIPO A EN ENCONADO	102
5.4.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL GRANULO TIPO A EN ENCONADO	102
5.4.3 GRAFICOS DE CONTROL DE LA CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN ENCONADO	103
5.5 EVALUACION DE PROPIEDADES FÍSICAS ENTRE CORRIDAS CON GRANULOS TIPO A Y TIPO B	105
5.6 ANALISIS DE COSTOS	108
5.6.1 INTRODUCCION	108
5.6.2 COMPARACION DE UTILIDADES DE LOS HILOS TIPO A Y TIPO B	108
5.6.3 PUNTO DE EQUILIBRIO	109
5.6.4 GRAFICO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO	110

## **CAPITULO VI**

<b>6.0 RESULTADOS</b>	<b>111</b>
6.1 EN LA HILATURA	111
6.3 EN EL TEXTURIZADO	113
6.5 EN EL RETORCIDO	116
6.6 EN EL ENCONADO	118
<b>7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>120</b>
<b>7.1 CONCLUSIONES</b>	<b>120</b>
<b>7.2 RECOMENDACIONES</b>	<b>122</b>
<b>8.0 ANEXOS</b>	<b>125</b>
<b>9.0 BIBLIOGRAFIA</b>	<b>138</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIG.1 PROCESO DE POLICONDENSACION DE LA POLIAMIDA</b>	<b>19</b>
FIG.2 MIGRACION DEL COLORANTE EN HILO DE BAJA VISCOSIDAD	24
FIG.3 MIGRACION DE COLORANTE EN HILO DE ALTA VISCOSIDAD	24
FIG.4 ESQUEMA DE HILATURA PARA NYLON	26
FIG.5 EXTRUSORES SIN PROTECCION TERMICA	27
FIG.6 GEOMETRIA DEL TORNILLO EXTRUSOR	28
FIG.7 PUNTA DE SENSOR PI61/PI62	30
FIG.8 REGISTRADOR DIGITAL	30
FIG.9 FILTROS DE LA SALIDA DEL EXTRUSOR	30
FIG.10 LINEAS DE POLIMERO DESDE EL EXTRUSOR HASTA LAS BOMBAS DE HILAR	32
FIG.11 SISTEMA DE DOWTHERM	33
FIG.12 DIVERSOS TIPOS DE BOMBAS	34
FIG.13 BOMBAS DE HILAR	34
FIG.14 ENGRANAJES DE BOMBAS DE HILAR	34
FIG.15 HILERAS EU-10	36
FIG.16 CAJA DE SOPLADO	39
FIG.17 MESA PORTA JET	42
FIG.18 EMBOBINADO DEL HILO	44
FIG.19 CABEZAL EMBOBINADOR DE HILO	46
FIG.20 PARTES PRINCIPALES DE LA TEXTURIZADORA FK5	48
FIG.21 AGREGADOS Y DISCOS DE KIOCERA	52
FIG.22 RETORCEDORA RATTI 441	58
FIG.23 PARTES PRINCIPALES DE LA RETORCEDORA RATTI R-441	60
FIG.24 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RETORCIDO A DOBLE TORSIÓN	63
FIG.25 INFLUENCIA DE LOS HILOS EN EL TEÑIDO	68
FIG.26 RELACION ENTRE LA PRESION Y EL DECITEX	70
FIG.27 DIFERENCIA ENTRE AFINIDAD VS. TEMPERATURA	70
FIG.28 RELACION DEL TIEMPO DE RESIDENCIA VS. VARIACION DE VISCOSIDAD	72
FIG.29 FILTROS DE DIFERENTE MESH	73
FIG.30 FILTROS F	74
FIG.31 FILTROS G	74
FIG.32 COLOCACION OPTIMA DE LOS FILTROS EN LA HILERA	75
FIG.33 DISTRIBUCION DEL POLIMERO EN LA HILERA	76
FIG.34 TEMPERATURA DE ZONAS DEL EXTRUSOR 1,2,3,4,5,6,7,8	93
FIG.35 PRESIONES PI61, PI62 Y PIC21	94
FIG.36 FALTAS POR TONELADA Y FALTAS DE CALIDAD	94
FIG.37 TITULO, TENACIDAD Y ELONGACION	95
FIG.38 RELACION DE ESTIRADO Y D/Y	97
FIG.39 TITULO, ELONGACION Y TENACIDAD	98
FIG.40 FALTAS POR TONELADA Y DEGRADACIÓN POR AFINIDAD	98

FIG.41 RELACION DE ESTIRADO Y D/Y	100
FIG.42 TITULO, TENACIDAD Y ELONGACION	100
FIG.43 TORSIONES Y KK	101
FIG.44 FALTAS POR TONELADA Y FALTAS DE CALIDAD	101
FIG.45 VELOCIDAD RODILLO DE AVIVAJE Y PESAS DE TENSION	103
FIG.46 TITULO, TENACIDAD, ELONGACION Y ACEITE	103
FIG.47 FALTAS POR TONELADA Y DEGRADACIÓN POR AFINIDAD	104
FIG.48 TORSIONES Y DUREZA	104
FIG.49 FALTAS POR TONELADA Y DEGRADACIÓN POR AFINIDAD	105
FIG.50 PUNTO DE EQUILIBRIO	110
FIG.51 VISCOSIDAD VS. TS7	112
FIG.52 ELONGACION VS. TS7	112
FIG.53 F/T VS. PI62	113
FIG.54 R/E VS. ELONGACION	114
FIG.55 R/E VS. TENACIDAD	114
FIG.56 R/E VS. % DEGRADACIÓN POR AFINIDAD	115
FIG.57 T1 VS. % DEGRADACION POR AFINIDAD	115
FIG.58 R/E VS. FILAMENTOS ROTOS	116
FIG.59 TEMPERATURA DE CAJAS VS. ELONGACION	116
FIG.60 KK VS. TEMPERATURA DE CAJAS	117
FIG.61 TEMPERATURA DE CAJAS VS. HL%	117
FIG.62 R.P.M HUSOS VS. TORSIONES	118
FIG.63 R.P.M RODILLO AVIVAJE VS. FILAMENTOS ROTOS	119
FIG.64 R.P.M RODILLO DE AVIVAJE VS. ACEITE	119
FIG.65 PESO DEDOS TENSORES VS. DUREZA	120

## **INDICE DE TABLAS**

<b>TABLA.1 PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>	<b>21</b>
TABLA.2 PROPIEDADES QUIMICAS DEL NYLON	21
TABLA.3 LA VISCOSIDAD Y SU RELACION CON LA LONGITUD DE CADENA Y PESO MOLECULAR	22
TABLA.4 RESISTENCIA MECANICA DE LA POLIAMIDA	23
TABLA.5 NUMERO DE COMPARTIMENTOS Y CAPACIDAD DE BOMBAS	34
TABLA.6 PROPIEDADES Y EFECTOS DE LOS HILOS EN EL TEJIDO	67
TABLA.7 TEMPERATURAS DE LAS ZONAS DEL EXTRUSOR	70
TABLA.8 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA VISCOSIDAD ALTA Y BAJA	71
TABLA.9 FILTROS Y SU CAPACIDAD DE RETENCION DE PARTICULAS	74
TABLA.10 CONDICION DE PROCESO MODELO	86
TABLA.11 DIVERSAS PRUEBAS CON EL GRANULO TIPO A EN HILATURA	91
TABLA.12 DIVERSAS PRUEBAS CON EL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZADO	96
TABLA.13 DIVERSAS PRUEBAS CON EL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO	99
TABLA.14 DIVERSAS PRUEBAS CON EL GRANULO TIPO A EN ENCONADO	102
TABLA.15 CONTROLES EN HILATURA Y PROPIEDADES FISICAS EN EMBOBINADO	106
TABLA.16 CONTROL DE HILO TEXTURIZADO	106
TABLA.17 CONTROL DE HILO RETORCIDO	107
TABLA.18 CONTROL DE HILO ENCONADO	107
TABLA.19 ANALISIS DE RENTABILIDAD DE LOS HILOS TIPO A Y TIPO B	109
TABLA.20 ANALISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO	110
TABLA 21 CONDICIONES ADECUADAS DE HILATURA Y TEXTURIZADO	121
TABLA 22 CONDICIONES ADECUADAS DE RETORCIDO Y ENCONADO	122

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>8.1 COMPARACION VISUAL DE GRANULOS DE POLIAMIDA DE ALTA Y BAJA VISCOSIDAD</b>	<b>125</b>
8.2 COMPARACION VISUAL DE HILOS DE BOBINA	125
8.3 COMPARACION VISUAL DE HILOS DE TEXTURIZADO	125
8.4 COMPARACION VISUAL DE HILOS DE RETORCIDO	127
8.5 COMPARACION VISUAL DE HILOS DE ENCONADO	127
8.6 TEJIDO DE MEDIAS DE POLIAMIDA TEÑIDA	127
8.7 COSTO TOTAL POR KILOGRAMO DE PRODUCTO TERMINADO	128
8.8 GRAFICOS DE CONTROL DE PROCESOS DEL HILO TIPO A Y TIPO B	129

## INTRODUCCION

Los hilos de poliamida tienen una gran demanda dentro de la Industria Textil, es así que los países Asiáticos han incursionado en los mercados mundiales, abaratando el precio del hilo; ENKADOR por tradición a trabajado con gránulo de Baja Viscosidad tipo B, el mismo que en la actualidad tiene un elevado costo, lo que hace que no seamos competitivos en precios con el mercado externo.

Con el desarrollo de esta tesis queremos demostrar que si es posible abaratar los costos de producción, al adquirir materia prima de mas bajo costo que la actualmente utilizada; queriendo con ello conseguir el mismo tipo de hilo con buena calidad, a un costo más competitivo.

Para realizar este estudio se contó con la ayuda de la empresa Enkador S.A. la cual dispone de la maquinaria y equipo necesario para obtener un hilo de poliamida con gránulo de alta viscosidad tipo A, con propiedades y características similares al hilo con gránulo de Baja viscosidad tipo B.

Una vez realizadas las pruebas respectivas el hilo de alta viscosidad tipo A debe satisfacer las necesidades del cliente.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Realizar un estudio comparativo entre dos clases de gránulos diferentes, para obtener un hilo de buen rendimiento, buena calidad y bajo costo.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- a) Desarrollar condiciones de proceso ideales para la corrida del nuevo gránulo de poliamida, en los procesos de hilatura y post-tratamiento.
- b) Reducir el costo de fabricación del hilo con la adquisición de una materia prima de mas bajo costo (granulo de alta viscosidad tipo B)
- c) Evaluar con datos comparativos los resultados de calidad obtenidos con granulo de baja viscosidad (TIPO A) y alta viscosidad (TIPO B)
- d) Definir si es conveniente continuar produciendo el nuevo gránulo una vez obtenido el resultado.

## CAPITULO I

### 1 ANTECEDENTES

#### 1.1 LOS POLÍMEROS CONCEPTO.

La palabra **polímero** viene (del griego *poly* = muchos y *meros* = parte, segmento) es una sustancia cuyas moléculas son de peso molecular bajo. La unidad de bajo peso molecular es el monómero, según el número de unidades de monómero que contiene; Se llaman: Dímeros, trímeros, tetrámero, pentámero y sucesivos. El término polímero designa una combinación de un número no especificado de unidades. Si el número de unidades es muy grande, se usa también la expresión gran polímero. Un polímero no tiene la necesidad de constar de moléculas individuales todas del mismo peso molecular, y no es necesario que tengan todas la misma composición química y la misma estructura molecular.

La materia esta formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes llamadas polímeros.

Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diversas. Algunas parecen fideos, otras tienen ramificaciones, otras se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales.

Existen polímeros naturales de gran significación comercial como el algodón, formado por fibras de celulosas. La celulosa se encuentra en la madera y en los tallos de muchas plantas, y se emplean para hacer telas y papel. La seda es otro polímero natural muy apreciado y es una poliamida semejante al Nylon. La lana, proteína del pelo de las ovejas, es otro ejemplo. Sin embargo, la mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.



Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero.

## **1.2 LA POLIAMIDA Y SU OBTENCION.-**

Ninguno probablemente de los productos sintéticos que ha conquistado tan rápidamente la popularidad de la cual gozan hoy las resinas poliamídicas que se conocen con el nombre comercial de la primera poliamida puesta en el comercio en los Estados Unidos en el año de 1935: **el Nylon**.

Las poliamidas se trabajan con casi todas las técnicas en uso para los materiales termoplásticos y es imposible listar todas las aplicaciones que interesan la industria automovilística, electrónica, electrotecnia, radio y televisión, engranajes de precisión, películas para embalaje de alimentos, instrumentos quirúrgicos, prótesis y textiles.

Los diferentes tipos de Nylon o poliamidas son productos poliméricos que contienen el grupo amida como parte integral de la cadena lineal, por su estructura se relacionan con las proteínas debido a que sus monómeros tienen una estructura similar a la de los aminoácidos.

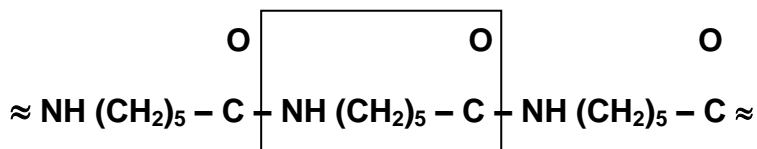
Existen algunos métodos de obtención de poliamida a continuación se detalla los siguientes:

**1.2.1 El primero** incluye a los polímeros compuestos de dos tipos de monómeros, una amina y un ácido de cadena corta, así:

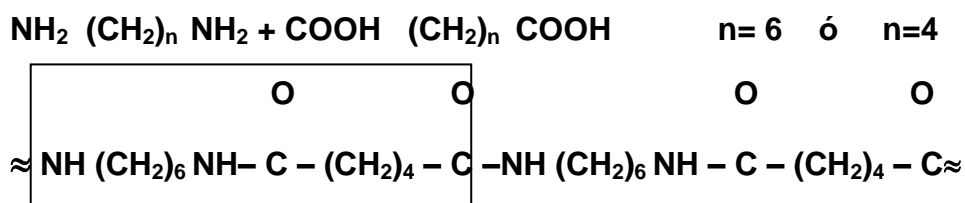
**Amída = Acido + Amina**



Obteniéndose el **Nylon 6**.



**1.2.2 El segundo** tipo resulta de la unión de: **Diaminas + Acidos**



Se le conoce con el nombre de **NYLON 6-6**

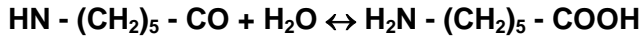
### 1.2.3 SINTESIS.-

La polimerización hidrolítica, de la caprolactama a poliamida 6, parte del calentamiento de la caprolactama en presencia de agua (5 al 10%) hasta una temperatura comprendida entre 230 a 280 °C. La polimerización se lleva acabo hasta el equilibrio, punto en el cual se encuentra como producto principal moléculas lineales de poliamida y adicionalmente ácido aminocaprónico, caprolactama, oligómeros cíclicos y agua, todos estos compuestos secundarios son extractables del polímero.

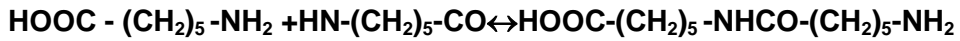
El proceso de polimerización consta de tres fases cada una se caracteriza por el tipo de reacción.

#### 1.2.3.1 FASE INICIAL.-

### 1.2.3.1.1 Apertura de ciclos por hidrólisis:



### 1.2.3.1.2 Poliadicción:



### 1.2.3.2 SEGUNDA FASE.- En esta la poliadicción prevalece.

### 1.2.4 TERCERA FASE: INCREMENTO DEL PESO MOLECULAR.



Cuando el polímero a llegado al grado de viscosidad requerida es necesario la estabilización para disminuir el grado de post condensaciones posteriores, así se pueden estabilizar los grupos terminales amino (-NH<sub>2</sub>) o carboxilo (-COOH). Esto se hace en la segunda fase del proceso adicionando una base o ácido orgánico mono funcional (ácido benzoico).

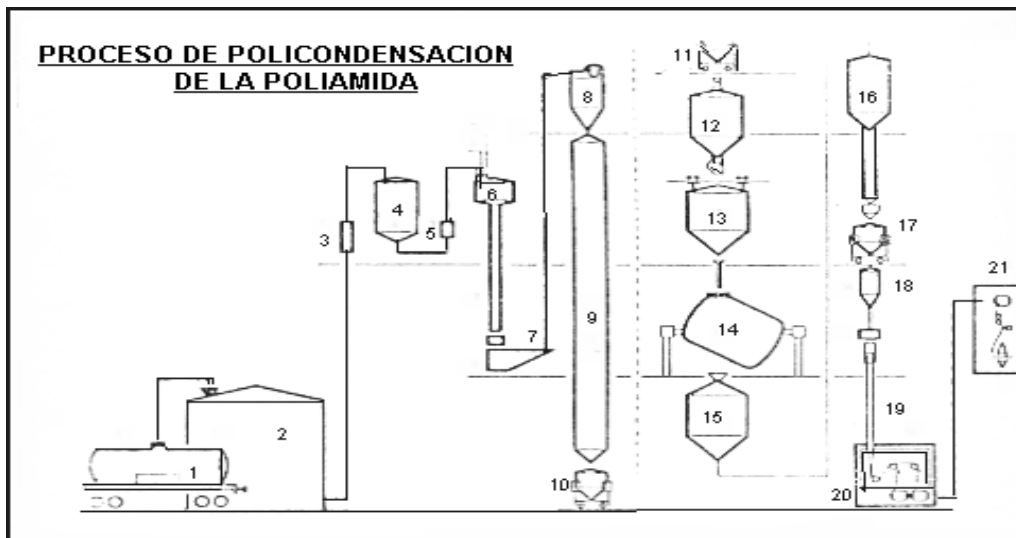


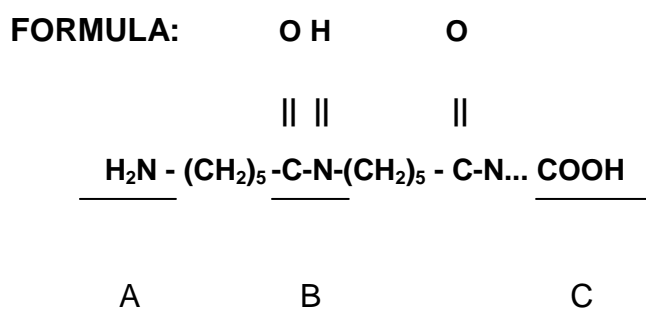
FIG.1 Proceso de Policondensación de la Poliamida

El esquema de la fabricación y el mecanismo de polimerización se describe en la figura 1.

### 1.3 ESTRUCTURA QUIMICA.-

La poliamida esta constituida por tres grupos, como son:

- a) Grupo terminal amino
- b) Grupo amida
- c) Grupo terminal carboxilo.



### 1.4 PROPIEDADES DE LA POLIAMIDA:

#### 1.4.1 PROPIEDADES FISICAS.-

Las propiedades Físicas de la poliamida las podemos observar en la siguiente tabla:

PROPIEDADES FISICAS DEL NYLON	
Temperatura máxima de uso	90 °C
Temperatura resquebrajado	0 °C
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	1.13

Flexibilidad	Rígido
Grado de transparencia	Translucido
Tamaño del chip	1 a 1.2 mm
Recuperación de humedad	4.5%
Solidez del color	El sol decolora
Flama	Funde y se contrae, perla color gris
Resistencia eléctrica	Buen aislante
Punto de transición vítrea	Bajo temperatura ambiente (20°C)

**Tabla 1. Propiedades Físicas del Nylon**

#### 1.4.2 PROPIEDADES QUIMICAS.-

Las propiedades químicas de la poliamida se encuentran en la siguiente tabla:

<b>PROPIEDADES QUIMICAS DEL NYLON</b>	
Humedad del gránulo	13% a 15%
Humedad después secado	< 0.07%
Viscosidad relativa	2.61 +/-0.03
Cenizas	0
Grupos amino – carboxilo	39-43
Resistencia a productos químicos	Disminuye con el aumento de T°

**Tabla 2. Propiedades Químicas del Nylon**

## 1.5 VISCOSIDAD Y SU INFLUENCIA EN EL HILO.-

### 1.5.1 CONCEPTO DE VISCOSIDAD.-

Es una medición de la resistencia al flujo de los líquidos.

En las plantas industriales que producen plásticos manejan el índice de **viscosidad relativa** ( $\eta_r$ ) y **viscosidad intrínseca** ( $\eta_i$ ), siendo la más empleada la primera.

Esta medición se hace en solución de polímeros, la norma usada es de 1 g de polímero / 100 ml de solución.

La Viscosidad está directamente relacionada con el tamaño molecular o longitud de cadena.

VISCOSIDAD	LONGITUD DE CADENA	PESO MOLECULAR
ALTA	LARGA	ALTO
BAJA	CORTA	BAJO

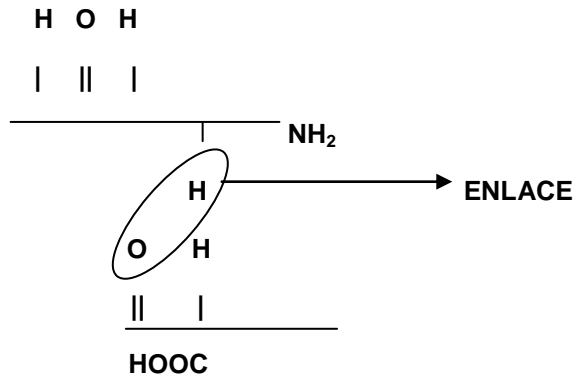
Tabla 3. La Viscosidad y su relación con la longitud de cadena y PM

### 1.5.2 TAMAÑO MOLECULAR Y EFECTO EN PROPIEDADES.-

#### 1.5.2.1 RESISTENCIA MECANICA.-

El polímero puede estar formado por cadenas moleculares largas o cortas las mismas que tiene terminales  $-NH_2$  Y  $COOH$ , por lo tanto se produce una fuerza electrostática al unirse el hidrógeno de una cadena con el oxígeno de la otra.

**FORMULA:**



Por lo tanto si una cadena molecular tiene pocos enlaces la viscosidad es baja y la resistencia también baja o viceversa, tal como se observa en la tabla 4.

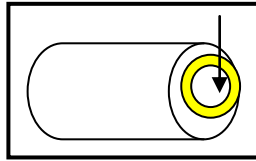
RESISTENCIA MECANICA DE LA POLIAMIDA	
Tamaño molecular ( $\eta$ )	Resistencia cN
Baja	Baja
Alto	Alto
Muy alto	Rígido (elongación cero)

**Tabla 4. Resistencia mecánica de la poliamida**

### 1.5.2.2 CAPACIDAD DE TEÑIDO.-

#### 1.5.2.2.1 CARACTERISTICAS DEL HILO DE BAJO PESO MOLECULAR

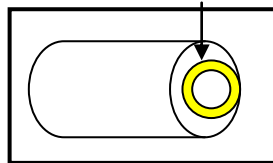
**BAJO.-** Utilizamos: <Energía<Tiempo<Temperatura => Migración



**FIG.2 Migración del colorante hilo de baja viscosidad**

### **1.5.2.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL HILO DE ALTO PESO MOLECULAR**

**ALTO.-** Utilizamos: >Energía>Tiempo>Temperatura = < Migración



**FIG.3 Migración del colorante hilo alta viscosidad**



## CAPITULO II

### 2 PROCESO DE PRODUCCION DE HILOS DE POLIAMIDA

#### 2.1 EL PROCESO DE HILATURA POR FUSIÓN

##### 2.1.1 INTRODUCCIÓN

Para hilos de Nylon se usa solo la hilatura por fusión porque con este método no se necesita materiales auxiliares (solventes) y es posible utilizar velocidades altas (más económicas).

Hay tres tipos de fusión:

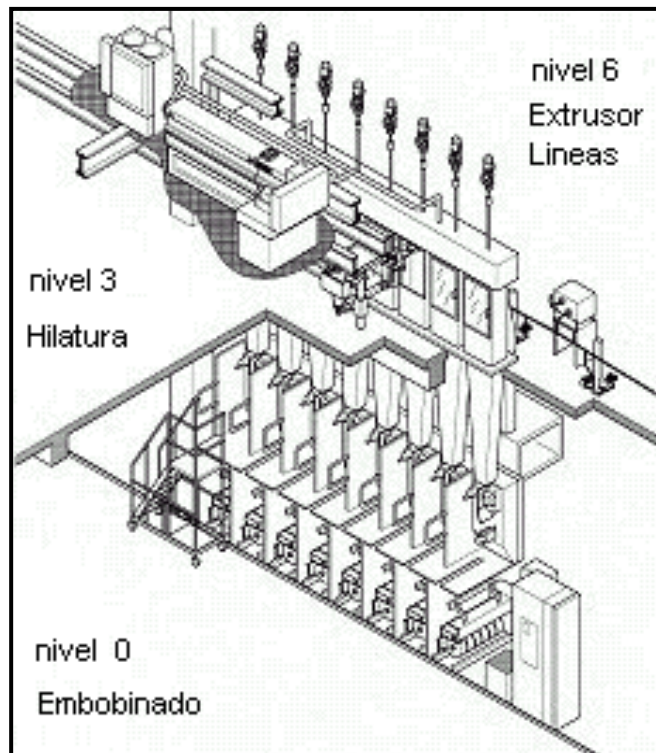
- a) Directamente desde el reactor de policondensación.
- b) Por medio de parrillas.
- c) Por medio de extrusor.

**2.1.1.1** La hilatura directamente desde el **reactor de policondensación** solamente se puede hacer con reactores de proceso continuo. Este método es utilizado por fábricas de gran capacidad.

**2.1.1.2** La hilatura por **medio de parrillas** se usa para hilados finos generalmente de Nylon 6.

**2.1.1.3** La hilatura por **medio de extrusores** se utiliza para hilos textiles, hilos industriales y fibras cortadas de Nylon.

Este tipo de hilatura tiene Enkador, siendo la más versátil y económica. Tal como se observa en el dibujo.



**FIG.4 Esquema de la hilatura para Nylon**

### **2.1.2 LLENADO DEL SILO PRESURIZADO CON NITROGENO.**

La materia prima se provee en sacos herméticamente cerrados, para luego ser vaciados en un silo con capacidad de 1200 Kg el interior de este debe estar completamente presurizado, es decir sin partículas de oxígeno y humedad.

La presión del nitrógeno alimentada es de: 0.55 bar, cualquier variación de esta presión ocasiona en la bobina la formación de anillos de color amarillento.

La operación de vaciado no debe exceder los 5 minutos, para evitar la contaminación del oxígeno del ambiente con el gránulo.

El gránulo del silo baja por gravedad al extrusor.

### 2.1.3 EXTRUSION

#### 2.1.3.1 HILADO POR MEDIO DE EXTRUSORES EU-10 $\phi$

El extrusor consiste en un sin fin, colocado en el interior de un cilindro de 90 mm de diámetro.

A lo largo se encuentra 3 zonas:

- a) zona de transporte
- b) zona de compresión
- c) Zona de bombeo.



FIG.5 Extrusor sin protecciones térmicas

2.1.3.1.1 En la **zona de transporte** los gránulos se transportan y funden.

**2.1.3.1.2** En la **zona de compresión** los gránulos ya fundidos (él polímero líquido) son desgasificados y se presionan.

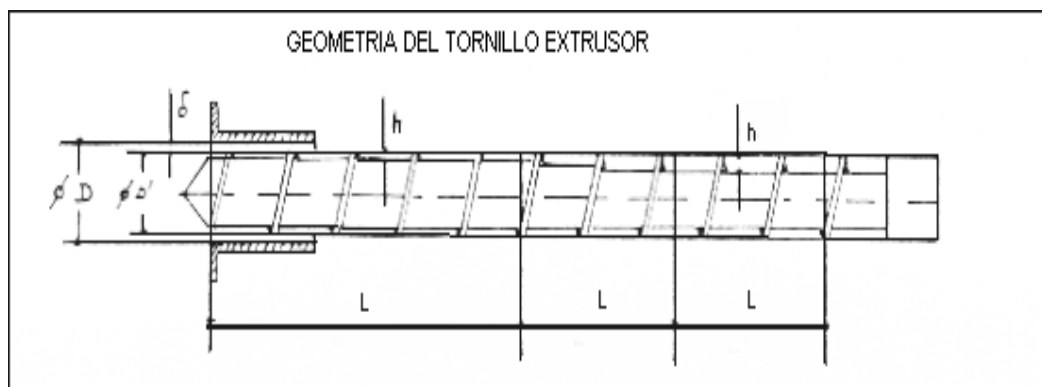
**2.1.3.1.3** En la **zona de bombas** el polímero es bombeado bajo alta presión a través de líneas de polímero hacia las cajas de hilar.

Existen varios tipos de tornillos. Las características de los tornillos se determinan por la longitud de las zonas y su profundidad.

El tipo a utilizar se determina por el caudal del extrusor y el tipo de polímero

### **2.1.3.2 TORNILLO DEL EXTRUSOR**

Las revoluciones por minuto (RPM) se mide continuamente y no se permite sobrepasar de 95 RPM, deben ser tan constantes como sea posible. Logrando de esta forma una presión de polímero con poca variación y una cantidad de calor de fricción tan constante.



**FIG.6 Geometría del tornillo Extrusor**

Las revoluciones del tornillo se controlan manual y automáticamente por el valor de presión ajustada. (PIC 21), su valor es = 145 bar

Las velocidades del tornillo cambian cuando:

- a) Cambia la temperatura de las zonas 1 y 2 (variaciones de +/- 2°C).
- b) Cambia la presión del polímero en la cabeza del extrusor. (variaciones de +/- 5° bar)
- c) Cambia el caudal de las bombas.

### **2.1.3.3 ZONAS DE CALEFACCIÓN**

El extrusor tiene 5 zonas de calefacción distribuida sobre la longitud del cilindro. La calefacción se hace por medio de elementos eléctricos.

Cada zona de calefacción tiene su propio control automático de temperatura, e igualmente un sensor para cada zona ubicado en la parte superior del tornillo.

Es importante también tener muy en cuenta los límites prescritos para cada tipo de hilo a producir y la alta o baja viscosidad que tenga el gránulo, sino el hilo que se produce puede tener mala uniformidad del teñido y mala elongación.

### **2.1.3.4 EL POLÍMERO EN LA CABEZA DEL EXTRUSOR**

En la cabeza del extrusor se mide y registra:

- a) La presión del polímero antes y después del filtro.
- b) La temperatura del polímero. (TS7)

La presión así como la temperatura debe cumplir los límites prescritos muy estrictamente, sino se puede introducir mala uniformidad del teñido (por variación de temperatura) o variación en el decitex (por variación de presión.)



FIG.7 Punta de sensor FIG.8 Registrador digital FIG.9 Filtros salida del extrusor

### 2.1.3.5 PRESIÓN DEL POLÍMERO

En la cabeza del extrusor se encuentra un medidor de presión (manómetro) conocido como PIA22 (Alarma Indicadora de Presión) el valor es de: 150 bar

Este manómetro es conectado con una alarma de alta y baja presión. En la cabeza del extrusor la temperatura TS6 medida es de: 258°C +/- 1°C y se registra en el TR21 (papel de registro de la máquina).

En el motor existe una seguridad térmica la cual desconecta el motor en caso de sobrecarga. Si la presión antes del filtro esta fuera de los límites prescritos se debe ajustar su valor de Set-point.

Sí la presión sube/baja la velocidad del motor y tornillo baja/sube.

Si la diferencia de presión entre los medidores antes y después del filtro es superior a 25 bar es necesario cambiar el filtro.

Variaciones en la presión del polímero pueden ser por:

- a) Daño eléctrico en la calefacción de la zona 1 o 2 valores falsos

- b) Temperatura demasiado baja de la zona 1 o 2
- c) Control automático defectuoso
- d) Regulador de velocidad del motor del extrusor defectuoso
- e) Transporte de los gránulos al extrusor irregular. (Demasiadas tiras, polvo, etc.)

#### **2.1.3.6 TEMPERATURA DEL POLÍMERO (TS7)**

La temperatura del polímero se controla por medio de un sensor ubicado a la salida del extrusor y mide la temperatura real del polímero que sale a la línea, esta temperatura es =  $270^{\circ}\text{C} \pm 0,5$  cualquier variación en el TS7 se corrige:

- a) Variando la temperatura de las zonas 4 y 5
- b) Y bajando la velocidad del tornillo (baja presión)

#### **2.1.4. HILADO**

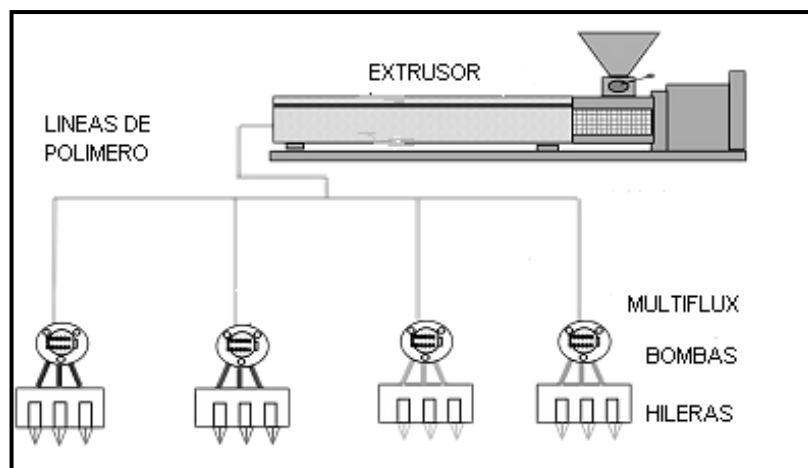
##### **2.1.4.1 MÁQUINA DE HILAR**

###### **2.1.4.1.1 LINEAS DE POLÍMERO**

El polímero que sale desde el extrusor con una cierta temperatura y presión pasa a través de un sistema de líneas con camisa de calefacción a las cajas de hilar.

El sistema de líneas de polímero es construido en tal forma en que la longitud del trayecto hacia cada bomba es igual (igual tiempo de resistencia).

En el sistema también se encuentra mezcladores de polímero del tipo multiflux.



**FIG.10 Líneas de polímero desde el extrusor hasta las bombas de hilar**

#### **2.1.4.1.2 CAJAS DE HILAR**

Las bombas dosificadoras anteriormente mencionadas se encuentran en la caja de hilar, donde también se encuentran los conjuntos de hilar.

Cada caja de hilar tiene 8 posiciones (=8 conjuntos de hilar) y cuatro bombas dúplex.

#### **2.1.4.1.3 SISTEMA DE DOWTHERM (Thermex – D)**

El Dowtherm es una mezcla de 73,5% de óxido de difenilo y 26,5% de difenilo. Se vende bajo el nombre de: Dow chemicals, este es un aceite térmico, que hierve de manera uniforme.

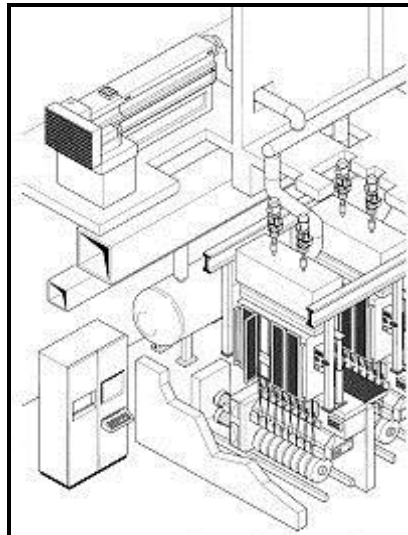
El proceso de hilar requiere de un calentamiento uniforme a altas temperaturas y una exacta regulación térmica, que solo puede



conseguirse utilizando un adecuado transmisor térmico, como él Dowtherm.

La temperatura normal necesaria para el calentamiento de las líneas de polímero y de las cajas de hilar para el proceso de la poliamida es: 263°C (TS8)

En este sistema de dowtherm se hace circular el vapor de dowtherm y la parte de vapor condensado se vuelve a la caldera.



**FIG.11 Sistema de Dowtherm**

#### **2.1.4.1.4 DOSIFICACIÓN DEL POLÍMERO**

La dosificación del polímero que llega desde el extrusor a través de las líneas de polímero hacia las cajas de hilar se realiza por medio de bombas de dosificación.

Las bombas dosificadoras son de tipo engranaje (ruedas dentadas) cada una con dos compartimentos (bombas dúplex), así alimentan cuatro posiciones de hilar por bomba.

En las máquinas EU-10 se puede utilizar bombas de tres dimensiones y existen diversas capacidades de bombas así por ejemplo:

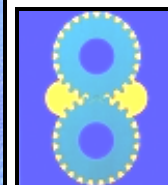
Número de conductos:	1 - 2 - 4	1 - 2
Capacidad:	0,3 - 3 cc/rev	5 - 150 cc/rev

**Tabla. 5 Número de compartimentos y capacidad de bombas**

Su uso depende del caudal necesario para el título (dtex) requerido.

Cada bomba se hace girar por su propio motor sincronizado. La velocidad de estos motores se controla por un inversor de frecuencia. La velocidad de las bombas se puede medir contando los segundos con cronómetro en 50 revoluciones.

Las revoluciones máximas de las bombas es 60 r.p.m.



**FIG.12 Diversos tipos de bombas**

**FIG.13 Bombas de hilar**

**FIG.14 Engranajes**

#### **2.1.4.1.5 PRESIÓN ANTES DE LA BOMBA**

La presión de polímero PI61 antes de las bombas debe ser 50 bar como mínimo. Si la presión es mas baja que 50 bar hay peligro de bajo título o decitex fuera de norma.

Esta presión se puede corregir solamente cambiando la presión del polímero en la cabeza del extrusor.

#### **2.1.4.1.6 CONJUNTO DE HILAR**

El polímero es dosificado por medio de la bomba, este pasa a través del conjunto de hilar con sus filtros, a los orificios de la placa de hilar (hilera), la cual se encuentra en el mismo conjunto.

#### **2.1.4.1.7 PIEZA DE RELLENO HEYNIS**

Dentro del conjunto de hilar se encuentra una pieza de relleno tipo Heynis.

Esta pieza Heynis sirve para que el flujo del polímero sea distribuido mas uniformemente dentro del conjunto de hilar, así promoviendo una temperatura más uniforme sobre la superficie de la placa de hilar.

Debajo del paquete de filtros y encima de la placa de hilar se encuentra una placa distribuidora que ayuda a obtener un flujo de polímero mas uniforme.

#### **2.1.4.1.8 PLACA DE HILAR**

El diámetro de los orificios tiene una influencia en la relación de estirado y la distribución de los orificios sobre la placa tiene importancia con respecto al enfriamiento uniforme de los hilos en la caja de soplado.

Las dimensiones de la placa de hilar son:

Diámetro: 60mm Diámetro del orificio: 250 micrones

Longitud capilar del orificio: 430 micrones

Para el cambio de hileras se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Calidad de Hilo
- b) Alto nivel de roturas
- c) Incremento de la presión PI62

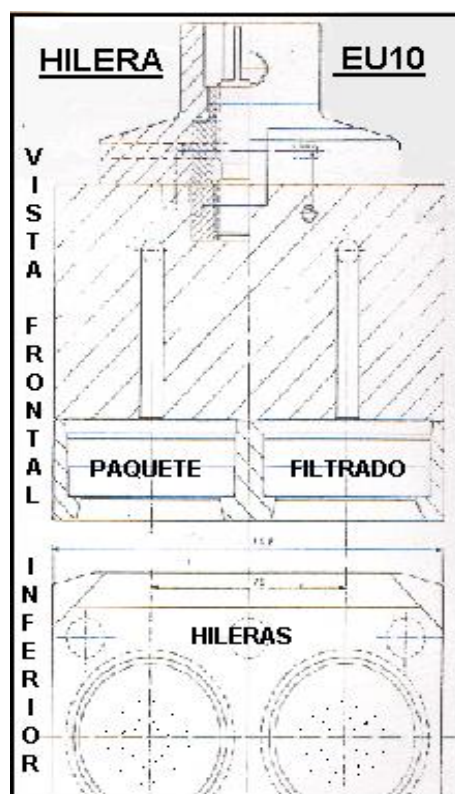


FIG.15 Hilera EU10

#### **2.1.4.1.9 PRESIÓN DEL POLÍMERO DESPUES DE LA BOMBA DE HILAR**

La presión del polímero PI62 entre la bomba dosificadora y el conjunto de hilar se mide por medio de un sensor ubicado en una de las posiciones de hilar.

La presión del polímero PI62 depende del:

- a) Caudal de la bomba dosificadora
- b) Tipo de filtros en el conjunto de hilar
- c) Diámetro y cantidad de orificios en la placa de hilar
- d) El grado de ensuciamiento de los filtros en el conjunto de hilar

Este valor sube según el grado de ensuciamiento de los filtros (=el grado de pureza del polímero y las líneas de polímero).

El valor de presión no se permite sobrepasar de 220 a 240 bar. Si esto sucede se debe cambiar el conjunto de hilar.

Valores mas altos pueden dañar la planicie de la placa de hilar y/o placa distribuidora.

#### **2.1.4.1.10 TEMPERATURA DE LA PLACA DE HILAR**

La temperatura de la placa de hilar tiene influencia en la relación de estirado, la uniformidad del teñido y las propiedades físicas del hilo.

La variación de la temperatura sobre la superficie de la placa como la variación de la temperatura promedio de las placas es muy importante y en general no debe ser más grande de 1 a 2°C.

La temperatura de la placa de hilar depende de los siguientes factores.

- a) Temperatura del polímero
- b) Temperatura de dowtherm
- c) Caudal de la bomba dosificadora
- d) Cantidad de aire de soplado

#### **2.1.5. CAJAS DE SOPLADO**

El aire proveniente del sistema de aire acondicionado, pasa por dos filtros; el primero llamado buzón (pequeño) y el segundo denominado malla (filtro grande).

La placa de hilar se encuentra montada en tal forma que el aire de soplado debe salir muy uniforme desde la superficie del filtro grande.

Para cumplir esta corriente uniforme no se debe tener fugas en los filtros ni daños en las mallas.

El paquete de filtros grande, así como el filtro buzón es diseñado de tal forma que garanticen una corriente de aire uniforme.

##### **2.1.5.1 AIRE DE SOPLADO**

Los filamentos calientes que salen de los orificios de la placa de hilar se enfrían por medio de una corriente de aire.

Aquí se produce un proceso llamado Transición Vítrea que es el paso del filamento del estado líquido al sólido.

La velocidad del aire de soplado en la caja de soplado óptima para la poliamida es de: 0.45 m/seg que equivale a un caudal de aire de soplado de: 250 N/m.

Esta velocidad se controla mediante un aereo anemómetro para garantizar que los limites estén dentro de +/- 20% del valor prescrito.

El aire de soplado que se utiliza para el enfriamiento de los filamentos, proviene de un sistema de aire acondicionado, el cual elimina las impurezas reteniéndolas en diferentes cámaras de filtrado; Los valores de temperatura y humedad del aire de soplado son: 20°C +/- 2°C y 60% +/- 5%, cualquier variación de estos parámetros nos dan problemas de afinidad en el teñido y en las propiedades físicas.

Razones para desviaciones de la cantidad del aire pueden ser:

- a) Filtros sucios de las cajas de soplado
- b) Fugas en conexiones de aire o en la caja misma
- c) Presión de aire demasiada baja: (ventilador defectuoso)

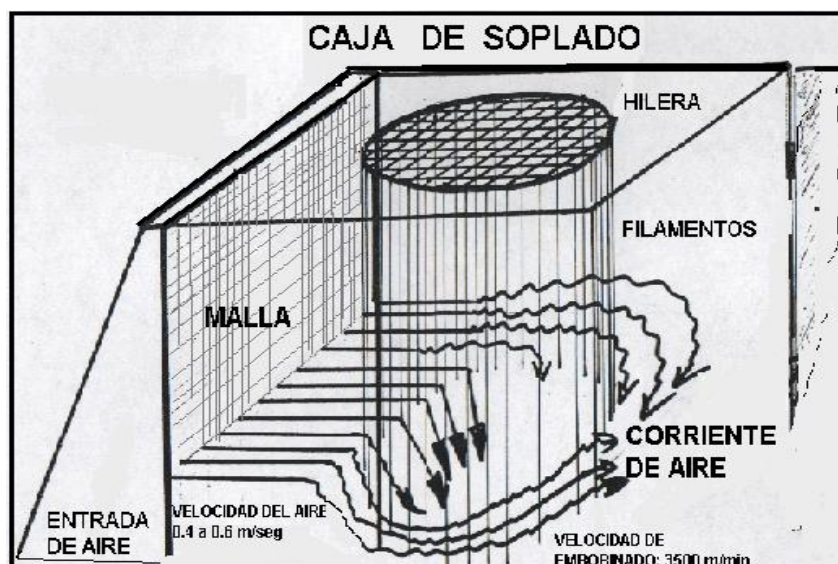


FIG.16 Caja de Soplado

### 2.1.5.2 TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VITREA

A temperaturas altas, los polímeros se vuelven líquidos y muy viscosos en los que las cadenas están constantemente en movimiento cambiando su forma y deslizándose unas sobre las otras. A temperaturas muy bajas, el mismo polímero se convierte en un sólido duro, rígido y frágil.

El polímero puede solidificarse formando un sólido amorfo o uno cristalino. También los polímeros con fuertes irregularidades en su estructura tienden a formar sólidos amorfos y los polímeros con cadenas muy simétricas tienden a cristalizar.

Un polímero completamente amorfo a temperaturas altas es un líquido viscoso, y al enfriarlo, se vuelve cada vez más elástico hasta que llega a la **temperatura de transición vítrea,  $T_g$** , se convierte en un sólido duro, rígido y frágil. Lo que sucede es que, conforme disminuye la temperatura, el polímero se contrae porque las cadenas se mueven menos y se atraen más, debido a que disminuyen, los espacios libres entre las moléculas. Entonces el material se pone rígido y se vuelve **vítreo**, es decir frágil, porque sus cadenas aunque todavía vibran ya no pueden girar para cambiar su posición.

Las propiedades mecánicas de los polímeros también cambian con la temperatura. Un esfuerzo de tensión extiende a las moléculas y las orienta en la dirección del esfuerzo aplicado porque así se produce una elongación de la muestra.

Un polímero parcialmente cristalino, generalmente tiene mayor resistencia mecánica que el mismo material con estructura amorfa. La mayor resistencia se debe al gran número y espacios intermoleculares en las estructuras cristalinas.



En los polímeros amorfos, el número de estas interacciones es menor, así que al aplicarles esfuerzos muchas secciones del polímero se extienden o deforman libremente.

### **2.1.5.3 ¿QUÉ ES UNA ZONA CRISTALINA Y UNA ZONA AMORFA?.**

Todos los materiales sólidos pueden clasificarse de acuerdo a su estructura molecular en cristalinos y amorfos.

En los sólidos cristalinos, las moléculas se encuentran ordenadas en las tres dimensiones. Esto es lo que se llama ordenamiento periódico y lo pueden tener los sólidos cristalinos constituidos por moléculas pequeñas. En el caso de los polímeros amorfos, las cadenas son muy largas y fácilmente se enmarañan y además, en el estado fundido se mueven en un medio muy viscoso, así que no puede esperarse un orden tan perfecto.

Los cristales fibrilares pueden producirse en los procesos de inyección, extrusión y durante el proceso de estirado de algunos materiales que se emplean en la industria textil como el Nylon.

### **2.1.6 MESA PORTA JET DE AVIVAJE**

La distancia hilera jet es muy importante por ello la mesa porta jet se calibra de acuerdo a la cantidad de filamentos a trabajar y/o al decitex a producir. Esta distancia puede ser de 1000 a 1400 mm.

Además en la mesa porta jet se encuentran las guías barra para evitar vibraciones del hilo.

### 2.1.6.1 JET DE AVIVAJE

La cantidad y el tipo de avivaje dependen de los procesos posteriores que recibirá el hilo.

En general el avivaje tiene tres objetos:

- a) Cohesionar los filamentos en el haz del hilo.
- b) Obtiene una fricción del hilo especialmente de hilo a metal y cerámica (guías hilos) adecuado para los procesos posteriores.
- c) Disminuye la carga electrostática del hilo.

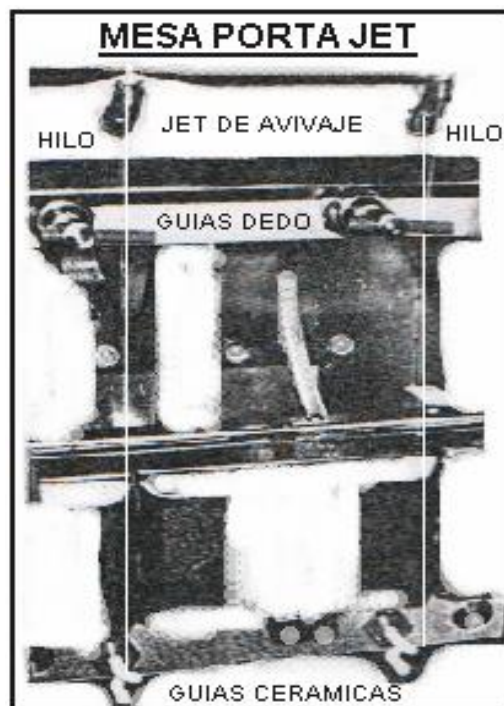


FIG.17 Mesa Porta Jet

### **2.1.6.2 AVIVAJE**

El tipo de avivaje se determina por los procesos posteriores del hilo no estirado, y los procesos donde los clientes.

Un avivaje bueno debe tener las siguientes propiedades:

- a) Buenas propiedades a la fricción (incisiones de las guías hilos reducción de la tensión del hilo).
- b) Cohesionar los filamentos.
- c) Quita la carga electrostática.
- d) Buena formación del paquete.
- e) Poco corrosivo y poco volátil.
- f) Estable contra el calor.
- g) Fácil de descruar.

Los tipos de avivaje para producir poliamida son: Deli6n 5018, Dakolub 2025, BK, etc.

La dosificación del avivaje hacia el hilo, se produce por medio de bombas las cuales tienen un inversor de velocidades, el que esta directamente relacionado con el contenido de avivaje en el hilo.

### **2.1.7 CHIMENEA**

El hilo ya enfriado y solidificado en la caja de soplado pasa a la máquina de embobinado a través de la chimenea que se encuentra debajo de la caja de soplado, siendo su función principal de relajar a los filamentos en una distancia de 3 m antes de ser embobinado.

Igualmente la Temperatura y Humedad Relativa del salón de embobinado debe ser de 25°C y 60% HR respectivamente.

## 2.1.8 EMOBINADO.

### 2.1.8.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EMOBINADO

El hilo saliendo de la chimenea pasa por los siguientes elementos el pneumafil, jet de aire, (material cerámica) donde se aplica una cierta cantidad de aire para evitar se abran los filamentos.

La bobina se mueve por un rodillo motriz con una velocidad circunferencial constante, para que el hilo obtenga una velocidad constante, pero su diámetro es distinto así obteniendo una pequeña diferencia en la velocidad circunferencial.

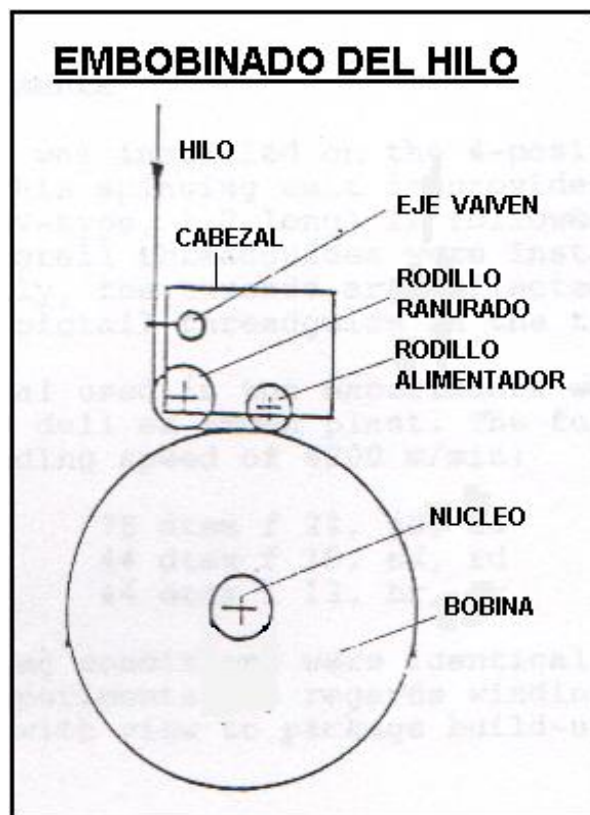


FIG.18 Embobinado del hilo

Esta diferencia da al hilo una cierta tensión adecuada para obtener una buena formación del paquete; el hilo se mueve por medio de un cilindro ranurado de derecha a izquierda y viceversa.

Una revolución del ranurado es igual a un vaivén completo (golpe doble), con este tipo de vaivén se puede obtener velocidades muy altas.

La velocidad del vaivén tiene una influencia en el ángulo de cruce del hilo sobre el paquete. Este ángulo de cruce debe estar dentro de ciertos límites para obtener una formación del paquete aceptable.

Otro factor que influye en la formación del paquete es el llamado "espejo".

La velocidad de embobinado y el vaivén son ambos constantes, es decir por cada movimiento de ida y vuelta del vaivén se embobina una cierta longitud de hilo. Durante la formación del paquete se aumenta el diámetro del paquete.

En un momento dado se llega a una situación en que la longitud del hilo por un golpe doble de vaivén será igual a la longitud de una o más veces la circunferencia del paquete.

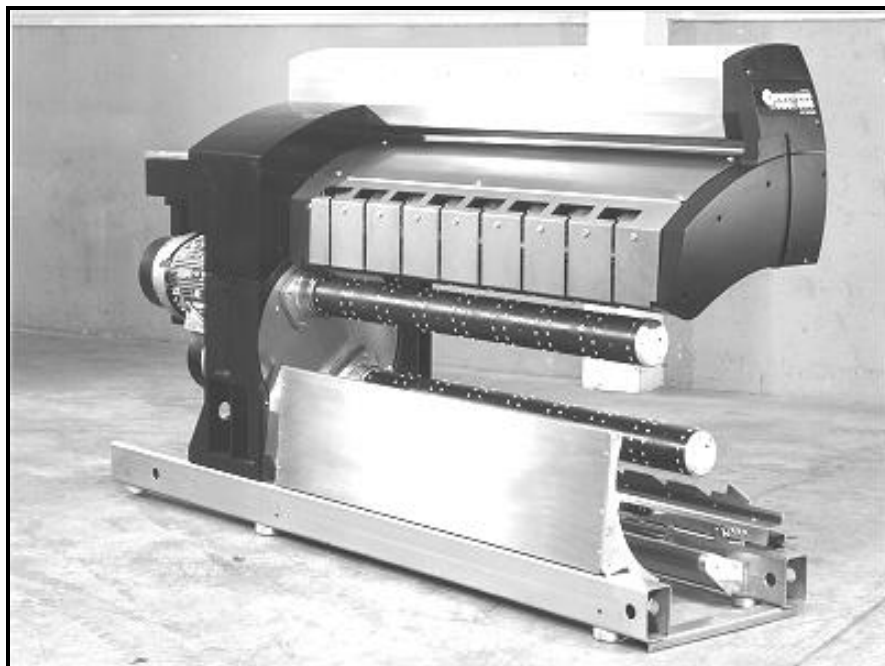
Cuando la relación entre r.p.m. vaivén y r.p.m. de la bobina es una cifra entera. Significa que los hilos serán sobrepuestos (uno sobre el otro). Este fenómeno se manifiesta por un efecto brillante llamado (el espejo).

Esta formación de espejo se **trata de eliminar** hasta que sea posible porque los hilos sobrepuestos tienen la tendencia de ser expulsados en los flancos del paquete.

Fuertes espejos pueden dar razón a mas roturas en embobinado, no así en el proceso posterior de Texturizado.

Se puede eliminar la formación de espejos variando la velocidad del ranurado periódicamente, (disturbancia del espejo).

Para obtener una velocidad del hilo tan constante, como sea posible el hilo debe ser aprisionado contra el rodillo motor con una presión constante durante toda la formación del paquete.



**FIG.19 Cabezal Embobinador de Hilo**

## **2.1.9 PROPIEDADES DEL HILO NO ESTIRADO**

### **2.1.9.1 PREORIENTACION DE LAS MOLECULAS EN EL HILO**

Tomando como referencia el punto donde sale el polímero del orificio de la placa de hilar y el punto donde se embobina el hilo, se produce una deformación grande en el hilo,

Por ejemplo: En un hilo de dtex estirado de 78f24, cada filamento tiene un diámetro después de ser embobinado aproximadamente 45 micrones. El diámetro del orificio de la placa de hilar es de 250 micrones. Entonces hay una deformación en la dirección longitudinal y se realiza un cierto grado de cristalización del polímero.

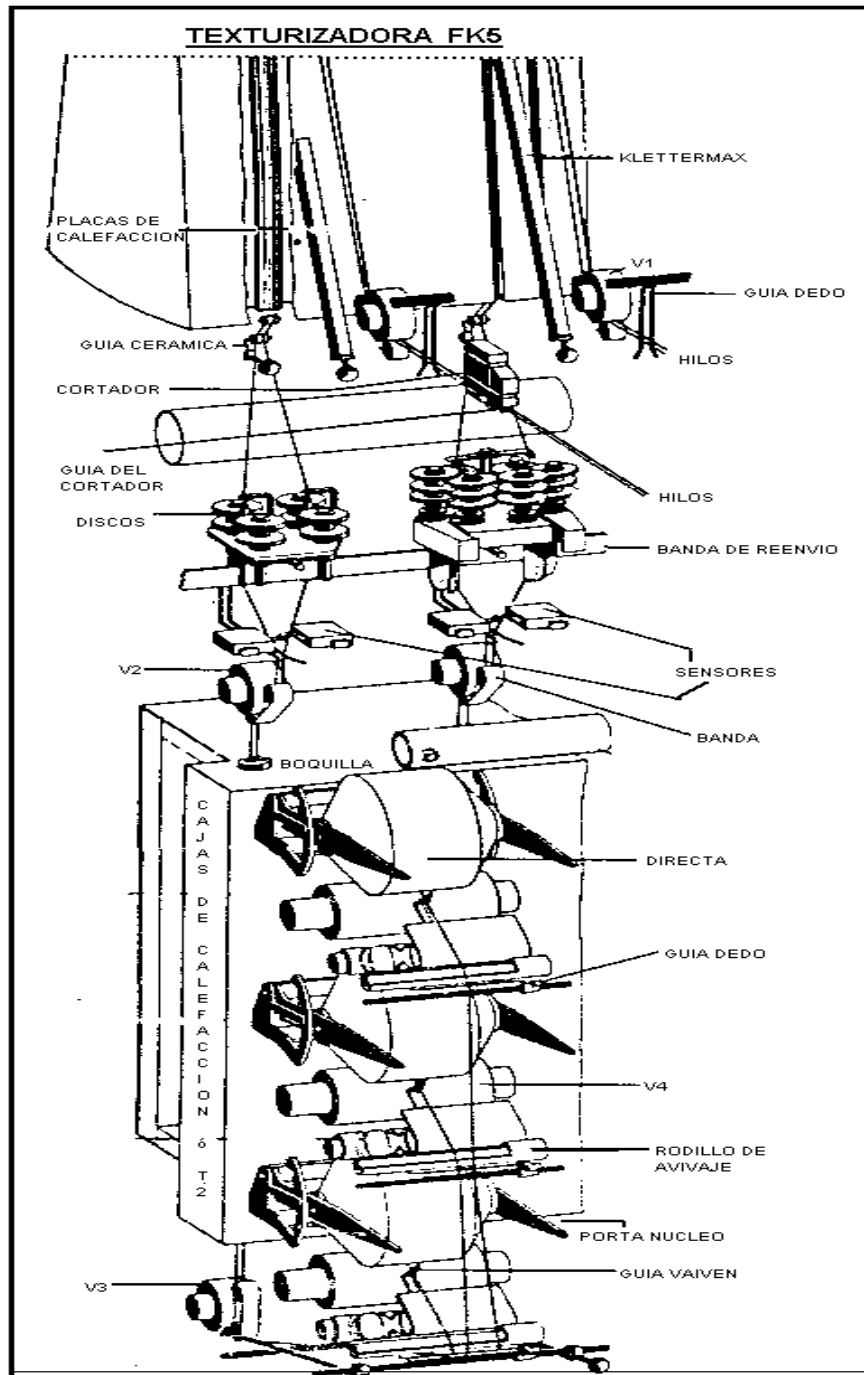
El grado de estirado determina la relación de estiraje necesario en el proceso posterior de estirado para que el hilo obtenga su orientación final. (=propiedades físicas del hilo).

## **2.2 EL PROCESO DE TEXTURIZADO**

### **2.2.1 INTRODUCCIÓN**

Texturizar es un proceso que permite conferir al hilo un cierto volumen y elasticidad; En este proceso se realiza un estiraje del hilo de bobina, un pre calentamiento, el texturizado y fijado, todo esto en la misma máquina.

Las máquinas necesarias para este proceso tienen diversas denominaciones e igualmente grandes diferencias en lo que respecta a velocidades, tamaños, elementos, etc. En Enkador se utiliza la maquina denominada FK5 que incluso permite hacer hilos de alta y baja elasticidad.



**FIG. 20 Partes principales de la Texturizadora FK5**



## **2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA FK5**

En la figura anterior se puede observar las partes principales de la texturizadora FK5.

### **2.2.2.1 FILETA DE DESEENROLLAMIENTO**

La fileta de desenrollamiento contiene púas donde se coloca las bobinas, igualmente la colocación de las bobinas depende del tipo de torsión a trabajar así por ejemplo se coloca en devanado antihorario para realizar torsión “s” y viceversa.

### **2.2.2.2 GUIA HILOS CERAMICO**

Los hilos provenientes de la fileta pasan por una guía cerámica que sirve para eliminar la vibración del hilo (pretensión baja).

### **2.2.2.3 CORTA HILOS**

Al romperse el hilo éste es cortado y sujetado por un corta hilos electro magnético antes de entrar en la máquina. Así se evita que los hilos contiguos se rompan a continuación.

### **2.2.2.4 SISTEMA ALIMENTADOR DE BANDAS**

El sistema alimentador consta de cilindros alimentadores de cromado duro, contra los que se comprime con fuerza elástica la banda casa blanca la que es guiada entre dos rodillos apoyados sobre un brazo oscilante.

Por las diferentes velocidades de cada uno de los sistemas alimentadores se pueden lograr un efecto de estirado o encogimiento.

La velocidad del primer alimentador (V1) da al hilo una velocidad constante de entrada (velocidad de alimentación).

Esta velocidad junto con la velocidad del segundo alimentador determina la relación de estirado.

$$R/E = V2 / V1$$

### **2.2.2.5 DISPOSITIVO KLETTERMAX**

El dispositivo klettermax es un brazo que contiene guías cerámicas las mismas que permiten subir los hilos a la placa de calefacción. La dimensión del brazo klettermax es de 2,5 m

### **2.2.2.6 CALEFACCIÓN PRIMARIA o T1**

La calefacción primaria funciona por medio de resistencias eléctricas que calientan el dowtherm y lo evaporan constantemente para volverse a condensar en los lugares en los que disminuye la temperatura por pérdida de calor.

La transmisión térmica se hace por placas de calentamiento de 1,20 m, dotadas cada una con dos canales para el paso del hilo, y revestidas de teflón. Las placas de calefacción están cubiertas por unas puertas móviles que evitan así pérdidas de calor e irradiación excesiva de calor al área de trabajo.

La máquina se divide en 9 zonas de placas de calefacción, a ambos lados, cada unidad con un circuito separado de calefacción y regulación. El sistema electrónico de regulación se encuentran ubicados en el panel frontal de la máquina, La temperatura de la placa para un hilo PE 156F48 BR RD se ubica entre 178°C a 182°C.

La óptima temperatura depende de:

- a) La velocidad y título del hilo
- b) La longitud de la placa de enfriamiento y el grado de volumen requerido.
- c) La temperatura de la placa también influye en la afinidad del hilo, temperatura más alta, da teñido más claro.

#### **2.2.2.7 DISCOS DE FRICCIÓN Y AGREGADOS**

La máquina esta dotada de discos de fricción que tienen diferente diámetro, y pueden ser de diferentes materiales como poliuretano y cerámicos llamados también kiocera o ceratex.

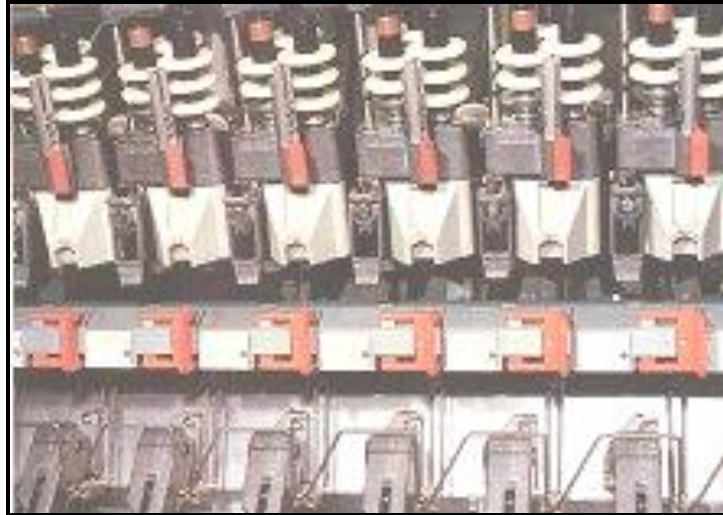
Igualmente, dependiendo del producto a producir se realizan diversas configuraciones de agregados como son: 1-7-1, 0-6-0, etc.

Lo que quiere decir que se tiene un disco de entrada, siete de trabajo y uno de salida, en el primer caso, y en el segundo caso solo 6 discos de trabajo. En el caso de la poliamida utilizamos la configuración 0-6-0.

Se puede ajustar este grupo para torsión SZ, SS, o ZZ, manteniéndose igual el sentido de avance de la correa.

El hilo que sale del agregado entonces pierde su torsión inicial.

(v/m S + v/m Z = 0 v/m) utilizado para poliamida



**FIG.21 Agregados y discos de Kiocera.**

#### **2.2.2.8 GUARDA – HILO o SENSOR**

La función del guarda - hilo es reaccionar muy sensiblemente a la disminución de la tensión de hilo, debido a una rotura y accionar mediante un micro interruptor el guarda – hilos, el que emite el impulso de trabajo para el corta – hilos, cortando así el paso del hilo.

#### **2.2.2.9 SEGUNDO ALIMENTADOR o V2**

Después de los agregados el hilo pasa por el sensor palpador de hilos y entran al segundo alimentador, el cual nos indica la velocidad de la máquina, la misma que alcanza hasta: 318 m/min, debajo se encuentra el conducto del segundo horno.

#### **2.2.2.10 CAJAS DE CALEFACCION o T2**

La calefacción de las cajas o T2 se realiza por medio de resistencias eléctricas, y sirve para producir hilos fijados (set).

Para fabricar hilos de alta elasticidad el segundo calefactor, debe tener las temperaturas en 25°C.

Por ello la mayoría de los hilos después del texturizado reciben un tratamiento en la caja fijadora a alta temperatura, logrando así disminuir la alta elasticidad y vividéz del hilo, pero no desaparece la voluminosidad. La vividéz del hilo se disminuye casi hasta su eliminación.

El grado de sobre alimentación determina en gran parte el volumen del hilo. El valor de esta sobre - alimentación se ubica entre un 10% a 15% y la temperatura de la caja fijadora determinan en gran parte el grado del volumen fijado en el hilo.

La sobrealimentación se puede ajustar cambiando la velocidad del tercer alimentador (V3). En la práctica la relación de las velocidades de los alimentadores es como sigue:

$$V1= 267 \text{ m/min. } V2= 318 \text{ m/min. } V3= 302 \text{ m/min. } V4= 305 \text{ m/min.}$$

$$R/E = V2 / V1$$

$$\text{Sobre alimentación del hilo en caja fijadora} = V2/ V3$$

$$\text{Relación de Embobinado} = V2: V4$$

#### **2.2.2.11 RODILLO DE ENROLLAMIENTO O V4**

Para el enrollamiento de los hilos texturizados se utilizan tubos cilíndricos, que pueden ser de plástico o cartón y toman el nombre de “directas”. Los tubos se colocan en los brazos porta - núcleos oscilantes y al bajar el brazo, el tubo adquiere la velocidad de un rodillo negro llamado V4 o rodillo de enrollamiento.

Que puede también girar a grandes velocidades, y que está equipado con un mecanismo individual de vaivén.

La dureza de la directa se puede ajustar variando la velocidad del vaivén para ajustes finos (55 a 60°sh) y variando la velocidad del v4 para ajustes grandes (55 a 70°sh).

### **2.2.3 TIPO DE FORMACIÓN DEL PAQUETE**

Se producen dos tipos de paquetes bicónicos y cilíndricos, para conseguir esta formación la máquina tiene en el panel frontal un indicador luminoso con el dibujo bicónico o cilíndrico.

Los paquetes con formación ***cilíndrica*** presentan ciertas dificultades al devanar, además posee mayor cantidad de hilo en comparación con la formación bicónico, el tipo cilíndrico se utiliza para paquetes en resortes a ser tinturados.

Los paquetes con formación ***bicónico*** en cambio no presenta problemas al devanado, el tipo bicónico utilizamos para la formación de directas.

En el enrollamiento se tiene las siguientes variables:

- a) Velocidad del vaivén.
- b) La conicidad del paquete
- c) La disturbancia de espejos
- d) La respiración

### **2.2.4 VELOCIDAD DEL VAIVÉN**

La velocidad del vaivén determina el ángulo de cruce del hilo sobre él paquete y tiene influencia en la tensión del hilo. La velocidad del vaivén es tanta que por cada ida y vuelta del vaivén se embobina aproximadamente 1.5 metros de hilo. Si se aumenta la velocidad del vaivén, la tensión de hilo se aumenta y también la dureza de los paquetes.

### **2.2.5 CONICIDAD DEL PAQUETE (ángulo del paquete)**

La máquina FK5 por ser antigua confiere al paquete un solo tipo de ángulo =  $85^\circ$  este ángulo se determina por medio de la leva de formación que se encuentra al lado derecho del portabobina.

### **2.2.6 DISTURBANCIA DE ESPEJO**

La disturbancia de espejo funciona por una válvula de aceite de tres vías la cual recibe su señal de trabajo desde una fotocelda.

El aceite recorre la válvula de tres vías y entra en el circuito hidráulico del movimiento vaivén así aumentando la velocidad del vaivén se puede ajustar por medio de un disco que oscurece la fotocelda durante cierto tiempo.

### **2.2.7 LA RESPIRACIÓN**

La respiración tiene como objeto eliminar bordes duros en el paquete, aplanar levemente los bordes pronunciados o puntos de retorno del hilo en una reducción de longitud de carrera periódica la cual es independiente de la reducción de longitud general de la carrera, que da la forma bicónica al paquete.

Toda la operación de respiración esta comandada por dos relés de tiempo.

La máxima carrera de vaivén en el principio de la directa es 220mm.

El peso máximo del paquete es: 2.957 Kg

La dureza generalmente se encuentra entre 55 y 65° shore.

### **2.2.8 TENSION Y SU INFLUENCIA EN EL TEXTURIZADO**

Un control importante que se realiza en el proceso de texturizado es el de las tensiones **S1**, **S2**, **S3**, los que se controla mediante un tensiómetro digital.

Para el hilo PE 156F48 BR RD, la tensión **S1** se realiza a la entrada de los discos, su valor promedio para la poliamida es = 23 cN (*centi-newton*). La tensión **S2** se realiza a la salida de los discos, su valor promedio es = 27 cN. Y la tensión **S3** se controla antes del rodillo V4, su valor promedio es = 3 cN

La relación **S2/S1** con discos de kiocera, debe estar entre 1 a 1,2 cN, si la relación de tensión es mayor de 1,2 cN debemos subir el D/Y (*velocidad de discos*) y viceversa.

El control de la tensión **S3** se realiza para determinar el grado de dureza del paquete texturizado.

Un exceso de tensión ocasiona exceso de dureza y defectos físicos del paquete.

### **2.2.9 CARACTERISTICAS DEL HILO TEXTURIZADO**

Los hilos Texturizados tienen las siguientes características:



El hilo de poliamida se caracteriza por su alta resistencia a la rotura y al desgaste, reducida absorción a la humedad, reducido hinchamiento, rápido secado y gran resistencia a los insectos nocivos y a la putrefacción. Además acepta cambios de forma termoplástica a altas temperaturas, como por ejemplo pliegues en tela, hilos de alto y bajo volumen.

Una característica de estos hilos es cuando al realizar el teñido en color blanco con el pasar del tiempo tiende a amarillarse. Por lo tanto la solidez en los hilos doblados es baja. También los hilos texturizados tienen alta carga electrostática si la humedad relativa baja del 50%, produciéndose cabos abiertos al realizar hilos de dos cabos.

Los hilados de Nylon se pueden utilizar puros o con mezclas de fibras para hilados en la producción de mallas, ropa masculina y femenina, también en cortinas alfombras e imitaciones de pieles.

## **2.3 PROCESO DE RETORCIDO**

### **2.3.1 INTRODUCCION**

Retorcer es el proceso donde un hilo de dos o más filamentos obtiene una cierta cantidad de vueltas sobre su propio eje.

Los filamentos después de ser retorcidos se colocan mas o menos en forma de espirales en el haz del hilo. Un filamento en un momento dado se encuentra al exterior del haz en otro momento en el interior.

Si se retuerce un cabo, se llama retorcido de hilo sencillo.

Si se retuerce mas cabos se llama cablear o retorcido doblado. En este caso los cabos pueden ser compuestos de hilos con o sin torsión.

### 2.3.2 EL OBJETIVO DE RETORCER

El objetivo más importante para retorcer los hilos textiles, es la protección que da la torsión a los filamentos. Por lo tanto los filamentos son menos vulnerables, debido a la mejor cohesión existente entre ellos. Logrando de esta manera resistir a los procesos posteriores de tejido, teñido, etc.

Además se esconde hasta un cierto grado los filamentos rotos.

En algunos casos una torsión aumenta la resistencia aunque sobre él limite superior de un cierto número de vueltas por metro la resistencia se baja. Al conferir torsión al hilo mejoran ciertas propiedades como: volumen y elongación.

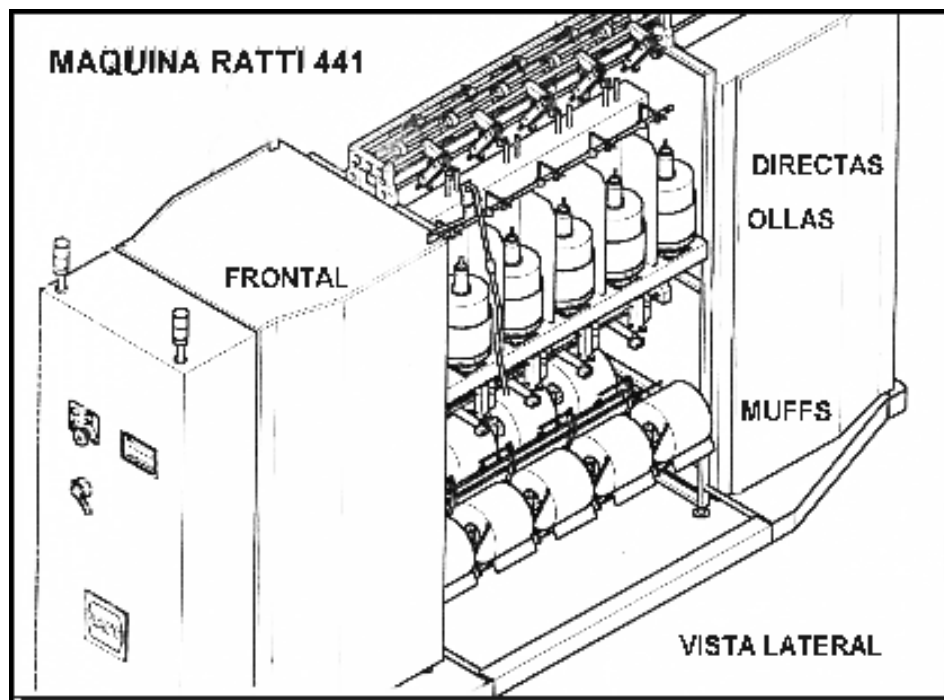


FIG.22 Retorcedora Ratti 441

### **2.3.3 MAQUINARIA UTILIZADA**

La maquinaria disponible para Retorcer se la conoce como RATTI de doble torsión las cuales tienen los siguientes elementos por donde recorre el hilo hasta producir la torsión:

#### **2.3.3.1 CONJUNTO TENSOR**

Esta formado por unos pequeños elementos como son:

- a) Módulos (piezas cerámicas)
- b) Esferas (bolas de acero)
- c) Cúpula

El conjunto tensor tiene la función de regular la tensión y evitar grandes picos de tensión.

#### **2.3.3.2 OLLA O POTE**

Aquí se deposita la unidad alimentada o directa de texturizado la misma que va sujeta en un huso que recibe la velocidad de una banda que es encargada de dar él numero de r.p.m. que es una variable directamente relacionada con la torsión final del hilo.

#### **2.3.3.3 RODILLO SOBRE ALIMENTADOR**

Su función principal es sobrealimentar de forma constante la misma cantidad de hilo al rodillo V4 o embobinador a la vez nos determina la dureza del paquete (producto Retorcido).

#### **2.3.3.4 RODILLO V4**

Este rodillo es el encargado de recoger el hilo retorcido en un tubo o paquete.

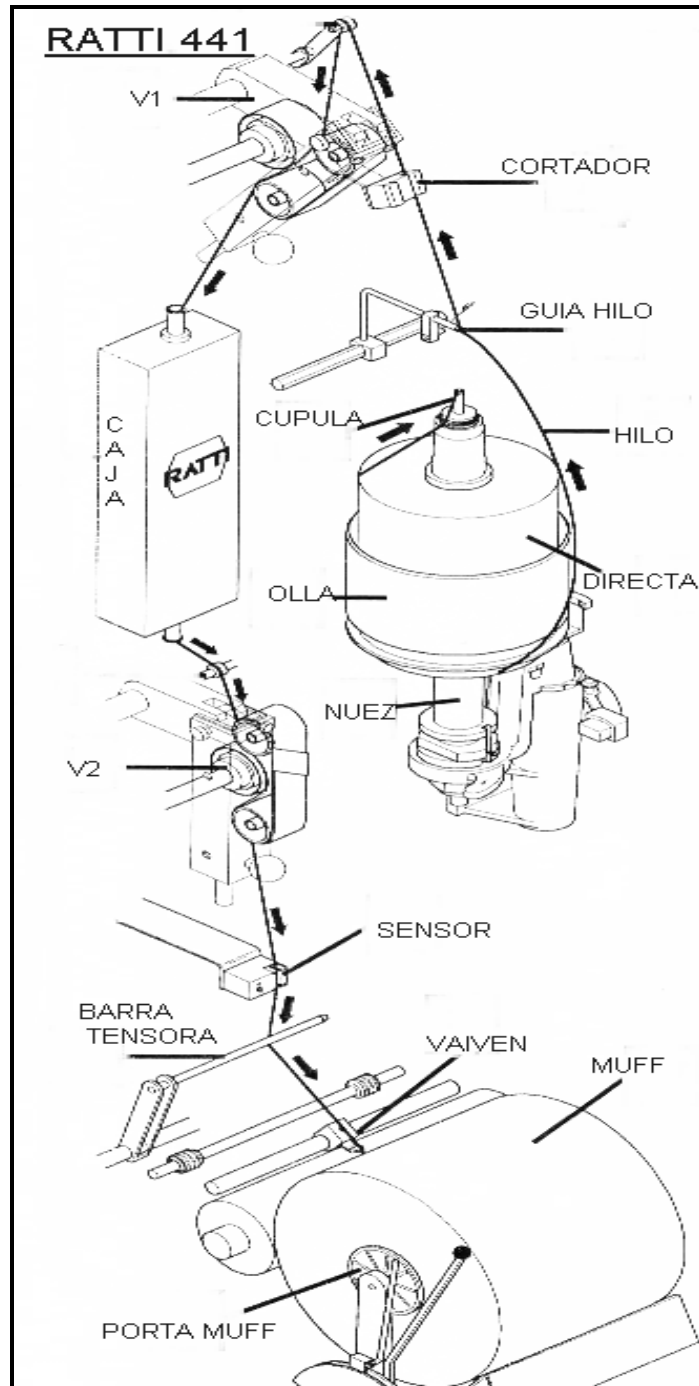


FIG. 23 Partes principales de la Retorcadora Ratti 441

### 2.3.4 TIPOS DE TORSION

Se distinguen dos tipos de torsión que son: torsión S y torsión Z.

El grado de torsión se define por el número de vueltas por unidad y longitud.

Vueltas por metro (v/m) ó T.P.M

El número de vueltas y sentido depende del uso final del hilo retorcido y la demanda del cliente.

El número de vueltas también depende del decitex del hilo.

Para determinar si hilos con distintos decitex (= diámetro) tiene una torsión comparable se introdujo el ángulo de torsión o también llamado coeficiente de torsión.

El ángulo de torsión  $\alpha$  es el ángulo entre los filamentos del hilo y el eje. Si el diámetro del hilo es d y la torsión T esta en vigor  $Tg \alpha = \Pi d \times T$

Al aceptar que el decitex de un hilo está en razón directa con  $d^2$

El ángulo de torsión es igual a:  $T\sqrt{t} = \text{constante}$

Dónde: T = Torsión      t = Título (decitex)      d = Diámetro

Según las reglas internacionales métricas

$$\alpha = \frac{v/m \times \sqrt{dtex}}{100}$$

#### EJEMPLOS

Decitex Pe 156f48 S 55

$$\alpha = \frac{55 \times \sqrt{156}}{100} = 6.86$$

Para obtener un mismo grado de torsión es igual al mismo ángulo de torsión, el decitex 78 necesita 77.8 v/m porque:

$$6.86 = \frac{v/m \sqrt{75}}{100}$$
$$v/m = \frac{6.86 * 100}{\sqrt{78}} = 77.8$$

Es claro que el ángulo de torsión varía siempre sobre la longitud del hilo retorcido.

Si se habla de ángulo de torsión siempre quiere decir el ángulo promedio.

### **2.3.5 SISTEMA DE TORSION**

#### **2.3.5.1 RETORCIDO SIN HUSO**

La bobina no se mueve y la torsión se obtiene por que el hilo gira en el punto donde sale el hilo, es decir que solo se adquiere torsión al devanar el hilo girando sobre su propio eje.

La dirección de la torsión se cambia si se cambia el lado donde se devana.

El mismo proceso se produce si se embobina el hilo en esta forma.

La torsión obtenida en este proceso es igual a:

$$T = \frac{1}{\Pi \times d}$$

T = torsión

d = diámetro del paquete

### 2.3.5.2 DOBLE TORSION.

La doble torsión significa: que por cada vuelta del huso tenemos dos torsiones en el hilo, la primera vuelta de torsión se da desde la cúpula hasta ingresar al plato giratorio del huso, y la segunda vuelta es desde la salida del plato giratorio hasta el guía hilos.

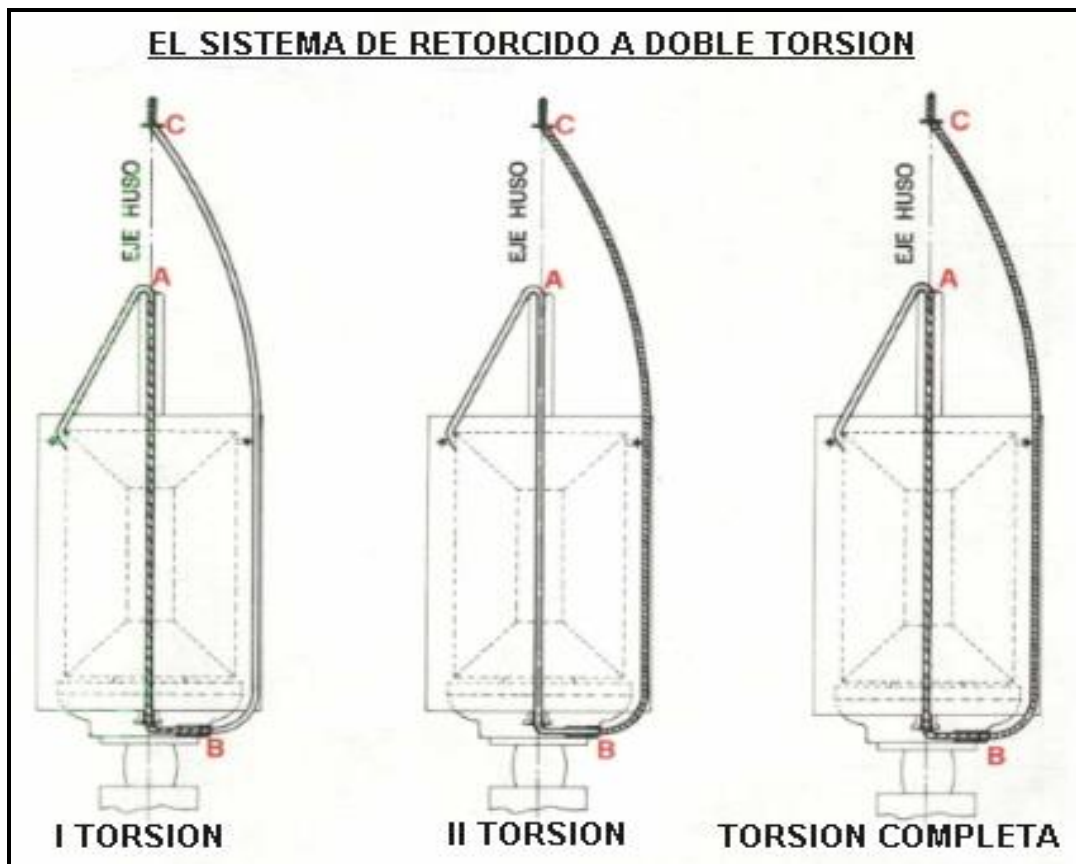


FIG. 24 Funcionamiento del Sistema de Retorcido a Doble Torsión

### 2.3.6 EL PROCESO DE RETORCER POLIAMIDA EN LA MÁQUINA RATTI (R441)

Las directas provenientes del Texturizado se colocan en las ollas de la retorcedora, el hilo pasa por el conjunto tensor, para formar la reserva en el plato giratorio de la olla, dicha reserva debe ser de  $\frac{3}{4}$  la circunferencia del plato giratorio, para evitar diferencias de tensión y roturas.

Luego el hilo es arrastrado por el rodillo V1 que dispone de bandas casa blanca, para después ser alimentado a las cajas fijadoras, a una temperatura de 160°C, posteriormente el hilo es recogido por el rodillo V2 el que determina la sobrealimentación del hilo a enrollarse en el V4; La sobrealimentación es muy importante ya que determina la dureza del paquete la misma que debe ser de 10 a 12 °shore, dureza ideal para la tintura.

## **2.4 ENCONADO**

### **2.4.1 INTRODUCCIÓN**

El objeto de enconar es:

Producir hilos en paquetes adecuados para su uso posterior donde los clientes, adicionando un porcentaje de avivaje para facilitar el deslizamiento en los procesos posteriores.

Unos ejemplos:

- a) Enconando varios paquetes pequeños a un paquete grande (razón económica).
- b) Embobinado en resortes (razón técnica)
- c) Enconado de resortes en conos (razón cliente).



En este capítulo trataremos varios aspectos de embobinar respecto de enconar.

#### **2.4.2 MAQUINARIA UTILIZADA**

Actualmente disponemos de dos sistemas de enconado que son: el devanado Tangencial producido en las máquinas Alucolor y el devanado Axial producido en las máquinas Fadis.

En los dos tipos de maquinas se trabaja producto alimentado (Muffs y Resortes) con una dureza de 12 a 30° shore respectivamente.

En las maquinas Fadis se dosifica avivaje por medio de un rodillo y en las Alucolor se dosifica por medio de goteo.

La dureza de los conos luego del Enconado oscila entre 50 Y 60° shore, para determinar la dureza contamos con un sistema de contrapeso en los dos tipos de maquinas.

Las maquinas Alucolor trabajan a velocidades de: 520 a 820 m/min.

Y las máquinas Fadis sus velocidades oscilan entre 520 a 1200 m/min.

La única diferencia de los sistemas es que las alucolor son maquinas del año 1950 y las Fadis son del año 1998.

## CAPITULO III

### 3.0 USOS DONDE EL CLIENTE

Los hilos de poliamida de alta viscosidad son utilizados en los mismos procesos que los hilos de baja viscosidad, especialmente nuestros clientes utilizan la poliamida texturizada **PE 156f48 br rd s/z** y retorcida **PR 156f48 br rd s60**, en dos diferentes usos que son el *Primario* y *Final*, así:

**3.1 USOS PRIMARIOS:** En máquinas cilíndricas, circulares, crotcheras, recubridoras y telares planos angostos.

**3.2 USOS FINALES:** Se utiliza para elaborar pantimedias, calcetines, medias, encajes, elásticos, randas, trajes de baño, ropa de dormir, mallas, licras, hilos recubiertos y reatas.

Y la poliamida con la denominación **PR 156f48 br rd** en los siguientes usos primarios y finales.

**3.3 USOS PRIMARIOS:** Este tipo de hilo se usa en máquinas cilíndricas, circulares, crotcheras, recubridoras.

**3.4 USOS FINALES:** Se elabora calcetines, medias, vestuario exterior femenino, randas, encajes, mallas y licras.

Como se puede identificar los tejidos de punto son los que más utilizan los hilos de poliamida ya que permiten obtener poco peso, su tacto es sedoso y tiene una caída suave aunque no muy fluida, como es el caso de las medias de señora.

En los tejidos para uso exterior y deportivos se crean variedades desde una apariencia agamuzada con tacto suave; también las prendas interiores son más suaves y además se pueden utilizar con mezclas como la lana, acrílico, poliéster, etc., dependiendo del tejido que se quiera diseñar y el uso final que tenga.

En el caso de la confección de telas se debe tener en cuenta ciertas propiedades que debe tener el hilo con respecto a la tela a confeccionar como se distingue en el cuadro siguiente:

<b>PROPIEDADES Y EFECTOS DE LOS HILOS EN EL TEJIDO</b>		
<b>PROPIEDADES</b>	<b>EFECTOS</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>SUPERFICIE</b>	TACTO CAIDA APARIENCIA	SUAVIDAD/VOLUMEN NO MUY FLEXIBLE VARIABILIDAD
<b>FUNCION</b>	COBERTURA POROS NO FINOS	PERMEABLE AL AGUA PERMEABLE AL SUDOR
<b>USO</b>	TENDENCIA AL ARRUGADO RESISTENCIA A LA ABRASION DESLIZAMIENTO DE LA COSTURA ELASTICIDAD RESILENCIA	MEDIO, ALTO ESPECIFICO DEL NYLON DEPENDE DE LA CONSTRUCCION NORMAL BAJO

**Tabla. 6 Propiedades y Efectos de los Hilos en el Tejido**

El efecto de los hilos de poliamida en las características del tejido podemos analizarlo en la siguiente figura:

### 3.5 EFECTO DE LOS HILOS EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS TEJIDOS

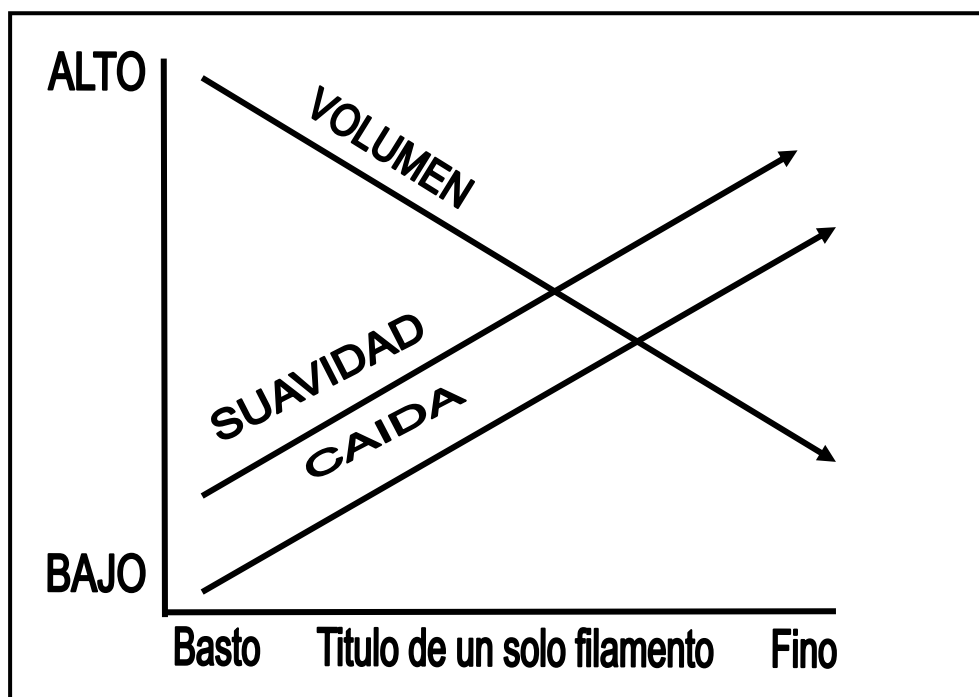


FIG. 25 Influencia de los hilos en los tejidos

Como se distingue en la figura, si tenemos un hilo de un solo filamento basto, la caída y suavidad del tejido es baja pero su volumen es alto y lo contrario cuando un hilo es muy fino se tiene que su caída y suavidad son muy altas, en cambio que su volumen es muy bajo. Estos aspectos se deben tomar en cuenta en el diseño del tejido.

## CAPITULO IV

### 4.0 DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE PROCESO

#### 4.1 CONDICIONES DE HILATURA

##### 4.1.1 INFLUENCIA DEL LLENADO EN EL SILO.

El llenado de la poliamida se realiza en un silo presurizado con nitrógeno (N<sub>2</sub>) a 0,55 bar, la capacidad del silo es 1200 Kg dependiendo del caudal de la máquina por ejemplo para la PE 78f24 br se utilizara 2,42 T/día de granulo, esto significa que se llena normalmente 4 estibas diarias. (una estiba = 700 Kg)

Hay que tomar en cuenta que al silo no debemos dejarlo vaciar completamente, si esto sucede se puede tener presencia de oxígeno en el interior del silo por lo tanto es aconsejable que siempre se encuentre con gránulo por lo menos la mitad del silo.

Una vez abierta la funda de gránulo de poliamida no se puede sobrepasar mas de 3 min. Porque el gránulo comienza a oxidarse con él oxigeno del ambiente.

##### 4.1.2 EL EXTRUSOR Y LA PRESION DEL POLIMERO

Una vez que en el silo se ha eliminado completamente él oxigeno del gránulo, este pasa al extrusor donde el tornillo transporta el gránulo, lo funde, y lo presiona hacia la línea de polímero.

El perfil de temperatura puede ser ***ascendente y/o descendente***.

En nuestro caso recomienda trabajar con un perfil descendente por que es un gránulo de alta viscosidad, tomando en cuenta que el punto de fusión es de 220 a 240°C.

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
289	285	283	281	280

Tabla. 7 Temperaturas de las Zonas del Extrusor

En la cabeza del extrusor se tiene un sensor acoplado que mide y registra, la presión del polímero antes y después del filtro y la temperatura del polímero.

Estos dos parámetros deben ser rigurosamente cumplidos, caso contrario tendremos diferencia en el decitex y diferencia de afinidad tintórea respectivamente.

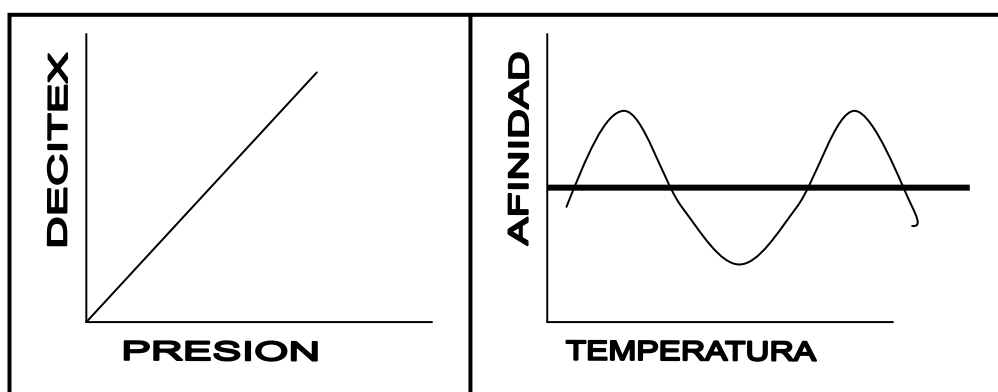


FIG.26 Relación entre la Presión y el Decitex FIG.27 Diferencia de Afinidad vs. T°

Tenemos un limitante en las temperaturas de los extrusores, que es el exceso de post condensación del gránulo, esto hace que la viscosidad del hilo resultante siempre sea mayor que la viscosidad del gránulo. Siendo:

<b>ANÁLISIS DE VISCOSIDAD</b>	<b>ALTA ( ↑ <math>\eta</math> )</b>	<b>BAJA ( ↓ <math>\eta</math> )</b>
Viscosidad del gránulo	2.46 +/- 0.005	2.32 +/- 0.003
Viscosidad del hilo	2.55 +/- 0.03	2.35 +/- 0.01
Incremento de viscosidad	0.09	0.03

**Tabla. 8 Análisis de resultados de la Viscosidad Alta y Baja**

La condición del proceso debe indicar un incremento de viscosidad del hilo con respecto al gránulo lo mínimo posible; este incremento debe tener valores entre 0.02 a 0.08.

Las características del granulo-hilo y el proceso de fusión pueden ser controladas por la variación de las temperaturas del extrusor, velocidad del tornillo, por las presiones antes y después de bombas.

El tiempo de residencia del polímero en la línea incide en la viscosidad del hilo; por ello a mayor título menor tiempo de residencia entonces menor viscosidad.

Igualmente la variación de viscosidad hilo – gránulo esta directamente relacionado al tiempo de residencia y la humedad del gránulo de entrada, así:

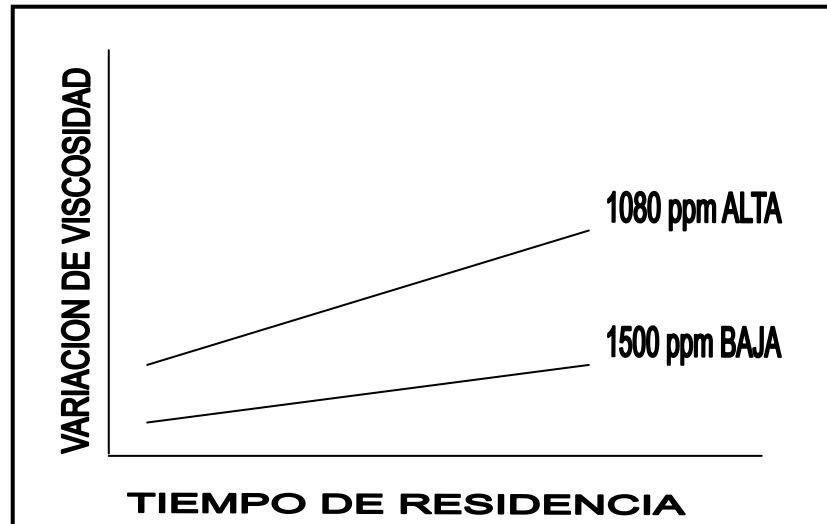


FIG.28 Relación del Tiempo de residencia vs. Variación de viscosidad

#### 4.1.3 EL PAQUETE DE FILTRADO

El paquete de filtrado no es más que un conjunto de filtros metálicos de diferente densidad o mesh; (1 mesh = número de espacios en una pulgada lineal) estos espacios fluctúan entre 20 a 130 por cm o pulgada lineal.

La cantidad de impurezas retenidas en estos filtros depende de la calidad del polímero fundido.

Las funciones principales del paquete de filtrado son:

- a) Homogeniza el polímero.
- b) Retiene las impurezas sólidas
- c) Proporciona una presión homogénea



Los paquetes en el interior de la hilera están dispuestos en forma de embudo, es decir que el polímero pasa primero por la malla más gruesa y luego pasa hacia la más fina.

Una mala distribución de los filtros ocasiona que las impurezas fluyan con el polímero y esto ocasiona rompimiento de las cadenas moleculares por ende exceso de roturas.

Los paquetes de filtrado para la poliamida son:

a) **Para brillante:**  $5 Zg + 3F + 1Zg + 1P + 12g + 11(F+Zg)$

g = malla gruesa                      120 mesh

F = malla fina                            325 mesh      malla tejido plano

Zg = malla muy gruesa                60 mesh

P = malla pantser                        17 mesh      malla tejido punto.

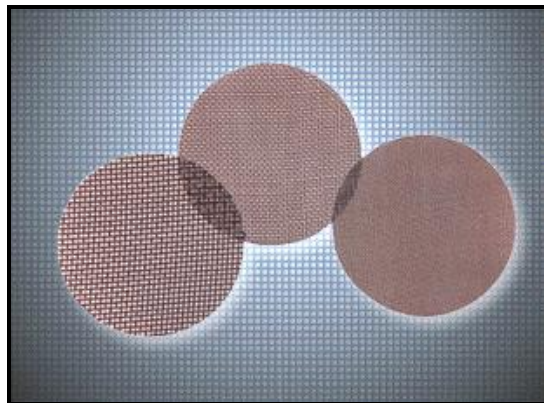


FIG.29 Filtros de diferente mesh

b) Para títulos **trilobales** se colocan entre la placa hilera y la placa distribuidora muchas veces los filtros F + g. El "F" encima de la placa hilera para evitar muchos cambios de hilera después de su colocación.

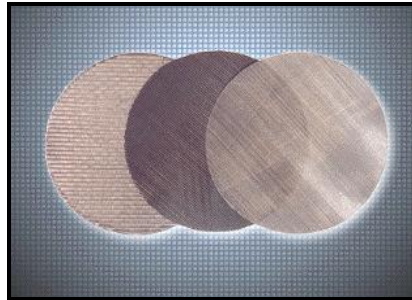


FIG.30 Filtros F

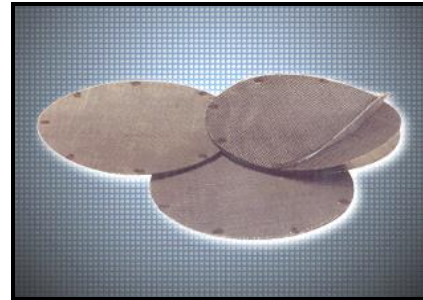


FIG.31 Filtros G

En la siguiente tabla se puede observar las mallas de diferente mesh y la capacidad de retención de partículas:

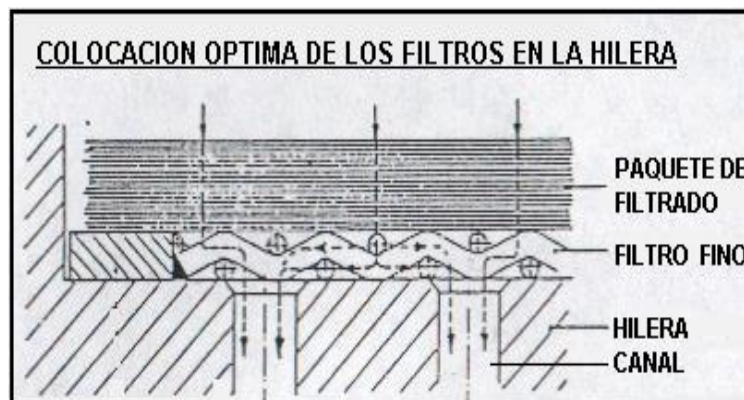
FILTROS Y SU MESH	RETENCION NOMINAL EN MICRAS
50/250	60
50/600	30
80/400	40
120/600	28
325/2300	5

Tabla.9 Filtros y su capacidad de retención de partículas

Para el producto PE 78f24 br rd se utiliza el siguiente **Paquete de Filtrado**:

**Tipo A** = 5 filtros de 60 + 5 (120) + 60 (325) +5 (500) + 1 KT 10

**Tipo B** = 5 filtros de 60 + 5 (120) + 60 (325) +5 (500) + 1 KT 10



**FIG.32** Colocación óptima de los filtros en la hilera

#### 4.1.4 TIPOS DE HILERAS

El polímero filtrado finalmente pasa a través de los orificios de la hilera formándose así los filamentos de poliamida, la forma transversal de los mismos depende de la forma de los agujeros de la hilera.

La hilera con orificios redondos es la indispensable para los hilos PE 78f24 br rd. La hilera más usada es la EP04 por sus bordes más redondos; aunque también pueden utilizarse otros tipos como se distingue en la siguiente figura.

Igualmente para identificar el tipo de hilera se usa lo siguiente nomenclatura:

**Tipo A** = F-24 o LA-06-200 KL 340

**Tipo B** = F-24 o LA-06-200 KL 340

Dónde F-24 indica el número de orificios de la hilera.

LA-06-200 es la distancia en micras existente desde el precanal hasta el orificio de salida y KL 340 es la numeración de la placa.

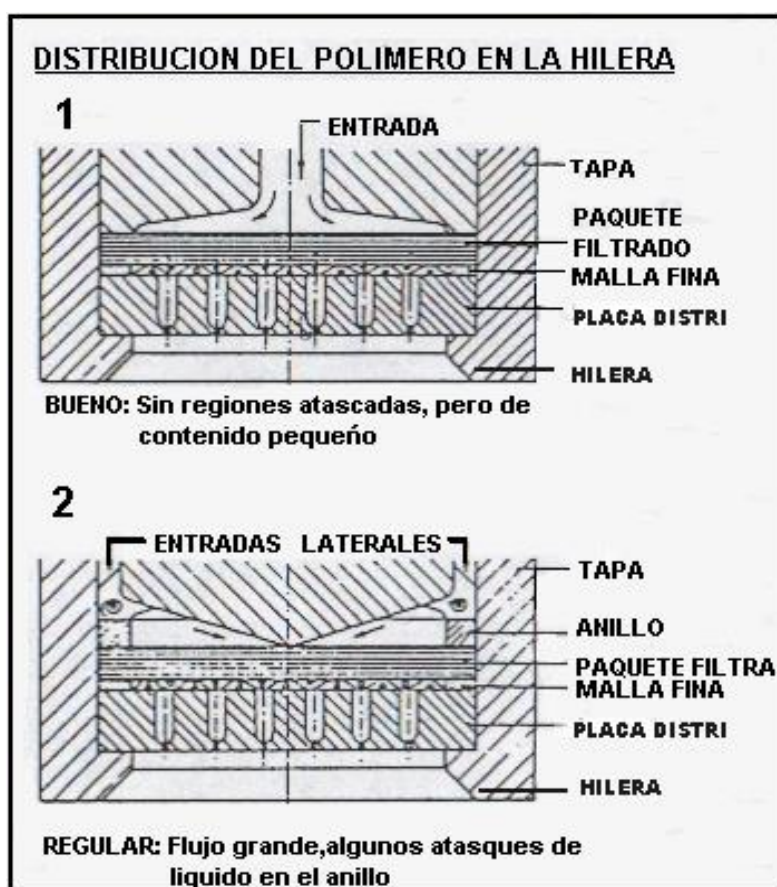


FIG.33 Distribución del polímero en la Hilera

## 4.2 PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL TEÑIDO

### 4.2.1 GRANULOS

- a) La viscosidad

Viscosidad más alta = teñido más claro

- b) Color de gránulos

Color más amarillo = diferencia en el tono.

- c) El Contenido de  $\text{TiO}_2$

Diferencia en % de  $\text{TiO}_2$  = diferencias de tono y brillo

#### **4.2.2 EXTRUSOR**

- a) Temperatura de polímero en la cabeza del extrusor; tiene poca influencia en el teñido si la temperatura no se desvía mas de 4°C a 5°C.
- b) Temperatura de dowtherm: Hay diferencia en el teñido si la temperatura se desvía mas de 2°C a 3°C.
- c) Temperatura de hilera: Existe diferencia en el teñido si la temperatura varía entre 2°C a 3°C.
- d) El tiempo de residencia del polímero en el extrusor y las líneas del polímero si afecta el teñido.
- e) El tiempo de residencia más largo resulta en viscosidad del hilo mas baja y teñido mas oscuro.
- f) Paros por cambio de hilera o bomba: Hasta que la hilera alcance la temperatura de trabajo (unos 500 g) existe variación en el teñido, con las otras posiciones.

#### **4.2.3 CONDICIONES DE AIRE DE SOPLADO**

Las variaciones grandes en la temperatura de aire de soplado resultan en diferencias en el proceso de enfriamiento de los hilos y por consecuencia irregularidades en la pre - orientación del hilo no estirado.

#### **4.3 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DEL PROCESO EN LAS PROPIEDADES DEL HILO TEXTURIZADO**

En esta parte serán tratadas las influencias en las propiedades del hilo, cambiando las siguientes condiciones del proceso.

- a) Relación de estirado
- b) Temperatura placa caliente T1
- c) Torsiones
- d) Temperatura de caja fijadora T2
- e) Sobrealimentación
- f) Relación de embobinado
- g) Velocidad del vaivén.

##### **4.3.1 RELACION DE ESTIRADO**

A **mayor** relación de estirado es igual a:

= + tenacidad

= + filamentos rotos

= + diferencia de tensión antes y después del agregado.

= - afinidad al teñido

= - elongación      = - partes cerradas

#### **4.3.2 TEMPERATURA PLACAS ó T1**

A **mayor** temperatura de placas es igual a:

= Tenacidad casi no influye < 230°C

= - Tenacidad > 230°C

= - Afinidad del teñido (1°C = 0.6)

= - Encogimiento.

= + KK (1°C = 0.4% KK)

#### **4.3.3 TORSIONES**

A **mayor** Torsiones es igual a:

= - partes cerradas

= + KK

#### **4.3.4 TEMPERATURA CAJA FIJADORA T2**

A **mayor** temperatura T2

= tenacidad poca influencia (160 - 230°C)

= - KK (1°C = 0.4 - 0.9% KK)

= poca influencia afinidad al teñido (160 - 200)

= - encogimiento (1°shore = 0.3%)

= - vividez.

#### **4.3.5 SOBREALIMENTACION**

A **mayor** Sobrealimentación entre (9.5 - 16%)

= + KK ( $1^{\circ}\text{C} = 0.52 \text{ KK}$ )

#### **4.3.6 TEMPERATURA DE PLACAS Y CAJAS**

Temperaturas **T1** =  $200^{\circ}\text{C}$  y **T2** =  $180^{\circ}\text{C}$

= en la tenacidad y encogimiento poca influencia.

#### **4.3.7 VELOCIDAD DE EMBOBINADO**

A **mayor** velocidad de embobinado:

= - dureza

= - tensión del hilo

#### **4.3.8 VELOCIDAD DEL VAIVEN**

A **mayor** velocidad del vaivén:

= + tensión hilo

= + dureza

### **4.4 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DEL PROCESO EN LAS PROPIEDADES DEL HILO RETORCIDO**

#### **4.4.1 TORSIONES**

A **mayor** torsiones

= - brillo



= - elongación

= + resistencia

= + vividez

#### 4.4.2 SOBREALIMENTACION

A **mayor** sobrealimentación

= - tensión

= - dureza del paquete

#### 4.4.3 VELOCIDAD DE TRABAJO

La velocidad de trabajo esta relacionada con los m/min de enrollamiento del alimentador V3. Por lo que:

A **mayor** velocidad

= - torsiones/m

= + filamentos rotos

= + tensión

= - loops

#### 4.4.4 TENSION DE TRABAJO

Las tensiones de trabajo están directamente relacionadas con la velocidad de la máquina, dureza del paquete o muff, por lo tanto se tiene dos tipos de tensiones **S1**= pertenece a la tensión de balón produciéndose al salir de la olla o pote y la tensión **S2**= Es la tensión de enrollamiento del muff.

A **mayor** tensión **S1**:

= + esferas de conjunto tensor

= - reserva (1/4 vuelta)

= + velocidad del V1

= + filamentos rotos

A **mayor** tensión **S2**:

= + velocidad del V3

= + dureza del muff

= tiende a dar hilos cruzados

#### **4.4.5 TEMPERATURA DE CAJAS**

A **mayor** temperatura de cajas:

= - encogimiento HL

= - KK

= - vividez / m

= tiñe más claro

= + filamentos rotos

= - loops

#### **4.5 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DEL PROCESO EN LAS PROPIEDADES DEL HILO ENCONADO**

#### **4.5.1 VELOCIDAD DE TRABAJO**

A **mayor** velocidad de trabajo:

- = + filamentos rotos
- = + roturas
- = + dosificación de avivaje

#### **4.5.2 TENSION DE TRABAJO**

En el proceso de Enconado tenemos la tensión S1.

A **mayor** tensión:

- = + dureza del cono
- = + filamentos rotos
- = - resistencia
- = - elongación
- = + presencia de oligómeros
- = - presencia de loops

#### **4.5.3 CONTENIDO DE AVIVAJE**

A **mayor** contenido de avivaje

- = mala solidez al planchado
- = - filamentos rotos
- = - carga electrostática en post tratamiento

= + cohesión de filamentos

Con todos estos datos técnicos debemos construir la condición aceptable para producir un hilo de poliamida que nos dé los mejores resultados para los procesos donde los clientes.

#### 4.6 CONDICIONES DE PROCESO MODELO

Las variables más importantes y que se deben tener en cuenta al momento de arrancar la corrida son las siguientes:

<u>VARIABLES GENERALES</u>	<u>ALTA VISCOSIDAD</u>	<u>BAJA VISCOSIDAD</u>
R/E-	1.249120	1.190000
CAUDAL BOMBAS	37.7 g/min. pos.	38.5 g/min. pos.
<b><u>VARIABLES DEL EXTRUSOR</u></b>		
T° ZONAS 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / Ts6 / Ts7 / Ts8	280 / 277 / 276 / 274 / 273/ 257 / 269	290 / 285 / 282 / 280 / 277 / 256 / 274
R.p.m. Tornillo	56	60
PIC21 / PIA22 bares	144 / 148	135 / 139
<b><u>VARIABLES DE HILATURA</u></b>		
PI61 / PI62 /	58 / 210	75 / 155
Velocidad Bomb. Hilar / Hz	41.5 rpm. / 119.8 Hz	42 rpm. / 120.8 Hz
Velocidad Aire de Soplado	0.45 m/seg	0.45 m/seg
Caudal aire de soplado	250 N/m	250 N/m
Distancia Hilera Jet	1400 mm	1400 mm

Velocidad Bomba Avivaje	25 rpm	29 rpm
<b><u>VARIABLES DE EMBOBINADO</u></b>		
AVIVAJE		
Velocidad Embobinado	3390 m/min	4200 m/min
% Sobrealimentación	9.56 %	9.56 %
Peso / Decitex	7.392 Kg / 91.70 gr/10000m	7.392 Kg / 91.70 gr/10000m
Presión Aire de Trenzado	0.8 bar	0.8 bar
Tensión S <sub>0</sub> S <sub>3</sub>	17 cN - 26 cN	17 cN - 26 Cn
<b><u>VARIABLES DE TEXTURIZADO</u></b>		
R/E - D/Y	1.215234 - 2.12	1.194170 - 2.12
Velocidad de Discos	4130 rpm	4130 rpm
V1 / V2 / V3 / V4	249,33 / 303 / 288 / 291 m/min	253 / 303 / 288 / 291 m/min
T1 placas - T2 cajas	180 °C - 0 °C	180 °C - 0 °C
Tensión S <sub>1</sub> - S <sub>2</sub> - S <sub>3</sub>	16 - 19 - 2 cN	28 - 30 - 2 cN
Relación S2 / S1	1.2 cN	1.1 cN
Configuración Agregados	0 - 6 - 0	0 - 6 - 0
<b><u>VARIABLES DE RETORCIDO</u></b>		
Peso Muff gr.	1000	1000
R.p.m. Husos	2929	2929
Velocidad Lineal Retorcido	215 m/min	215 m/min
Velocidad del V2 m/min	128.9	128.9
Sobrealimentación V1-V2	40.02 %	40.02 %

Temperatura de Cajas °C	160	160
Velocidad V3 m/min	164	164
Sobrealimentación V3-V2	27.22 %	27.22 %
Tensión del Balón	90	90
Tensión de Embobinado	2	2
<b><u>VARIABLES DE ENCONADO</u></b>		
Peso del cono	0.980	0.980
Velocidad de enconado	820 m/min	820 m/min
Peso de dedos tensores	30 gramos	30 gramos
Avivaje	6 gotas/min.	6 gotas/min.
Dureza	60 Shore	60 Shore

**Tabla. 10 Condición de Proceso Modelo**

## **4.7 PARAMETROS DE CONTROL DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS EN PROCESO**

### **4.7.1 CONTROL DEL GRANULO**

Son Controles previos que se realiza para determinar las propiedades de la materia prima y así ajustar las variables del proceso en la hilatura.

### **4.7.2 CONTROL DE HUMEDAD**

La humedad del gránulo se expresa en partes por millón (ppm), se lo realiza en un secador a 250°C, entonces se pesa el gránulo de entrada y la diferencia de peso con el gránulo seco, es las ppm.

Y su influencia esta directamente relacionada con las temperaturas de fundido en el extrusor, esto afecta a las propiedades físicas del hilo.

#### **4.7.3 VISCOSIDAD**

Es una medición a la propiedad que tienen los líquidos de oponerse a la resistencia del flujo.

#### **4.7.4 % DE CENIZAS**

El porcentaje de cenizas se lo realiza poniendo una muestra de gránulo en un crisol y sometiéndole a alta temperatura en un horno a 300°C, el porcentaje se calcula sumando el peso del crisol más la muestra y se resta del residuo que queda.

### **4.8 CONTROL DE PROPIEDADES FISICAS DEL HILO**

El control de propiedades físicas se realiza en el laboratorio, en dónde utilizando aparatos como el uster tester III y statimat, determinamos la regularidad y las propiedades dinamométricas del hilo respectivamente.

#### **4.8.1 DECITEX**

Es el peso de un hilo expresado en gramos correspondiente a la longitud de 10.000 metros.

#### **4.8.2 TENACIDAD (cN/dtex/**

Es la relación entre la fuerza necesaria para romper el hilo y su titulo (decitex), se expresa en cN/dtex ó g/Den.

#### **4.8.3 ELONGACION %**

Es la diferencia de la longitud que tiene un hilo luego de someterse a un alargamiento determinado, con respecto a su longitud original, expresado en porcentaje.

#### **4.8.4 REGULARIDAD %**

La regularidad del hilo esta expresado en porcentaje, y es la variación de la masa de un hilo medido en una longitud determinada.

#### **4.8.5 COEFICIENTE DE VARIACION %**

El coeficiente de variación de la regularidad del hilo, es la relación existente entre la desviación standard y el promedio de los valores medidos multiplicados por 100 y expresado en porcentaje.

#### **4.8.6 VIVIDEZ (vueltas/ metro)**

Es la capacidad que tiene el hilo para envolverse inversa a la torsión en el momento que se encuentra libre.

#### **4.8.7 ENCOGIMIENTO AL AIRE CALIENTE HL**

Es un análisis que se realiza en el laboratorio y consiste en someter una madeja pequeña de hilo a un tratamiento térmico, en aire caliente bajo condiciones de tiempo y temperaturas, obteniéndose diferencia de longitudes antes y después del tratamiento, este encogimiento es importante para el producto final, porque da el ancho final de la tela simulando el proceso de termofijado.

#### **4.8.8 ENCOGIMIENTO AL AGUA CALIENTE KK%.**

Es la disminución del rizo o bucle del hilo cuando ha sido sometido a un tratamiento en agua caliente, se expresa en %, esta propiedad refleja el volumen que se formo en el hilo texturizado, a mayor numero de rizos, mayor amplitud del mismo y su valor será mas alto y por ende el tacto de la tela será mejor.



#### **4.8.9 AFINIDAD**

Propiedad que tienen las fibras para captar el colorante de manera homogénea, al tinturar hilo se puede presentar varias opciones como tonos claros u oscuros, barrados o inquietos con referencia al tono standard, esto implica que las condiciones mecánicas y térmicas del proceso de texturizado no siempre son las ideales y habrá que realizar ajustes.

#### **4.8.10 DUREZA DE DIRECTAS**

Grado de compactación del hilo enrollado en un núcleo, expresados en unidades de dureza grados shore.

## **CAPITULO V**

### **5.0 PARTE EXPERIMENTAL**

En el presente capítulo trataremos sobre la corrida del gránulo de alta viscosidad y los resultados obtenidos en el laboratorio textil, también compararemos las propiedades físicas de los hilos de alta y baja viscosidad, las mismas que se obtuvo a través de los diferentes procesos ocurridos.

Cabe indicar también que en la empresa Enkador S.A. no se ha realizado pruebas con gránulos de diferente viscosidad por lo que aprovechando de todos los procesos y maquinaria existente en la planta Enkador S.A. se procede con la prueba.

Igualmente al término del capítulo podemos verificar si es necesario o no el producir hilos de alta viscosidad, esto lo podemos observar con todos los datos y gráficos que se presenta.

### **5.1 CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN HILATURA**

Para esta corrida se dispone de 30 Toneladas de materia prima de gránulo de poliamida de alta viscosidad tipo A que se procesará en la máquina de hilatura, con un caudal de 2,61504 T/día, iniciándose el día 09/03/2000 hasta el 20/03/2000.

Al iniciar la corrida en la hilatura se procede con el siguiente perfil de temperaturas en el extrusor de 280°C a 270°C, obteniéndose como resultado una saturación rápida de la presión después de bombas

llegando a superar los 210 bares, lo que hizo que aumente las faltas por tonelada.

Luego de obtener los resultados de la prueba A, y por los problemas anteriormente descritos se decide realizar dos pruebas más para mejorar los resultados, siendo la condición más óptima la parte C, lo que podemos observar en la tabla siguiente:

### 5.1.1 DIVERSAS PRUEBAS DEL GRANULO TIPO A EN HILATURA

VARIABLES	UNIDAD	TIPO B	PRUEBAS TIPO A		
			A	B	C
TEMP. EXTRUSOR ZONA 1	°C	290	280	279	280
TEMP. EXTRUSOR ZONA 2	°C	285	277	276	278
TEMP. EXTRUSOR ZONA 3	°C	282	274	275	277
TEMP. EXTRUSOR ZONA 4	°C	280	272	273	274
TEMP. EXTRUSOR ZONA 5	°C	277	270	272	273
TEMP. EXTRUSOR ZONA 6	°C	256	256	256	257
TEMP. DE POLIMERO	°C	272	268	269	270
TEMP. DE DOWTHERM	°C	274	272	272	272
PRESION ANTES BOMBAS	BAR	76	53	52	54
PRESION DESPUES BOMB	BAR	164	218	206	190
PIC21	BAR	135	145	144	144
<b>PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>					
VISCOSIDAD	Nr	2,35	2,56	2,54	2,51
TITULO	DECITEX	91,5	90,8	92,12	92,7
TENACIDAD	cN/dtex	4,47	4,19	4,29	4,07
ELONGACIÓN	%	66,51	79,08	78,64	74,35
FASE	cN	327,76	325,79	326,4	317
EASF	%	52,52	67	60,1	61,64
CVFASE	%	1,37	1,15	1,14	1,84
UM%	%	0,67	0,77	0,64	0,58
CVM%	%	0,88	0,94	0,85	0,77
FALTAS DE CALIDAD	1/T	1,5	8	2,3	1,55
FALTAS TOTALES	1/T	6	33,75	28	20

Tabla. 11 Diversas Pruebas con el Gránulo Tipo A en Hilatura

## **5.1.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL GRANULO TIPO A EN HILATURA**

Como se puede observar en los resultados de las condiciones de máquina expuestas anteriormente se deduce lo siguiente:

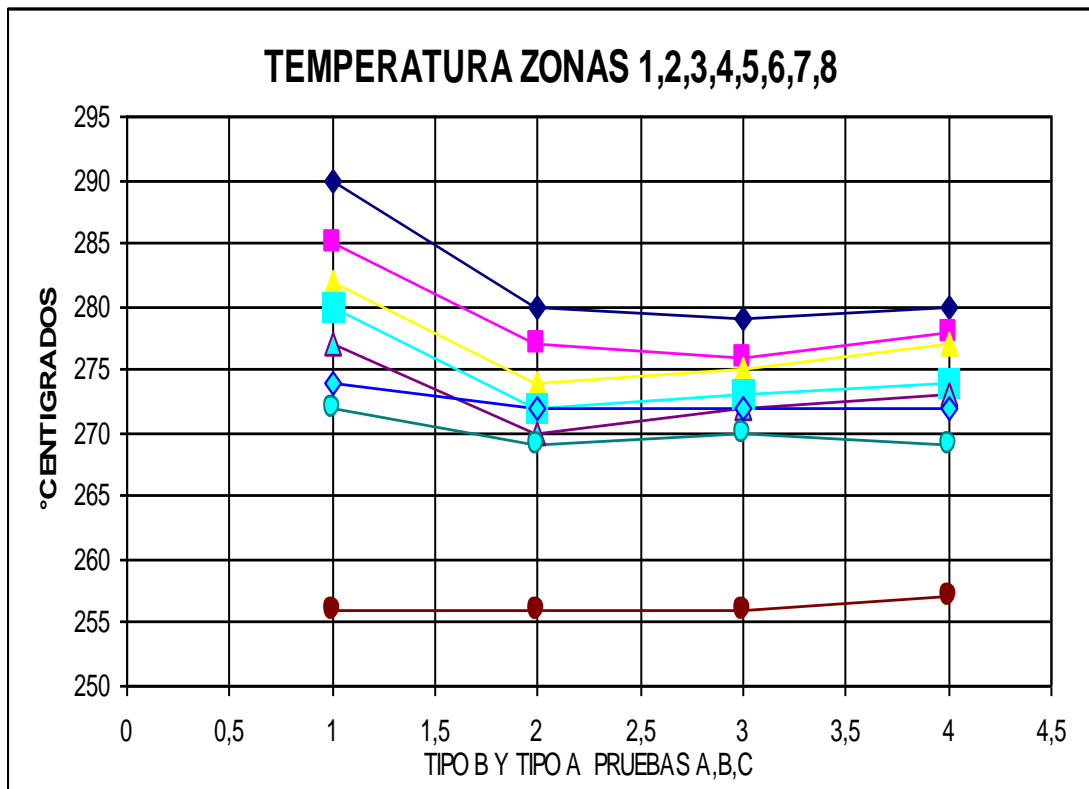
**5.1.2.1** Se debe tener en cuenta los parámetros de la parte C, propuestos porque se ajustan a la condición necesaria para el buen desempeño del gránulo, igualmente se verifica en el laboratorio los datos obtenidos, los que permitirán ajustar las variables para obtener las mejores propiedades físicas del hilo.

**5.1.2.2** La variable que tuvo cambios notables fue: La temperatura del extrusor, cambiando las zonas 1 a 6 en:  $-10^{\circ}\text{C}$  /  $-7^{\circ}\text{C}$  /  $-5^{\circ}\text{C}$  /  $-6^{\circ}\text{C}$  /  $-4^{\circ}\text{C}$  /  $-1^{\circ}\text{C}$ , la temperatura del polímero en  $-3^{\circ}\text{C}$  y la temperatura de Dowtherm en  $-2^{\circ}\text{C}$  lo que indica que el gránulo tipo A necesita menor temperatura para su fundición, que el gránulo tipo B, debido a las cadenas moleculares que son mas grandes y necesitan de menos temperatura para orientarse. Para evitar que las propiedades del hilo tengan variaciones grandes, se ajusto la condición a la parte C la que nos ayudó a mejorar las faltas por tonelada.

**5.1.2.3** En cuanto a las presiones de entrada y salida de bombas de hilar (Pi61 y Pi62) respectivamente, hubo diferencia en: El Pi61 en  $-22$  bares lo que indica que el gránulo de alta viscosidad produce menos presión al entrar en la bomba, en cambio la variación del Pi62 en  $+ 26$  bares, determina que debido a la alta viscosidad aumenta la presión de salida, saturando así los filtros en mayor proporción que el gránulo de baja viscosidad.

**5.1.2.4** Otro factor importante es la elongación, la misma que en la parte A subió a 79%, por lo que al término de la prueba C se logro reducir a 74% es decir que fue necesario subir las temperaturas de las zonas del extrusor para permitir que la variable elongación baje, esto nos ayudará a utilizar una relación de estirado no muy alta, facilitando el proceso en el texturizado.

**5.1.3 GRAFICOS DE CONTROL DE LA CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN HILATURA**



**FIG.34** Temperatura Zonas del Extrusor 1,2,3,4,5,6,7,8

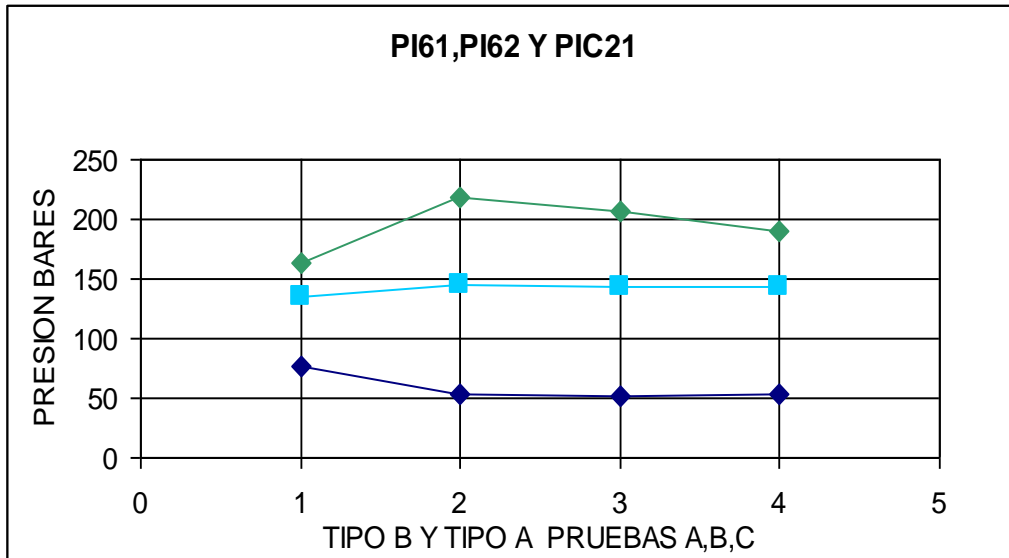


FIG.35 Presiones Pi61, Pi62 y Pic21

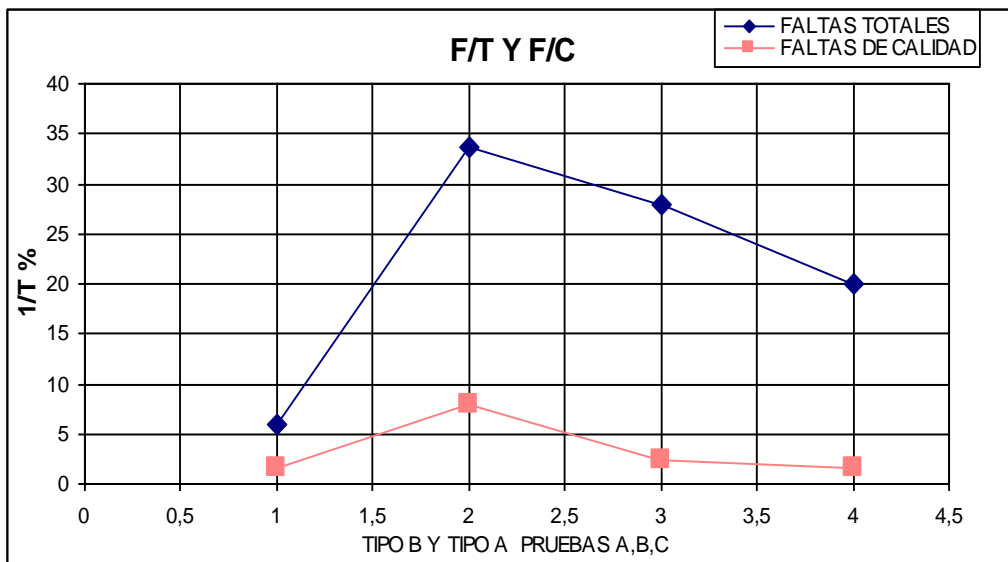


FIG.36 Faltas por Tonelada y Faltas de Calidad

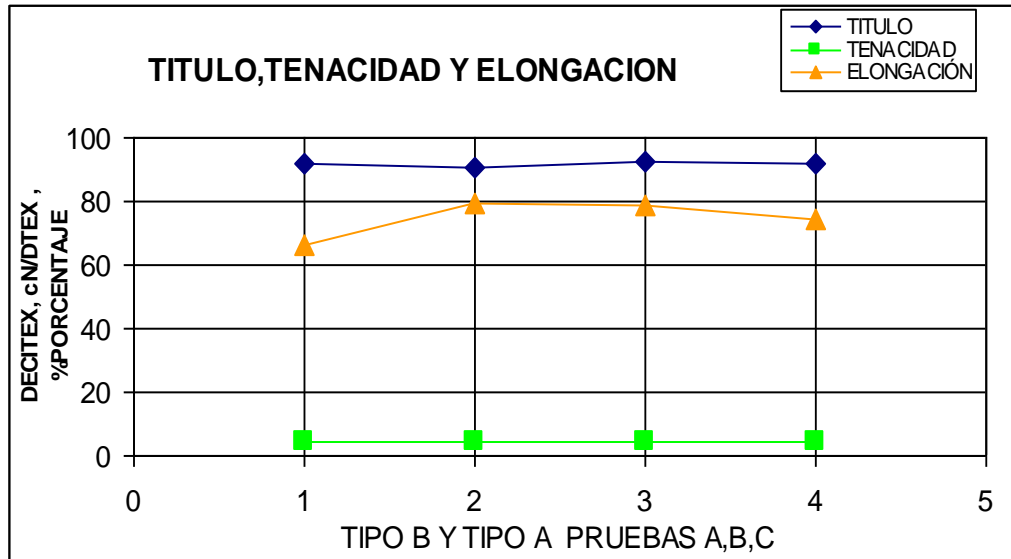


FIG.37 Titulo, Tenacidad y Elongación

## 5.2 CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZADO

Se procede a realizar la corrida en texturizado, luego de 48 horas de estacionamiento de las primeras bobinas de hilatura, el día 15/03/2000, en total 29,55 toneladas, descontando el 1,5% de desperdicio generado en la hilatura.

La prueba se realiza tomando como base la anterior corrida del gránulo tipo B, en la cual se fue realizando varios ajustes en las variables de proceso hasta obtener la condición ideal.

### 5.2.1 DIVERSAS PRUEBAS DEL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZADO

			PRUEBAS TIPO A		
VARIABLES	UNIDAD	TIPO B	A	B	C
GOLPES DOBLES	DH/min	150	145	150	155
R.P.M. RODILLO AVIVAJE	rpm	90	90	95	95
RELACION DE ESTIRADO	admisib	1,17778	1,145	1,19	1,214
TEMPERATURA DE PLACAS	°C	182	180	180	178
VELOCIDAD DE DISCOS	rpm	4130	4134	4143	4143
D/Y	admisib	1,97	2,1	2,02	2,12
VELOCIDAD V1	m/min	277,18	267,8	267,8	249,7
VELOCIDAD V2	m/min	326,46	306,63	318,7	303,2
VELOCIDAD V3	m/min	310,46	302,9	302,9	288,6
VELOCIDAD V4	m/min	313,66	306,1	306,1	292
<b>PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>					
%ACEITE	%	2,5	2,25	2,43	2,45
DUREZA	shore	60	54	58	60
ELONGACION	%	31	32,66	32,02	31,5
FILAMENTOS ROTOS	n/100m	1	0	0,1	0,13
HL 190°C	%	4	2,64	2,84	2,7
KK	%	65	67,34	64,96	64,45
TENACIDAD	%	4,8	4,21	4,66	4,9
TITULO	decitex	165	158,2	157,3	157
VIVIDEZ POR METRO	vv/m	0	0	0	0
RELACION S2/S1	cN	1,08	1,4	1,37	1,2
FALTAS POR TONELADA	1/T	13	30	27	24
DEGRADACION x AFINIDAD	%	1,6	20	15	10

Tabla. 12 Diversas Pruebas con el Gránulo Tipo A en Texturizado

## 5.2.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZADO

En este proceso se ajusta las variables y se obtiene los siguientes resultados:

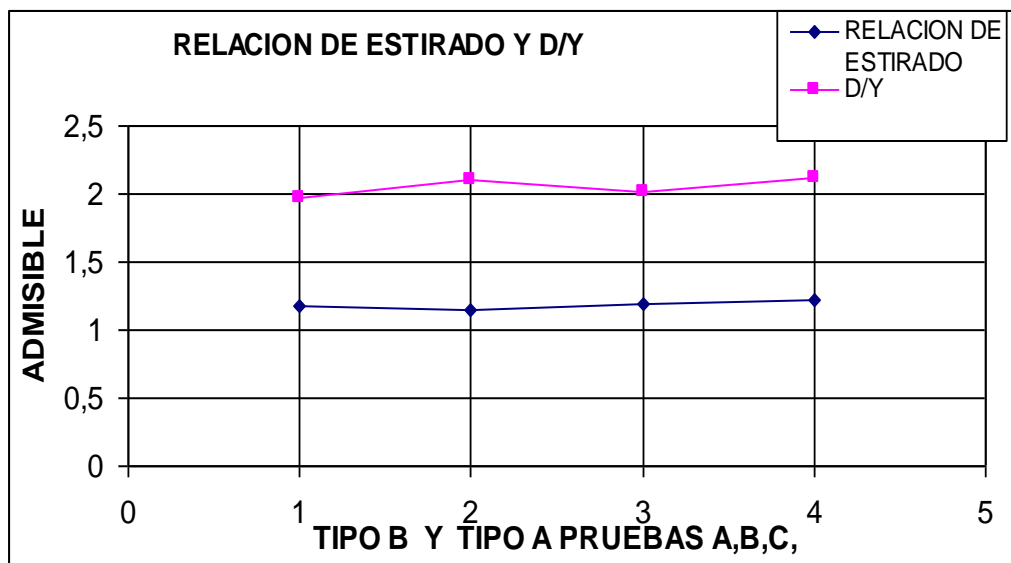
**5.2.2.1** Con la prueba parte A y relacionando con la condición del gránulo de Baja viscosidad, se observa partes cerradas en la afinidad tintórea del hilo, por lo que se subió la relación de estirado de 1.14 a 1.21 y a la vez se procede a bajar la temperatura de placas de 180°C a 178°C, para evitar filamentos rotos por el incremento de la relación de estirado.



**5.2.2.2** Debido a la alta elongación (+1.16%) que tiene el hilo de alta viscosidad se sube la relación de estirado ayudando así a obtener el decitex 156.

**5.2.2.3** También es importante indicar que la relación de tensión **S2/S1** se incrementó en (+0,2 cN) por la alta viscosidad del gránulo, a pesar de que las tensiones S1, S2, S3 son bajas con relación al granulo de baja viscosidad.

#### **5.2.4 GRAFICOS DE CONTROL DE LA CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN TEXTURIZADO**



**FIG.38** Relación de Estirado y D/y

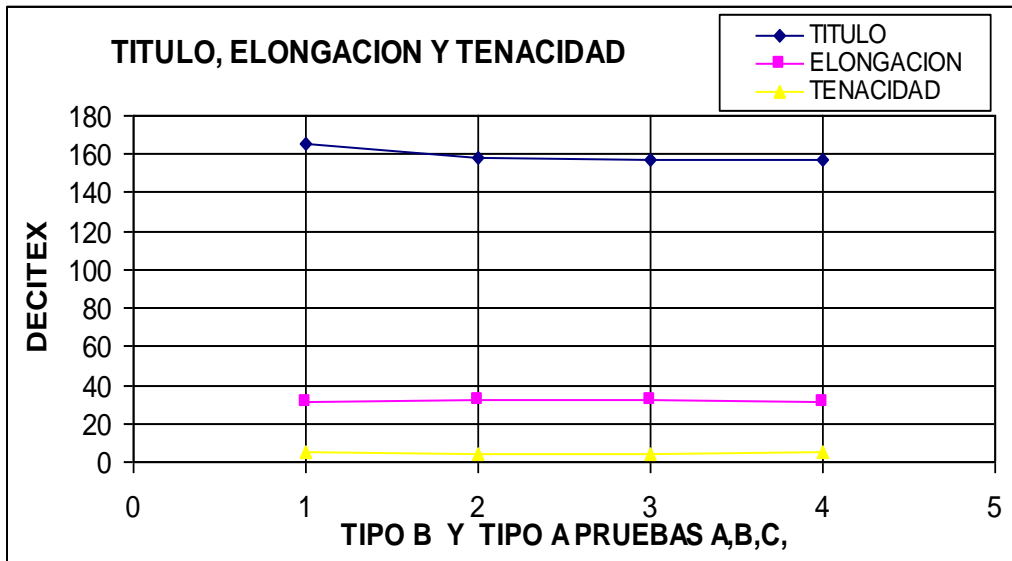


FIG.39 Titulo, Elongación y Tenacidad

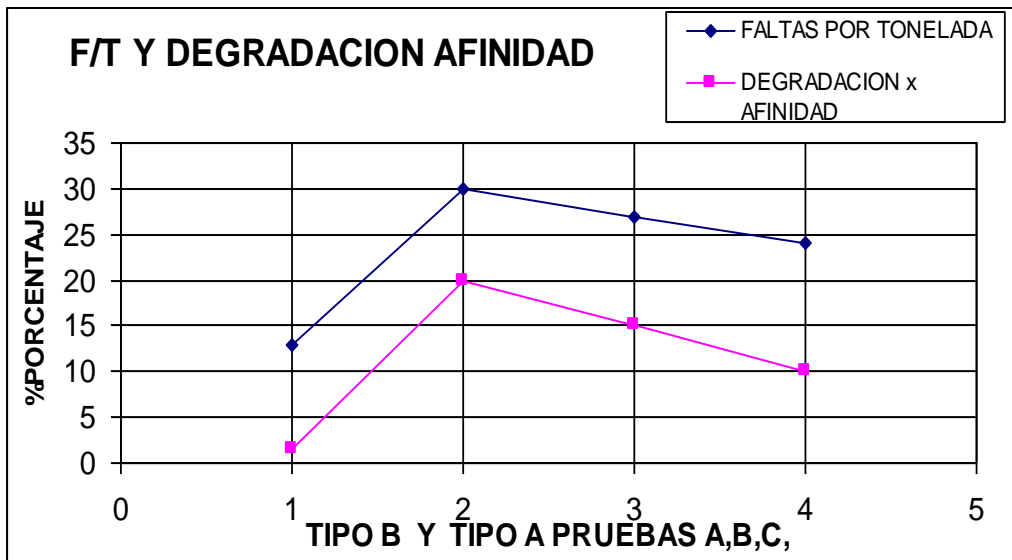


FIG.40 F/T y Degradación por Afinidad

### 5.3 CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO

Prácticamente en este proceso se mantiene las mismas condiciones de máquina para el hilo de alta viscosidad como para el de baja viscosidad, esto se debe a que el hilo luego del proceso de hilado y texturizado tiene similares propiedades físicas al hilo de baja viscosidad, por ende las propiedades físicas de retorcido son similares en ambos casos.

#### 5.3.1 DIVERSAS PRUEBAS DEL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO

VARIABLES	UNIDAD	TIPO B	PRUEBAS TIPO A		
			A	B	C
GOLPES DOBLES	DH/min	52	52	50	50
SOBRE-ALIMENTACIO V1-V2	rpm	34,3	33,9	34,3	34,3
SOBRE-ALIMENTACIO V2-V3	admisib	27,2	28	27,2	27,2
TEMPERATURA DE CAJAS	°C	165	162	163	164
VELOCIDAD DE HUSOS X2	rpm	4450	4445	4448	4450
VELOCIDAD DE RETORCIDO	m/min	159,5	159	159,5	159,3
VELOCIDAD V2	m/min	111,12	111,12	111,12	111,12
VELOCIDAD V3	m/min	141,75	141,75	142	143
<b>PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>					
TORSIONES	T.p.m	57	56	57	59
DUREZA	shore	11	13	10	10
ELONGACION	%	34	33,8	32	31,5
FILAMENTOS ROTOS	n/100m	0	0	0	0
HL 190°c	%	4	3,3	3,6	3,9
KK	%	65	58,6	55	55
TENACIDAD	%	4,5	4,1	4,3	4,3
TITULO	decitex	158	159	160	160
VIVIDEZ POR METRO	vv/m	18	15	14	14
FALTAS /TONELADA	1/T	40	200	220	180
DEGRADA. POR AFINIDAD	%	4,5	10	11	9

Tabla. 13 Diversas Pruebas con el Gránulo Tipo A en Retorcido

#### 5.3.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO

Como se puede apreciar en este proceso se tuvo una dureza de 13° shore vs. 11° shore que es lo recomendable, esto porque este producto se tinturará posteriormente, el incremento de dureza se debe a la alta tensión, por ser un hilo de alta viscosidad.

### 5.3.3 GRAFICOS DE CONTROL DE LA CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN RETORCIDO

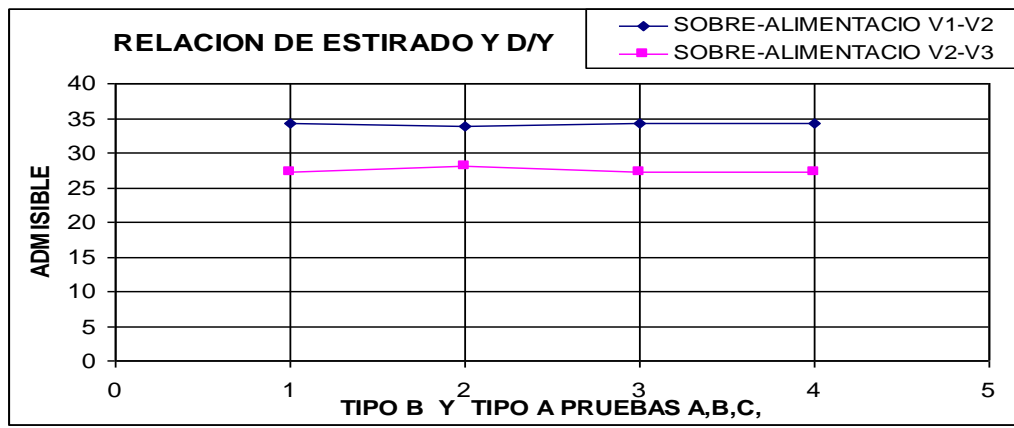


FIG.41 Relación de Estirado y D/Y

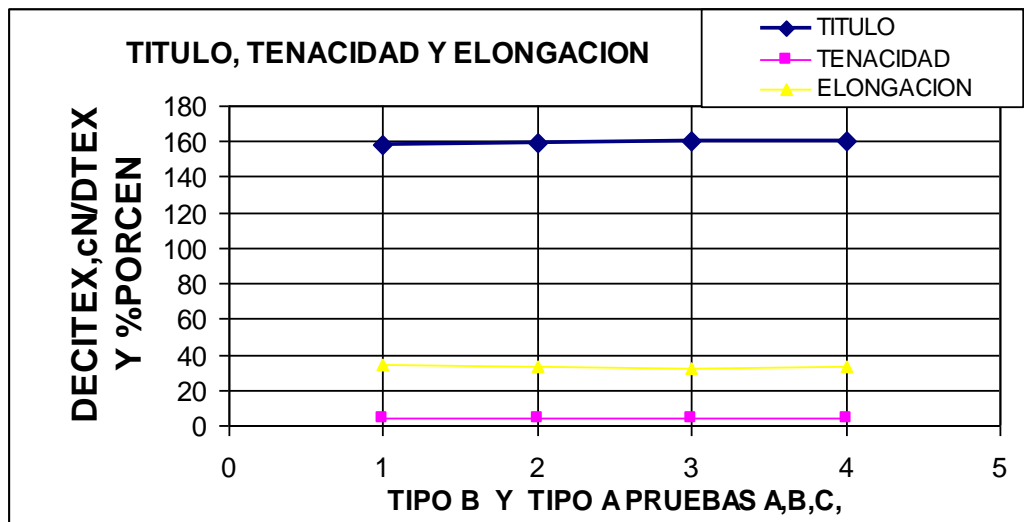


FIG.42 Título, Tenacidad y Elongación

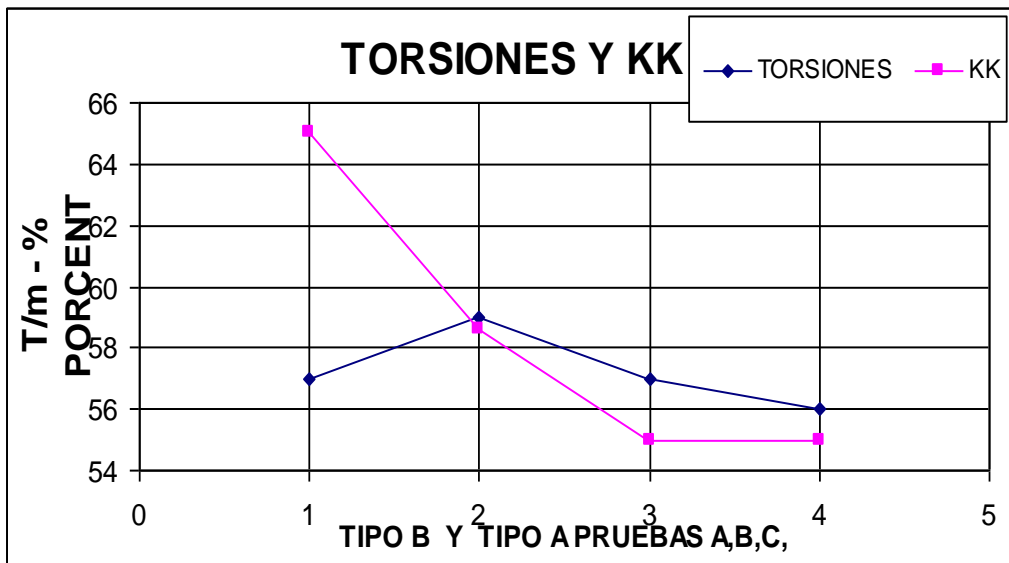


FIG.43 Torsiones y KK

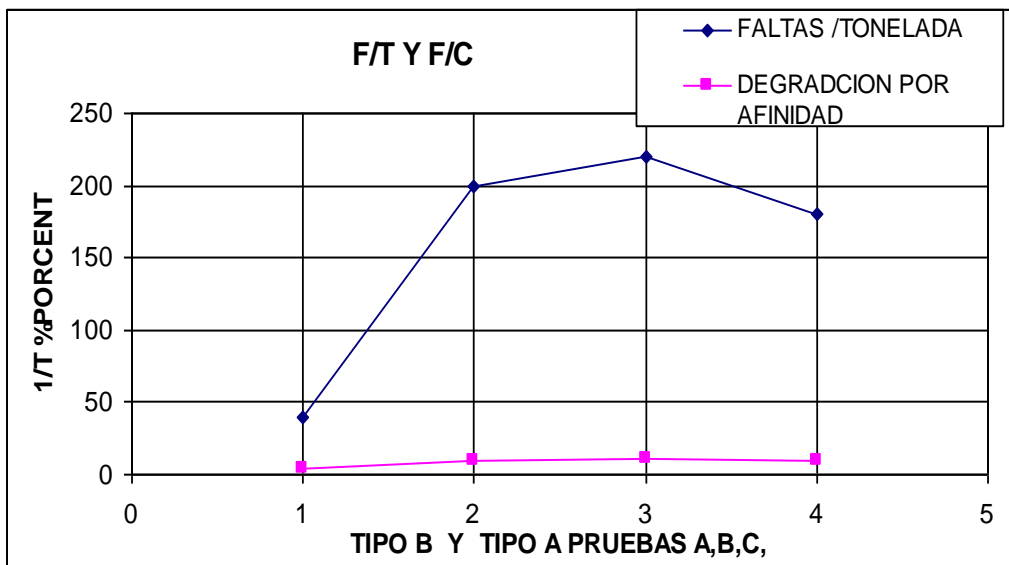


FIG.44 Faltas por Tonelada y Faltas de Calidad

## 5.4 CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN ENCONADO

En este proceso se mantiene las mismas condiciones de máquina para el hilo de alta viscosidad como para el de baja viscosidad, esto se debe a que las propiedades del hilo luego de los anteriores procesos no cambian en el enconado, como sabemos el enconado solo hace que cambiemos la presentación del muff a cono.

### 5.4.1 DIVERSAS PRUEBAS DEL GRANULO TIPO A EN ENCONADO

VARIABLES	UNIDAD	TIPO B	PRUEBAS TIPO A		
			A	B	C
VELOCIDAD RODILLO AVIVAJE	R.P.M	45	42	43	45
PESO DE DEDOS TENSORES	gr	18	14	15	16
VELOCIDAD DE ENCONADO	m/min	820	820	820	820
<b>PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>					
ACEITE	%	1,5	1,46	1,49	1,52
DUREZA	shore	58	56	56,9	58
ELONGACION	%	31	33	33	32
FILAMENTOS ROTOS	n/100m	0,4	0,8	0,65	0,5
HL-190°C	%	0,5	0,56	0,52	0,5
KK	%	40	42	41,5	41
LOOPS	n/100m	0,53	0,8	0,75	0,6
TENACIDAD	CN/dtex	4	3,9	4	4
TITULO	detx	160	162	162	163
VIVIDEZ/METRO	vv/m	12	10	11	11
TORSIONES	t.p.m	57	57	58	58
FALTAS/TONELADAS	F/T	80	250	230	180
DEGRADACION POR AFINIDAD	%	4,5	16	14	10

Tabla. 14 Diversas Pruebas con el Gránulo Tipo A en Enconado

### 5.4.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL GRANULO TIPO A EN ENCONADO

Se debe tener mucho cuidado con la dosificación de avivaje ya que puede influir en los procesos dónde el cliente e incluso en grandes

cantidades puede afectar la solidez del colorante en el hilo, produciendo sangrados del mismo.

### 5.4.3 GRAFICOS DE CONTROL DE LA CORRIDA DEL GRANULO TIPO A EN ENCONADO

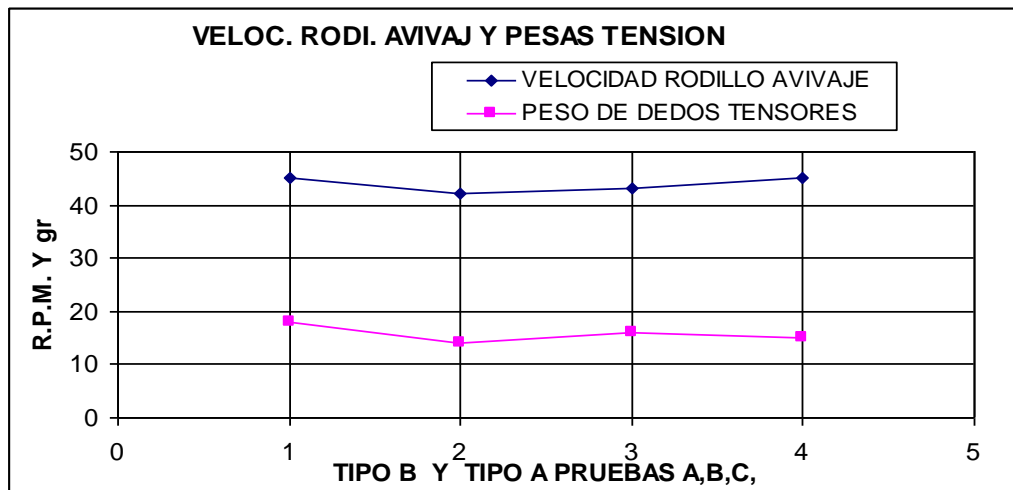


FIG.45 Velocidad Rodillo de Avivaje y Pesas de Tensión

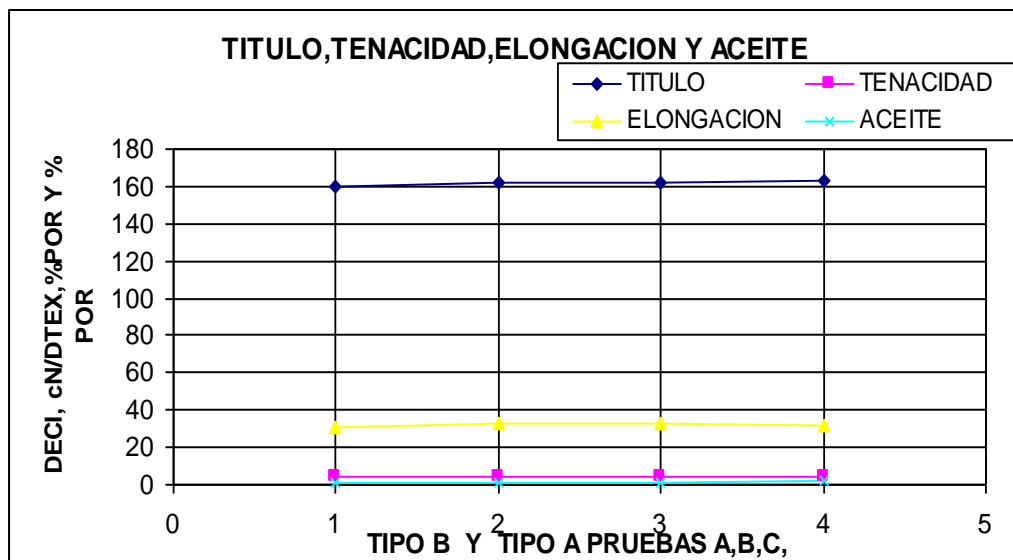


FIG.46 Titulo, Tenacidad, Elongación y Aceite

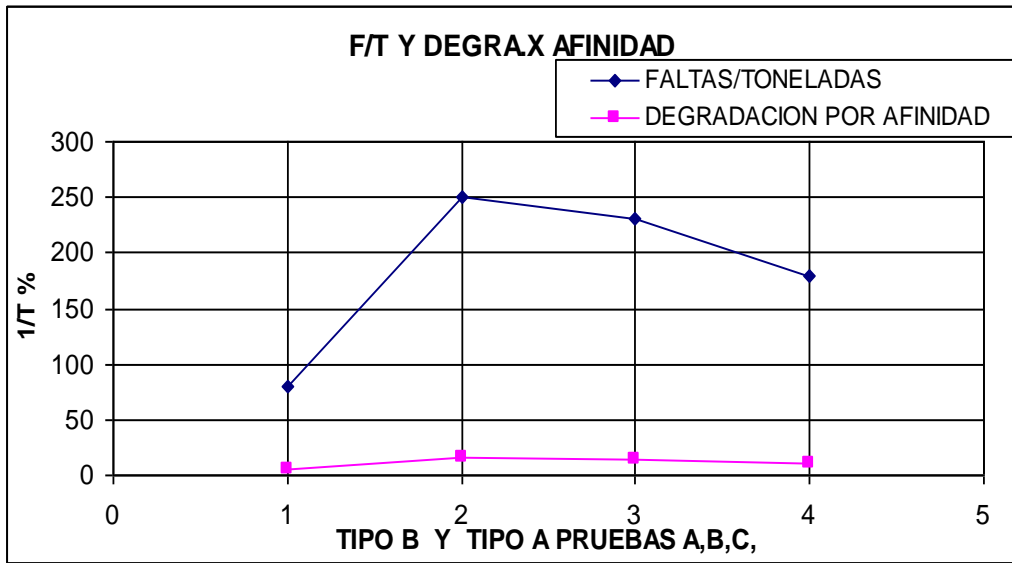


FIG.47 Faltas por tonelada y Degradación por Afinidad

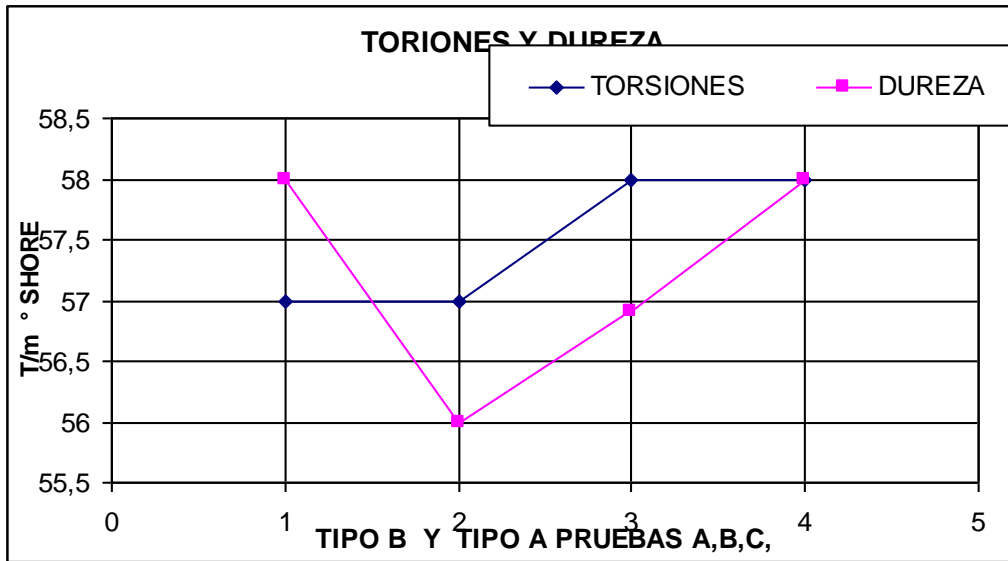
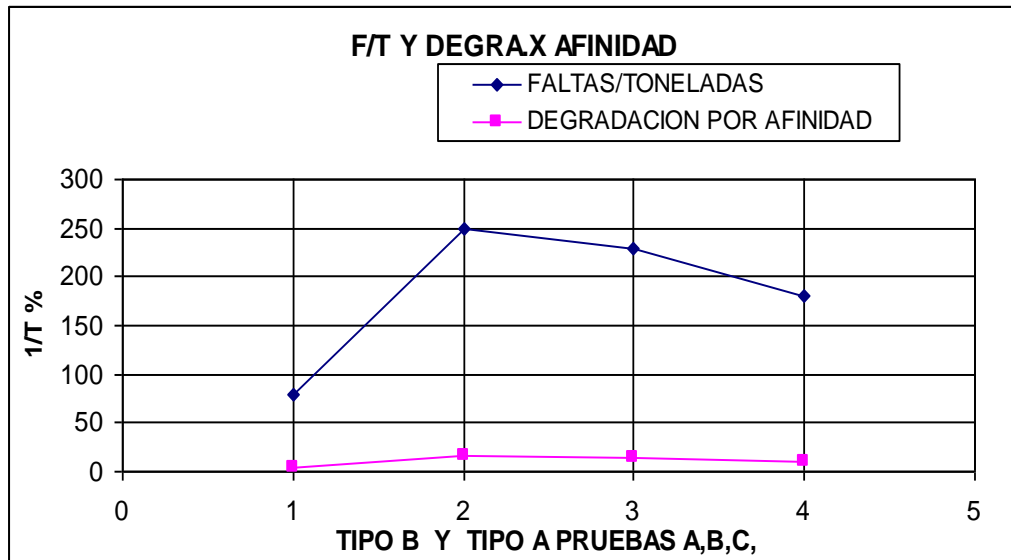


FIG.48 Torsiones y Dureza





**FIG.49 Faltas por Tonelada y Degradación por Afinidad**

### 5.5 EVALUACION DE PROPIEDADES FISICAS ENTRE CORRIDAS CON GRANULOS TIPO A Y TIPO B

En el siguiente cuadro se detalla la comparación entre los dos tipos de gránulos, luego de todo el proceso desde la Hilatura hasta el Enconado.

<u>HILATURA</u>	<b>ALTA VISCOSIDAD</b>	<b>BAJA VISCOSIDAD</b>
<u>CONTROL DE GRANULO</u>		
Viscosidad	2.46 +/- 0.005	2.32 +/- 0.003
% TiO <sub>2</sub>	0.0	0.0
Color	Brillante	Brillante
Humedad ppm	1089	1500
% cenizas	0.0	0.0

<b><u>CONTROL DEL HILO</u></b>		
Viscosidad	2.55 +/-0.03	2.35 +/- 0.01
<b><u>PROPIEDADES FISICAS EMBOBINADO</u></b>		
Decitex	90,8	91,73
Tenacidad	4,2	4,46
Elongación	79,1	66,22
EASF	67,67	50,24
FASE	244,11	332,84
E1 FIL	75,41	62,21
CVFASE	1,15	1,8
UM%	0,72	0,67
CV%	0,94	0,88

**Tabla. 15 Controles en Hilatura y Propiedades Físicas en Embobinado**

<b><u>HILO TEXTURIZADO</u></b>	<b>Alta Viscosid</b>	<b>Baja Viscosi</b>
Decitex (152-158)	158	160
Tenacidad (2.9-4.5) %	4.1	4.5
Elongación (24-36) %	31	32
Encogimiento HL (2-6) %	2.5	2.8
Kk (contracción) (50-70) %	66	68
Loop /Fr (0-1)	0	0
Dureza (50-70) °shore	55	55
Vividéz / m (0-20)	0	0
% Aceite (1-4) %	2.2	2.5

**Tabla.16 Control de Hilo texturizado**

<b><u>HILO RETORCIDO</u></b>	<b>Alta Viscosid</b>	<b>Baja Viscosi</b>
Decitex	160	160
Tenacidad	4.2	4.5
Elongación	32	34
Encogimiento HL %	3.1	2.8
Kk (contracción) %	55	55
Dureza	10	10
Torsiones / m	58	56
Vividéz / m	14	12

**Tabla. 17 Control de Hilo Retorcido**

<b><u>HILO ENCONADO</u></b>	<b>Alta Viscosid</b>	<b>Baja Viscosi</b>
Decitex (160-168)	165	168
Tenacidad (4-5)	4.1	4.3
Elongación (25-39)	34.5	33
Encogimiento HL (0-6) %	1.1	0.3
Kk (contracción) (40-60)%	55	45
Loop /Fr (0-1)	0	0
Dureza (50-70) °shore	58	58
Vividéz / m (0-70)	10	12
Torsiones / m (47-63)	55	56

**Tabla.18 Control de Hilo Enconado**

## **5.6 ANALISIS DE COSTOS**

### **5.6.1 INTRODUCCION**

Para realizar el análisis de los costos, indicaremos la comparación de utilidades entre los hilos de tipo A con respecto a los hilos de tipo B; posteriormente se indicará el punto de equilibrio, en el que verificaremos el volumen que se debe producir para evitar tener pérdidas y con ello llegar a obtener utilidades.

### **5.6.2 COMPARACION DE UTILIDADES DE LOS HILOS TIPO A Y B**

**5.6.2.1** En la tabla 19 se determina la utilidad que genera el producir hilos de alta viscosidad y lo comparamos con los hilos de baja viscosidad, es así que la utilidad neta del hilo tipo A es de \$19,115.22 y la del hilo tipo B es de \$ 21,093.48 lo que indica que al realizar los hilos tipo A no se alcanza a igualar la utilidad del tipo B, porque tiene un desfase de \$1,978.26

**5.6.2.2** Es importante indicar que la primera calidad del hilo tipo A, tiene un ingreso en las ventas muy bajo (\$ 56,259.00) y no alcanza a igualar los estándares de ingreso del hilo tipo B (\$83,982.60), por lo que se considera una pérdida de la primera calidad en (\$27,723.6), por tanto es necesario mejorar la calidad y reducir el desperdicio del hilo tipo A, en lo posible un 97% y 3% respectivamente, con ello las utilidades del hilo tipo A mejorarían, e incluso podrían superar a las del hilo tipo B ya que el costo de la materia prima del gránulo tipo A corresponde a un 15% menos que el gránulo de tipo B, lo cual es una ventaja.

<b>ANALISIS DE RENTABILIDAD DE LOS HILOS</b>		
<b>INGRESOS</b>	<b>TIPO A</b>	<b>TIPO B</b>
% DESPERDICIO	5	3
SEGUNDAS CALIDADES %	34,2	3,8
PRECIO DE CALIDAD A1 \$/kg	\$ 3,00	\$ 3,00
PRECIO DE SEGUNDA CALIDAD \$/ kg	\$ 2,40	\$ 2,40
<b>VENTAS</b>		
Ventas Primera Calidad Tipo A (65.8%)	\$ 56.259,00	
Ventas Segunda Calidad Tipo A (34.2%)	\$ 23.392,80	
Ventas Primera Calidad Tipo B ( 96.2%)		\$ 83.982,60
Ventas Segunda Calidad Tipo B (3.8%)		\$ 2.653,92
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>\$ 79.651,80</b>	<b>\$ 86.636,52</b>
<b>EGRESOS</b>		
MATERIA PRIMA	28369,92	33376,38
MANO OBRA	7043,352	7043,352
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACION	25123,308	25123,308
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>\$ 60.536,58</b>	<b>\$ 65.543,04</b>
<b>UTILIDAD=INGRESOS- EGRESOS</b>	<b>\$ 19.115,22</b>	<b>\$ 21.093,48</b>

Tabla.19 Análisis de Rentabilidad de los hilos tipo A y B

### 5.6.3 PUNTO DE EQUILIBRIO

Para determinar el punto de equilibrio se utiliza las siguientes formulas:

$$PE \$ = CF / 1 - CVu / Pv \quad \text{en USD}$$

$$PE q = CF / Pv - CVu \quad \text{en unidades}$$

Dónde: PE = Punto de Equilibrio      CF = Costos Fijos

Pv = Precio de Venta      CVu = Costo Variable Unitario

Igualmente utilizaremos la tabla 20 para determinar los valores a utilizar y graficar el punto de equilibrio necesario, para determinar las utilidades o pérdidas.

ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO					
UNIDADES VENDIDAS	INGRESOS	COSTO TOTAL	UTILIDAD O PERDIDA		
100	300	13567	-13267	Pv =	\$ 3,00
1000	3000	14980	-11980	CF =	\$ 13.410
5000	15000	21260	-6260		
8000	24000	25970	-1970		
9000	27000	27540	-540		
9377,62	28132,87	28132,86701	0		
10000	30000	29110	890		
15000	45000	36960	8040		
20000	60000	44810	15190		
30000	90000	60510	29490		
40000	120000	76210	43790		

Tabla.20 Análisis del Punto de equilibrio

#### 5.6.4 GRAFICO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

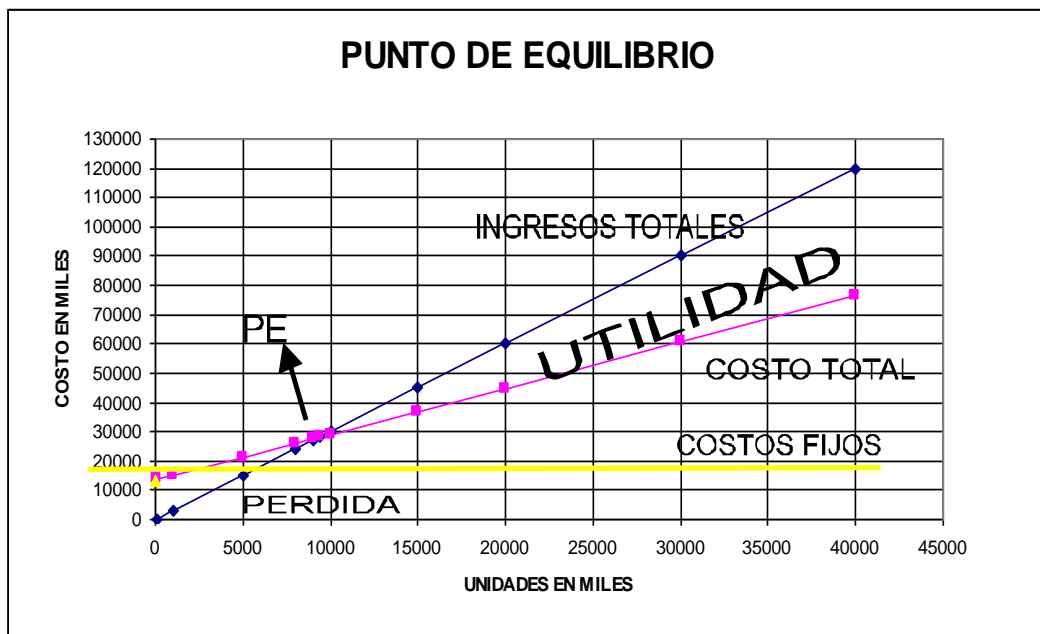


FIG.50 Punto de Equilibrio

## CAPITULO VI

### **6. RESULTADOS**

Tal como se explicó en el análisis de resultados indicados anteriormente, se realizaron varias pruebas desde la Hilatura hasta el Enconado, siendo la parte C de todas las pruebas realizadas, la que mejores resultados produjo en las propiedades físicas de los hilos de alta viscosidad.

Para lograr este objetivo se realizó varios ajustes en las variables de las máquinas, disminuyendo así las faltas por tonelada e igualmente esto ayudo a mejorar la degradación por la afinidad es así que se obtiene los siguientes resultados:

**6.1** En la **Hilatura** por medio de las temperaturas de las zonas del extrusor logramos bajar la viscosidad del hilo de: 2,56 a 2,51 centi pois, con lo cual nos garantiza obtener una elongación en el hilo embobinado de: 74,35 % lo que facilita utilizar una relación de estirado en el texturizado de: 1,214 con la que se obtiene un hilo con propiedades físicas y afinidad semejantes al hilo del tipo B.

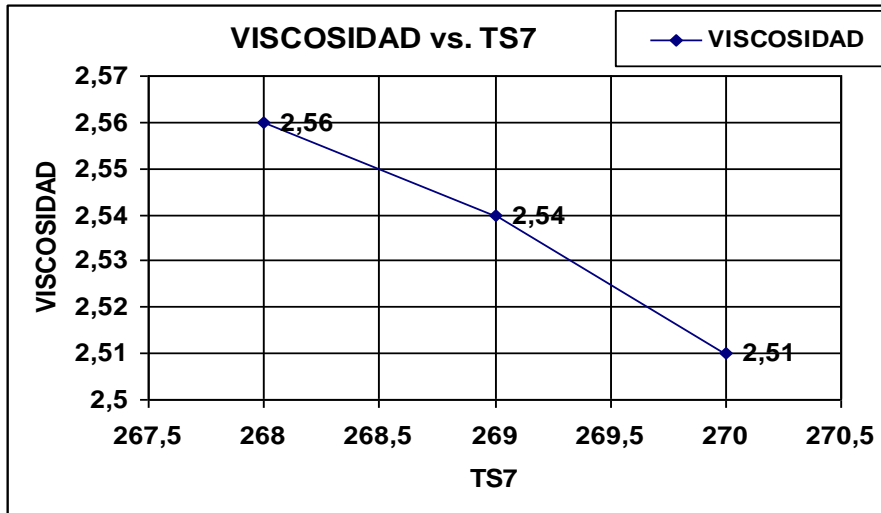


FIG.51 Viscosidad vs. Ts7

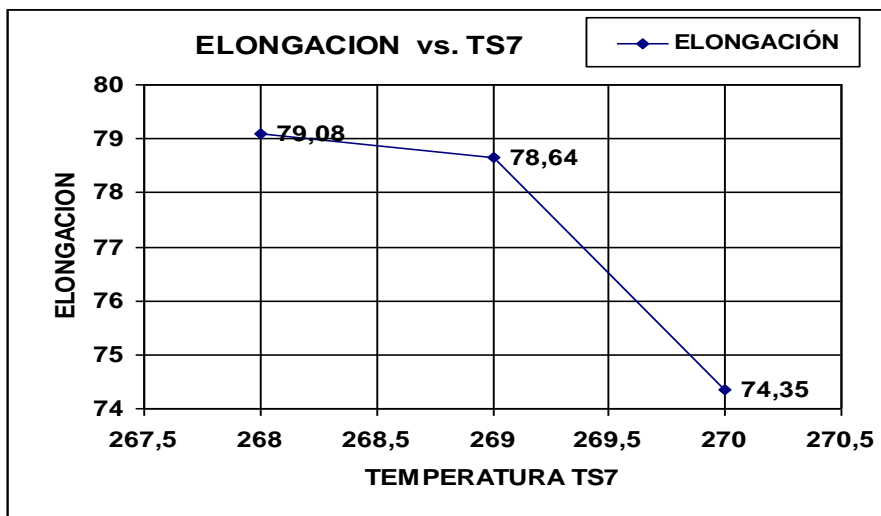
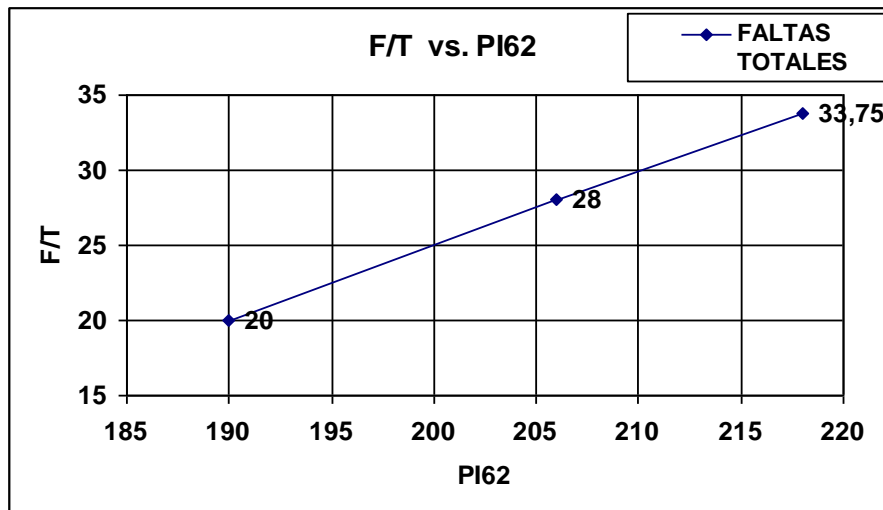


FIG.52 Elongación vs. Ts7

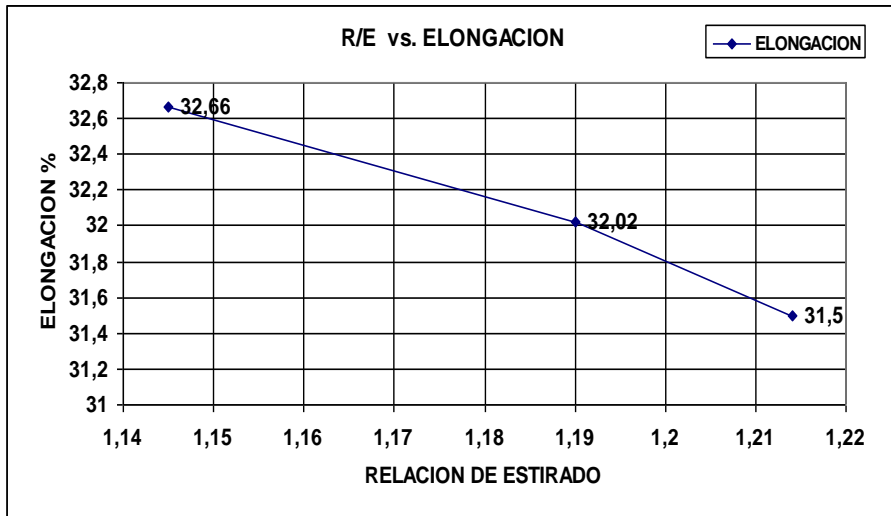


**6.2** Otra razón muy importante por la que se tuvo que ajustar las temperaturas del extrusor fue por el exceso de faltas por tonelada que se produjo en la hilatura. Esto se debe a que, por tener un polímero con alta viscosidad en la línea hace que se saturen más rápido los filtros de las hileras y por eso la presión después de bombas sube a: 218 bares y por consiguiente las roturas aumentan en: 33,75 f/t y con la parte C de las pruebas se logró obtener los siguientes resultados: la presión después de bombas quedó en 190 bares con lo que las faltas por tonelada se redujo a : 20 f/t.

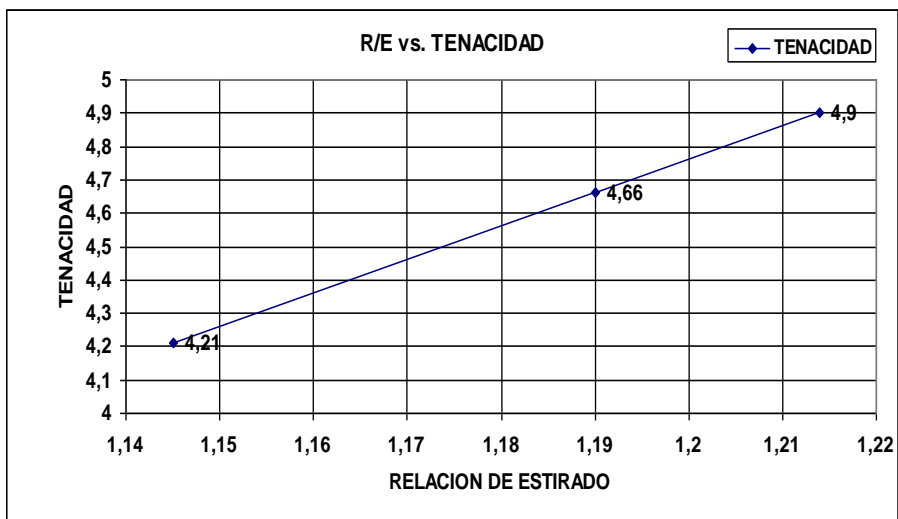


**FIG.53 F/T vs. PI62**

**6.3** En el **Texturizado**, de las tres pruebas realizadas se procede a ajustar la relación de estirado de: 1,145 a 1,214 este incremento se debe a la alta elongación del hilo de bobina, y de la misma manera se logra obtener una afinidad tintórea más estable, similar al hilo tipo B, para compensar el cambio anterior fue necesario reducir la temperatura de placas de: 180°C a 178°C.

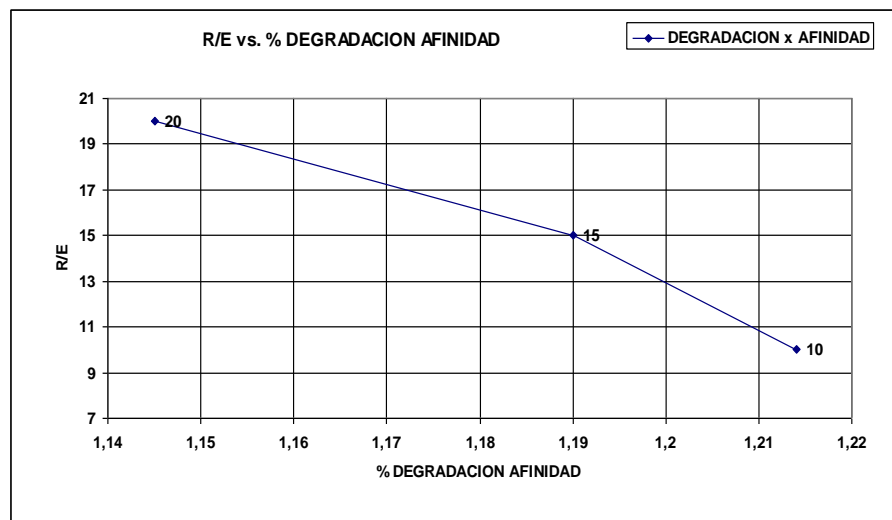


**FIG.54 R/E vs. Elongación**

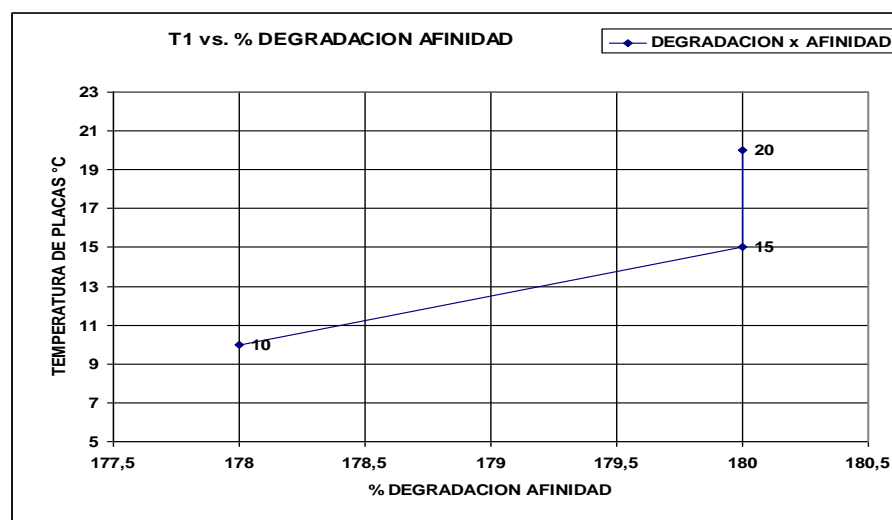


**FIG.55 R/E vs. Tenacidad**

**6.4** Igualmente la relación de estirado afectó en la presencia de defectos físicos en el hilo como son los filamentos rotos de 0 a 0.13 filamentos rotos en 100 m. Por ello fue necesario realizar el cambio en la relación de estirado, pero se lo hizo más por mejorar la degradación por la afinidad ya que se encontraba en el 20% y se logró reducir al 10% .



**FIG.56 R/E vs. %Degradación por Afinidad**



**FIG.57 T1 vs. %Degradación por Afinidad**

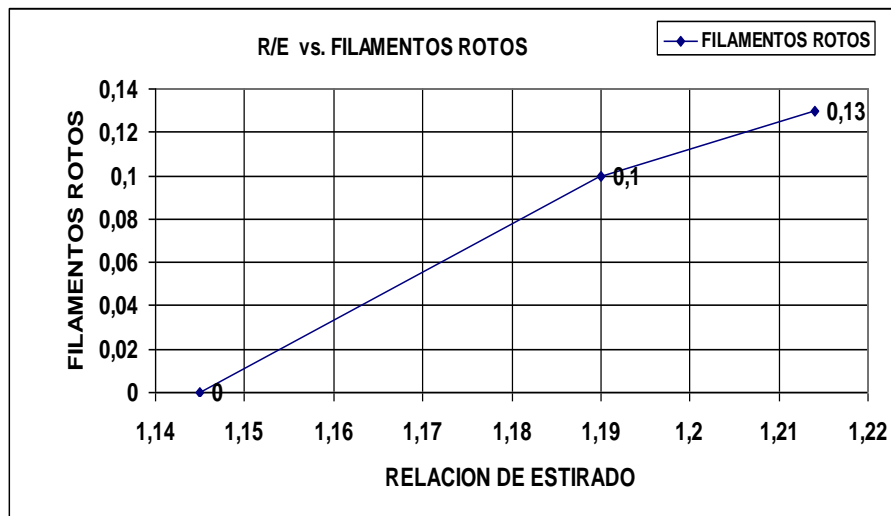


FIG.58 R/E vs. Filamentos Rotos

**6.5** En el **Retorcido** para evitar desfases en las propiedades como: el HL 190°C ó encogimiento al agua caliente, el KK ó contracción del rizo y la elongación, se realiza una pequeña variación en las temperaturas de cajas de : 162°C a 163°C con esto se logró obtener los mismos valores de las propiedades mencionadas.

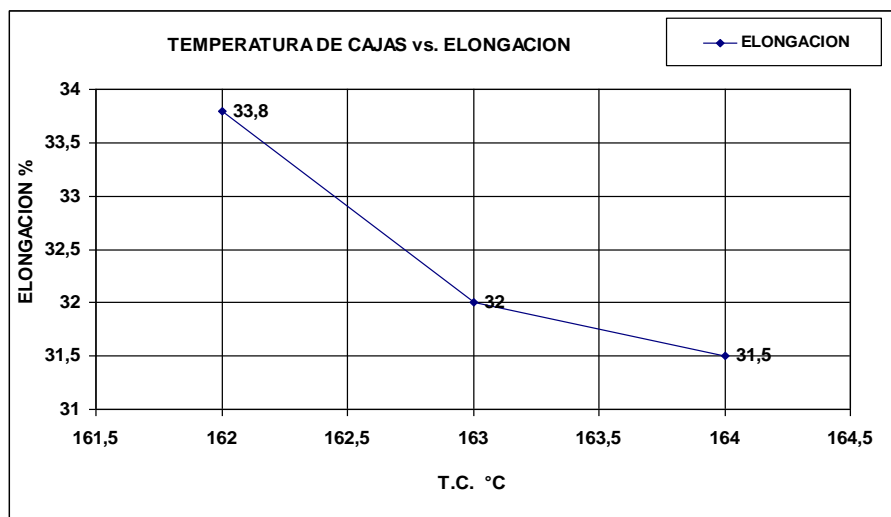
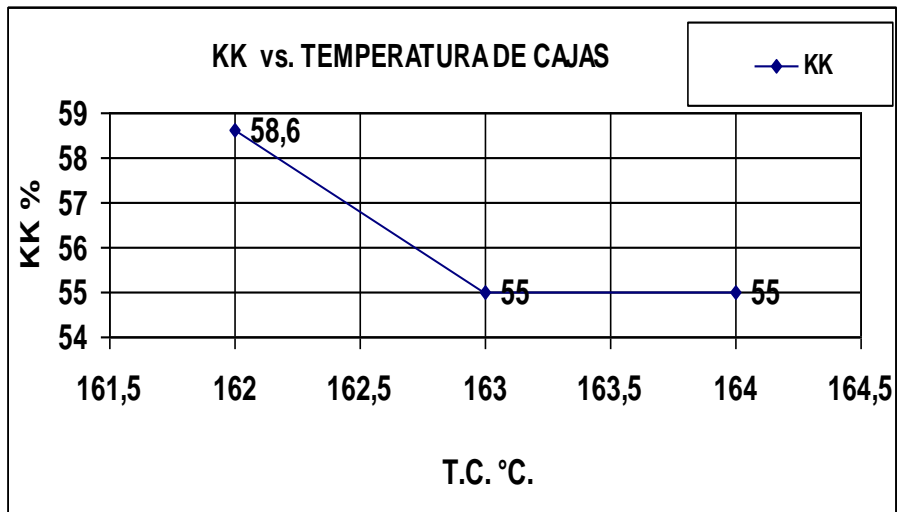
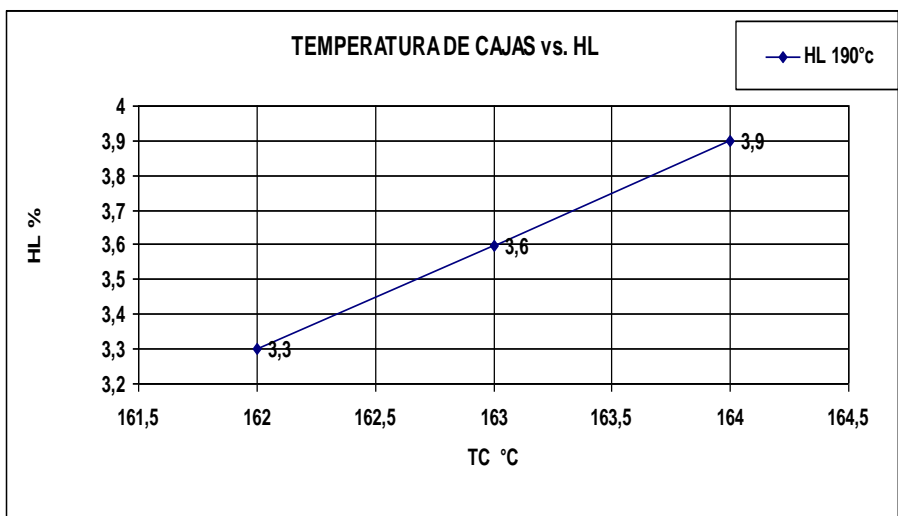


FIG.59 Temperatura de Cajas vs. Elongación



**FIG.60 KK vs. Temperatura de Cajas**



**FIG.61 Temperatura de Cajas vs. HL%**

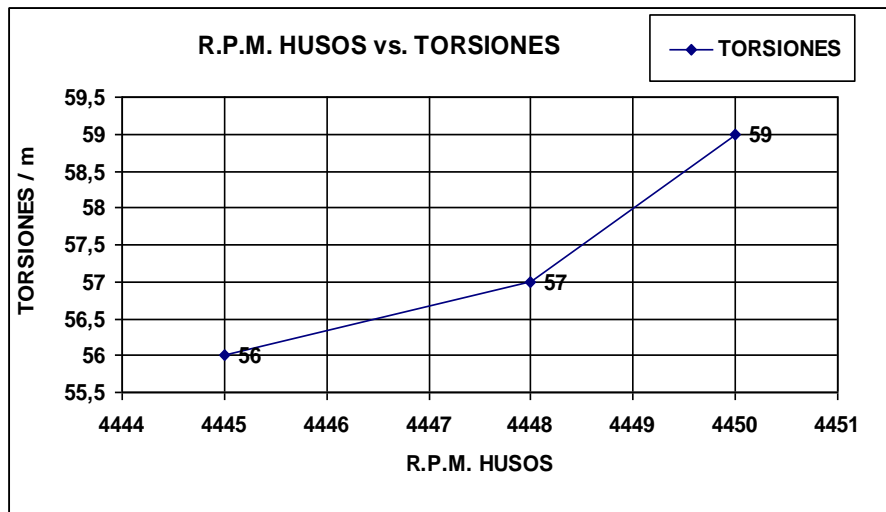
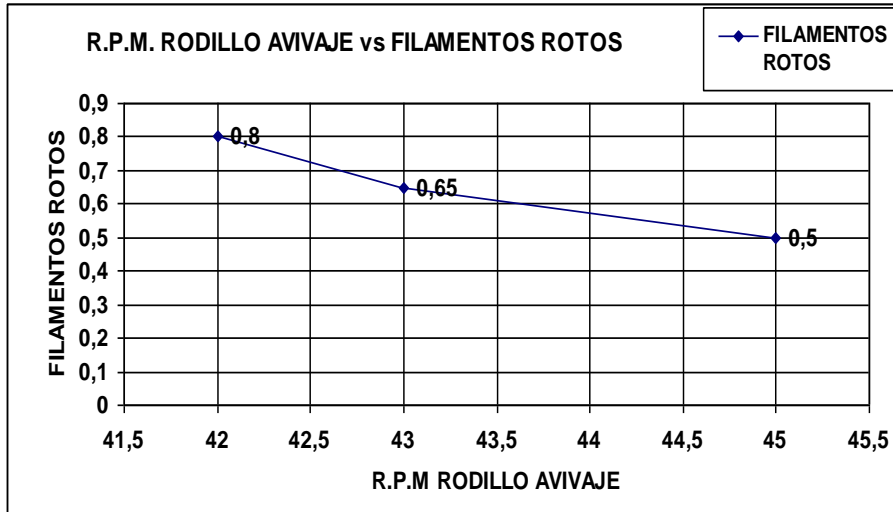
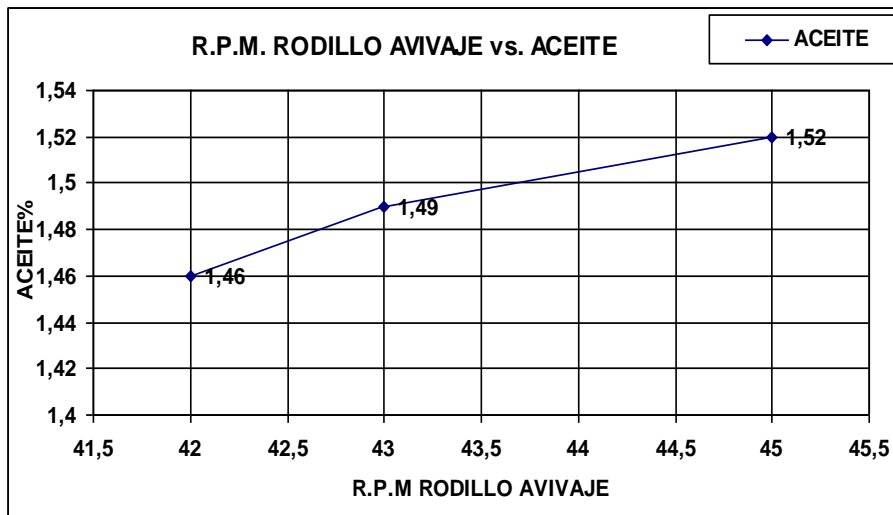


FIG.62 R.P.M. Husos vs. Torsiones

**6.6** En el **Enconado** prácticamente la condición no tiene variaciones grandes, esto debido a que solamente se pasa de un formato (muff) a otro (cono); pero es muy importante tratar de mantener el porcentaje de aceite en proporciones equilibradas, un exceso en la cantidad de aceite dosificada puede ocasionar sangrados de colorante y bajo contenido de avivaje en el hilo puede ocasionar filamentos rotos y peor aún dónde el cliente el producto puede tener exceso de roturas o falta de deslizamiento en sus máquinas.



**FIG.63 R.P.M. Rodillo Avivaje vs. Filamentos Rotos**



**FIG.64 R.P.M. Rodillo Avivaje vs. Aceite**

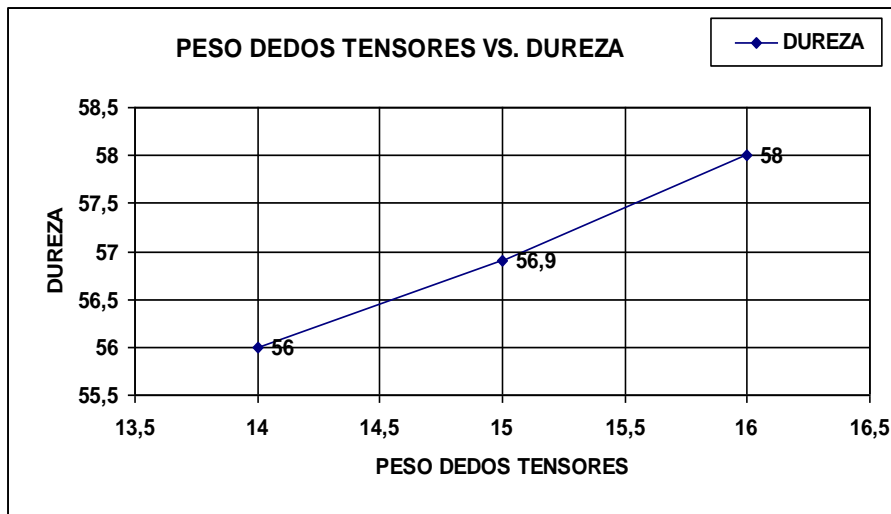


FIG.65 Peso Dedos Tensores vs. Dureza

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

**7.1.1** Las diferentes variables que se dispuso desde la Hilatura hasta el Enconado, hicieron que se consiga desarrollar las condiciones adecuadas, para producir el hilo de poliamida de alta viscosidad tipo A.

**7.1.2** Todas las variables indicadas en las tablas 11,12,13 y 14 influyen para que el hilo final con gránulo de alta viscosidad Tipo A, mantenga similares propiedades físicas, que el hilo con gránulo de baja viscosidad Tipo B.

**7.1.3** De los resultados obtenidos luego de la corrida de ambos gránulos, podemos determinar que:

La condición adecuada para producir hilos de Nylon con gránulos de alta viscosidad, con las características y propiedades físicas necesarias para los clientes, es la siguiente:



<b>CONDICION DE HILATURA ADECUADA PARA HILOS TIPO A</b>		
<b>VARIABLES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>C</b>
TEMP. EXTRUSOR ZONA 1	°C	280
TEMP. EXTRUSOR ZONA 2	°C	278
TEMP. EXTRUSOR ZONA 3	°C	277
TEMP. EXTRUSOR ZONA 4	°C	274
TEMP. EXTRUSOR ZONA 5	°C	273
TEMP. EXTRUSOR ZONA 6	°C	257
TEMP. DE POLIMERO	°C	270
TEMP. DE DOWTHERM	°C	272
PRESION ANTES BOMBAS	BAR	54
PRESION DESPUES BOMB	BAR	190
PIC21	BAR	144
<b>PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>		
VISCOSIDAD	Nr	2,51
TITULO	DECITEX	92,12
TENACIDAD	cN/dtex	4,07
ELONGACION	%	74,35
FASE	cN	317
EASF	%	61,64
CVFASE	%	1,84
UM%	%	0,58
CVM%	%	0,77
FALTAS DE CALIDAD	1/T	1,55
FALTAS TOTALES	1/T	20

<b>CONDICION DE TEXTURIZADO ADECUADA PARA HILOS TIPO A</b>		
<b>VARIABLES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>C</b>
GOLPES DOBLES	DH/min	155
R.P.M. RODILLO AVIVAJE	rpm	95
RELACION DE ESTIRADO	admisib	1,214
TEMPERATURA DE PLACAS	°C	178
VELOCIDAD DE DISCOS	rpm	4143
D/Y	admisib	2,12
VELOCIDAD V1	m/min	249,7
VELOCIDAD V2	m/min	303,2
VELOCIDAD V3	m/min	288,6
VELOCIDAD V4	m/min	292
<b>PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>		
%ACEITE	%	2,45
DUREZA	shore	60
ELONGACION	%	31,5
FILAMENTOS ROTOS	n/100m	0,13
HL 190°C	%	2,7
KK	%	64,45
TENACIDAD	%	4,9
TITULO	decitex	157
VIVIDEZ POR METRO	vv/m	0
RELACION S2/S1	cN	1,2
FALTAS POR TONELADA	1/T	24
DEGRADACION x AFINIDAD	%	10

Tabla.21 Condiciones adecuadas de Hilatura y Texturizado para hilos Tipo A

<b>CONDICION DE RETORCIDO ADECUADA PARA HILOS TIPO A</b>		
<b>VARIABLES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>C</b>
GOLPES DOBLES	DH/min	50
SOBRE-ALIMENTACIO V1-V2	rpm	34,3
SOBRE-ALIMENTACIO V2-V3	admisib	27,2
TEMPERATURA DE CAJAS	°C	164
VELOCIDAD DE HUSOS X2	rpm	4450
VELOCIDAD DE RETORCIDO	m/min	159,3
VELOCIDAD V2	m/min	111,12
VELOCIDAD V3	m/min	143
<b>PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>		
TORSIONES	T.p.m	59
DUREZA	shore	10
ELONGACION	%	31,5
FILAMENTOS ROTOS	n/100m	0
HL 190°C	%	3,9
KK	%	55
TENACIDAD	%	4,3
TITULO	decitex	160
VIVIDEZ POR METRO	vv/m	14
FALTAS /TONELADA	1/T	180
DEGRADA. POR AFINIDAD	%	9

<b>CONDICION DE ENCONADO ADECUADA PARA HILOS TIPO A</b>		
<b>VARIABLES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>C</b>
VELOCIDAD RODILLO AVIVAJE	R.P.M	45
PESO DE DEDOS TENSORES	gr	16
VELOCIDAD DE ENCONADO	m/min	820
<b>PROPIEDADES FISICAS DEL HILO</b>		
ACEITE	%	1,52
DUREZA	shore	58
ELONGACION	%	32
FILAMENTOS ROTOS	n/100m	0,5
HL-190°C	%	0,5
KK	%	41
LOOPS	n/100m	0,6
TENACIDAD	CN/dtex	4
TITULO	detx	163
VIVIDEZ/METRO	vv/m	11
TORSIONES	t.p.m	58
FALTAS/TONELADAS	F/T	180
DEGRADACION POR AFINIDAD	%	10

**Tabla.22 Condiciones adecuadas de Retorcido y Enconado para hilos Tipo A**

**7.1.4** Los niveles de calidad del hilo de alta viscosidad no fueron los esperados, porque tiene apenas el 65.8% de primera calidad, en cambio en los hilos de baja viscosidad se tiene el 96.2% de primera calidad, es decir que no es rentable producir hilos de alta viscosidad, porque se pierde un 34.2% de primera calidad; Siempre y cuando se mejore la primera calidad y se reduzca el desperdicio considerablemente, se podría volver a producir los hilos tipo A.

**7.1.5** Del análisis de costos realizado se concluye que: no es aconsejable producir el hilo de alta viscosidad debido a que la rentabilidad de éste gránulo en las primeras calidades es de (\$56,259.00), con relación al hilo de baja viscosidad que tiene un ingreso de primeras calidades de (\$83,982.60), por lo que se considera una pérdida de la primera calidad en (\$27,723.6), a pesar de tener el 15% de ahorro en el costo de la materia prima.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

**7.2.1** Para obtener mejores resultados con gránulos de alta viscosidad se recomienda ajustar las condiciones de proceso, de acuerdo a las propiedades físicas que se obtenga, aunque la corrida de este gránulo fue muy pequeña (30 Ton.); Por lo que se debería incrementar las toneladas a producir consiguiéndose así estabilizar el producto en las máquinas y mejorando así los resultados de primera calidad y la rentabilidad del hilo de poliamida.

**7.2.2** Se recomienda cuidar que no existan desviaciones en las variables de proceso, porque estas pueden afectar las propiedades físicas del hilo de alta viscosidad.

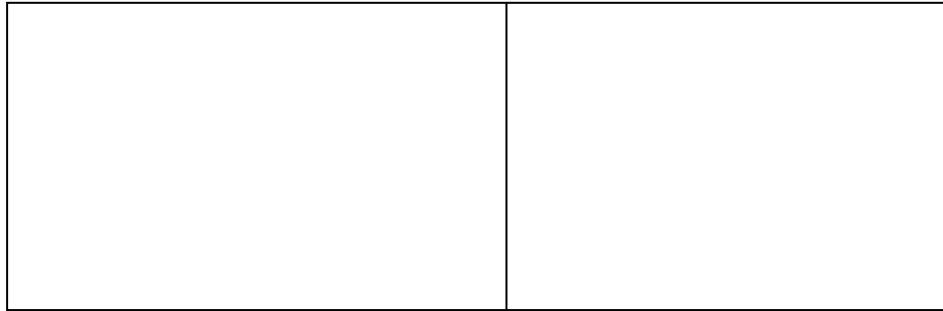
**7.2.3** Por problemas de defectos físicos en la hilatura y las altas roturas es recomendable utilizar otro tipo de avivaje, que tenga características de mejor cohesionador de filamentos.

**7.2.4** Es recomendable subir la relación de estirado en el Texturizado, de 1,177 a 1,214 para mejorar la afinidad al teñido, consiguiendo así reducir la alta degradación por esta causa, pero este cambio puede afectar directamente al decitex final del hilo, por lo que es recomendable mantener el decitex entre 162 a 156.

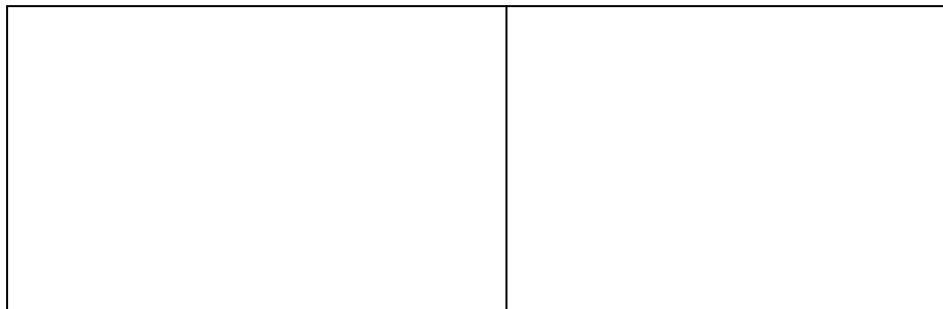
**7.2.5** Con respecto al análisis de costos, se recomienda mejorar la primera calidad de los hilos de alta viscosidad, en un 96% y reducir el desperdicio a un 3%, esto se logra realizando corridas más largas, es decir produciendo por lo menos unas 50 a 70 Toneladas, con ello se estabiliza la hilatura y se conseguiría mejorar la rentabilidad del hilo Tipo A aprovechando el 15 % de ahorro en el costo del gránulo.

## **8.0 ANEXOS**

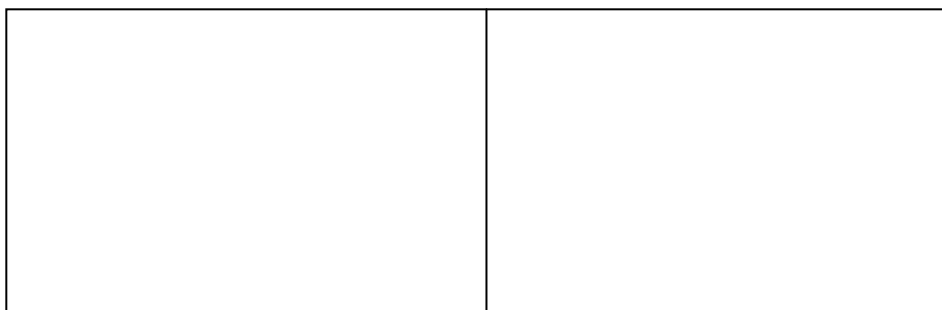
**8.1 COMPARACION VISUAL DE GRANULOS DE POLIAMIDA DE ALTA Y BAJA VISCOSIDAD**



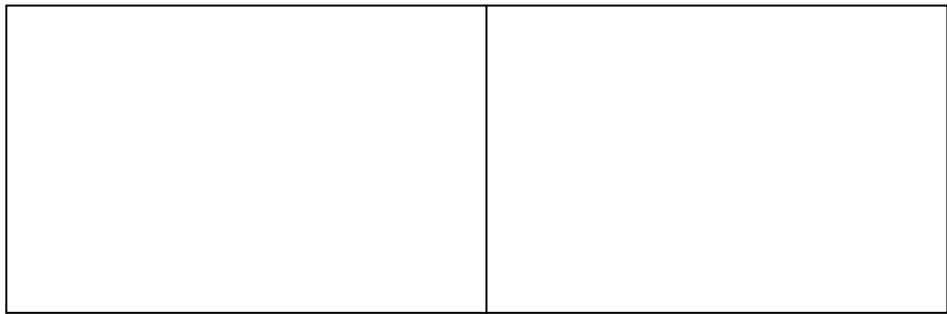
**8.2 COMPARACION VISUAL DE HILOS DE HILATURA**



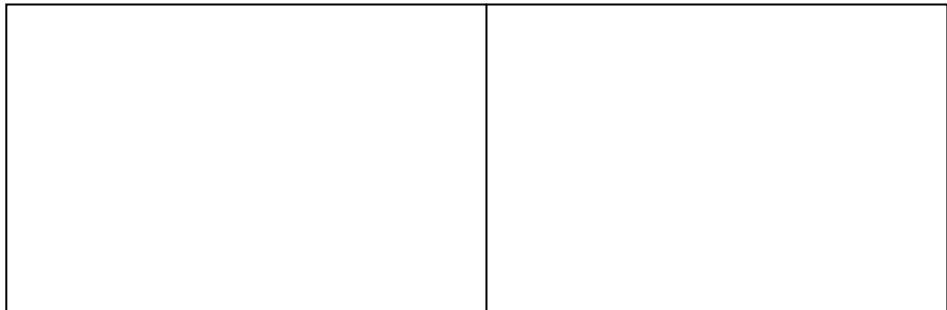
**8.3 COMPARACION VISUAL DE HILOS TEXTURIZADOS**



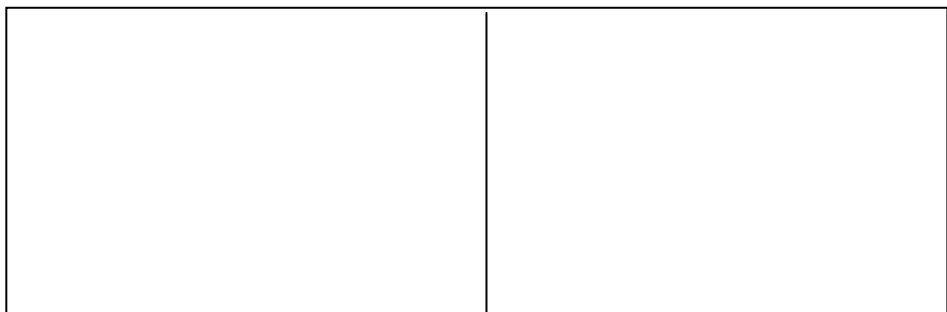
#### **8.4 COMPARACION VISUAL DE HILOS RETORCIDO**



#### **8.5 COMPARACION VISUAL DE HILOS ENCONADOS**



#### **8.6 TEJIDO DE MEDIAS DE POLIAMIDA TEÑIDA**



























## **9.0 BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- 9.1 AKZO,** Poy spinning, Arlo, Holanda, 1990
- 9.2 ALUCOLOR,** Precisión Cone Winder, Alemania, 1985
- 9.3 BAURER KARL,** Nuevos desarrollos en las máquinas de Texturizado, textiles panamericanos, 1987
- 9.4 CALVOPIÑA A.,** Metodología del Trabajo Científico, Quito 1992
- 9.5 CENDES,** Producción de hilados de poliamida, Quito, Cendes 1981
- 9.6 DILLO,** Producción de Fibras Sintéticas, Akzo 1992
- 9.7 DOMAMID POLIMERS,** Recomendaciones prácticas para gránulos de alta viscosidad, Bélgica 2000
- 9.8 FLAQT – ACOLTEX,** XIII Congreso Latinoamericano de Química Textil (MEMORIAS), Zeneca, 1994
- 9.9 GARCIA L.,** Proceso de Hilatura de Poliamida, 1995

- 9.10 GÓMEZ,** Manual de Procesos de Texturizado,  
Enkador S.A.
- 9.11 HORSTEN,** Curso de Procesos, Enkador S.A.
- 9.12 NAIK ARUN,** Hilatura Técnicas Actuales, Barcelona  
1991
- 9.13 OCEANO,** Diccionario English – Spanish,  
Ediciones Océano S.A. editorial  
Carvajal S.A. 1995
- 9.14 RATTI,** R-441 ajuste optimo, 1980
- 9.15 STATIMAT,** Manual de uso, 1990
- 9.16 STATIMAT,** Operating Instructions For the Control  
and Evaluation System for Statimat,  
Febrero 1990
- 9.17 USTER,** Instrucción de Manejo Uster Tester 3,  
1990
- 9.18 USTER TENSORAPID,** Application Handbook, Tensile Testing  
of Single and Ply Yarns, Zellweger Uster  
Ltd. Switzerland 1984
- 9.19 VÁSCONEZ J.V.,** Introduccion a la Contabilidad, Quito  
1996
- 9.20 VÁSCONEZ J.V.,** contabilidad de costo industrial, Quito  
1996

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS  
ESCUELA DE INGENIERIA TEXTIL**

**RESUMEN TÉCNICO DE LA TESIS: “ ESTUDIO  
COMPARATIVO ENTRE GRANULOS DE  
POLIAMIDA DE BAJA Y ALTA VISCOSIDAD ”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIEROS  
TEXTILES**

**POR:**

**IVAN BUSTAMANTE**

**ELMER CARVAJAL**

**IBARRA – 2001**

## INTRODUCCION

Los hilos de poliamida tienen una gran demanda dentro de la Industria Textil, es así que los países Asiáticos han incursionado en los mercados mundiales, abaratando el precio del hilo; ENKADOR por tradición a trabajado con gránulo de Baja Viscosidad tipo B, el mismo que en la actualidad tiene un elevado costo, lo que hace que no seamos competitivos en precios con el mercado externo.

Con el desarrollo de esta tesis queremos demostrar que si es posible abaratar los costos de producción, al adquirir materia prima de mas bajo costo que la actualmente utilizada; queriendo con ello conseguir el mismo tipo de hilo con buena calidad, a un costo más competitivo.

Para realizar este estudio se contó con la ayuda de la empresa Enkador S.A. la cual dispone de la maquinaria y equipo necesario para obtener un hilo de poliamida con gránulo de alta viscosidad tipo A, con propiedades y características similares al hilo con gránulo de Baja viscosidad tipo B.

Una vez realizadas las pruebas respectivas el hilo de alta viscosidad tipo A debe satisfacer las necesidades del cliente.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Realizar un estudio comparativo entre dos clases de gránulos diferentes, para obtener un hilo de buen rendimiento, buena calidad y bajo costo.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- e) Desarrollar condiciones de proceso ideales para la corrida del nuevo gránulo de poliamida, en los procesos de hilatura y post-tratamiento.
  
- f) Reducir el costo de fabricación del hilo con la adquisición de una materia prima de mas bajo costo (granulo de alta viscosidad tipo B)
  
- g) Evaluar con datos comparativos los resultados de calidad obtenidos con granulo de baja viscosidad (TIPO A) y alta viscosidad (TIPO B)
  
- h) Definir si es conveniente continuar produciendo el nuevo gránulo una vez obtenido el resultado.

A continuación se indicará el resumen técnico, con el cual queremos indicar los más relevante de cada capítulo.

## **CAPITULO I**

En el primer capítulo se inicia indicando el concepto de los polímeros, posteriormente se realiza una presentación de la obtención de la poliamida y su síntesis, con sus respectivas fórmulas químicas; luego se presenta los cuadros de las propiedades físicas y químicas de la poliamida; se da a conocer el concepto de viscosidad y su influencia en las propiedades del hilo; además se presenta los gráficos de la capacidad de teñido en los hilos.

## **CAPITULO II**

En el segundo capítulo ponemos en consideración el proceso de producción de los hilos de poliamida, indicando por tanto, paso a paso el procesamiento desde la Hilatura; sus partes principales, sitios importantes de control; luego el Texturizado su concepto, la máquina utilizada y sus componentes principales; también el Retorcido su concepto, métodos y la máquina necesaria para el proceso de retorcer, después el Enconado, su concepto, y nociones generales de cómo evitar daños en el producto.



### **CAPITULO III**

En el tercer capítulo, se indica los usos principales del hilo de poliamida donde los clientes; además se muestra gráficamente los efectos de los hilos en las características del tejido, y en la tabla #6 se indica las propiedades de los hilos en el caso de telas para la confección.

### **CAPITULO IV**

En el cuarto capítulo se inicia realizando una presentación de cómo determinar la condición para el proceso, iniciando en la Hilatura y las variables más importantes que se debe cuidar para no tener problemas en las propiedades físicas de los hilos a producir. A continuación se procede a enseñar los parámetros que influyen en el teñido del hilo, iniciado desde el gránulo, el extrusor, hasta el aire de soplado.

También se presenta la influencia de las variables de proceso en las propiedades de los hilos texturizados, iniciando con la relación de estirado hasta la velocidad del vaivén. Además la influencia de las variables de proceso en las propiedades del hilo Retorcido, comenzando en las torsiones y terminando en las temperaturas de cajas. Se indica también la influencia de las variables de proceso en las propiedades de hilo Enconado, desde la velocidad de trabajo hasta el contenido de avivaje en los hilos.

Se presenta además la tabla #10 que indica cómo debe ser una condición de proceso modelo y por último indicamos los parámetros de control de materia prima y productos en proceso, con los consiguientes controles que se realiza y el concepto de las propiedades físicas más importantes.

## **CAPITULO V**

En el quinto capítulo se inicia la parte Experimental de la tesis, la que comienza con la corrida del gránulo tipo A en la Hilatura, de las que se realiza 3 pruebas (A, B y C), para mejorar las propiedades físicas del hilo, lo que se evidencia en el análisis de resultados y se comprueba con los gráficos de control. El mismo procedimiento se sigue tanto para el Texturizado, Retorcido y Enconado.

Posteriormente se procede a realizar un análisis de los costos, una comparación de las utilidades de los dos hilos tipo A y tipo B, el punto de equilibrio, en el que se indica las unidades a producir para no perder ni ganar y su respectivo gráfico.

## **CAPITULO VI**

En el capítulo seis se realiza la presentación de los resultados tomando en cuenta los procesos indicados, desde la Hilatura hasta el Enconado, se puede observar detenidamente en los gráficos como cambian las

propiedades físicas de los hilos al cambiar o ajustar las variables de proceso, igualmente se evidencia mejoras en las faltas por tonelada y reducción del porcentaje de degradación por mala afinidad; también se procede a indicar las conclusiones y recomendaciones necesarias para poder producir hilos de poliamida de alta viscosidad; y se puede observar los anexos en los cuales se presenta comparaciones con los dos tipos de hilo A y B, desde el gránulo hasta el hilo enconado. Y por último la bibliografía necesaria para poder realizar este estudio.