



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
TEXTIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS ENTRE UN HILO 100%
PES (POLIÉSTER) Y 100% POLIETILEN TEREFTALATO RECICLADO (RPET)”**

AUTOR (A):

RAMOS ARELLANO VIÑAY ABEL

TUTOR:

ING. ESPARZA ENCALADA DARWIN JOSE MSc

IBARRA-ECUADOR

2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD		100515844-7	
APELLIDOS Y NOMBRES		Ramos Arellano Viñay Abel	
DIRECCIÓN		Otavalo – Parroquia “Miguel Egas Cabezas”	
EMAIL		varamosa@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO	(06) 2690674	TELÉFONO MÓVIL	0998718786

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS ENTRE UN HILO 100% PES (POLIÉSTER) Y 100% POLIETILEN TEREFALATO RECICLADO (RPET)”
AUTOR	Ramos Arellano Viñay Abel
FECHA	21 de noviembre de 2022
PROGRAMA	Pregrado
TITULO POR EL QUE SE OPTA	Ingeniero Textil
ASESOR/ DIRECTOR	MSc. Darwin Esparza



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de noviembre de 2022.

EL AUTOR:

Nombre: Ramos Arellano Viñay Abel

C.I: 100515844-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE TEXTILES

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En calidad de director del Trabajo de Grado presentado por el egresado **Ramos Arellano Viñay Abel**, para optar por el título de INGENIERO TEXTIL, cuyo tema es “**Análisis Comparativo De Características Físicas Entre Un Hilo 100% PES (Poliéster) Y 100% Polietilen Tereftalato Reciclado (RPET)**”, considero que el presente reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

Ibarra, a los 22 días del mes de noviembre de 2022.



Firmado electrónicamente por:
**DARWIN JOSE
ESPARZA
ENCALADA**

Msc. Darwin Esparza

Director del Trabajo de Grado

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi mayor gratitud hacía Dios, quien con su bendición me ha permitido llegar a este punto, a mi madre y hermanos que por encima de lo económico me han brindado su gran apoyo moral, sentimental lo cual aprecio más que cualquier otro objeto.

Así mismo, agradezco a mis primos y demás familiares, por haber confiado en mí y haberme brindado el soporte que necesitaba en los momentos más difíciles.

A mis amigos, quienes me han alegrado mis días más difíciles, en especial quiero expresar mi gratitud con mi amiga Jimena quien ha sido una pieza fundamental en el desarrollo de mi carrera.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento con la universidad, en especial con los docentes de la carrera de textiles, MSc. Darwin Eparza por haberme brindado su guía en el desarrollo de este trabajo, MSc. Wilson Herrera, quien ha sido mi mentor y ejemplo por seguir, MSc. Omar Godoy MSc., Elvis Ramírez, MSc. Luis Chamorro, MSc. Wiliam Eparza, y demás ingenieros que han compartido sus conocimientos de manera muy carismática.

Gracias a todos y cada uno de ustedes por su confianza y paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Abel Ramos

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada con todo mi cariño a:

A la memoria de mi estimada abuelita Mercedes Arellano, quien me animó a continuar con mis estudios, además de haberme brindado la mejor educación.

A mi madre Emma Arellano por haberme brindado su apoyo en los buenos y malos momentos y que a pesar de las dificultades nunca me abandonó.

A mis estimados hermanos Andrés, Tupack, Aly, con los cuales he compartido alegrías, tristezas, decepciones, etc., y que a pesar de no ser muy unidos jamás nos hemos alejado.

A mis queridos primos Alex, Jonathan, Anderson, y la memoria de Sairy que al igual que mis hermanos me han brindado su ayuda y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida.

Abel Ramos

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA</i>	<i>i</i>
<i>CONSTANCIAS</i>	<i>ii</i>
<i>CERTIFICACIÓN DEL ASESOR</i>	<i>iii</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>iv</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>v</i>
<i>ÍNDICE DE CONTENIDO</i>	<i>vi</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>x</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>xii</i>
<i>ÍNDICE DE ANEXOS</i>	<i>xiii</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>xiv</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>xv</i>
<i>CAPÍTULO I</i>	<i>1</i>
<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
1.1. Descripción del tema	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Importancia del estudio	4
1.4. Objetivo general	5
1.5. Objetivos específicos para alcanzar	5

1.6.	Características del sitio del proyecto.....	6
CAPÍTULO II		7
2.	ESTADO DEL ARTE.....	7
2.1.	Estudios Previos.....	7
2.1.1.	Contaminación de los envases PET y el reciclaje para filamentos	7
2.1.2.	Hilos de poliéster [PES].....	9
2.1.3.	Hilos de polietilen tereftalato reciclado [RPET].....	11
2.1.4.	Elongación y Resistencia a la rotura de los hilos PES y RPET	12
2.2.	Marco legal.....	15
2.2.1.	Líneas de investigación.....	15
2.2.2.	Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente [tulsma] ...	16
2.3.	Marco Conceptual	17
2.3.1.	Envases poeliten tereftalato [PET].....	17
2.3.2.	Hilos de poliéster e hilos RPET	17
2.3.3.	Nomenclatura de hilos de poliéster.....	19
2.3.4.	Elongación	20
2.3.5.	Resistencia de las fibras	20
CAPÍTULO III.....		22
3.	METODOLOGÍA.	22
3.1.	Métodos Utilizados	22
3.2.	Etapas de la Metodología.....	23
3.2.1.	Etapas del trabajo de grado, parte práctica.	23

3.2.2.	Selección de muestra.....	26
3.2.3.	Procedimiento de los Ensayos	28
3.2.4.	Tabulación de resultados.....	31
3.2.5.	Evaluación de resultados.....	33
3.2.6.	Equipos y materiales	35
Capítulo IV.....		37
4.	RESULTADOS	37
4.1.	Ensayos realizados.....	37
4.1.1.	Titulación de los hilos.....	37
4.1.2.	Resistencia a la Rotura.....	39
4.1.3.	Porcentaje de Elongación.....	44
4.2.	Evaluación de resultados	47
4.2.1.	Normalidad de los datos.....	47
4.2.2.	Análisis de la rotura de los hilos PES y PET	51
4.2.3.	Análisis de la elongación de los hilos PES y PET	61
4.2.4.	Análisis comparativo entre elongación y rotura	72
4.2.5.	Ventajas y desventajas del hilo RPET respecto al hilo PES	77
Capítulo V.....		80
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	80
5.1.	Conclusiones	80
5.2.	Recomendaciones	82
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

7. ANEXOS	87
7.1. Anexo A. Certificado de uso de laboratorio Planta textil UTN	87
7.2. Anexo B. Equipos y máquinas utilizadas en la investigación.....	88
7.3. Anexo C. Muestras de hilos PES Y RPET	89
7.4. Anexo C. procedimiento de ensayo	90
7.5. Anexo C. Resultados de elongación y resistencia	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Muestras de Hilos	28
Tabla 2 Características de los dinamómetros.....	36
Tabla 3 Resultados de la titulación de los hilos.....	38
Tabla 4 FICHA TÉCNICA	39
Tabla 5 Especificaciones de la Calibración del Equipo.....	41
Tabla 6 Resultado de Resistencia a la Rotura – Muestra de poliéster título 1	42
Tabla 7 Resultado de Resistencia a la Rotura – Muestra De Poliéster Título 2 (MPT2)	43
Tabla 8 Resultado de Resistencia a la Rotura – Muestra De Poliéster Reciclado Título 1 (MRT1)	43
Tabla 9 Resultado de Resistencia a la Rotura – Muestra De Poliéster Reciclado Título 2 (MRT2)	44
Tabla 10 Resultado de elongación – Muestra De Poliéster Título 1 (MPT1).....	45
Tabla 11 Resultado de extensión – Muestra De Poliéster Título 2 (MPT2).....	46
Tabla 12 Resultado de extensión – Muestra De Poliéster Reciclado Título 1 (MRT1)	46
Tabla 13 Resultado de extensión – Muestra De Poliéster Reciclado Título 2 (MRT2)	46
Tabla 14 Normalidad De Los Valores En La Muestra De Poliéster Reciclado Título 1 (MRT1)	48
Tabla 15 Normalidad De Los Valores En La Muestra De Poliéster Reciclado Título 2 (MRT2)	49
Tabla 16 Normalidad De Los Valores En La Muestra De Poliéster Título 1 (MPT1)	49
Tabla 17 Normalidad De Los Valores En La Muestra De Poliéster Título 2 (MPT2)	50
Tabla 18 Análisis de resultados de resistencia a la rotura mediante estadística descriptiva.....	51

Tabla 19 Análisis Anova entre los resultados de resistencia a la rotura del título 1 y 2 del poliéster.....	52
Tabla 20 Análisis Anova entre los resultados de resistencia a la rotura del título 1 y 2 de poliéster reciclado	54
Tabla 21 Análisis Anova entre los resultados de resistencia a la rotura del título 1, tanto en PES como en RPET	56
Tabla 22 Análisis de resultados de resistencia a la rotura mediante estadística descriptiva.....	58
Tabla 23 Análisis Anova entre los resultados de resistencia a la rotura del título 2, tanto en PES como en RPET	59
Tabla 24 Análisis de resultados de elongación del título 1, tanto en PES como en RPET mediante estadística descriptiva.....	62
Tabla 25 Análisis Anova entre los resultados de elongación del título 1 y 2 de poliéster.....	63
Tabla 26 Análisis Anova entre los resultados de elongación del título 1 y 2 del poliéster reciclado.....	65
Tabla 27 Análisis Anova entre los resultados de elongación del título 1, tanto en PES como en RPET.....	67
Tabla 28 Análisis de resultados de elongación mediante estadística descriptiva	69
Tabla 29 Análisis Anova entre los resultados de elongación del título 2, tanto en PES como en RPET.....	70
Tabla 30 Rubrica de Evaluación de elongación.....	74
Tabla 31 Rubrica de Evaluación de resistencia a la rotura	75
Tabla 32 Puntaje obtenido de acuerdo con la rúbrica de evaluación	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Laboratorio de la Carrera de Textiles.....	6
Figura 2. Proceso de fabricación de hilos PES	18
Figura 3. Flujograma de las etapas, parte práctica.....	24
Figura 4. Esquema parte experimental.....	25
Figura 5. Esquema de la selección de muestras.....	27
Figura 6. Flujograma de Ensayo.....	29
Figura 7. Esquema de Tabulación de Resultados	32
Figura 8. Esquema de evaluación de Resultados	34
Figura 9. Gráfico comparativo de la resistencia a la rotura PES	53
Figura 10. Gráfico comparativo de la elongación RPET.....	55
Figura 11. Gráfico comparativo Resistencia a la Rotura PES Y RPET.....	57
Figura 12. Gráfico comparativo de la resistencia PES Y RPET.....	60
Figura 13. Comparación general de resistencia a la rotura.....	61
Figura 14. Gráfico comparativo de la elongación.....	64
Figura 15. Gráfico comparativo de la elongación.....	66
Figura 16. Gráfico comparativo de la elongación.....	68
Figura 17. Gráfico comparativo de la elongación.....	71
Figura 18. Comparación general de elongación	72
Figura 19. Gráfico general de Elongación y Rotura Fuente: El Autor	73
Figura 20. Calificación individual Fuente: El Autor	77
Figura 21. Gráfico comparativo entre PES Y RPET	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de uso de laboratorio Planta textil UTN Fuente: El Autor	87
Anexo 2. Dinamómetro Fuente: El Autor	88
Anexo 3. Balanza Digital Fuente: El Autor	88
Anexo 4. Devanadora Fuente: El Autor.....	88
<i>Anexo 5. Muestra de Poliéster reciclado título 1 (MRT1).....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 6. Muestra de Poliéster título 1 (MPT1).....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 7. Muestra de Poliéster reciclado título 2(MRT2).....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 8. Muestra de poliéster título 2 (MPT2)</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 9. caracterización de las muestras.....</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 10. Titulación de las muestras</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 11. Ensayo de resistencia a la rotura</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 12. Acoplamiento de mordazas T15.....</i>	<i>90</i>
Anexo 13. Resultado de MRT1	91
Anexo 14. Resultado de MRT2	91
Anexo 15. Resultado MPT1.....	92
Anexo 16. Resultado MPT2.....	92

RESUMEN

La presente investigación abordó el tema de análisis comparativo de características físicas entre un hilo 100% poliéster (PES) y 100% polietileno tereftalato reciclado (RPET), ya que no existe bibliografía que pueda sustentar información acerca de las propiedades antes mencionadas, además se sabe que la industria de plástico está entre las principales fuentes de contaminación ambiental manteniendo diversas formas como los micro plásticos que pueden afectar incluso en la alimentación humana.

Se propuso como objetivo principal Analizar comparativamente las características físicas entre un hilo 100% PES (Poliéster) y 100% Polietileno Tereftalato Reciclado (RPET). Se estableció una metodología comparativa con enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y estadístico. El desarrollo de la idea principal fue basarse en las propiedades físicas de las muestras seleccionadas, en este caso se buscó que los títulos y número de filamentos sean los mismos en ambas composiciones.

De acuerdo con las caracterizaciones, evaluaciones y análisis estadísticos de los datos obtenidos en los ensayos de elongación y resistencia a la rotura de las muestras PES Y RPET, realizados en la presente investigación. Se concluye que las muestras de poliéster normal presentan mejores características físicas en cuanto a las propiedades de elongación y resistencia a la rotura de los hilos, ya que la calificación final de estas fue de 23, mientras que el reciclado obtuvo una puntuación de 22, lo que representa una diferencia significativa del 2,2% del puntaje total en cuanto a las propiedades antes mencionadas.

Palabras Claves: Poliéster, PES, RPET, Polietileno Tereftalato Reciclado, RPET, Anova, Análisis Comparativo, Filamentos, Hilos, Past.



ABSTRACT

This research approached the subject of comparative analysis of physical characteristics between a 100% polyester yarn (PES) and a 100% recycled polyethylene terephthalate (RPET). There is no bibliography that can support information on these properties, it is known that the plastic industry is among the main sources of environmental pollution, in various forms such as microplastics that can affect even human food.

The main objective was to compare the physical characteristics of a 100% PES (Polyester) and 100% Recycled Polyethylene Terephthalate (RPET) yarn. A comparative methodology was established with a quantitative approach, descriptive and a statistical scope. The development of the main idea was based on the physical properties of the selected samples, in this case it was sought that the titles and number of filaments are the same in both compositions.

According to the characterizations, evaluations, and statistical analysis of the data in the elongation and breaking strength tests of the PES and RPET samples. In conclusion the normal polyester samples present better physical characteristics in terms of elongation and yarn strength properties, since the final score of these were 23, while the recycled obtained a score of 22, which represents a significant difference of 2.2% of the total score in terms of the properties.

Keywords: Polyester, PES, RPET, Recycled Polyethylene Terephthalate, RPET, Anova, Comparative Analysis, Filaments, Yarns, Past.

Reviewed by Víctor Raúl Rodríguez Viteri

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Descripción del tema.

El presente proyecto se inició a partir de la adquisición de los hilos de poliéster y polietilen tereftalato reciclado, en dos diferentes títulos de hilos para cada composición, mismos en los que se analizaron sus características físicas en el laboratorio de la carrera textiles. Los resultados obtenidos, previamente tabulados y calculados su nivel de confianza, fueron evaluados comparativamente mediante herramientas estadísticas.

Las características físicas analizadas fueron: la resistencia y elongación. Análisis que se realizaron en el dinamómetro del laboratorio de la Carrera de Textiles, según la norma ISO 2062 tanto en los hilos de poliéster como en los hilos de polietilen tereftalato reciclado, los cuales conservaron mismos títulos en ambas presentaciones.

Finalmente, la evaluación se llevó a cabo utilizando el método comparativo, para lo cual se realizó una comparación a los resultados obtenidos en los ensayos de los dos tipos de hilos para posteriormente determinar similitudes o diferencias, ventajas o desventajas entre los hilos analizados.

1.2. Antecedentes.

Los residuos sólidos son temas creados por actividades de producción y consumo sin una forma real de usarla, se crea en el contexto de algún valor económico. El tratamiento inadecuado de residuos sólidos es una fuente de proliferación que surge de animales dañinos [ratón, cucarachas, moscas, mosquitos, etc.], puede transmitir enfermedades infecciosas, también puede producir gas, humo y polvo aportado la contaminación de la atmósfera. Hay muchas enfermedades

causadas por las bacterias debido a la acumulación de desechos, especialmente cuando entran en contacto con agua potable o alimentos; Por lo tanto, debe gestionarse correctamente y eliminarlo de manera saludable.

Puede haber contaminación produciendo lixiviados que se descomponen y se filtran sustancias de basura en el suelo; De la misma manera, las sustancias peligrosas de los residuos peligrosos atraviesan el subsuelo y las aguas subterráneas, matando a todo tipo de organismos vivos. (CELEC, 2018, p. 6)

Con lo antes mencionado se puede decir que los residuos sólidos son un acumulado de materiales que se encuentran estado sólido que bien pueden ser provenientes de materia inorgánica y orgánica, es decir que, son no putrescible y putrescible, siendo originarios de las actividades industriales, comerciales, domésticas y otros tipos de producciones en una comunidad. Entonces en el caso de los envases plásticos PET se clasificaría como residuos sólidos mismos que deberían ser gestionados según la gestión de residuos sólidos.

En cuanto a la obtención de los hilos de poliéster es conocido que es fabricado a partir de cualquier polímero sintético, es decir que se forma una cadena polimérica, obtenido a partir del proceso de la polimerización de etilenglicol más ácido tereftálico, mismo que pasan por una serie de operaciones para llegar a ser formados hilos. Guzmán (2013) en su revista menciona que:

Existen dos procesos para producir poliéster, el proceso de policondensación por la reacción del dimetil-tereftalato [DMT] y etilenglicol [EG] y otro por reacción entre el etilenglicol y el ácido tereftálico; en el primer proceso se obtiene como subproducto el metanol y en la segunda agua. (p. 3)

No obstante, ambos procesos se realizan en reactores a elevadas temperaturas con ayuda de catalizadores, para posteriormente extraerlo en estado líquido como se encuentra a elevadas temperaturas se procede a enfriar y laminar hasta que se solidifique y tome forma de una cinta, posterior a ellos pasa por el extrusor donde se introduce los gránulos obtenidos en el pase anterior, se procede a fundir el polímero para pasarlo por el filtrado donde se forman filamentos y son enfriados mediante aire soplado también se coloca el avivaje para finalmente pasar al bobinado y desde este último paso puede ser formado como hilo estirado, texturizado o ser vendido directamente a los clientes. En cuanto a la manufacturación de los hilos hechos a base de PET todo el proceso es idéntico a excepción de compuestos, sin embargo, tienen similitudes. Celin (2020) en su investigación menciona que:

El PET es un polímero que se obtiene de igual forma que el polímero PES mediante la reacción química del ácido tereftálico (PTA) y el etilenglicol (EG), cuyo residuo es agua, o a su vez mediante la reacción química del Dimetil tereftalato (DMT) con el etilenglicol (EG), cuyo residuo es metanol. El PET se diferencia del PES por ser más viscoso, por lo que está directamente ligado a la longitud de las cadenas poliméricas y el contenido de dióxido de titanio (TiO₂) empleado durante el proceso de fundido y extrusión del polímero. Este reactivo, opaca el brillo de los filamentos. (p. 23)

Dentro de las propiedades físicas del hilo del poliéster se tiene que: no es absorbente; es térmico; alta resistencia a los álcalis y ácidos; resistencia a manchas; lustre alto; cristalinidad al 50%; es termoplástico; su punto de fusión es 250 °C. También en este hilo se tiene ciertas ventajas las cuales son: alta elongación; alta resistencia a la abrasión, alta tenacidad, al ser sintético no son

afectadas por microorganismos como el moho o polillas. Sin embargo, este también contiene ciertas desventajas si hablamos en el teñido este no puede ser tinturado con colorantes normales como los solubles en el agua; tienen gran afinidad al aceite, tierra, grasa, gran carga electroestática; alta tendencia al pilling. En cuanto a las características de la fibra de RPET se tiene principalmente que se trata de una fibra reciclada así que tiene alta resistencia al desgaste, una elongación de hasta el 20%, gran rigidez, resistente a los agentes químicos. Sin embargo, con respecto a la resistencia y elongación, aun no se halla datos valorados.

Gracias a que el RPET se trata de una fibra reciclada tiene ciertas ventajas en cuanto al medioambiente como es la mitigación de esta, con el aplazamiento de la vida útil de las fibras sintéticas una de las principales desventajas en la producción de hilo RPET puede ser el costo, debido a que se necesita reprocesamiento, así que su costo será elevado.

1.3. Importancia del estudio.

El reciclaje es un proceso muy importante en la actualidad, ya que contribuye con la mitigación de la contaminación ambiental; por ello, la presente investigación trata de verificar, analizar y comprar las características físicas y químicas entre los hilos poliéster y RPET (hilos con material reciclados); con la finalidad de contribuir con información real y comprobada sobre las ventajas y desventajas del hilo RPET con respecto a los hilos de poliéster. Con los resultados obtenidos se espera proporcionar información valiosa al sector textil, la cual permita cambiar la ideología en la producción y consumo de los hilos elaborados a partir de botellas de desecho PET.

Como se mencionó anteriormente, el problema de la contaminación con envases plásticos es un problema muy grave debido a la inmensa cantidad de botellas RPET que se desechan al ambiente. Una de las formas utilizadas para disminuir esta contaminación es el reciclaje, ya que con esta forma de actuar se lograría aumentar el tiempo de vida útil de los materiales RPET, en este caso utilizando en la fabricación de hilos reciclados, que posteriormente serán utilizados en la elaboración de productos textiles.

Es importante también, poner a disposición del sector textil datos relacionados con las características de los hilos RPET, datos que serán comparados con hilos de poliéster y si los resultados son similares entre los dos tipos de hilos, datos sobre las características físicas y químicas, se incentivara la producción y consumo de los hilos reciclados a partir de desechos de envases PET.

1.4. Objetivo general.

Analizar comparativamente las características físicas entre un hilo 100% PES (Poliéster) y 100% Polietilen Tereftalato Reciclado (RPET)

1.5. Objetivos específicos para alcanzar.

- Investigar información relacionada a los hilos fabricados a base de poliéster [PES] y poliéster reciclado [RPET], mediante recopilación de información de fuentes primarias [Empresas textiles] y secundarias [bibliografías, revistas, artículos científicos], comparando las propiedades de los hilos propuestos.
- Determinar las características físicas de elongación y resistencia a la rotura, mediante el dinamómetro.

- Evaluar comparativamente los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio mediante herramientas estadísticas; para determinar las similitudes o diferencias entre los hilos Poliéster y Polietilen Tereftalato Reciclado.

1.6. Características del sitio del proyecto

La presente investigación se realizó en la Universidad Técnica Del Norte, en los laboratorios de la Carrera de Textiles ubicada en la provincia de Imbabura, en la ciudad de Ibarra en las calles morona Santiago y Luciano Acosta, sector Azaya. Los laboratorios de la Carrera De Textiles cuentan con máquinas de laboratorio actualizadas y certificadas los cuales permite realizar pruebas químicas y físicas con certificaciones. Se adjunta croquis de la ubicación:



Figura 1. Laboratorio de la Carrera de Textiles

Fuente: (Google Maps, 2022)

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE.

2.1. Estudios Previos.

2.1.1. Contaminación de los envases PET y el reciclaje para filamentos

La contaminación de los envases con composición de polietileno tereftalato es un problema muy extenso, Zhao et al. (2021) en su artículo menciona que “El tereftalato de polietileno [PET] posconsumo tiene aplicaciones potenciales en muchas áreas de fabricación, pero la contaminación por cloruro de polivinilo [PVC] peligroso en los flujos de residuos comunes puede reducir su valor reciclable” (p. 184). Un ejemplo de una aplicación posconsumo es la elaboración de los hilos reciclados [hilos PET], esta aplicación tiene ciertas ventajas al igual que desventajas como es el elevado costo de reprocesamiento, iniciando por la clasificación de materiales.

”La separación de las mezclas de PET-PVC recogidas antes de su reciclaje sigue siendo un gran reto debido a las propiedades fisicoquímicas similares del PET y el PVC” (Zhao et al., 2021, p. 184).

La investigación de Zhao et al. (2021) propone:

Un nuevo proceso de flotación con pretratamiento de modificación de corona para facilitar la separación de las mezclas de PET-PVC. Mediante el ángulo de contacto con el agua, la energía libre de la superficie, el fotoelectrón de rayos X y la caracterización FT-IR, descubrimos que los grupos hidroxilos polares pueden introducirse más fácilmente en la superficie del PVC que en la del PET inducidos por la modificación de la corona. Esta humectación selectiva puede suprimir la flotabilidad del PVC, conduciendo a la separación del PET como producto flotante. (p. 184)

Otra investigación ha demostrado que los envases de polietileno tereftalato [PET] que se hallan desechados en el mar, pueden actuar como reservorios marinos de bacterias fecales y fitoplancton.

Grogan, Mallin, & Cahoon (2021), en su artículo mencionan que: “La bacteria indicadora de contaminación fecal *Enterococcus* se utiliza para evaluar la contaminación de las aguas marinas y se encuentra regularmente en los vertidos de aguas pluviales” (p. 1).

Para examinar si las botellas de PET actúan como refugios de *Enterococcus*, se llevó a cabo un estudio en las aguas euhalinas de Wrightsville Beach, Carolina del Norte, Estados Unidos, mediante el despliegue de flotadores de botellas colocados cerca de dos tuberías de desagüe de aguas pluviales. Las botellas se recuperaron semanalmente para evaluar la acumulación de bacterias fecales y fitoplancton. En cada botella se analizó la presencia de *Enterococcus* en las superficies de plástico y en el agua del interior de la botella. Se comprobó que la abundancia de *Enterococcus* y de clorofila α planctónica era significativamente mayor en asociación con las botellas de PET que con las aguas circundantes. Se observó que las botellas actuaban como reservorios tanto de *Enterococcus* como de fitoplancton con concentraciones muy superiores a las normas estatales, federales y de la OMS. (Grogan et al., 2021, p. 1)

Otro problema causado por la contaminación de los suelos con polietileno tereftalato es que este contribuye con la emisión de gases de efecto invernadero [gases GEI], Han et al. (2022) en su investigación menciona que: “La contaminación por microplásticos (MP) es omnipresente en los suelos agrícolas. El bocarón (BC), como enmienda del suelo rentable, suele coincidir con la exposición a los MP” (Chen, Yang, Tang, Qin, & Zhao, 2012).

Con la finalidad de identificar los efectos, se han desarrollado algunas investigaciones sobre los efectos independientes y combinados de los MP y el BC en el microbioma del suelo y las emisiones de N₂O/CH₄.

Los resultados de la secuenciación de alto rendimiento mostraron que el PET por sí solo redujo la diversidad bacteriana en un 26,7%, mientras que la coexistencia de PET y BC no indujo un cambio aparente. La abundancia relativa de algunos microbios (por ejemplo, Cianobacterias, Verrucomicrobia y Bacteroidetes) que están asociados con el ciclo del C y el N se modificó a nivel de filo y clase por todos los tratamientos. (p. 1)

2.1.2. Hilos de poliéster [PES]

Como bien es conocido los hilos de poliéster son pertenecientes a la familia de las fibras sintéticas y actualmente se han desarrollado investigaciones con la finalidad de reducir el tiempo de duración de este material, es decir que se ha tratado de desarrollar hilos de poliéster reciclables. Polymer Properties Database (PPD, 2016) en su página web menciona: “Pueden clasificarse en dos tipos según el método de preparación; la primera clase son polímeros sintetizados a partir de fuentes renovables, y la otra clase son polímeros sintéticos, en su mayoría derivados de aceites minerales que son biodegradables” (párr. 2). También menciona que:

Uno de los polímeros biodegradables más importantes son los poliésteres alifáticos [de base biológica]. Muchos de ellos tienen una excelente biodegradabilidad y biocompatibilidad y son, por tanto, una clase muy importante de polímeros biodegradables. Existen numerosos poliésteres alifáticos biodegradables. Sin embargo, sólo un pequeño número de ellos está disponible comercialmente. Algunos poliésteres de base biológica que se han utilizado comercialmente o que se están investigando para su uso comercial son el

ácido poliláctico [PLA], el ácido poliglicólico [PGA], la poli- ϵ -caprolactona [PCL], el polihidroxibutirato [PHB] y el poli [3-hidroxi valerato]. Entre ellos, el PHB y el PLA son probablemente los poliésteres termoplásticos biodegradables más estudiados. Ambos son verdaderamente biodegradables y biocompatibles y tienen un punto de fusión relativamente alto [160 a 180 °C]. Sin embargo, sus aplicaciones prácticas se han visto a menudo limitadas por su fragilidad y su estrecho margen de procesamiento. Por lo tanto, en la literatura se ha informado a menudo de la mezcla con otros polímeros. (PPD, 2016, párr. 3)

Una característica importante de los poliésteres biodegradables es el tiempo de degradación, lo cual debe ser lo más corto posible respecto a la eliminación. No obstante, la resistencia a la corrosión puede disminuir demasiado cuando el polímero tiene un tiempo de degradación muy corto. Dependiendo del polímero y de las condiciones, los tiempos de degradación oscilan entre varios meses y varios años.

Actualmente, la mayoría de los polímeros biodegradables no se utilizan ampliamente en otras aplicaciones debido a algunas limitaciones, como un costo más alto, propiedades mecánicas inferiores y una resistencia química y ambiental más baja, o, en otras palabras, solo una pequeña cantidad de poliésteres biodegradables han encontrado un uso limitado fuera de la medicina. y la industria farmacéutica.

2.1.3. Hilos de polietilen tereftalato reciclado [RPET]

Un problema importante al que se enfrenta la industria del plástico es el de la eliminación de residuos. El reciclaje de material parecería ofrecer una solución satisfactoria en términos de prevención de la contaminación ambiental. Recientemente, el creciente interés se ha centrado en el reciclaje de residuos plásticos, especialmente Polietilen tereftalato [Pet]. Sobre este problema, entonces “El reciclaje de PET representa uno de los ejemplos más exitosos y extendidos de reciclaje de polímeros” (mexpolimeros, 2020, párr. 1).

La principal fuerza impulsora responsable del mayor reciclaje de PET posconsumo es su uso generalizado, particularmente en la industria de las bebidas. El reciclaje de PET se puede llevar a cabo según diferentes estrategias. En particular, el PET posconsumo se puede despolimerizar para reutilizar los monómeros regenerados como materia prima para un nuevo proceso de polimerización [reciclado químico] o se puede reprocesar después de lavarlo y triturarlo [reciclado mecánico]. De lo contrario, un problema común que se enfrenta durante el reciclaje mecánico del PET es la degradación del polímero que conduce a una reducción de su Peso molecular promedio [MW], así como al deterioro de las propiedades mecánicas. De hecho, durante el procesamiento, el PET sufre tres fenómenos de degradación diferentes, a saber, escisión de cadena térmica, mecánica e hidrolítica. (Elamri, Lallam, Harzallah, & Bencheikh, 2007, p. 1)

Estudios recientes han demostrado el polietilen tereftalato reciclado tiene varias aplicaciones, como es en el caso de la mejora del hormigón de alta resistencia [HSC], ya que se ha observado que el HSC es un material relativamente frágil que posee una menor resistencia a la tracción y a la flexión.

Los resultados revelaron que la presencia de fibras de PET aumenta el rendimiento del HSC. Las fibras de PET pueden mejorar la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión y también controlar las grietas. Se observó que el 1,0% del contenido de fibra de PET muestra un mejor rendimiento entre todas las mezclas. Los resultados mostraron que el 21,75% de aumento en la resistencia a la compresión, el 25,24% de aumento en la resistencia a la tracción dividida y el 42,70% de aumento en la resistencia a la flexión para la adición de 1,0% de fibras de PET al HSC después de 28 días. Estos HSC introducidos con fibras de PET recicladas mostraron un mejor rendimiento en comparación con los HSC convencionales. (De Silva, Shakeer, Jayawardhana, Saumyasiri, & Priyadarshana, 2022, vol. 174)

2.1.4. Elongación y Resistencia a la rotura de los hilos PES y RPET

Las características físicas de resistencia a la rotura y elongación de los filamentos hilados son propiedades muy importantes, ya que dependiendo su uso se hace necesario una cantidad máxima y mínima de elongación y resistencia a la rotura, por ejemplo: los hilos de doble alma o base, que se desarrollan para tener propiedades de alta elasticidad y resistencia al mismo tiempo en la estructura del hilo, han sido el foco de interés en el sector de los hilos. Teniendo en cuenta el propósito de desarrollar hilos de doble alma, es obvio que las prestaciones de resistencia a la rotura y elongación que se esperan de estos hilos son muy importantes. En la investigación sobre el uso del método Taguchi se buscó optimizar el coeficiente de torsión y las relaciones de estiramiento de PET (tereftalato de polietileno) / elastano de los hilos de doble núcleo para mejorar la resistencia a la rotura y el rendimiento de elongación, se indica que “La tecnología de hilado con alma hilado es un método ampliamente preferido para colocar materiales elásticos en la estructura de la tela, especialmente en la industria de la mezclilla” (ÜSTÜNTAG, 2021, p. 1). La base del hilo es el

principal factor y como se mencionó en la cita, se usan generalmente para hilos de fantasía que en su estructura tenga mezclas de fibras. En la actualidad con la finalidad de mejorar la resistencia y elongación de los hilos “se han desarrollado hilos de doble núcleo para producir telas con mejor recuperación, durabilidad y menor encogimiento en comparación con los hilos tradicionales de un solo núcleo que contienen solo elastano en el núcleo y algodón externamente” (ÜSTÜNTAG, 2021, p. 1).

Se determinaron tres factores, a saber, el coeficiente de torsión, la relación de estiramiento de PET y la relación de estiramiento de elastano, como parámetros que afectan la resistencia a la rotura y el alargamiento de los hilos de doble núcleo. El rango de parámetros se determinó a partir de los experimentos preliminares. [...]. (ÜSTÜNTAG, 2021, p. 3)

En la investigación de ÜSTÜNTAG (2021) se determinó que el alargamiento a la rotura aumentaba con el aumento del valor de la relación de estirado del PET. Se observó que la diferencia entre las relaciones S/N del alargamiento a la rotura de los hilos de doble núcleo producidos con los valores de estirado de PET de 2º nivel (1,1) y 3º nivel (1,15) era mayor en comparación con la resistencia a la rotura.

Los valores máximos previstos de resistencia a la rotura y elongación que se pueden alcanzar con los niveles óptimos determinados por TM se calcularon en base a los resultados experimentales. En base a estos valores predichos, se calcularon las tasas de mejora esperadas en ambas salidas gracias a los niveles óptimos determinados. Se concluyó que con las combinaciones factor-nivel determinadas y no incluidas en el diseño experimental del estudio, la resistencia a la rotura aumentaría 1,06 veces y el alargamiento a la rotura aumentaría 1,13 veces con respecto a la combinación óptima experimental. (ÜSTÜNTAG, 2021, p. 8)

Con la finalidad de mejorar la elongación y resistencia a la tracción de los hilos, además de reducir el uso de sintéticos, Glória et al. (2017) ha realizado una investigación donde se mejora las propiedades mencionadas con el uso de las fibras lignocelulósicas (LCF) obtenidas de las plantas que se están usando para reemplazar a la fibra de vidrio, en este caso las LCF lo han extraído de la fibra de hoja de piña, ya que la lignocelulosa de las fibras de hoja de piña (PALF) tienen potencial para el refuerzo compuesto. Por lo tanto, se investigó las propiedades de tracción de compuestos de matriz polimérica incorporados con hasta un 30 % en volumen de PALF, con respecto a los resultados, Glória et al. (2017) “Los resultados muestran un aumento significativo en la resistencia a la tracción y módulo elástico con la cantidad de fibra. Se observa un aumento en la deformación total por encima del 10 % en volumen de incorporación de PALF” (p. 401). Con respecto a las propiedades de los LCF Wambua et al. (2021) sugirió que:

Los compuestos LCF podrían reemplazar a la fibra de vidrio debido no solo a los beneficios ambientales y económicos, sino también a las ventajas técnicas. De hecho, los compuestos poliméricos reforzados con LCF son respetuosos con el medio ambiente, más baratos y resistentes que los compuestos comunes de fibras sintéticas. Un número exponencialmente creciente de trabajos, desde la última década, se ha dedicado a los LCF y compuestos poliméricos relacionados, como se establece en varios artículos de revisión. (p. 504)

En cuanto a los análisis de los datos obtenidos en la investigación de Glória et al. (2017) se concluyó que “las fibras de hojas de piña seleccionadas (PALF) mejoran significativamente la resistencia de los compuestos de matriz de poliéster” (p. 403). Esta mejora corresponde básicamente a un aumento lineal de hasta el 30 % en volumen de incorporación de fibra y supera los resultados de flexión con composites similares. Además, la elongación de los compuestos de poliéster también aumentó con la fracción de volumen de PALF. Entonces podemos decir que los

hilos híbridos de poliéster con la lignocelulosa de las fibras de hoja de piña son mejores en cuanto a las características de resistencia y elongación. Además de ser mucho más ecológicos debido a su biodegradabilidad.

2.2. Marco legal

2.2.1. Líneas de investigación

Según la plataforma CUYCIT de la Universidad Técnica del Norte (UTN, 2007), se trabaja las siguientes líneas de investigación:

- Producción Industrial y Tecnología Sostenible
- Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible
- Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables
- Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable
- Salud y Bienestar Integral
- Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas
- Desarrollo Artístico, diseño y publicidad
- Desarrollo Social y del Comportamiento Humano
- Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico
- Desarrollo, aplicación de software y cyber security [seguridad cibernética]. (p. 1)

De las cuales dentro de la Carrera de Textiles [Ctex] trabaja con:

“Producción Industrial y Tecnología Sostenible”, “Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico” (UTN, 2007, p. 1).

2.2.2. Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente [tulsma]

El Art. 1 del Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente [tulsma] establece las siguientes políticas básicas ambientales del Ecuador:
Clausula 1.- “Reconociendo que el principio fundamental que debe trascender el conjunto de políticas es el compromiso de la sociedad de promover el desarrollo hacia la sustentabilidad” (Ediciones Legales S.A., [EDLE S.A.], Art. 1, 2014).

“La sociedad ecuatoriana deberá observar permanentemente el concepto de minimizar los riesgos e impactos negativos ambientales mientras se mantienen las oportunidades sociales y económicas del desarrollo sustentable” (EDLE S.A., Art. 1, 2014).

La gestión ambiental en el Ecuador se fundamentará básicamente en la solidaridad, la corresponsabilidad, la cooperación y la coordinación entre todos los habitantes del Ecuador, dirigidas a garantizar el desarrollo sustentable, en base al equilibrio y la armonía entre lo social, lo económico y lo ambiental. Criterios similares, guiarán al Ecuador en sus relaciones con los demás países y pueblos del mundo a fin de que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción y competencia o fuera de ella no perjudiquen a otros Estados y zonas sin jurisdicción, ni tampoco que sea perjudicado por acciones de otros. Particular mención hace a su decisión de propender a la cogestión racional y sostenible de recursos compartidos con otros países. (EDLE S.A., Art. 4, 2014).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Envases polietileno tereftalato [PET]

El término PET es la abreviatura de polietileno tereftalato, mismo que es el nombre químico del poliéster, la fabricación de estos envases [botellas]. El PET es un plástico transparente, fuerte y liviano que se usa ampliamente para empacar alimentos y bebidas, especialmente refrescos, jugos y agua de tamaño conveniente. “Prácticamente todas las botellas individuales y de 2 litros de refrescos carbonatados y agua que se venden en los EE. UU. están hechas de PET” (PET Resin Association, [PETRA], 2012, párr. 2). Además, es usado en otras industrias como la industria textil

Los componentes básicos del PET son el etilenglicol y el ácido tereftálico, que se combinan para formar una cadena polimérica. Los filamentos de PET resultantes se extruyen, se enfrían rápidamente y se cortan en pequeños gránulos. “Luego, los gránulos de resina se calientan hasta obtener un líquido fundido que se puede extruir o moldear fácilmente en artículos de prácticamente cualquier forma” (PETRA, 2012, párr. 3)

2.3.2. Hilos de poliéster e hilos RPET

Los hilos de poliéster son fabricados de acuerdo con su uso final, ya que se puede dar diferentes formas básicas las cuales son cuatro: filamento, estopa, fibra de relleno y grapa. La forma de filamento significa que tiene longitud continua, es decir que tiene longitud indeterminada. La forma de grapa significa que se al filamento se realiza un corte de longitud corta, se usa cuando

se necesita realizar mezclas de material. La forma de estopa significa el conjunto de filamentos que se encuentran unidos, pero sin presión, ni torción.

Para la fabricación de este hilo pasa los procesos:

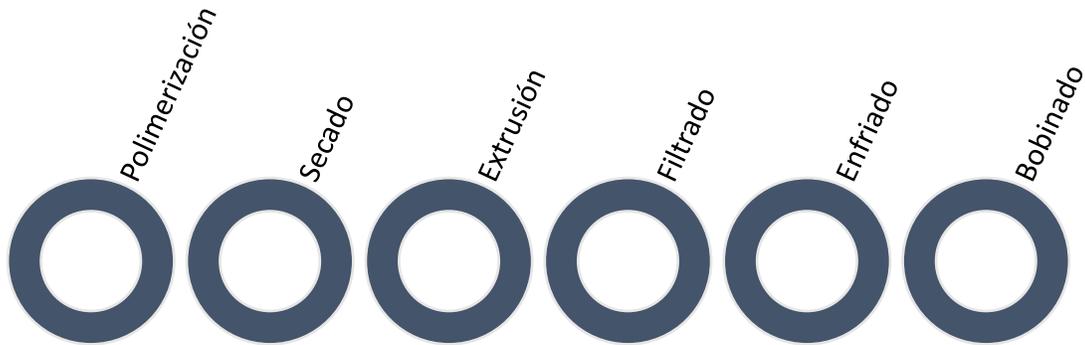


Figura 2. Proceso de fabricación de hilos PES

Fuente: El Autor

En cuanto a los hilos reciclados Celín (2020) menciona que:

El PET (polietileno tereftalato) es un polímero de color transparente, derivado del petróleo, cuya fórmula pertenece a un poliéster aromático, este es empleado en la producción de botellas para bebidas gaseosas; este polímero es de bajo costo, resistente y durable. Sin embargo, el no retorno de este polímero ha provocado una excesiva contaminación del ambiente, por lo que, el reciclaje de envases PET se ha vuelto una actividad necesaria. (p. 22)

2.3.3. Nomenclatura de hilos de poliéster

Dentro de la hilatura encontramos un dato muy importante el cual se denomina Título, esto hace referencia a la relación que existe entre el peso del hilo y la longitud de este, dicho de otro modo, el título se refiere al grosor, calibre o diámetro del hilo. Mismo que se puede clasificar en dos grandes grupos: Titulación Directa y Titulación indirecta.

La titulación directa hace referencia a que mientras el número sea mayor, el diámetro o grosor del hilo será mayor, es decir que es directamente proporcional en cuanto al número y grosor. Dentro de este se encuentran las titulaciones de Tex y Den. (Lavado, 2012, vol. 3)

La titulación Tex hace referencia al peso en gramos de 1000 metros de hilo, generalmente se usa para filamentos continuos, por ejemplo: poliéster [PES], rayón viscosa, poliamida, entre otras. La titulación Den [denier] se refiere al peso en gramos de 9000 metros de hilo y generalmente se usa en filamentos continuos como: Poliéster, poliamida, seda, entre otros.

La titulación indirecta se refiere a que, si el número es mayor, el diámetro o grosor del hilo será menor, es decir que es indirectamente proporcional en cuanto al número y el grosor del hilo. Dentro de este sistema existen dos titulaciones: Número métrico, se representa con las siglas Nm y Número inglés, se representa con las siglas Ne. El Número métrico [Nm], representa el total de metros de fibra o hilo que pesa 1 gramo; se usa generalmente para la lana [Wo] y acrílico. El número Inglés en cambio representa el total de madejas de 768 metros que pesa 1 libra [453 gramos]. Se usa generalmente para hilos de algodón o mezclas algodón/poliéster.

2.3.4. Elongación

El alargamiento de rotura (o deformación de rotura) es el porcentaje de alargamiento a la rotura:

$$E_{max} = 100\left(\frac{\Delta L_{max}}{L_0}\right) \quad (1)$$

Un valor típico de elongación de rotura del algodón puede oscilar entre el 4 % y el 8 %. Estos valores son significativamente inferiores a los de las fibras de lana, que suelen oscilar entre el 25 % y el 45 %, y sustancialmente inferiores a los de las fibras de poliéster, que pueden superar el 50 %. (Grishanov, 2011, Capítulo 7)

“El alargamiento refleja parcialmente el grado de facilidad para estirar una fibra; se sabe que una fibra de gran elongación a la rotura con respecto a la resistencia a la rotura es fácilmente estirable bajo cargas pequeñas” (Grishanov, 2011, Capítulo 7).

2.3.5. Resistencia de las fibras

La resistencia de un hilo básico está determinada por varias propiedades de la fibra, la geometría estructural del hilo y los parámetros de hilado. Se sabe que la resistencia del hilo aumenta primero hasta un valor máximo con el aumento de torsión y luego cae con aumentos adicionales de torsión. Una explicación tradicional de este cambio de resistencia con torsión se basa en la combinación de deslizamiento y rotura de las fibras. Con factores de torsión bajos, el aumento inicial de la resistencia del hilo está determinado por la resistencia de las fibras al deslizamiento. Con factores de torsión altos, la contribución de la resistencia al deslizamiento alcanza un máximo constante. Sin embargo, a medida que el factor de torsión aumenta, entra en juego el efecto de la oblicuidad de la fibra y esto

tiende a causar una disminución en la resistencia del hilo. La relación torsión-resistencia es, por tanto, el resultado de la influencia combinada de estos dos factores. La torsión en la que la resistencia del hilo es más alta se denomina torsión óptima. La longitud de la fibra, la finura de la fibra, la fuerza de la fibra y el coeficiente de fricción de la fibra, además del recuento del hilo que se está hilando. (Grishanov, 2011, Capítulo 5)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA.

3.1. Métodos Utilizados

En la presente investigación se utilizó los métodos experimental y comparativo. El método experimental se utilizó en la ejecución del análisis de resistencia a la rotura en el equipo dinamómetro del laboratorio de la Carrera de Textiles; y, el método comparativo fue utilizado porque se hizo verificaciones entre los resultados de elongación y resistencia a la rotura de los dos tipos de hilos. Para determinar la confiabilidad se utilizó la herramienta Past 4, para que los valores obtenidos puedan ser sometidos a un análisis estadístico.

También cabe mencionar que en esa investigación se usó la metodología de la investigación cuantitativa, ya que se tiene por objetivo determinar ventajas o desventajas del hilo RPET con respecto al hilo PES normal, esta investigación se caracteriza esencialmente por tratarse de la recopilación de datos netamente numéricos, mismas que en esta investigación se obtuvieron con los análisis realizados en el laboratorio, en este caso se tienen datos en forma numérica como: porcentajes y números reales. Esta metodología realizó una agrupación de los resultados para analizar matemática y estadísticamente, los cuales permiten establecer finalmente resultados concluyentes.

3.2. Etapas de la Metodología

Para llevar a cabo la presente investigación, se utilizó en la metodología cuatro etapas las cuales tienen un orden lógico siendo la primera la selección de las muestras en hilos tanto de poliéster como RPET, mismo que tuvo como finalidad seleccionar los títulos más comunes entre ellos, para esto se solicitó ayuda a la empresa Enkador quienes son los únicos en el país que realizaban este tipo de hilados (hilos PET y RPET). Para la siguiente etapa la cual fue los ensayos de resistencia a la rotura y elongación de los hilos, se lo realizó bajo la norma ISO 2062:2009 del cual se obtuvo las instrucciones para la realización de los ensayos y obtención de datos. Una vez obtenido los datos se realizó la siguiente fase la cual corresponde a la tabulación de resultados para esto, se utilizó una plantilla de Excel, misma que, permitió tabular los datos de manera ordenada y concisa. Finalmente, en la cuarta fase se realizó los análisis y evaluación de resultados, del cual la principal evaluación fue la comparativa y para este se utilizó el método Anova el cual permite al usuario realizar comparaciones de acuerdo con ciertas características requeridas.

3.2.1. Etapas del trabajo de grado, parte práctica.

Como se puede apreciar en la **Figura 3**, la parte práctica constó de cuatro etapas principales mismas que se desarrollaron con la ayuda de los equipos e instalaciones de la Carrera de Textiles, se puede apreciar la ubicación geográfica de dichas instalaciones en la **Figura 1**. A continuación, se describen las fases por las cuales se logró realizar el trabajo de grado:

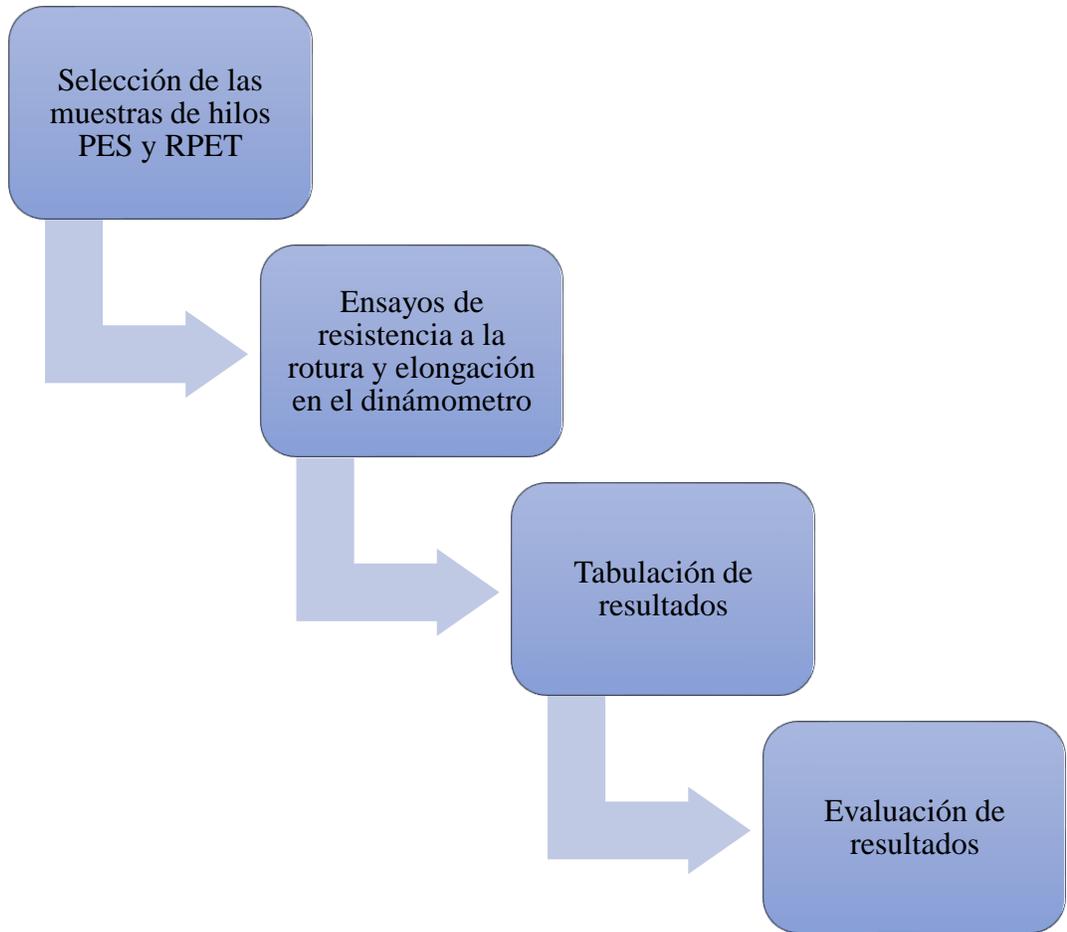


Figura 3. Flujograma de las etapas, parte práctica

Fuente: El Autor

Dentro de la selección de muestras como se mencionó anteriormente, se escogió de acuerdo con los hilos y títulos más comunes, también de acuerdo con la disponibilidad de la empresa. Las características de los hilos seleccionados se los puede apreciar en la **Tabla 1**.

Los ensayos y procedimientos que se realizaron se detallan en la **Figura 6**, la tabulación de resultados se obtuvo directamente del software utilizado por el equipo Dinamómetro (ver **Figura 7**), las características de este se pueden apreciar en la **Tabla 2**. El esquema de la evaluación de resultado se describe en la **Figura 8**.

Metodología Parte Experimental

La parte experimental se realizó de acuerdo con las etapas que se planteó anteriormente. A continuación, se especifica de manera general los pasos que se siguieron para la realización de los ensayos en los hilos:

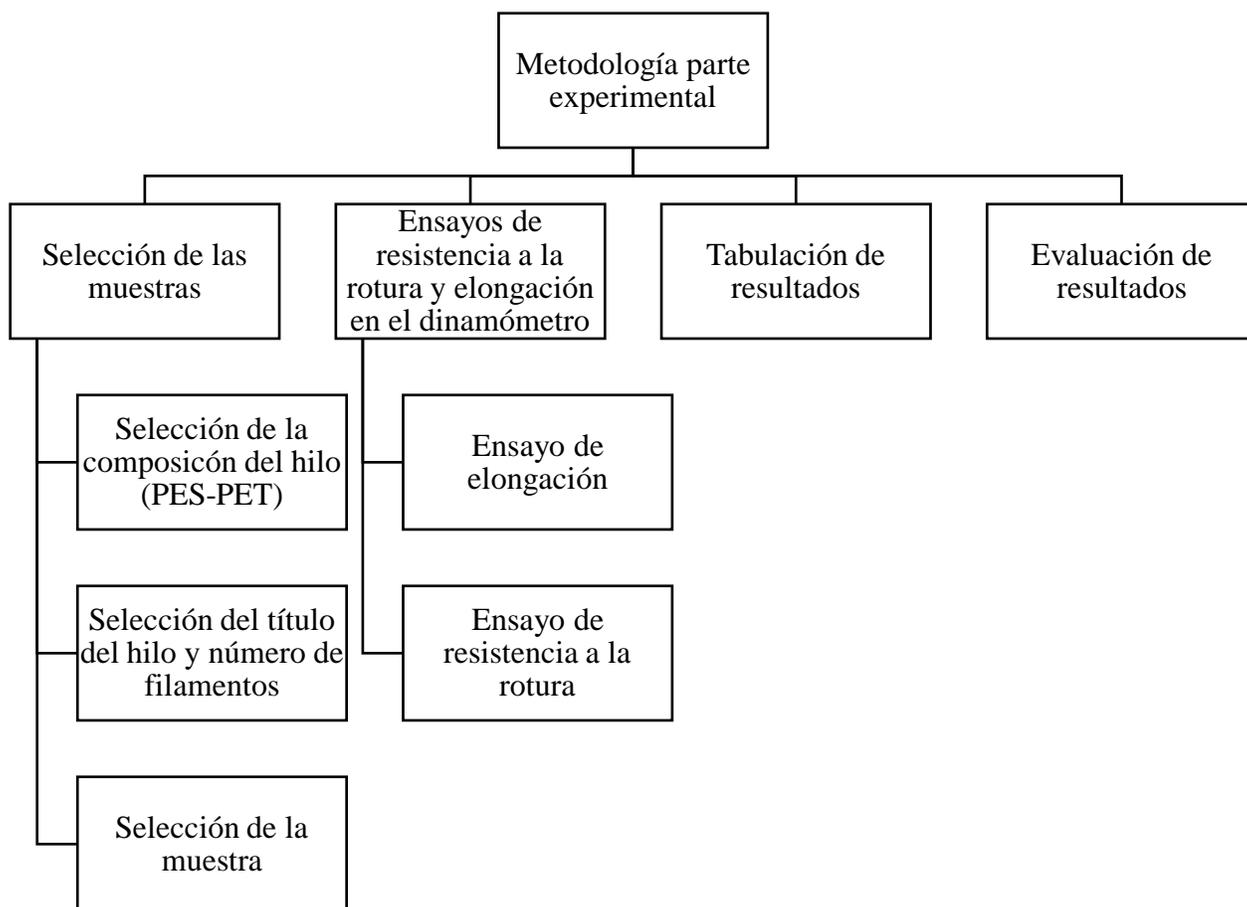


Figura 4. Esquema parte experimental

Fuente: El autor

La Figura 4 indica como dentro de las cuatro etapas se prosiguió a completar cada una de ellas, como es el caso de la primera etapa, misma que se detalla en la **Figura 5**. De igual manera

para la segunda etapa se realizó bajo la norma ISO-2062 como ya se mencionó anteriormente, dentro de esta norma se encontró los pasos y parámetros establecidos, mismos que se ejecutaron a lo largo de la realización del ensayo, esta norma internacional también especifica métodos para la determinación de la fuerza de rotura y alargamiento a la rotura de hilos textiles extraídos de paquetes:

De los cuales existen cuatro métodos, se describen a continuación:

1. Manual; las muestras se toman directamente de envases acondicionados;
2. Automático; las muestras se toman directamente de envases acondicionados;
- 3. Manual; las madejas de prueba relajadas se utilizan después del acondicionamiento;**
4. Manual; las muestras se utilizan después de humedecerlas.

En este caso se determinó el uso del método 3, ya que se realizó de forma manual y las muestras se mantuvieron en acondicionamiento durante 24 horas en una atmosfera normal (65% humedad relativa – $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) como establece la norma ISO 139 (Textiles - Atmósferas estándar para acondicionamiento y ensayo), misma que se encuentra referenciada en la norma ISO 2062 con el cual se manejó este proyecto de investigación.

3.2.2. Selección de muestra

Como se mencionó anteriormente; la materia prima usada en la presente investigación se logró conseguir gracias a que existían muestras de conos de hilos sobrantes procedentes de la empresa Enkador, las características de los hilos se pueden observar en la **Tabla 1**.

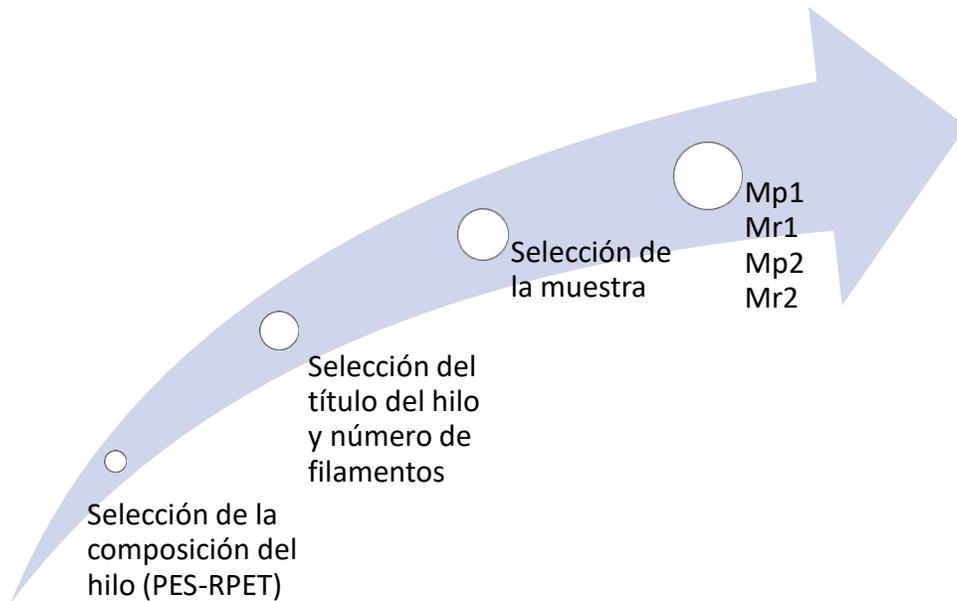


Figura 5. Esquema de la selección de muestras

Fuente: El Autor

En primera instancia se realizó solicitudes a la empresa Enkador ya que es la única empresa en el País que contenía la línea de fabricación a partir de botellas PET recicladas y con la finalidad de obtener hilos de PES y RPET se realizó visitas a la empresa, los hilos obtenidos fueron en total cuatro, mismos que contienen diferentes características físicas como: torsión, título, número de filamentos. Una vez seleccionado y obtenidos los hilos se procedió a codificar cada uno de estos tal y como se menciona en la **Figura 5**, a los hilos de poliéster normal se ah codificado con las siglas MPT1 y MPT2, mientras que para los hilos de poliéster reciclado se ha designado las siglas

MRT1 y MRT2. En la siguiente tabla se detalla las diferentes características correspondientes a los hilos de hilos PES y RPET, respectivamente.

Tabla 1

Muestras de Hilos

Los hilos obtenidos son procedentes de la empresa Enkador

Nº muestra	Título	Composición	Descripción	Codificación
1	150 f 48	PES	Texturizado	MPT1
2	150 f 48	RPET	Texturizado	MRT1
3	80 f 72	PES	Texturizado	MPT2
4	80 f 72	RPET	Texturizado	MRT2

Nota. La codificación MPT1 significa que es la muestra de poliéster, título 1 y la codificación MRT1 significa que es la muestra de poliéster reciclado título 1.

Nota 2. Todas las muestras de hilos son texturizadas.

Fuente: El Autor

3.2.3. Procedimiento de los Ensayos

El procedimiento que se llevó a cabo para los ensayos se describe en la norma ISO 2062 misma que se describe en la **Figura 6**. La versión que se utilizó en esta investigación es la del 2009 puesto que es con la que actualmente se manejaba en los laboratorios de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte. Debido a que la norma está basada para hilos de paquetes, como primer paso se hizo un enconado para posteriormente dejar en acondicionamiento durante 24 h, como establece la norma.

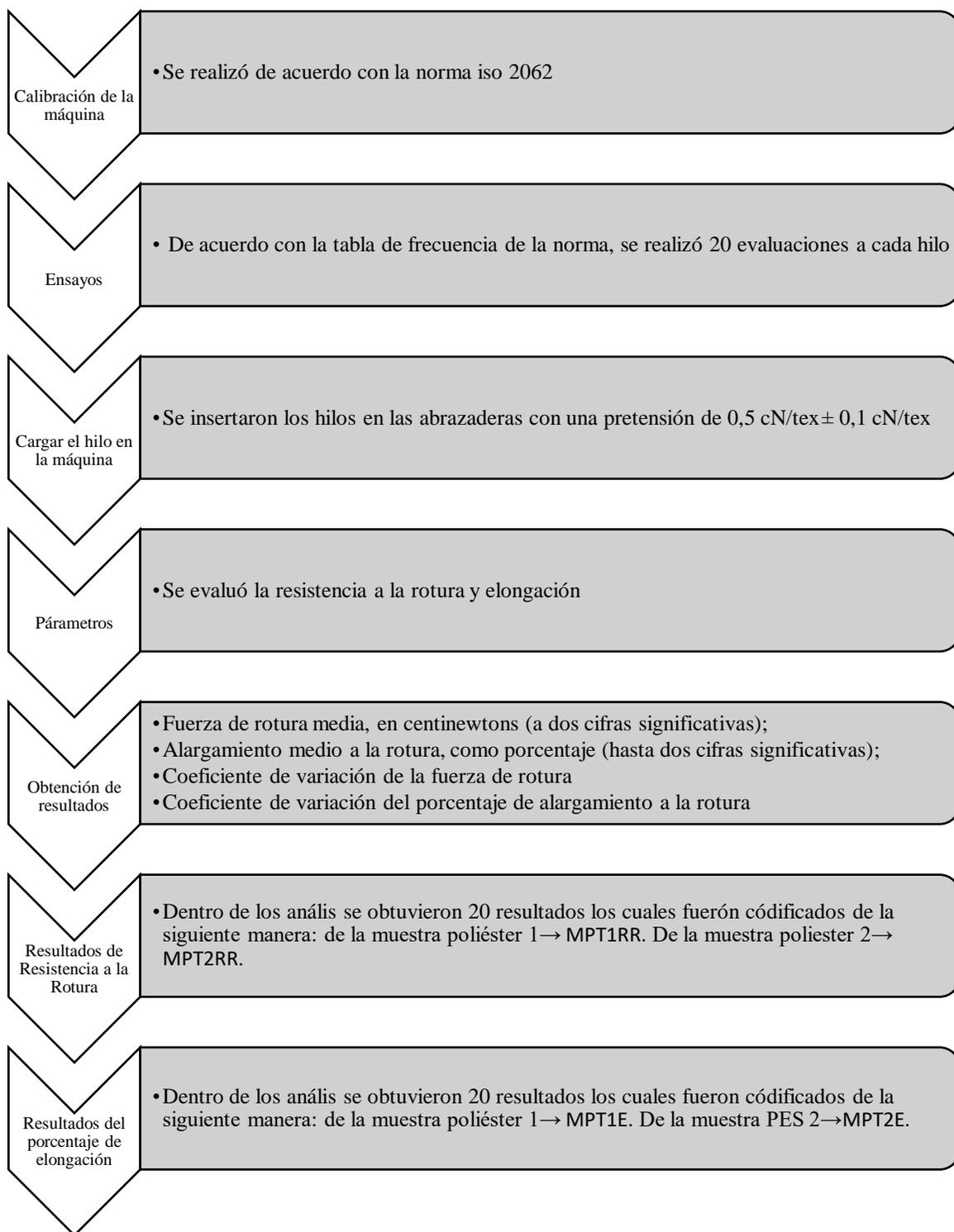


Figura 6. Flujograma de Ensayo

Fuente: El Autor

1. Calibración de la máquina: de acuerdo con la norma, utilice una velocidad de extensión de 500 mm / min o 250 mm / min con una longitud de calibre de 500 mm o 250 mm. Además, solo para probadores automáticos (Método B), se permiten tasas más altas por acuerdo; 2000 mm/min y Se recomiendan 5000 mm/min. Se pueden utilizar tasas de extensión más bajas si se acuerda; por ejemplo, 50%/min o 20 minutos. Si se permite más de una condición de prueba, generalmente por acuerdo, todas las partes interesadas en los resultados de la prueba deben realizar la prueba en las mismas condiciones (es decir, longitud de calibre, tasa de extensión, tipo de abrazadera, temperatura, pretensión).
2. Determinación de las torciones de los hilos: los hilos en su fabricación obtuvieron una texturización de aproximadamente 55 en el sentido S, sin embargo, se realizaron ensayos con la finalidad de verificar estos datos.
3. Ensayos: La norma recomienda por lo menos 20 ensayos por cada hilo
4. Carga de los hilos en la máquina: la norma menciona que se debe colocar los hilos en las abrazaderas con una pretensión de 0,5 CN/tex con una tolerancia de $\pm 0,1$ CN/tex y a una distancia de 25 mm para hilos que ya hayan estado en acondicionamiento.
5. Parámetros: los parámetros que se han evaluado en esta investigación y específicamente en el dinamómetro son las características físicas de los hilos, mismos que son resistencia del hilo y elongación. Cabe mencionar que el dinamómetro permite evaluar estos dos datos de manera simultánea.
6. Obtención de resultados: el software del dinamómetro nos permitió obtener los 20 resultados evaluados los cuales fueron codificados de la siguiente manera: en la

- muestra poliéster 1→MPT1RR (muestra de poliéster, título 1, resultado de resistencia). De la muestra poliéster 2→MPT2RR (muestra de poliéster, título 2, resultado de resistencia). En la muestra poliéster reciclado 1→ MRT1RR (muestra de reciclado, título 1, resultado de resistencia). De la muestra poliéster reciclado 2→ MRT2RR (muestra de reciclado, título 2, resultado de resistencia).
7. Resultados del porcentaje de elongación: en la muestra poliéster 1→MPT1E (muestra de poliéster, título 1, resultado de elongación). De la muestra poliéster 2→ MPT2E (muestra de poliéster, título 2, resultado de elongación).
 8. En la muestra poliéster reciclado 1→ MRT1E (muestra de reciclado, título 1, elongación). De la muestra poliéster reciclado 2→ MRT2E (muestra de reciclado, título 2, elongación).

3.2.4. Tabulación de resultados

Una vez realizado los ensayos respectivos de resistencia a la rotura y porcentaje de elongación, se extrajo los resultados de los hilos PET y RPET. Para realizar una tabla de resultados de acuerdo con los títulos analizados tanto del hilo PET como del hilo RPET respectivamente, como se ilustra a continuación:

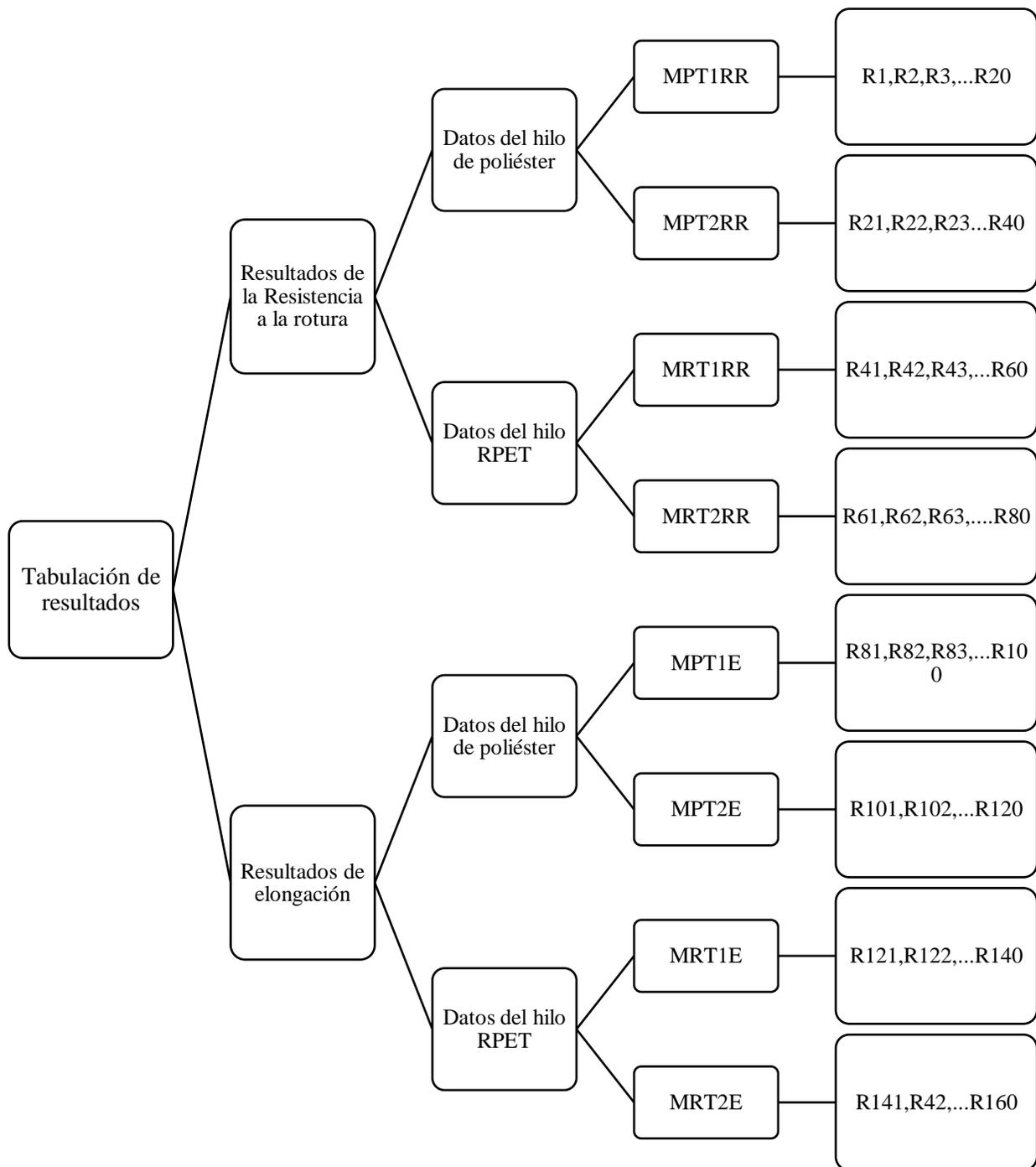


Figura 7. Esquema de Tabulación de Resultados

Fuente: El Autor

Con la finalidad de mantener un orden lógico se otorgó una codificación a los resultados de acuerdo con:

- Título del hilo
- Composición del hilo

De esta manera se obtuvo las codificaciones especificadas en la figura 6, la codificación Mp1Rr1 hace referencia al resultado 1 del análisis de resistencia a la rotura en la muestra 1 del hilo de poliéster, de esta manera el número de resultado aumenta R1, R2, Rn+1... De la misma manera se aplicó para los resultados de la muestra 2 del hilo PET, para las muestras de los hilos RPET únicamente se sustituye la segunda letra de la codificación (m por r).

Para los resultados de elongación se mantuvo una codificación similar, con la diferencia de que se reemplazó la cuarta letra del código (r por e) de manera que se tiene MPT1E (muestra de poliéster 1, resultado de elongación1) y al igual que el caso anterior la última cifra aumenta de acuerdo con el número de ensayo que corresponde, lo mismo se aplicó para las muestras de los hilos RPET.

3.2.5. Evaluación de resultados

Una vez obtenido y tabulado los resultados se realizó una evaluación comparativa con ayuda de los softwares Excel y Past, mismos que usan herramientas estadísticas como t-student y Anova para realizar comparaciones y en este caso se usó para la comparación entre los hilos de PES y RPET de acuerdo con los diferentes títulos respectivamente, como se detalla a continuación:

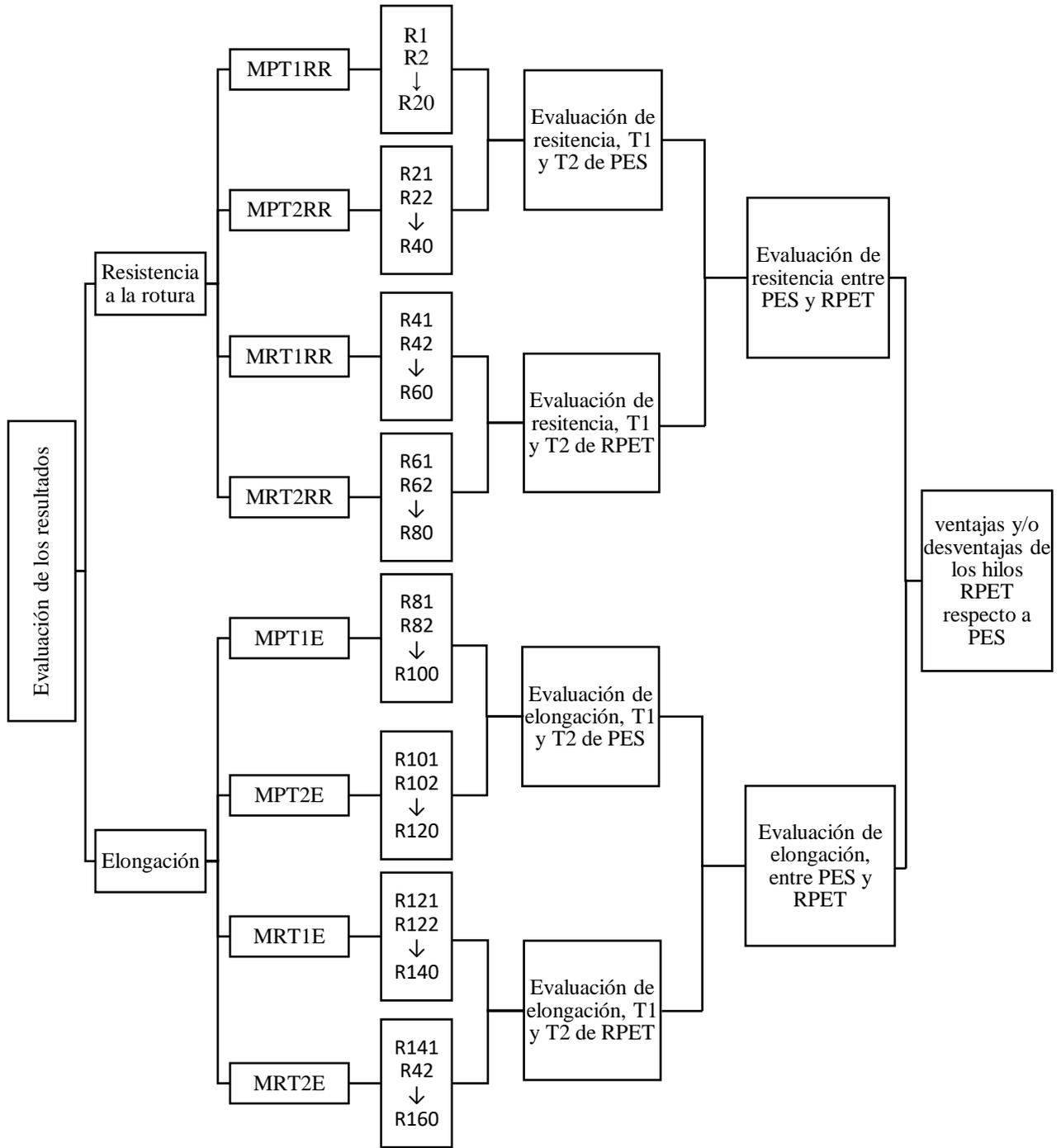


Figura 8. Esquema de evaluación de Resultados

Fuente: El Autor

En la figura 8 se puede apreciar la evaluación realizada de acuerdo con la tabulación planteada en la **Figura 7**, de este modo y teniendo en cuenta los resultados de los ensayos realizados (20 análisis por cada hilo), se procedió a evaluar los títulos 1 y 2 del PES, títulos 1 y 2 de RPET, tanto de la resistencia a la rotura como del porcentaje de elongación, posteriormente se comparó estos resultados entre sí y se obtuvieron los resultados finales, mismos que se plantearon como ventajas y desventajas de los hilos de poliéster reciclado con respecto a los hilos de poliéster normal. Para la determinación de similitud o diferencia se utilizó el método ANOVA, “el análisis de varianza es una fórmula estadística utilizada para comparar la varianza entre las medias (o promedios) de diferentes grupos.

“La herramienta estadística ANOVA determina la varianza de uno o más elementos al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores (Minitab, 2020, párr. 1)”.

Para el uso de esta herramienta se debe considerar una hipótesis que en este caso **se planteó que los hilos PET y RPET no tienen las mismas características siendo esta una hipótesis alternativa** ya que se comprobaría que existe diferencia significativa, mientras que la hipótesis nula determina que las medias de los análisis realizados son iguales.

3.2.6. Equipos y materiales

Los equipos requeridos para esta investigación fueron: Dinamómetro de la carrera Titán 5, ya que este nos ayudará evaluando tanto la elongación, como la resistencia a la rotura las características del dinamómetro se puede apreciar en la **Tabla 2**. Devanadora: en este caso se usó

para la titulación de los hilos como. La Balanza digital se usó de igual manera para hacer la titulación de los hilos.

Tabla 2

Características de los dinamómetros

Características de los Dinamómetros				
CRE	Tipo	CRT	Capacidad	Calibración
Constant rate of extension, la variación del alargamiento del espécimen permanece constante.	Constant rate of loading, la variación de la carga aplicada al espécimen se mantiene constante.	Constant rate of traverse, la variación del desplazamiento de la mordaza móvil (inferior) se mantiene	Se entiende como el rango de medición, es decir, la diferencia entre el valor mayor y el menor que puede leer el equipo.	En un dinamómetro debe calibrarse la fuerza, el alargamiento y la velocidad de tracción con patrones por un laboratorio de calibración certificado para ello.

Fuente: (Lockuán, 2012)

Capítulo IV

4. RESULTADOS

Dentro de este capítulo se detalla los resultados y posteriormente los análisis respectivos de los ensayos realizados, en este caso de las características físicas como son resistencia a la rotura y elongación de los hilos, dichos datos fueron necesarios para tomar una referencia al punto de partida en los análisis realizados de acuerdo con la norma ISO 2062-2009.

Se realizó tablas y figuras con la recopilación de datos con la finalidad de una mejor comprensión de parte de los lectores de esta investigación, además como se había mencionado antes se utilizaron herramientas estadísticas para el soporte del análisis de los datos obtenidos en los ensayos realizados.

4.1. Ensayos realizados

En esta sección se detalla los datos obtenidos de los ensayos de titulación y dinamometría que se realizaron en los hilos de PES Y RPET, mismos que mantuvieron diferentes títulos y composiciones (ver **Tabla 1**).

4.1.1. Titulación de los hilos

La titulación de los hilos se realizó con la finalidad de determinar con exactitud dicha medida, para la realización de este análisis se procedió con sencillos pasos los cuales fueron: con ayuda de la devanadora, medir 10 m, con la balanza digital se pesó el hilo en gramos y ya que el título se encuentra en numeración directa de Denier se procedió a dividir el peso sobre la longitud (P/L), multiplicando por 9000 (constante Denier) obteniendo así los siguientes resultados:

$$DEN = 9000 \frac{P}{L} \quad (2)$$

Tabla 3

Resultados de la titulación de los hilos

CÓDIGO	ÍTEM	LONGITUD(m)	PESO(g)	TÍTULO(DEN)
MPT1	1	10	0,1752	157,68
	2	10	0,1742	156,78
	3	10	0,1741	156,69
	4	10	0,174	156,6
	5	10	0,1734	156,06
	6	10	0,1742	156,78
				prom.
MRT1	1	10	0,172	154,8
	2	10	0,1762	158,58
	3	10	0,1734	156,06
	4	10	0,1746	157,14
	5	10	0,1722	154,98
	6	10	0,1742	156,78
				prom.
MRT2	1	10	0,0836	75,24
	2	10	0,0829	74,61
	3	10	0,0823	74,07
	4	10	0,0832	74,88
	5	10	0,0833	74,97
	6	10	0,0831	74,79
				prom.
MPT2	1	10	0,0808	72,72
	2	10	0,081	72,9
	3	10	0,0811	72,99
	4	10	0,0807	72,63
	5	10	0,0811	72,99
	6	10	0,0818	73,62
				prom.

Nota. Se realizaron 6 análisis por cada muestra de hilo, como se muestra en la tabla.

Fuente: El Autor

Debido a las políticas de estandarización de la empresa Enkador se redondea los números al inmediato superior o inferior (± 10) como es en el caso de las muestras MPT1 Y MRT1 se

redondea al número entero de 150 Den como se estableció en la **Tabla 1**, mientras que para los hilos MPT2 Y MRT2 se redondea a la titulación 80 Den.

4.1.2. Resistencia a la Rotura

La siguiente ficha técnica establece los datos generales de los ensayos realizados:

Tabla 4

FICHA TÉCNICA

ENSAYO N°1			
FECHA DE SOLICITUD DEL ENSAYO:		Lunes, 2 de mayo de 2022	
FECHA DEL ENSAYO:		Lunes, 9 de mayo de 2022	
NÚMERO DE LA SOLICITUD:		0000-ABEL RAMOS	
ENSAYO SOLICITADO:	Textiles - Determinación de elongación y Resistencia a la rotura en el dinamómetro.		
NORMA EMPLEADA:	NTE INEN-ISO 2062:2009		
MUESTRAS			
CÓDIGO NRO	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
*****	PES y RPET - TEXTURIZADO		4 conos
RESULTADOS DEL ENSAYO			
FECHA Y HORA DE AMBIENTACIÓN	INICIO	10/05/2022	RECOMENDADO: 24 horas mínimo
	FIN	10/05/2022	

EQUIPO:

- Dinamómetro James Heal. modelo: titán 5, con aditamento de mordaza T15.

ESPECIFICACIONES:

- Separación ejes: 250,00 mm
- Longitud hilo: 250,00 mm
- Título hilo: 150 F48 DEN
- Material: Poliéster
- Numero de probetas: 20
- Velocidad: 250,00 mm/min
- Dirección torsión: Texturizado

Fuente: El Autor

Ya que los parámetros de los ensayos realizados tienen las mismas condiciones, la ficha técnica abarca todas las tablas que se muestran a partir de esta sección, cabe mencionar que se realizó el conteo de los números de filamentos en cada muestra, sin embargo, los datos recopilados correspondían con exactitud por lo que este dato no se colocó en las tablas de resultados.

La siguiente tabla muestra las calibraciones que se preestableció en el equipo Dinamómetro Titan 5 de acuerdo con la norma ISO 2062, como se mencionó en la **Figura 6**, cabe mencionar que se usó las mismas configuraciones para todos los ensayos realizados, no obstante, los resultados de las evaluaciones se codificaron de acuerdo con la **Tabla 1** (última columna).

Los nombres de las configuraciones se tienen en inglés porque es el idioma preestablecido del equipo dinamómetro, sin embargo, se colocó la traducción de cada una de estas como se puede observar.

Tabla 5

Especificaciones de la Calibración del Equipo

Detalles del ensayo	
Test Name (Nombre del ensayo)	MPT1
Customer (Cliente)	Abel Ramos
Probetas	20
Direcciones requeridas	No aplicable
Plan de Mordazas	T15
Separación de mordazas	250,00 mm
Force Control Gain (Ganancia de control de fuerza)	25
Célula de carga	1000 N
Load, Cell SN (Célula de carga SN)	718817
Versión	5.0.10.0
Firmware	V2.7
Titan SN	1410/15/1011
Tested by (Analizado por)	Administrator
Configuración del procedimiento	
Detección de rotura	20 %
Pretensión	5,00 cN
Velocidad	250,00 mm/min

Fuente: El Autor

La pretensión se refiere al ligero estiramiento que realiza el equipo con la finalidad de eliminar las ondulaciones que quedan al cargar la muestra, mientras que la velocidad se refiere a

los mm que recorre en un minuto y en cuanto a las mordazas T15 se refiere al aditamento que se ocupó en el dinamómetro para sujetar las muestras en este caso hilos.

A continuación, se expone los resultados de resistencia a la rotura mediante la recopilación de los 20 datos que se realizaron dentro del primer análisis, en este caso se trata de la Muestra De Poliéster Título 1, con codificación MTP1.

Tabla 6

Resultado de Resistencia a la Rotura – Muestra de poliéster título 1

Resultados – MPT1	
N° Probeta	Fuerza máxima (CN)
1	603,45
2	616,01
3	593,29
4	598,64
5	587,17
6	570,92
7	603,54
8	583,14
9	568,1
10	560,11
11	581,79
12	600,8
13	570,53
14	602,16
15	604
16	597,29
17	600,92
18	573,96
19	562,71
20	577,52
Media	587,8
Desviación típica	16,32
Límites de confianza	±7,64
Coeficiente de Variación	2,78%

Fuente: El Autor

A partir de esta sección, únicamente se tomará en cuenta los datos de la media, desviación típica, límites de confianza y coeficiente de variación, ya que anteriormente se expuso con el fin de brindar mejor comprensión en la lectura de este.

Las tablas 6, 7,8, y 9 expone los resultados de resistencia a la rotura mediante la recopilación de los 20 datos que se realizaron dentro del primer ensayo, dicho ensayo contiene la codificación MTP1.

Tabla 7

Resultado de Resistencia a la Rotura – Muestra De Poliéster Título 2 (MPT2)

Resultados – MPT2	
Media	351,44CN
Desviación típica	8,1
Límites de confianza	±3,79
Coeficiente de Variación	2,309%

Fuente: El Autor

Tabla 8

Resultado de Resistencia a la Rotura – Muestra De Poliéster Reciclado Título 1 (MRT1)

Resultados – MRT1	
Media	505,23 CN
Desviación típica	22,07
Límites de confianza	±10,33
Coeficiente de Variación	4,37%

Fuente: El Autor

Tabla 9

Resultado de Resistencia a la Rotura – Muestra De Poliéster Reciclado Título 2 (MRT2)

Resultados – MRT2	
Media	300,84 CN
Desviación típica	9,14
Límites de confianza	±4,28
Coefficiente de Variación	3,04%

Fuente: El Autor

Como se puede apreciar en las tablas 7,8 y 9 los resultados del valor de media aritmética en la resistencia a la rotura tienden a tener mayor semejanza de acuerdo con la similitud del título, y como se había mencionado, los títulos se redondean a ± 10 Den por políticas de la empresa, por lo que de acuerdo con los análisis realizados en la **Tabla 3**

Resultados de la titulación de los hilos), se puede apreciar dicha similitud.

4.1.3. Porcentaje de Elongación

En este apartado, se muestran los resultados del porcentaje de elongación de los hilos obtenidos en los análisis realizados, los datos de la ficha técnica son las mismas que se encuentran en la **Tabla 4**, de igual manera los detalles de la configuración que se usó en la máquina se encuentran especificadas en la **Tabla 5**.

La siguiente tabla expone los resultados del porcentaje de elongación analizados en cada probeta y representa la proporcionalidad que tiene la muestra a la propiedad física de resistencia a la rotura, dicho de otro modo, las probetas se estiraron más allá de su límite de proporcionalidad, por ende, el objeto no vuelve a su longitud original cuando se elimina la fuerza.

Tabla 10

Resultado de elongación – Muestra De Poliéster Título 1 (MPT1)

Resultados – MPT1	
N° Probeta	Extensión (%)
1	37,62
2	37,73
3	36,42
4	36,37
5	34,31
6	31,93
7	40,08
8	33,17
9	32,37
10	30,74
11	33,47
12	36,58
13	33,52
14	37,09
15	39,06
16	35,11
17	36,4
18	34,39
19	31,99
20	34,68
Media	35,15
Desviación típica	2,53
Límites de confianza	±1,18
Coeficiente de Variación	7,19%

Fuente: El Autor

A partir de esta sección, únicamente se tomará en cuenta los datos de la media, desviación típica, límites de confianza y coeficiente de variación, ya que anteriormente se expuso con el fin de brindar mejor comprensión en la lectura de este.

En las tablas 10, 11, 12 y 13 exponen los resultados del porcentaje de elongación analizados en cada probeta y representa la proporcionalidad que tiene la muestra a la propiedad física de resistencia a la rotura.

Tabla 11

Resultado de extensión – Muestra De Poliéster Título 2 (MPT2)

 Resultados – MPT2	
Media	28,03 %
Desviación típica	1,35
Límites de confianza	$\pm 0,6294$
Coefficiente de Variación	4,80%

*Fuente: El Autor***Tabla 12**

Resultado de extensión – Muestra De Poliéster Reciclado Título 1 (MRT1)

 Resultados – MRT1	
Media	33,05 %
Desviación típica	2,9
Límites de confianza	$\pm 1,36$
Coefficiente de Variación	8,77%

*Fuente: El Autor***Tabla 13**

Resultado de extensión – Muestra De Poliéster Reciclado Título 2 (MRT2)

 Resultados – MRT2	
Media	34,19 %
Desviación típica	2,56
Límites de confianza	$\pm 1,20$
Coefficiente de Variación	7,47%

Fuente: El Autor

Al igual que los resultados de resistencia a la rotura, se puede apreciar que en las tablas 10,12, 11 y 13 los resultados del valor de media aritmética en el porcentaje de elongación tienden a ser mayor de acuerdo con la similitud del título, son directamente proporcionales a la resistencia

a la rotura y como se había mencionado, los títulos son aproximados a ± 5 Den por políticas de la empresa, por lo que de acuerdo con los análisis realizados en la **Tabla 3**

Resultados de la titulación de los hilos), se puede apreciar que la diferencia no es tan notoria.

4.2. Evaluación de resultados

Con la recopilación de datos se realizaron tablas y figuras a fin de brindar una mejor comprensión por parte de los lectores de esta investigación, además, como se había mencionado anteriormente se utilizaron herramientas estadísticas para el soporte del análisis de los datos obtenidos en los ensayos realizados.

También se puede apreciar la evaluación comparativa realizada con la ayuda de la herramienta estadística ANOVA realizado en el software PAST 4, puesto que es parte del objetivo principal del tema de investigación y posteriormente se ilustra las ventajas y/o desventajas de los hilos de RPET con respecto a los hilos de PES. Para esto se estableció dos hipótesis de los cuales la primera hipótesis (H_0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (H_A) establece que no todas las medias de los grupos son iguales.

4.2.1. Normalidad de los datos

A fin de comprobar la distribución normal de los datos obtenidos (20 datos por cada muestra), en los ensayos de resistencia y elongación se sometió estos resultados a evaluaciones de normalidad, el cual se trata de un análisis estadístico realizado en el software Past versión 4. A continuación en las siguientes tablas se exponen los resultados como el valor de p (normal) los cuales están basadas en las pruebas de Shapiro-Wilk W, Jarque Bera JB y Anderson Darlin.

Tabla 14

Normalidad De Los Valores En La Muestra De Poliéster Reciclado Título 1 (MRT1)

	Normalidad de los Valores	
	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
N	20	20
Shapiro-Wilk W	0,9526	0,9544
p(normal)	0,409	0,4392
Anderson-Darling A	0,4278	0,503
p(normal)	0,2818	0,1814
p (Monte Carlo)	0,2917	0,189
Lilliefors L	0,1755	0,1547
p(normal)	0,1035	0,2322
p (Monte Carlo)	0,1	0,2262
Jarque-Bera JB	1,446	0,2307
p(normal)	0,4853	0,8911
p (Monte Carlo)	0,224	0,8857

Fuente: El Autor

En base a la tabla 14, se puede establecer que ningún valor resultado de la prueba de normalidad es inferior a 0,05 lo que representa que todos los análisis están sobre el nivel de confianza mínimo y pueden ser sometidos a tratamientos estadísticos.

A continuación, en las tablas 15, 16 y 17 se establecen las pruebas de normalidad realizadas con la finalidad de verificar y/o analizar si los datos obtenidos en los ensayos realizados tienen una distribución normal, como se mencionó anteriormente estos análisis fueron realizados con la ayuda del software estadístico Past versión 4, mismo que se ha usado en diversas investigaciones importantes, demostrando así su confiabilidad.

Tabla 15

Normalidad De Los Valores En La Muestra De Poliéster Reciclado Título 2 (MRT2)

	Normalidad De Datos	
	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
N	20	20
Shapiro-Wilk W	0,9335	0,9838
p(normal)	0,1799	0,9732
Anderson-Darling A	0,5088	0,1875
p(normal)	0,1752	0,8906
p (Monte Carlo)	0,1816	0,9029
Lilliefors L	0,1853	0,08839
p(normal)	0,06752	1,09
p (Monte Carlo)	0,0671	0,9551
Jarque-Bera JB	2,993	0,149
p(normal)	0,2239	0,9282
p (Monte Carlo)	0,065	0,9287

*Fuente: El Autor***Tabla 16**

Normalidad De Los Valores En La Muestra De Poliéster Título 1 (MPT1)

	Normalidad De Datos	
	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
N	20	20
Shapiro-Wilk W	0,9352	0,9773
p(normal)	0,194	0,8945
Anderson-Darling A	0,5658	0,2068
p(normal)	0,1239	0,8466
p (Monte Carlo)	0,1297	0,8562
Lilliefors L	0,1695	0,1352
p(normal)	0,1323	0,4298
p (Monte Carlo)	0,1339	0,4322

Jarque-Bera JB	1,312	0,6025
p(normal)	0,5189	0,7399
p (Monte Carlo)	0,2761	0,6636

Fuente: El Autor

Tabla 17

Normalidad De Los Valores En La Muestra De Poliéster Título 2 (MPT2)

	Normalidad De Datos	
	Fuerza máxima (cN)	Extensión (%)
N	20	20
Shapiro-Wilk W	0,9452	0,9593
p(normal)	0,2996	0,5307
Anderson-Darling A	0,3888	0,3631
p(normal)	0,3517	0,4062
p (Monte Carlo)	0,3553	0,4098
Lilliefors L	0,1502	0,1401
p(normal)	0,2708	0,3734
p (Monte Carlo)	0,2741	0,374
Jarque-Bera JB	1,628	0,9229
p(normal)	0,4431	0,6304
p (Monte Carlo)	0,1863	0,4744

Fuente: El Autor

En base a los resultados descritos en las tablas 14,15,16 y 17, se puede establecer que ningún valor de la prueba de normalidad es inferior a 0,05 en especial las pruebas de Shapiro-Wilk W y Anderson Darling A, los cuales se tratan de análisis más confiables debido a que tienen mayor exactitud en sus resultados. Lo que representa que todos los datos están sobre el nivel de confianza mínimo y pueden ser sometidos a tratamientos estadísticos.

4.2.2. Análisis de la rotura de los hilos PES y PET

En esta sección se expone las tablas de los análisis realizados con estadística descriptiva, mismo que fue realizado con la finalidad de analizar a profundidad los resultados obtenidos en cuanto a la resistencia a la rotura, en este caso se unifican los valores de los resultados de los hilos PES y RPET en base a la similitud del título como se estableció en la **Figura 8**:

Tabla 18

Análisis de resultados de resistencia a la rotura mediante estadística descriptiva

	Resistencia a la Rotura - título 1 PES Y RPET	
	MRT1 – Resistencia (CN)	MPT1 - Resistencia (CN)
N	20	20
Min	452,84	560,11
Max	541,39	616,01
Sum	10104,56	11756,05
Mean	505,228	587,8025
Std. error	4,935745	3,648699
Variance	487,2315	266,2601
Stand. dev	22,07332	16,31748
Median	509,475	590,23
25 prentil	492,815	571,68
75 prentil	520,675	601,85
Skewness	-0,7086538	-0,1962573
Kurtosis	0,5671165	-1,193761
Geom. mean	504,7603	587,5865
Coeff. var	4,368982	2,776014

Fuente: El Autor

La tabla 22 muestran los análisis descriptivos en base al comportamiento de los resultados de resistencia a la rotura en las muestras MRT1RR y MPT1RR los cuales mantienen un título

similar

(ver

Tabla

1

Muestras de Hilos).

4.2.2.1. Comparación de resistencia a la rotura entre las muestras de poliéster título 1 y 2 (MPT1 VS MPT2)

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo entre los de resultados de resistencia a la rotura de la muestra de poliéster título 1 (MPT1) y 2 (MPT2) se ha planteado dos hipótesis de los cuales la primera hipótesis (H0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (HA) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H0, es decir que si existen diferencias significativa.

Tabla 19

Análisis Anova entre los resultados de resistencia a la rotura del título 1 y 2 del poliéster

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Fuerza máxima (cN) MPT1	20	11756,05	587,8025	266,2601039		
Fuerza máxima (cN) MPT2	20	7028,95	351,4475	65,61213553		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	558636,8603	1	558636,8603	3366,57782	5,95E-32	4,098171661
Within Groups	6305,57255	38	165,9361197			
Total	564942,4328	39				

Fuente: el Autor

En la Tabla 1 **Tabla 27** se puede apreciar que el valor P es inferior al alfa en este caso $5,95E-32 < 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que si existe una diferencia significativa entre los resultados de la muestra de poliéster título 1 y 2.

Con la finalidad de una mejor comprensión, el siguiente gráfico expone la comparación entre la media de la Muestras de poliéster título 1 con respecto a la media poliéster título 2.

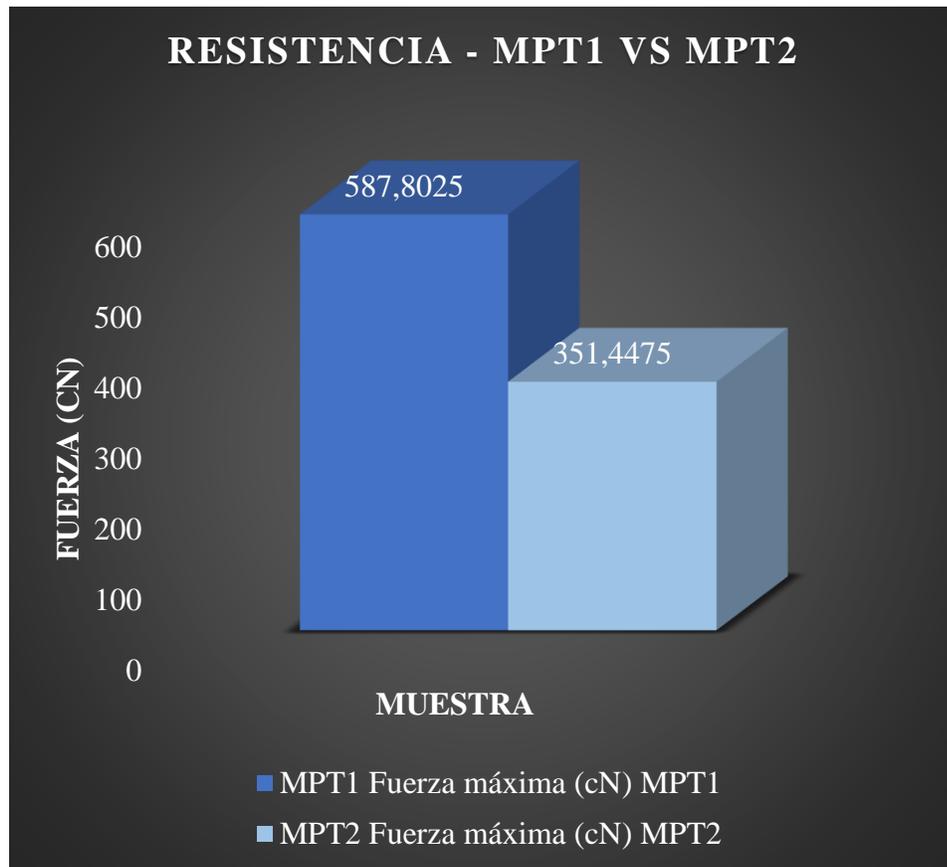


Figura 9. Gráfico comparativo de la resistencia a la rotura PES

Fuente: El Autor

En base al análisis realizado se puede decir que la resistencia a la rotura de la Muestra del Poliéster Título 1 es mayor que la Muestra de Poliéster Título 2 ($MPT1 > MPT2$). Es decir, a mayor título, mayor resistencia. En este caso la diferencia es del 25,26% (236,355 cN).

4.2.2.2. Comparación de resistencia a la rotura entre las muestras de poliéster reciclado título 1 y 2 (MRT1 VS MRT2)

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo entre los de resultados de resistencia a la rotura de la muestra de poliéster reciclado título 1 (MRT1) y 2 (MRT2) se ha planteado dos hipótesis de los cuales la primera hipótesis (H0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (HA) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H0, es decir que si existen diferencias significativa.

Tabla 20

Análisis Anova entre los resultados de resistencia a la rotura del título 1 y 2 de poliéster reciclado

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Fuerza máxima (cN) MRT1	20	10104,56	505,228	487,231501		
Fuerza máxima (cN) MRT2	20	6016,74	300,837	83,5197379		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	417756,809	1	417756,809	1463,88402	5,95E-32	4,09817166
Within Groups	10844,2735	38	285,375619			
Total	428601,082	39				

Fuente: el Autor

En la Tabla 1 **Tabla 20** se puede apreciar que el valor P es inferior al alfa en este caso $5,95E-32 < 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que si existe una diferencia significativa entre los resultados de la muestra de poliéster título 1 y 2.

Con la finalidad de una mejor comprensión, el siguiente grafico expone la comparación entre la media de la Muestras de poliéster reciclado título 1 con respecto a la media poliéster reciclado título 2.

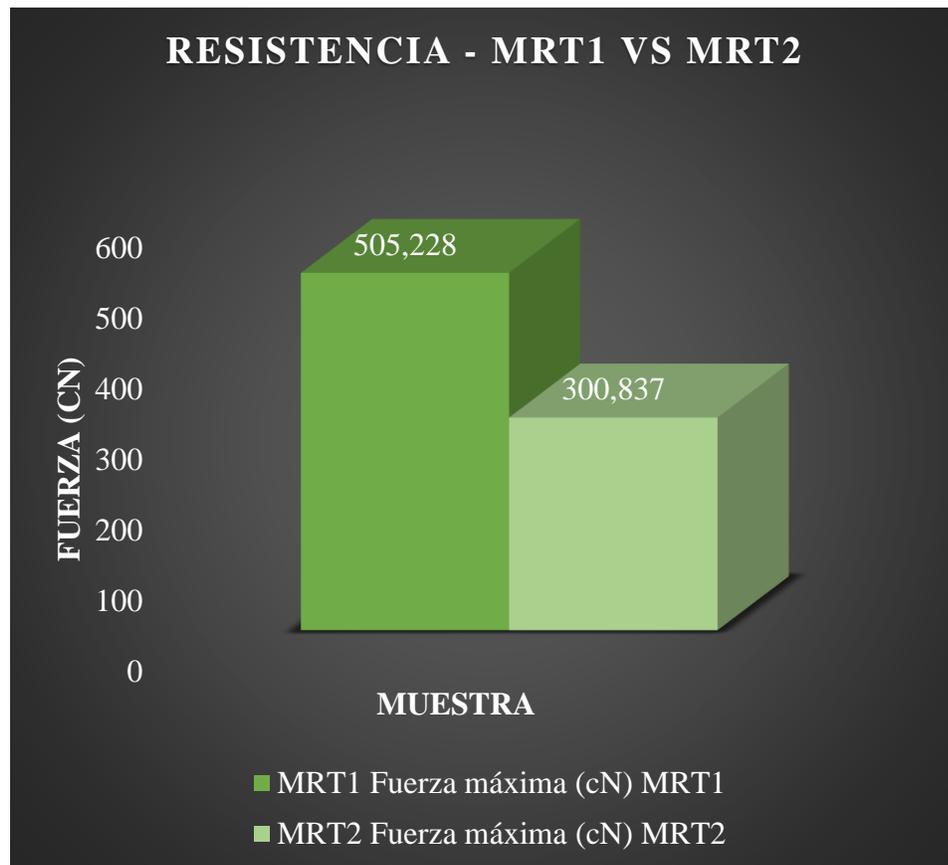


Figura 10. Gráfico comparativo de la elongación RPET

Fuente: El Autor

En base al análisis realizado se puede decir que la resistencia a la rotura de la Muestra del Poliéster Título 1 es mayor que el porcentaje de elongación que la Muestra de Poliéster Reciclado Título 2 ($MPT1 > MPT2$). Es decir, a mayor título, mayor resistencia. En este caso la diferencia es del 37,89% (204,39 cN).

4.2.2.3. Evaluación de resistencia entre PES y RPET

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo entre los de resultados de resistencia a la rotura del título 1, tanto en PES como en RPET. Se ha planteado dos hipótesis de los cuales la primera hipótesis (H0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (HA) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H0, es decir que si existen diferencias significativas.

Tabla 21

Análisis Anova entre los resultados de resistencia a la rotura del título 1, tanto en PES como en RPET

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Fuerza máxima (cN) MRT1	20	10104,56	505,228	487,231501		
Fuerza máxima (cN) MPT1	20	11756,05	587,8025	266,260104		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	68185,4805	1	68185,4805	180,985375	4,4409E-16	4,09817166
Within Groups	14316,3405	38	376,745802			
Total	82501,821	39				

Fuente: el Autor

En la Tabla 1 **Tabla 21** se puede apreciar que el valor P es inferior al alfa en este caso $4,4409E-16 < 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que si

existe una diferencia significativa entre los resultados de la muestra de poliéster reciclado título 1 con respecto a la muestra de poliéster título 1.

Con la finalidad de una mejor comprensión, el siguiente grafico expone la comparación entre la media de la Muestras de poliéster reciclado título 1 con respecto a la media poliéster título 1.

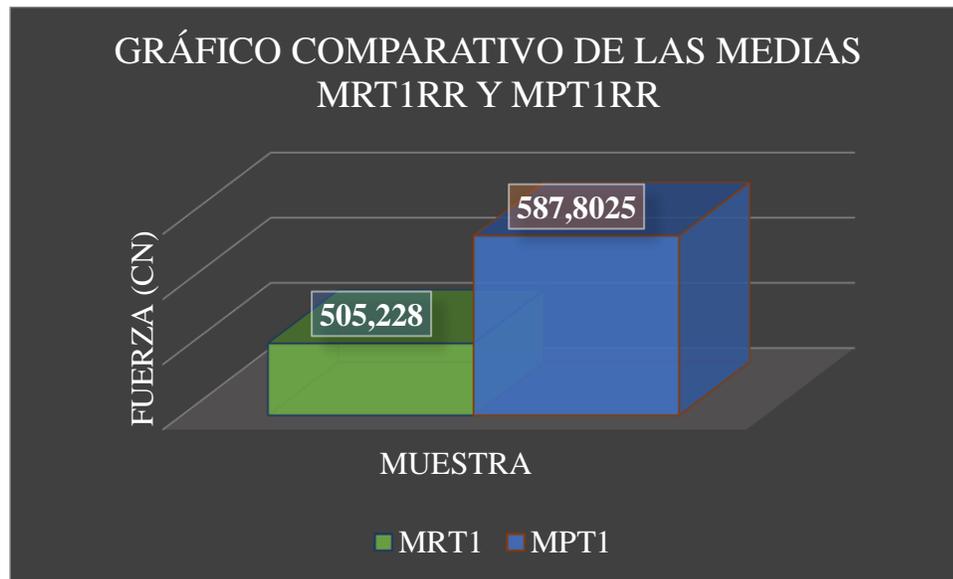


Figura 11. Gráfico comparativo Resistencia a la Rotura PES Y RPET

Fuente: El Autor

En base al análisis realizado se puede decir que la resistencia a la rotura de la Muestra del Poliéster Título 1 es mayor que la resistencia a la rotura de la Muestra de Poliéster Reciclado Título 1 ($MPT1RR > MRT1RR$). Es decir, a mayor título, mayor resistencia. En este caso la diferencia es del 7,55% (82,57 cN).

A continuación, se expone los análisis realizados entre las Muestras De Poliéster Reciclado Título 2 Y Poliéster Título 2:

Tabla 22

Análisis de resultados de resistencia a la rotura mediante estadística descriptiva

	Resistencia a la Rotura - título 2 PES Y RPET	
	MRT2 - Resistencia (CN)	MPT2 - Resistencia (CN)
N	20	20
Min	277,11	332,68
Max	314,15	362,59
Sum	6016,74	7028,95
Mean	300,837	351,4475
Std. error	2,043523	1,811245
Variance	83,51974	65,61214
Stand. dev	9,138913	8,100132
Median	301,985	353,2
25 prcnil	296,0275	345,3375
75 prcnil	307,16	358,1925
Skewness	-0,9729596	-0,7332015
Kurtosis	1,15803	-0,07937809
Geom. mean	300,7026	351,3579
Coeff. var	3,037829	2,304791

Fuente: El Autor

La tabla 22 muestra los análisis descriptivos en base al comportamiento de los resultados de resistencia a la rotura en las muestras MRT2RR y MPT2RR los cuales mantienen un título similar (ver **Tabla 1**

Muestras de Hilos).

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo entre los de resultados de resistencia a la rotura del título 2, tanto en PES como en RPET. Se ha planteado dos hipótesis de los cuales la primera hipótesis (H0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (HA) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H0, es decir que si existen diferencias significativas.

Tabla 23

Análisis Anova entre los resultados de resistencia a la rotura del título 2, tanto en PES como en RPET

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Fuerza máxima (cN) MRT2	19	5723,2	301,221053	85,0459099		
Fuerza máxima (cN) MPT2	19	6675,39	351,336316	68,9962801		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	23859,6262	1	23859,6262	309,780408	1,25E-20	4,11316522
Within Groups	2772,75942	36	77,021095			
Total	26632,3856	37				

Fuente: el Autor

En la Tabla 1Tabla 23 se puede apreciar que el valor P es inferior que alfa en este caso $1,25E-20 < 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que existe

una diferencia significativa entre los resultados de la muestra de poliéster reciclado título 2 (MRT2RR) con respecto a la muestra de poliéster título 2 (MPT12RR).

Con la finalidad de una mejor comprensión, el siguiente grafico expone la comparación entre la media de la Muestras de poliéster reciclado título 2 con respecto a la media poliéster título 2.

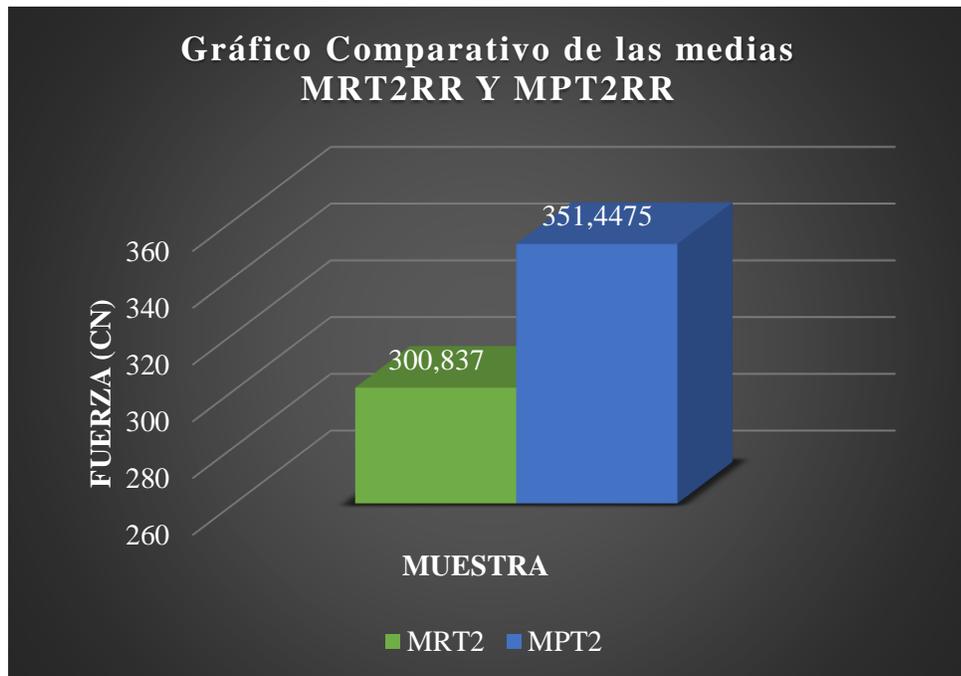


Figura 12. Gráfico comparativo de la resistencia PES Y RPET

Fuente: El Autor

En base al análisis realizado se puede decir que la resistencia a la rotura de la Muestra del Poliéster Título 2 (MPT2RR) es mayor que la resistencia a la rotura de la Muestra de Poliéster Reciclado Título 2 (MRT2RR), además, con el análisis Anova se establece que la diferencia es significativa.

El siguiente grafico muestra la comparación general de los análisis realizados:

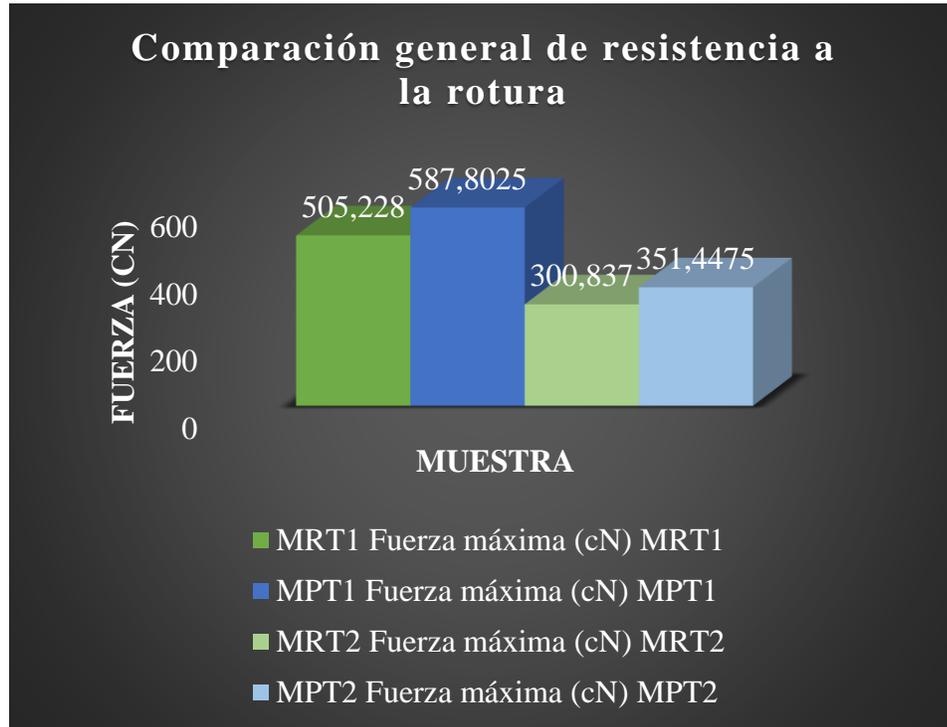


Figura 13. Comparación general de resistencia a la rotura

Fuente: El Autor

De acuerdo con el grafico se puede señalar que, en cuanto a la característica física de resistencia a la rotura, no mantienen una tendencia similar y acorde a los análisis de Anova, existe una diferencia significativa puesto que el valor p es inferior en todas las comparaciones que se expuso anteriormente.

4.2.3. Análisis de la elongación de los hilos PES y PET

En esta sección se analiza las tablas de los análisis realizados con estadística descriptiva, mismo que fue realizado con la finalidad de analizar a profundidad los resultados obtenidos en cuanto a la elongación, en este caso se unifican los valores de los resultados de los hilos PES y PET en base a la similitud del título:

Tabla 24

Análisis de resultados de elongación del título 1, tanto en PES como en RPET mediante estadística descriptiva

	Elongación - título 1 PES Y RPET	
	MRT1 Extensión (%)	MPT1 Extensión (%)
N	20	20
Min	27,13	30,74
Max	39,14	40,08
Sum	660,92	703,03
Mean	33,046	35,1515
Std. error	0,6478119	0,5648904
Variance	8,393204	6,382024
Stand. dev	2,897103	2,526267
Median	33,71	34,895
25 prcntil	30,4725	33,245
75 prcntil	34,9275	36,9625
Skewness	-0,2254616	0,1348486
Kurtosis	-0,04688078	-0,6875923
Geom. mean	32,92295	35,06541
Coeff. var	8,766879	7,186797

Fuente: El Autor

La tabla 24 muestra los análisis descriptivos en base al comportamiento de los resultados de elongación en las muestras MRT1 y MPT1 los cuales mantienen un título similar (ver **Tabla 1**

Muestras de Hilos) de los cuales podemos destacar:

- **N:** se trata del número de probetas que se evaluaron;
- **Min:** Muestra el valor/elongación mínima al que llegaron las probetas;

- **Mean:** indica la media obtenida entre las probetas, misma que se calcula en base al número de probetas evaluadas;
- **Coeff. Var:** muestra el coeficiente de variación que obtuvieron las probetas;

4.2.3.1. Comparación de elongación entre las muestras de poliéster título 1 y 2 (MPT1 VS MPT2)

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo entre los de resultados de elongación de la muestra de poliéster título 1 (MPT1) y título 2 (MPT2) se ha planteado dos hipótesis de las cuales la primera hipótesis (H0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (HA) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H0, es decir que si existen diferencias significativa.

Tabla 25

Análisis Anova entre los resultados de elongación del título 1 y 2 de poliéster

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Extensión (%) MPT1	20	703,03	35,1515	6,38202395		
Extensión (%) MPT2	20	560,68	28,034	1,81018316		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	506,588063	1	506,588063	123,6756	1,6431E-13	4,09817166
Within Groups	155,651935	38	4,09610355			
Total	662,239998	39				

Fuente: el Autor

En la Tabla 1Tabla 25 se puede apreciar que el valor P es inferior al alfa en este caso $1,6431E-13 < 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que si existe una diferencia significativa entre los resultados de la muestra de poliéster título 1 y 2.

Con la finalidad de una mejor comprensión, el siguiente grafico expone la comparación entre la media de la Muestras de poliéster título 1 con respecto a la media poliéster título 2.

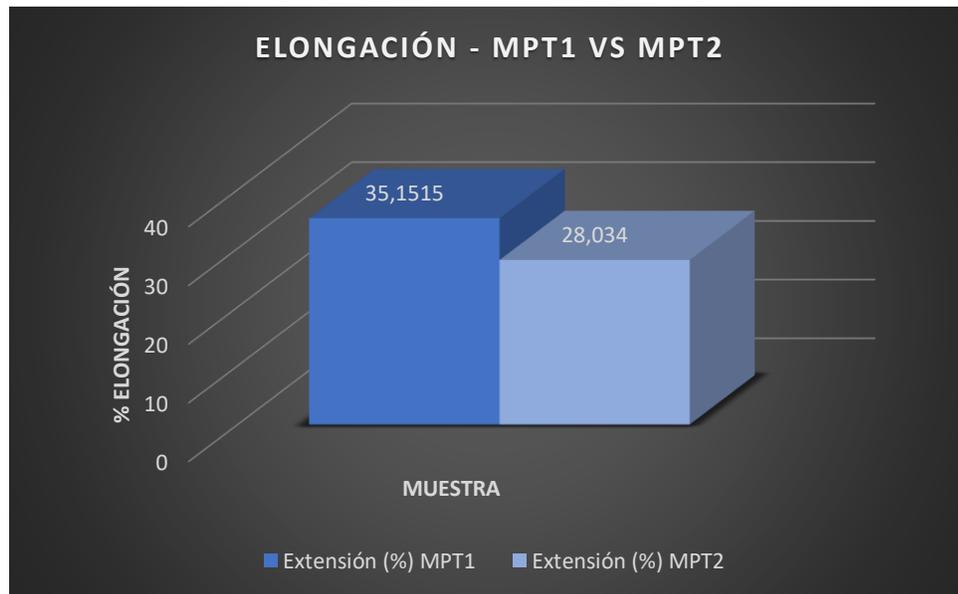


Figura 14. Gráfico comparativo de la elongación

Fuente: El Autor

En base al análisis realizado se puede decir que el porcentaje de elongación de la Muestra del Poliéster Título 1 es mayor que el porcentaje de elongación que la Muestra de Poliéster Reciclado Título 1 (MPT1E >MPT2E). Es decir, a mayor título, mayor elongación. En este caso la diferencia es del 7,11%.

4.2.3.2. Comparación de elongación entre las muestras de poliéster reciclado título 1 y 2 (MRT1 VS MRT2)

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo entre los de resultados de elongación de la muestra de poliéster reciclado título 1 (MRT1) y 2 (MRT2) se ha planteado dos hipótesis de las cuales la primera hipótesis (H0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (HA) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H0, es decir que si existen diferencias significativa.

Tabla 26

Análisis Anova entre los resultados de elongación del título 1 y 2 del poliéster reciclado

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Extensión (%) MRT1	20	660,92	33,046	8,39320421		
Extensión (%) MRT2	20	683,85	34,1925	6,52389342		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	13,1446225	1	13,1446225	1,76235657	0,19225136	4,09817166
Within Groups	283,424855	38	7,45854882			
Total	296,569478	39				

Fuente: el Autor

En la Tabla 1Tabla 26 se puede apreciar que el valor P es superior al alfa en este caso $0,1922 > 0,05$ por lo que se acepta la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que no existe una diferencia significativa entre los resultados de la muestra de poliéster reciclado título 1 y 2.

Con la finalidad de una mejor comprensión, el siguiente grafico expone la comparación entre la media de la Muestras de poliéster reciclado título 1 con respecto a la media poliéster reciclado título 2.

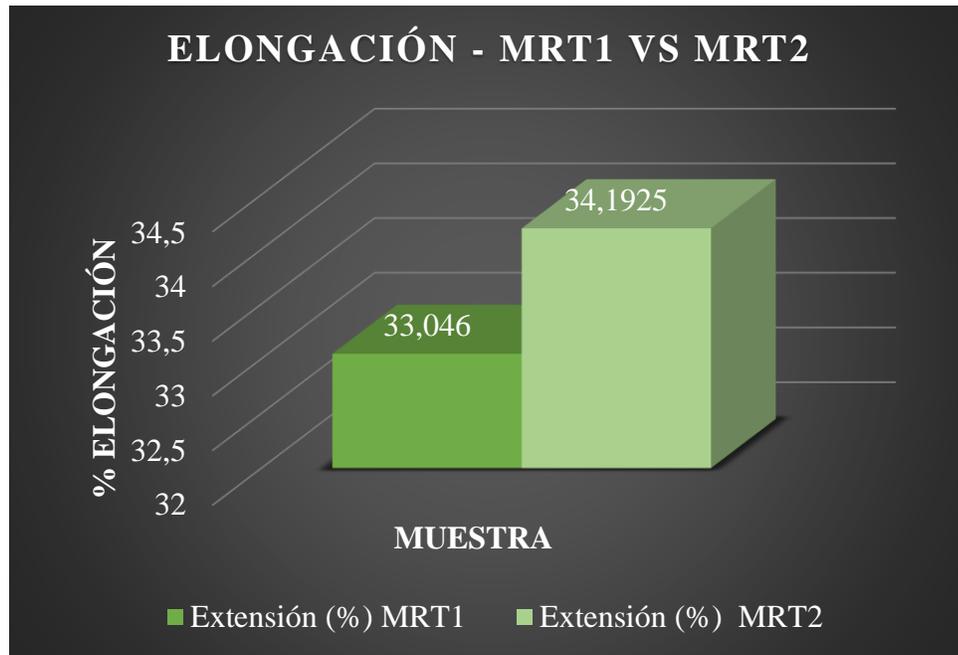


Figura 15. Gráfico comparativo de la elongación

Fuente: El Autor

En base al análisis realizado se puede decir que el porcentaje de elongación de la Muestra del Poliéster reciclado Título 2 es mayor que el porcentaje de elongación que la Muestra de Poliéster Reciclado Título 1 ($MPT1E > MPT2E$). Es decir, a mayor título, mayor elongación. En este caso la diferencia es del 1,15%. sin embargo, de acuerdo con el análisis Anova realizado (ver **Tabla 26**) esta diferencia no es significativa, por lo que se establece que en cuanto a la elongación entre las muestras de poliéster reciclado conservan una mayor similitud que en el caso de las muestras de poliéster.

4.2.3.3. Comparación de elongación entre PES y RPET

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo entre los de resultados de elongación del título 1, tanto en PES como en RPET se ha planteado dos hipótesis de los cuales la primera hipótesis (H0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (HA) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H0, es decir que si existen diferencias significativa.

Tabla 27

Análisis Anova entre los resultados de elongación del título 1, tanto en PES como en RPET

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Extensión (%) MRT1	20	660,92	33,046	8,39320421		
Extensión (%) MPT1	20	703,03	35,1515	6,38202395		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	44,3313025	1	44,3313025	6,00076047	0,01902015	4,09817166
Within Groups	280,729335	38	7,38761408			
Total	325,060638	39				

Fuente: el Autor

En la Tabla 1 **Tabla 27** se puede apreciar que el valor P es inferior al alfa en este caso 0,019 < 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que si existe una diferencia significativa entre los resultados de la muestra de poliéster reciclado título 1 con respecto a la muestra de poliéster título 1.

Con la finalidad de una mejor comprensión, el siguiente grafico expone la comparación entre la media de la Muestras de poliéster reciclado título 1 con respecto a la media poliéster título 1.

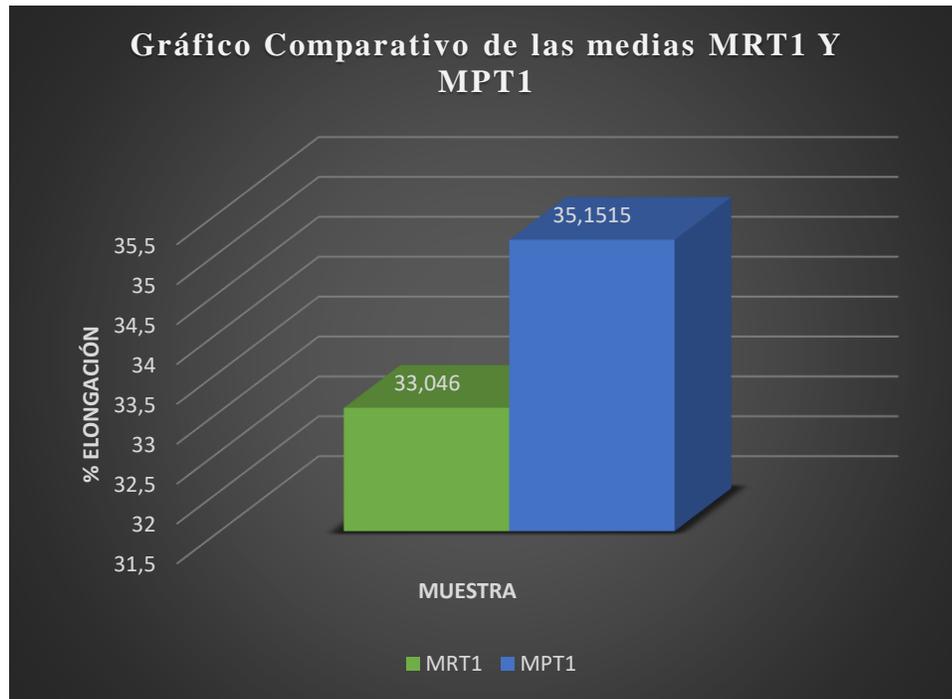


Figura 16. Gráfico comparativo de la elongación

Fuente: El Autor

En base al análisis realizado se puede decir que el porcentaje de elongación de la Muestra del Poliéster Título 1 es mayor que el porcentaje de elongación que la Muestra de Poliéster Reciclado Título 1 ($MPT1E > MRT1E$). Es decir, a mayor título, mayor elongación. En este caso la diferencia es del 2,10%.

A continuación, se expone los análisis realizados entre las Muestras De Poliéster Reciclado Título 2 Y Poliéster Título 2:

Tabla 28

Análisis de resultados de elongación mediante estadística descriptiva

	Elongación - título 2 PES Y RPET	
	MRT2 - Extensión (%)	MPT2 - Extensión (%)
N	20	20
Min	29,2	25,48
Max	40,15	30,41
Sum	683,85	560,68
Mean	34,1925	28,034
Std. error	0,5711345	0,3008474
Variance	6,523893	1,810183
Stand. dev	2,554191	1,34543
Median	34,27	28,205
25 prcntil	32,7575	27,1275
75 prcntil	35,6375	29,08
Skewness	0,2204196	-0,3566631
Kurtosis	0,5216169	-0,6976618
Geom. mean	34,10216	28,00296
Coeff. var	7,470034	4,799281

Fuente: El Autor

La tabla 28 muestra los análisis descriptivos en base al comportamiento de los resultados de elongación en las muestras MRT2 y MPT2 los cuales mantienen un título similar (ver **Tabla 1** Muestras de Hilos).

Con la finalidad de hacer un análisis comparativo entre los de resultados de elongación del título 2, tanto en PES como en RPET se ha planteado dos hipótesis de los cuales la primera hipótesis (H0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (HA) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo

con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H_0 , es decir que si existen diferencias significativa.

Tabla 29

Análisis Anova entre los resultados de elongación del título 2, tanto en PES como en RPET

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Extensión (%) MRT2	20	683,85	34,1925	6,523893421		
Extensión (%) MPT2	20	560,68	28,034	1,810183158		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	379,271222	1	379,271222	91,0169756	1,242E-11	4,09817166
Within Groups	158,347455	38	4,16703829			
Total	537,618678	39				

Fuente: el Autor

En la Tabla 1**Tabla 299** se puede apreciar que el valor P es inferior al alfa en este caso $1,242E-11 < 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que si existe una diferencia significativa entre los resultados de la muestra de poliéster reciclado título 2 con respecto a la muestra de poliéster título 2.

Con la finalidad de una mejor comprensión, el siguiente grafico expone la comparación entre la media de la Muestras de poliéster reciclado título 2 con respecto a la media poliéster título 2.

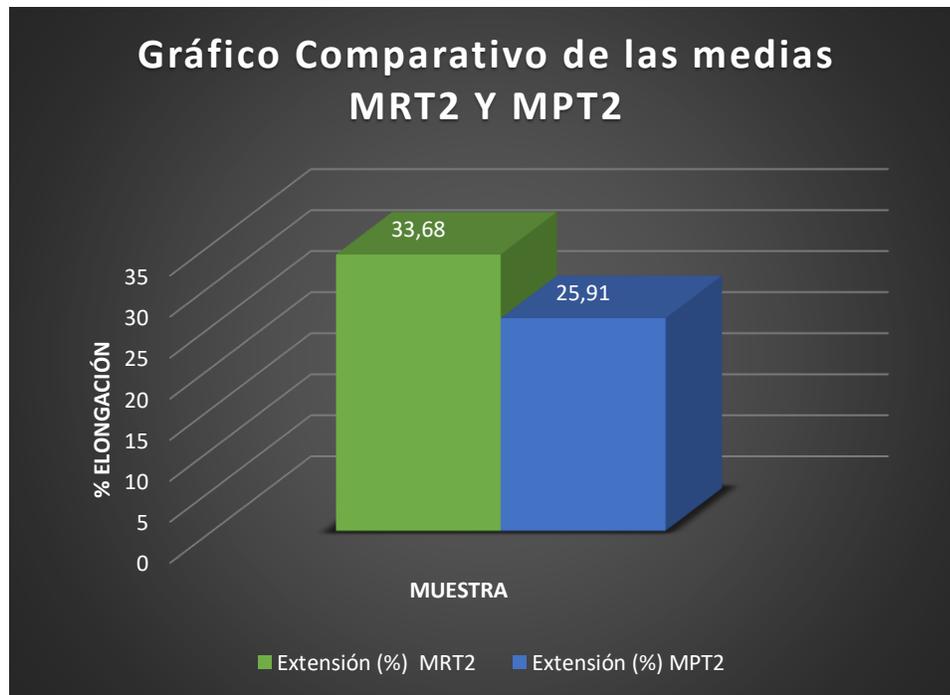


Figura 17. Gráfico comparativo de la elongación

Fuente: El Autor

En base al análisis realizado se puede decir que el porcentaje de elongación de la Muestra de Poliéster Reciclado Título 2 es mayor que el porcentaje de elongación de la Muestra de Poliéster Título 2. Es decir, a mayor título, mayor resistencia. En este caso la diferencia es del 7,7%.

El siguiente gráfico muestra la comparación general de los análisis realizados, los colores de la gráfica hacen referencia al tipo de muestra, en este caso los colores verdosos están ligados a las muestras de poliéster reciclado, mientras que el azul se refiere a las muestras de poliéster:

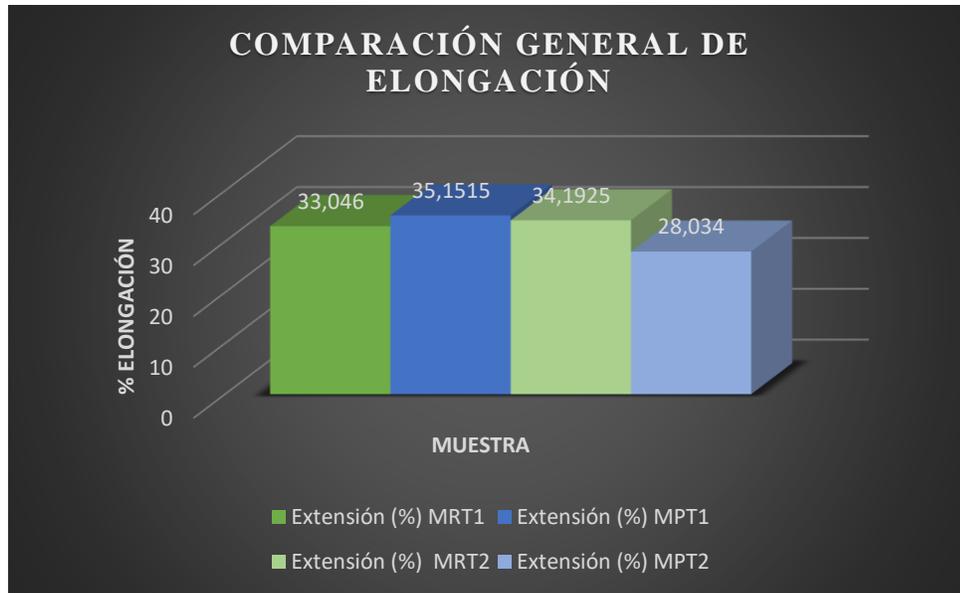


Figura 18. Comparación general de elongación

Fuente: El Autor

De acuerdo con el gráfico se puede señalar que, en cuanto a la característica física del porcentaje de elongación, mantienen una tendencia similar, sin embargo, acorde a los análisis de Anova, si existe una diferencia significativa puesto que el valor p es inferior en todas las comparaciones que se expuso anteriormente.

4.2.4. Análisis comparativo entre elongación y rotura

En este apartado se expone los análisis realizados entre los resultados de la elongación y rotura, dicho análisis se ha realizado de manera general, puesto que ya se expuso los resultados individuales en las secciones **4.2.2** y **4.2.2**.

El siguiente gráfico muestra el comportamiento de la media de los datos analizados, los colores de la gráfica hacen referencia al tipo de muestra, en este caso los colores verdosos están

ligados a las muestras de poliéster reciclado, mientras que el azul se refiere a las muestras de poliéster:

En base al gráfico general, se puede señalar que la elongación no varía considerablemente, independientemente del título se ha mantenido en un margen de 28% al 35% de extensión y

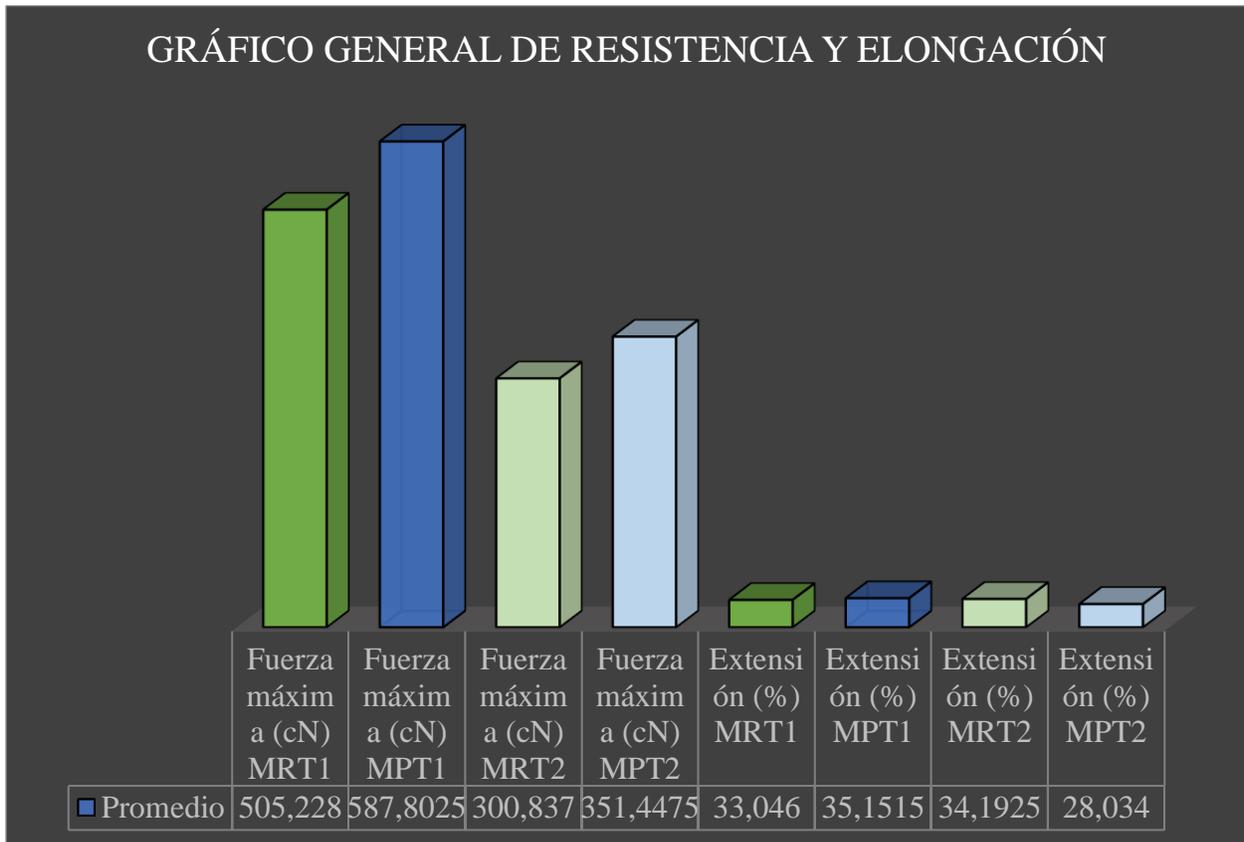


Figura 19. Gráfico general de Elongación y Rotura

Fuente: El Autor

teniendo en cuenta la diferencia de títulos, se puede decir que la propiedad física de las muestras de poliéster reciclado, prácticamente asimilan a la del poliéster normal.

Para realizar el análisis comparativo entre elongación y rotura se ha establecido una rúbrica de evaluación en base a su unidad y resultado máximo, ya que dichas características tienen diferentes unidades de medida y no es posible realizar una comparación directa.

Tabla 30

Rubrica de Evaluación de elongación

Elongación	
%	puntaje
0-10	1
11-20	2
21-30	3
31-40	4
41-50	5
51-60	6
61-70	7
71-80	8
81-90	9
91-100	10

Fuente: El Autor

Cabe mencionar que se ha establecido el 100% como punto máximo, ya que se está trabajando en unidades porcentuales, en el caso de la elongación.

Para la rúbrica de evaluación de resistencia a la rotura se estableció el punto máximo, de acuerdo con el puntaje mas alto obtenida entre las muestras analizadas, en este caso se estableció los 600 cN como tope, ya que la muestra con más resistencia dio como resultado un valor de 587 cN, por lo que se aproximó al inmediato superior y dejarlo como número entero.

Tabla 31

Rubrica de Evaluación de resistencia a la rotura

Resistencia	
cN	puntaje
0-60	1
61-120	2
121-180	3
181-240	4
241-300	5
301-360	6
361-420	7
421-480	8
481-540	9
540-600	10

Fuente: El Autor

Como se mencionó anteriormente, estas rúbricas de evaluación se realizaron con la finalidad de lograr establecer un puntaje, en base a la unidad a obtenida en los resultados para posteriormente contabilizar el puntaje total obtenido en cada característica, logrando así un total del análisis y finalmente poder establecer una comparación entre sí.

La siguiente tabla muestra el puntaje total obtenido de acuerdo con la valoración establecida en la **Tabla 30** y **Cabe mencionar** que se ha establecido el 100% como punto máximo, ya que se está trabajando en unidades porcentuales, en el caso de la elongación.

Para la rúbrica de evaluación de resistencia a la rotura se estableció el punto máximo, de acuerdo con el puntaje mas alto obtenida entre las muestras analizadas, en este caso se estableció los 600 cN como tope, ya que la muestra con más resistencia dio como resultado un valor de 587 cN, por lo que se aproximó al inmediato superior y dejarlo como número entero.

Tabla 31:

Tabla 32

Puntaje obtenido de acuerdo con la rúbrica de evaluación

Resistencia				
Cod.	MRT1	MPT1	MRT2	MPT2
Prom. Resistencia	505,228	587,8025	300,837	351,4475
Calificación	9	10	5	6
Elongación				
Cod.	MRT1	MPT1	MRT2	MPT2
Prom. Elongación	33,046	35,1515	34,1925	28,034
Calificación	4	4	4	3
Total	13	14	9	9

Fuente: El Autor

En la tabla 28 en la última fila podemos apreciar la valoración total obtenida de la suma entre la propiedad de la resistencia y elongación de acuerdo con cada título.

A continuación, se expone un gráfico comparativo de los datos obtenidos con la finalidad de una mejor comprensión

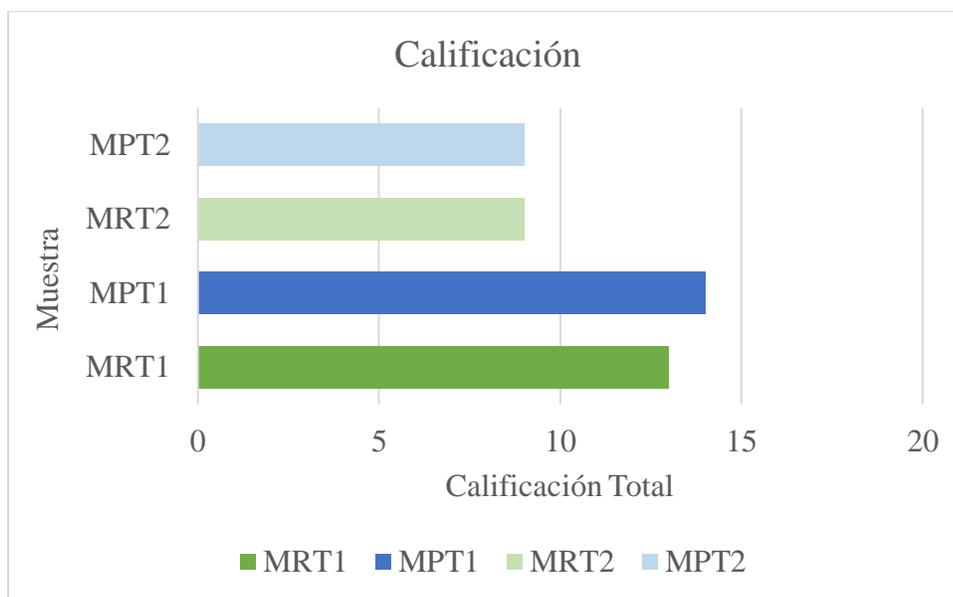


Figura 20. Calificación individual

Fuente: El Autor

En la figura 15 se puede apreciar la comparación de la calificación obtenida, donde las muestras de poliéster normar y reciclado, título 1 han obtenido la misma nota en la elongación, demostrando que pese a la diferencia significativa que se encontró con el análisis Anova, el RPET puede asimilar las propiedades física del hilo PES. De igual manera entre las muestras en el titulo 2, se puede observar que la calificación obtenida es similar 14 y 15, respectivamente, por ende, se establece que el RPET puede asimilar al PES, sin embargo, esto se cumple cuando las comparaciones son realizadas entre un mismo título.

4.2.5. Ventajas y desventajas del hilo RPET respecto al hilo PES

En esta sección, como parte de los objetivos específicos se menciona las ventajas y/o desventajas que los hilos de RPET presentan con respecto a los hilos de PES.

Con la finalidad de realizar una comparación general entre los dos tipos de hilos, a continuación, se ha realizado una calificación según el tipo de muestra, es decir que se les dio una

calificación total a las muestras de poliéster y muestras de poliéster reciclado, respectivamente.

Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:

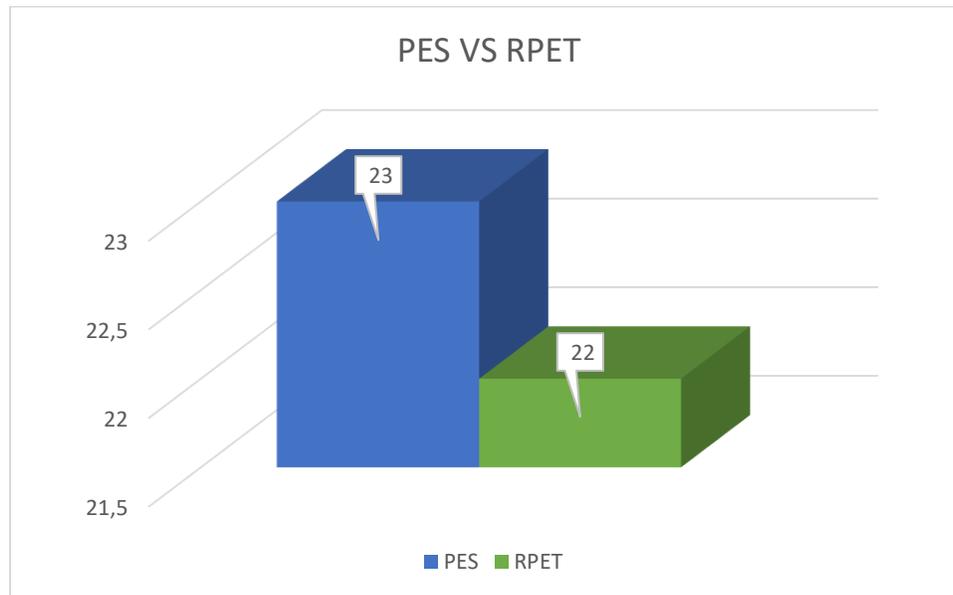


Figura 21. Gráfico comparativo entre PES Y RPET

Fuente: El Autor

De acuerdo con la calificación total se puede establecer que el hilo de PES contiene una ventaja de 1 punto en cuanto a la propiedad física de resistencia y elongación el cual representaría una diferencia del 2,2% del puntaje total en cuanto a las propiedades de elongación y resistencia a la rotura. Considerando esto, se establece las siguientes ventajas y desventajas en cuanto al hilo reciclado con respecto al poliéster normal:

Ventajas:

- La propiedad física de Elongación de las muestras de poliéster reciclado, prácticamente asimilan a la del poliéster normal;

- En cuanto a la resistencia a la rotura de las muestras reciclado, mantienen un margen diferencial notorio, sin embargo, se puede aumentar el número de filamentos para equiparar a la resistencia del poliéster normal;
- Los hilos reciclados son amigables con el ambiente;
- Es un producto sostenible y sustentable;
- La materia prima para este producto se halla gratis;

Desventajas:

- Pese a que mantienen una similitud en cuanto a las propiedades físicas, el poliéster normal sigue conservando mayor resistencia a la rotura;
- Su costo de producción es elevado;
- No es muy comercial;
- En Ecuador ya no se produce este producto;

Capítulo V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones

De acuerdo con las caracterizaciones, evaluaciones y análisis estadísticos de los datos obtenidos en los ensayos de elongación y resistencia a la rotura de las muestras PES Y RPET, realizados en la presente investigación, se puede concluir que:

- En las muestras de PES y RPET, el comportamiento de la característica de resistencia a la rotura es más estable que la elongación, teniendo un promedio de 3,21 % en la variación estándar, mientras que la resistencia a la rotura presentó 7,05%.
- De la presente investigación realizada, de acuerdo con la calificación establecida para cada muestra, se concluye que las muestras de poliéster normal presentan mejores características físicas en cuanto a las propiedades de elongación y resistencia de los hilos, ya que la calificación final de estas fue de 23, mientras que el reciclado obtuvo una puntuación de 22, lo que representa una diferencia significativa del 2,2% del puntaje total en cuanto a las propiedades antes mencionadas.
- Al realizar la comparación según el tipo de material se encontró que el hilo más estable en cuanto a elongación y resistencia a la rotura es la muestra de poliéster normal, demostrando que en cuanto a estabilidad supera a las muestras del reciclado.

- De acuerdo con el análisis comparativo Anova realizado en base a la media aritmética, la muestra de poliéster título 1 (MPT1) obtuvo el resultado más alto entre las probetas analizadas, es decir que la resistencia a la rotura de la Muestra del Poliéster Título 1 es mayor que el de la Muestra de Poliéster Reciclado Título 1 ($MPT1RR > MRT1RR$). En otras palabras, a mayor título, mayor resistencia. En este caso la diferencia es del 25,26% (204,39 cN).
- Respecto a las hipótesis planteadas con la finalidad de realizar una comparación, se propuso: “la primera hipótesis (H_0) plantea que las medias de los grupos son iguales, mientras que la segunda hipótesis o hipótesis alterna (H_A) establece que no todas las medias de los grupos son iguales, de acuerdo con el análisis de ANOVA se dice que: si $\alpha > p$ valor, se rechaza H_0 , es decir que si existen diferencias significativas”, obteniendo como resultado en todos los casos un p valor inferior al alfa, en este caso 0,05, por lo que se rechazó la hipótesis nula, en otras palabras, se puede decir que si existe una diferencia significativa entre los resultados de las muestras analizadas.
- En cuanto a la confiabilidad de los datos del ensayo a la elongación y resistencia a la rotura, se concluye que: todos los resultados tienen un nivel aceptable de confiabilidad, puesto que en dichos casos se realizó un análisis de normalidad, donde el valor de p (Normal)-prueba de Jaque-Bera JB, fueron superior a 0,05, por lo que pueden ser planteados en diferentes análisis estadísticos.

5.2. Recomendaciones

- Los resultados obtenidos generan modelos para realizar otros estudios, como, por ejemplo, nuevos análisis comparativos con respecto a otras propiedades físicas y/o químicas.
- Las condiciones con las que se efectuó el estudio fueron selectas, sin embargo, son sustituibles por una diferente metodología, por lo que está sujeta a modificaciones y/o mejoras, siendo así que se puede llevar a cabo nuevas propiedades a considerar encaminada con los mismos principios del análisis comparativo de características físicas entre un hilo 100% pes (poliéster) y 100% polietilen tereftalato reciclado (rpet).
- A fin de conseguir datos más precisos y confiables de elongación y resistencia a la rotura, se sugiere realizar mantenimientos preventivos, rutinarios y calibraciones habituales al dinamómetro, de este modo el equipo se mantendrá constantemente en óptimas condiciones para su uso.
- Así como es importante el cuidado de los equipos empleados en los laboratorios, tiene alta relevancia la correcta aplicación de la norma para controles de calidad establecida para cada ensayo, por lo que se sugiere que se comprenda un conocimiento bien sustentado acerca de la norma seleccionado y el procedimiento que establece cada una de estas.
- Se sugiere realizar mediciones de las condiciones ambientales, como la humedad relativa del laboratorio, temperatura, al momento de realizar las pruebas de dinamometría, ya que, estas variables influyen directamente en los ensayos.

- Se recomienda realizar una investigación para comparar la propiedad de afinidad tintórea entre los hilos PES Y RPET, ya que teóricamente el número de filamento y el título pueden alterar dicha característica.
- Se sugiere también, realizar la misma investigación, donde los hilos sean retorcidos con la finalidad de establecer el grado de influencia de torsión en las probetas, que bien podrían ser los mismos títulos analizados.
- Para verificar la confiabilidad de los resultados, se recomienda utilizar los mismos o similares softwares estadísticos, en este caso Excel y Past-4.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CELEC. (2018). Gestión de residuos sólidos. Recuperado el 16 de noviembre de 2021, de <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/images/Ambiente/Gestion.de.residuos.solidos.pdf>
- Celin, J. S. (2020). *Análisis comparativo de un proceso de tintura entre una tela 100% pes (Poliéster) y 100% Polietilen Tereftalato (PET)*. Recuperado de [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/730/5/04 IT 001 CAPITULO IV.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/730/5/04%20IT%20001%20CAPITULO%20IV.pdf)
- Chen, Y. Y., Yang, K., Tang, W. J., Qin, J., & Zhao, L. (2012). Parameterizing soil organic carbon's impacts on soil porosity and thermal parameters for Eastern Tibet grasslands. *Science China Earth Sciences* 2012 55:6, 55(6), 1001–1011. <https://doi.org/10.1007/S11430-012-4433-0>
- De Silva, A. L. M., Shakeer, T. M., Jayawardhana, J. T., Saumyasiri, P. P. C., & Priyadarshana, M. S. T. (2022). Application of Blended Cement Mix Pet Fiber High Strength Concrete for Structural Elements. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 174, 365–374. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4412-2_27
- Ediciones Legales S.A. *Decreto no. 3516 (Vigencia y aplicabilidad del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente)*. , (2014).
- Elamri, A., Lallam, A., Harzallah, O., & Bencheikh, L. (2007). Mechanical characterization of melt spun fibers from recycled and virgin PET blends. *Journal of Materials Science*, 42(19), 8271–8278. <https://doi.org/10.1007/s10853-007-1590-1>
- Glória, G. O., Teles, M. C. A., Lopes, F. P. D., Vieira, C. M. F., Margem, F. M., Gomes, M. de A., & Monteiro, S. N. (2017). Tensile strength of polyester composites reinforced with PALF. *Journal of Materials Research and Technology*, 6(4), 401–405. <https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2017.08.006>
- Google Maps. (2022). Estadio UTN - Google Maps. Recuperado el 6 de mayo de 2022, de <https://www.google.com/maps/place/Estadio+UTN,+Ibarra/@0.378913,-78.1243559,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2a3b4f62b37d23:0xea99ad1313c1286b!8m2!3d0.3790498!4d-78.1220554>

- Grishanov, S. (2011). Structure and properties of textile materials. *Handbook of Textile and Industrial Dyeing: Principles, Processes and Types of Dyes, 1*, 28–63.
<https://doi.org/10.1533/9780857093974.1.28>
- Grogan, A. E., Mallin, M. A., & Cahoon, L. B. (2021). Investigation of polyethylene terephthalate (PET) drinking bottles as marine reservoirs for fecal bacteria and phytoplankton. *Marine Pollution Bulletin*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113052>
- Guzmán, O. (2013). *Proceso de Hilatura de Poliester*.
- Han, L., Chen, L., Li, D., Ji, Y., Feng, Y., Feng, Y., & Yang, Z. (2022). Influence of polyethylene terephthalate microplastic and biochar co-existence on paddy soil bacterial community structure and greenhouse gas emission. *Environmental Pollution*, 292.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118386>
- Lavado, F. E. L. (2012). *LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD Hilandería por*. Recuperado de <http://fidel-iockuan.webs.com>.
- Lockuán, E. (2012). *LA IINDUSTRIIA TEXTIIL Y SU CONTROL DE CALIIDAD VI*. Ennoblecimiento textil. Recuperado de https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/vi._la_industria_textil_y_su_control_de_calidad
- mexpolimeros. (2020). Reciclaje de PET. Recuperado de <https://www.mexpolimeros.com/reciclaje-de-pet.html>
- Minitab. (2020). ANOVA. Recuperado el 19 de enero de 2022, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>
- PET Resin Association. (2012). Fact Sheet - An Introduction to PET (polyethylene terephthalate) | PETRA: Information on the Use, Benefits & Safety of PET Plastic. Recuperado el 2 de febrero de 2022, de http://www.petresin.org/news_intrototoPET.asp
- Polymer Properties Database. (2016). Biodegradable Polyesters. Recuperado el 14 de enero de 2022, de https://polymerdatabase.com/polymer_classes/Biodegradable Polyester type.html

Universidad Técnica del Norte. (2007). CUICYT – Universidad Técnica del Norte. Recuperado el 14 de enero de 2022, de <https://www.utn.edu.ec/cuicyt/#1638195159181-36625c2c-87c5>

ÜSTÜN TAG, S. (2021). Optimization of draft and twist values for improvement of breaking strength and elongation properties of dual-core yarns. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 31(3), 220–227. <https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.903690>

Zhao, Y., Han, F., Guo, L., Zhang, J., Zhang, H., Abdelaziz, I. I. M., & Ghazali, K. H. (2021). Flotation separation of poly (ethylene terephthalate and vinyl chloride) mixtures based on clean corona modification: Optimization using response surface methodology. *Waste Management*, 136, 184–194. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.018>

7. ANEXOS

7.1. Anexo A. Certificado de uso de laboratorio Planta textil UTN

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL	
Ibarra, 11 de julio del 2022		
CERTIFICADO DE LABORATORIO		
Yo, Ingeniero Fausto Gualoto M. en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:		
CERTIFICO		
Que el estudiante RAMOS ARELLANO VIÑAY ABEL , portador de la cedula de ciudadanía N° 100515844-7, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado “ANÁLISIS COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS ENTRE UN HILO 100% PES (POLIÉSTER) Y 100% POLIETILEN TEREFTALATO RECICLADO (RPET)” los equipos utilizados en el laboratorio son:		
<ul style="list-style-type: none">• DINAMÓMETRO TITAN 5 MODELO 1410- nte inen-iso 2062 textiles. Hilos arrollados. Determinación de la fuerza o carga de rotura y del alargamiento en la rotura de hilos individuales con un equipo de velocidad constante de alargamiento (cre) (iso 2062:2009, idt)• BALANZA ELECTRÓNICA;• DEVANADORA;		
Además, se le ayudo con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.		
Atentamente:		
 <small>Escaneado digitalmente por:</small> FAUSTO REMUNDO GUALOTO MAPLA		
ING. GUALOTO FAUSTO M. RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX		

Anexo 1. Certificado de uso de laboratorio Planta textil UTN

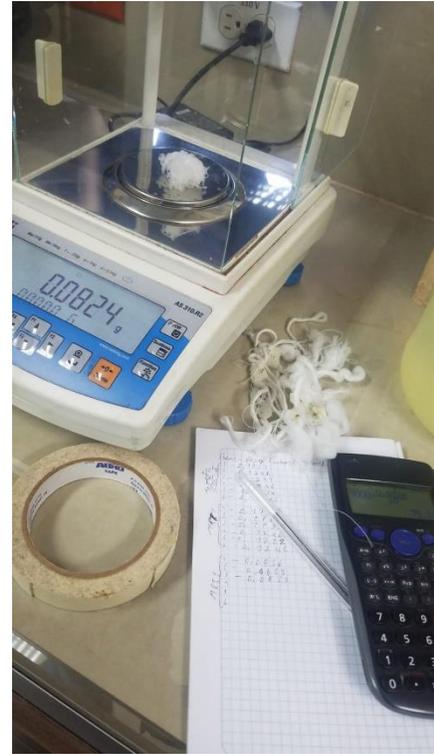
Fuente: El Autor

7.2. Anexo B. Equipos y máquinas utilizadas en la investigación



Anexo 2. Dinamómetro

Fuente: El Autor



Anexo 3. Balanza Digital

Fuente: El Autor



Anexo 4. Devanadora

Fuente: El Autor

7.3. Anexo C. Muestras de hilos PES Y RPET



*Anexo 5. Muestra de Poliéster reciclado título 1 (MRT1)
Fuente: El Autor*



*Anexo 6. Muestra de Poliéster título 1 (MPT1)
Fuente: El Autor*



*Anexo 7. Muestra de Poliéster reciclado título 2(MRT2)
Fuente: El Autor*



*Anexo 8. Muestra de poliéster título 2 (MPT2)
Fuente: El Autor*

7.4. Anexo C. procedimiento de ensayo



*Anexo 10. Titulación de las muestras
Fuente: El Autor*



*Anexo 9. caracterización de las muestras
Fuente: El Autor*

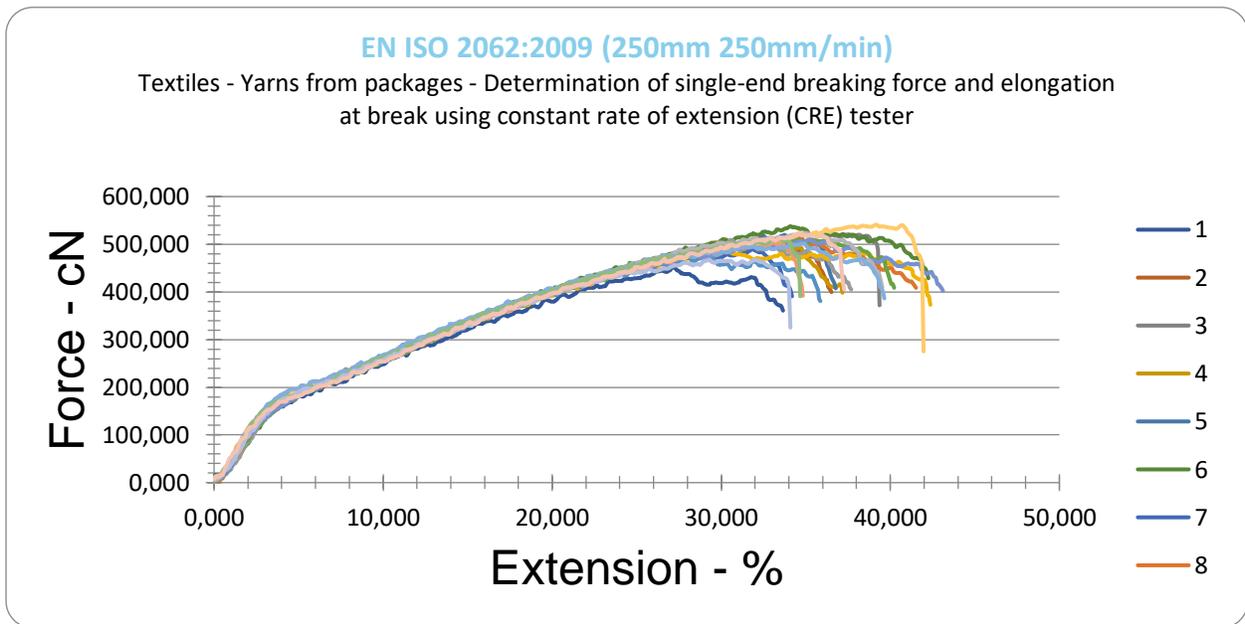


*Anexo 12. Acoplamiento de mordazas T15
Fuente: El Autor*



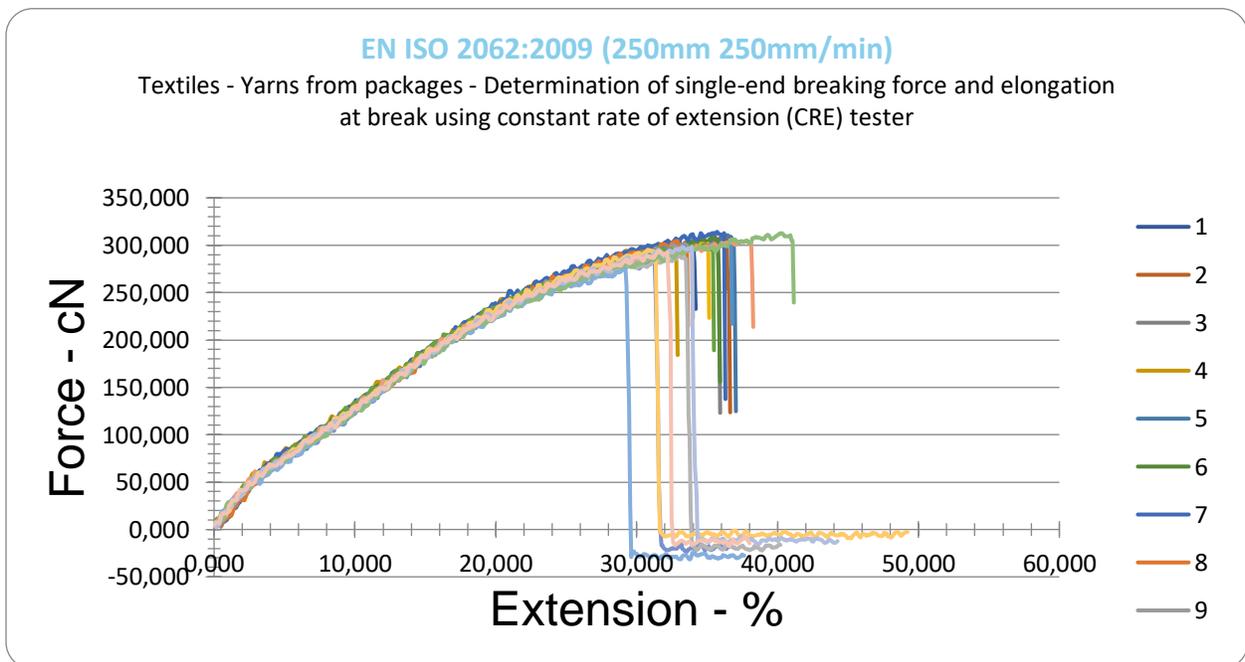
*Anexo 11. Ensayo de resistencia a la rotura
Fuente: El Autor*

7.5. Anexo C. Resultados de elongación y resistencia



Anexo 13. Resultado de MRT1

Fuente: El Autor

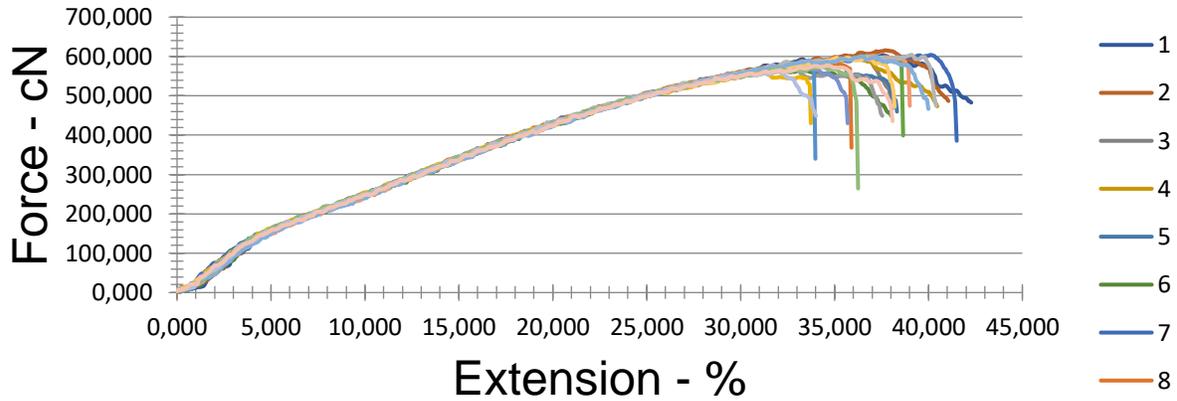


Anexo 14. Resultado de MRT2

Fuente: El Autor

EN ISO 2062:2009 (250mm 250mm/min)

Textiles - Yarns from packages - Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester

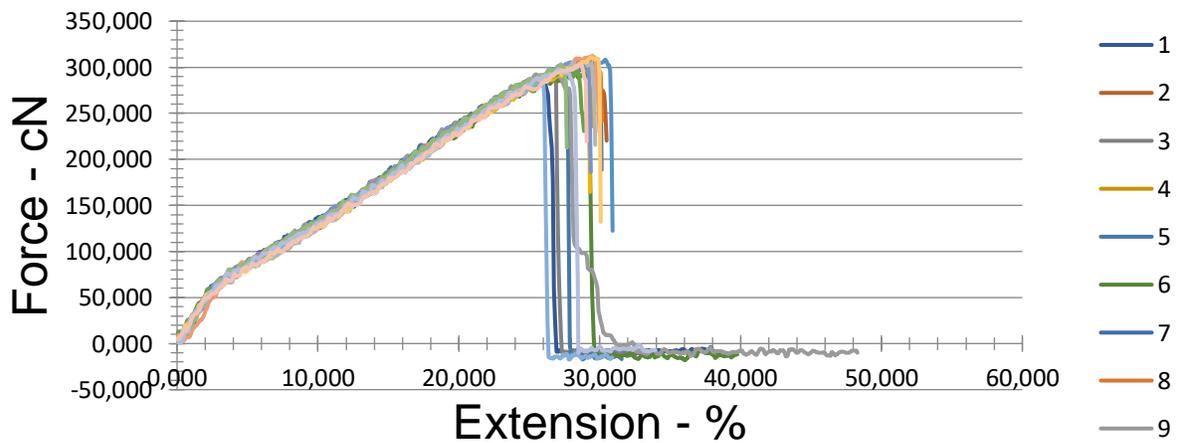


Anexo 15. Resultado MPT1

Fuente: El Autor

EN ISO 2062:2009 (250mm 250mm/min)

Textiles - Yarns from packages - Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester



Anexo 16. Resultado MPT2

Fuente: El Autor