

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



Elaboración de fibras a partir de botellas de plástico PET  
desechadas

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional  
presentado por

Karen Dayane García Velásquez

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería  
Mecánica

Guatemala

2018



Elaboración de fibras a partir de botellas de plástico PET  
desechadas

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Elaboración de fibras a partir de botellas de plástico PET  
desechadas

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional  
presentado por

Karen Dayane García Velásquez

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería  
Mecánica

Guatemala

2018

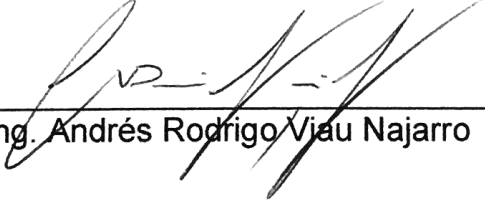
Vo.Bo.:

(f)   
Ing. Cesar Alberto Rosales Gómez

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. Cesar Alberto Rosales Gómez

(f)   
Ing. Victor Hugo Ayerdi Bardales

(f)   
Ing. Andrés Rodrigo Vieau Najarro

Fecha de aprobación: 10/12/2018 ✓

## PREFACIO

La motivación para la elaboración del presente trabajo surgió al tener conciencia de la acumulación de desechos sólidos en las calles, ríos y lagos en Guatemala. Esta problemática fue analizada junto con Andrés Cruz; con quién se planteó una idea donde se visualizó la implementación de las botellas de plástico PET para realizar un producto que en este caso era una malla fabricada de fibras de plástico. Quizá esta idea, plasmada hoy en parte en el presente trabajo, sea el inicio de un proyecto que pueda ser aplicado en comunidades para que fabriquen productos de materiales desechados como son las botellas de plástico y por consiguiente ayuden a disminuir la acumulación de estos.

Agradezco a mis padres, familia y amigos por su apoyo incondicional; al Ingeniero, profesor y asesor, Cesar Rosales quien me ha brindado su apoyo en la metodología realizada para culminar el proyecto, hasta la revisión del diseño y seguros del mecanismo; al catedrático del taller metal mecánica, Edgar Castillo, quien me brindó su apoyo e ideas de diseño para la fabricación del prototipo final; a mi amigo, Victor Ponce, quien me apoyó en todo el proceso de este trabajo hasta la fabricación de prototipos previos; a mi compañero Andrés Cruz, por apoyar juntos esta iniciativa en nuestros trabajos de graduación; a Lic. Mirna Blanco quién brindo su apoyo.

Agradezco al departamento y director de carrera de Ingeniería Mecánica de la UVG, Ing. Victor Ayerdi, quien nos brindó su apoyo y motivación para que el presente proyecto se pudiera llevar a cabo desde sus ideas iniciales.

# ÍNDICE

	Página
PREFACIO .....	v
LISTA DE TABLAS .....	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	viii
RESUMEN .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
III. JUSTIFICACIÓN .....	3
IV. MARCO TEÓRICO .....	4
V. METODOLOGÍA .....	12
VI. RESULTADOS .....	37
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	47
VIII. CONCLUSIONES .....	49
IX. RECOMENDACIONES .....	50
X. BIBLIOGRAFÍA .....	51
XI. ANEXOS .....	53

## LISTA DE TABLAS

	Página
1. Tabla 1: Propiedades físicas (PET).....	7
2. Tabla 2: Propiedades mecánicas (PET).....	8
3. Tabla 3: Propiedades térmicas (PET) .....	8
4. Tabla 4: Propiedades químicas (PET) .....	8
5. Tabla 5: Propiedades PET y R-PET.....	9
6. Tabla 6: Clasificación entre material amorfo y cristalino .....	10
7. Tabla 7: Propuestas de diseño de mecanismo para cortar la base de la botella. ....	18
8. Tabla 8: Propuestas de diseño de mecanismo para obtención de fibras. ....	19
9. Tabla 9: Propuestas de diseño de mecanismo para enrollar las fibras. ....	20
10. Tabla 10: Propuestas de diseño de mecanismo para sujetar botella antes de cortar la base. ....	20
11. Tabla 11: Comparación de propuestas .....	21
12. Tabla 12: Densidad de los materiales para determinar si es cristalino o amorfo. ....	22
13. Tabla 13: Plan de mantenimiento preventivo diario. ....	33
14. Tabla 14: Plan de mantenimiento preventivo mensual.....	34
15. Tabla 15: Plan de mantenimiento preventivo anual. ....	34
16. Tabla 16: Plan de mantenimiento correctivo. ....	35
17. Tabla 17: Presupuesto del prototipo del mecanismo. ....	36
18. Tabla 18: Resultados de las pruebas de las fibras sin deslizamiento. ....	38
19. Tabla 19: Comparación de fibras con y sin deslizamiento con su respectiva desviación estándar. ....	41
20. Tabla 20: ficha técnica de las fibras de plástico PET de bebidas desechas obtenidas con el mecanismo. ....	42

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
1. Ilustración 1: Código PSI para LDPE .....	5
2. Ilustración 2: Código PSI para HDPE.....	5
3. Ilustración 3: Código PSI para PET.....	5
4. Ilustración 4: Código PSI para PVC .....	6
5. Ilustración 5: Código PSI para PP.....	6
6. Ilustración 6: Código PSI para PS.....	6
7. Ilustración 7: Unidad estructural del PET .....	7
8. Ilustración 8: producción de plástico en el mundo.....	12
9. Ilustración 9: Porcentaje de reciclaje sobre el 3% del total ingresado en Relleno Sanitario en Villa Nueva.....	14
10. Ilustración 10: Escuela el Caserío Las Cerezas, Quetzaltenango.....	14
11. Ilustración 11: Diseño de escobas ecológicas .....	15
12. Ilustración 12: ECOBOAT .....	15
13. Ilustración 13: Conceptos de operación. ....	17
14. Ilustración 14: Prototipo de mecanismo. ....	22
15. Ilustración 15: Recolección de botellas. ....	22
16. Ilustración 16: Máquina de prueba universal.....	23
17. Ilustración 17: Fibras de anchos de 0.5 cm a 2 cm obtenidas del prototipo del mecanismo.....	23
18. Ilustración 18: Sujeción de fibras en las mordazas de la máquina de prueba universal. ....	24
19. Ilustración 19: Falla al borde de la mordaza en fibras sin deslizamiento. ....	24
20. Ilustración 20: Materiales para sujeción de fibras. ....	24
21. Ilustración 21: Mecanismo - Cortador de fibras de botellas de plástico PET .....	25
22. Ilustración 22: Base del mecanismo - cortador de la base de la botella.....	26
23. Ilustración 23: Mecanismo para cortar la base de la botella .....	26
24. Ilustración 24: Base del mecanismo – obtención de fibras .....	27
25. Ilustración 25: Mecanismo para variar el ancho de las fibras ensamblado en el mecanismo en dos vistas.....	27
26. Ilustración 26: Variador de anchos de fibras .....	28
27. Ilustración 27: Mecanismo variador de anchos de fibras – trozo de madera .....	28
28. Ilustración 28: Carrete de fibras recién cortadas.....	29
29. Ilustración 29: Manivela de PVC .....	29
30. Ilustración 30: En roscador de fibra y ajuste a presión de carrete.....	29
31. Ilustración 31: DCL de la botella para cortas fibras.....	30
32. Ilustración 32: Torque necesario en la manivela.....	32
33. Ilustración 33: Ruptura de fibras por pegamento de contacto.....	37
34. Ilustración 34: Falla de las primeras pruebas sin material intermedio.....	37
35. Ilustración 35: Estado físico de la cuarta prueba de 10 mm de las fibras post prueba. ....	38
36. Ilustración 36: Gráfica carga contra desplazamiento de las fibras de 0.5 cm. ....	39
37. Ilustración 37: Gráfica carga contra desplazamiento de las fibras de 1.0 cm. ....	39
38. Ilustración 38: Gráfica carga contra desplazamiento de las fibras de 1.5 cm. ....	40

39. Ilustración 39: Gráfica carga contra desplazamiento de las fibras de 2.0 cm. ....	40
40. Ilustración 40: Carga de ruptura contra anchos de fibras sin y con deslizamiento con su desviación estándar. ....	41

## RESUMEN

En el presente trabajo realizado a partir de botellas de plástico de politereftalato de etileno (PET), las cuales han sido desechadas, se fabricarán fibras de diferentes anchos. Para lograr este proceso se debe implementar prototipos de mecanismos que serán diseñados con base a criterios y limitaciones para garantizar su funcionalidad; con lo cual se permitirá que las botellas tengan un valor agregado y se logre prolongar el uso del plástico PET, antes de terminar en vertederos, rellenos sanitarios, y/o lugares inadecuados.

Al conocer las propiedades del PET y sus aplicaciones como producto reciclable, se seleccionarán los mecanismos que permitan la elaboración de fibras; la cual consiste en el corte de la base de la botella y la obtención de fibras de diferentes anchos; partiendo de ello, se guiará el proyecto con la norma ASTM D882 "Ensayo de resistencia a la tracción de láminas de plástico fino"; que especifica los requerimientos para las pruebas de las fibras de plástico. Conjuntamente, la norma y el mecanismo en proceso permitirán que la selección de la botella sea la óptima, para lo que se llevarán a cabo ensayos de resistencia para desarrollar una ficha técnica de las fibras; para dicho ensayo se utilizará una máquina de prueba universal en la que se sujetará la fibra por medio de mordazas y seguidamente con un material intermedio, el que permitirá que no exista un fallo provocado por la sujeción. Los datos serán recopilados para concretar la ficha técnica e identificar las propiedades de las fibras a utilizar en el proyecto.

Se implementará la metodología de diseño de ingeniería descrito en el libro "Diseño de maquinaria de Robert L. Norton", el cual se ha modificado en seis fases: 1) Fase de investigación; 2) Fase de análisis; 3) Fase de diseño; 4) Fase de validación del sistema; 5) costos; 6) Creación de prototipos y pruebas; este proceso conlleva desde el estudio de los conceptos relacionados hasta la implementación y validación de los prototipos de los mecanismos necesarios para la obtención de las fibras.

Finalmente, se pretende obtener fibras de plástico PET con mecanismos que conlleven un proceso apto para usuarios sin experiencia técnica; siendo imperativo especificar que los prototipos pueden no ser integrados en una sola máquina, ya que el objetivo del presente proyecto es demostrar la viabilidad de los procesos.

# I. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se propuso el diseño de un mecanismo para obtener fibras de botellas de bebidas desechas como medida de apoyo para contrarrestar el aumento de desechos de plástico en el país dado la deficiencia en el proceso de recolección y ubicación de estos en lugares adecuados para su degradación.

El mecanismo se diseñó con base a prototipos previos que se analizaron en la investigación preliminar, que no cumplían la doble función que posee el proyecto ya que en algunos casos solo retiraban la base de la botella y en otros solo obtenían fibras de plástico, por lo que eran propuestas donde se cumplía un solo objetivo. Por contra, se diseñó un mecanismo de dimensiones compactas con el que se puede realizar las dos acciones indicadas anteriormente, el cuál es fabricado con materiales accesibles en el mercado nacional.

Es importante señalar que la aplicación de las fibras está sujeto a la decisión del usuario que utilice el mecanismo y para éste pueda verificar la viabilidad de la aplicación de las fibras, se realizaron pruebas de resistencia con referencia a la norma ASTM D882 para obtener una ficha técnica de estas.

El mecanismo final fue construido y puesto a prueba para determinar sus limitaciones y los criterios necesarios de las botellas; se recomienda utilizar botellas con una superficie lisa y homogénea, con un diámetro no mayor a 116.8 mm y que no estén deformadas; ya que las botellas con muchas irregularidades y/o deformaciones en su superficie generan cierta variación para obtener las fibras con el mecanismo.

## II. OBJETIVOS

### A. OBJETIVO GENERAL

Elaborar fibras de plástico PET a partir de envases de bebidas desechadas.

### B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los criterios para seleccionar los envases PET adaptables al mecanismo.
- Diseñar y fabricar un prototipo que corte la base de la botella y permita la variación de los anchos de las fibras.
- Determinar el costo final del prototipo para la obtención de fibras.
- Elaborar una ficha técnica de las fibras obtenidas según ensayos de resistencia.

### III. JUSTIFICACIÓN

El politereftalato de etileno (PET) es un material utilizado en la industria del plástico aplicado en el envasado debido a que posee propiedades que brindan una mayor rentabilidad por su bajo costo con respecto a los envases de vidrio y por su facilidad de adaptación de forma. Entre sus propiedades está la alta resistencia a la tensión y al impacto, su impermeabilidad, la posibilidad de reciclaje y buena estabilidad térmica y química [16]. Es importante señalar que entre sus principales desventajas se encuentra el tiempo de descomposición, el cual es de aproximadamente 450 años lo que hace que esté clasificado como un material no biodegradable [13].

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) al presentar la “Política Nacional para la gestión integral de los residuos y Desechos sólidos”; en el 2016, se generaron en el país más de 8,200 toneladas diarias de residuos y desechos, donde el 50% son provenientes del área metropolitana; en los vertederos de la ciudad de Guatemala, se depositan 2,500 toneladas de basura, sin considerar los desechos que se encuentran en las áreas ilegales como son barrancos, calles y terrenos baldíos; por lo que entre las acciones a tomar por parte del MARN para el adecuado manejo de los desechos está llevar a cabo planes para volver eficiente la recolección, incentivar la utilización de los desechos reciclables y reusables, y disminuir la falta de conocimientos sobre la separación de estos [14].

Por ello, resulta imperativo generar y desarrollar proyectos con base en materiales desechados para aprovechar la vida útil de los mismos. De esta manera se introdujo el post consumo del PET, llamado luego de este proceso RPET, el cual puede ser utilizado para la obtención de fibras textiles, vallas, cuerdas, hilos, entre otras aplicaciones; por lo que el presente proyecto pretende contribuir a la disminución de desechos y aportar un valor agregado a las fibras de plástico PET de botellas desechadas.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. TIPOS DE POLÍMEROS

Los polímeros son un grupo de materiales sintéticos, los cuales pueden ser moldeados o deformados, se clasifican en función de su comportamiento al estar expuestos a condiciones de alta temperatura, y dependiendo de sus enlaces químicos pueden ser: termoplásticos o termofijos [15].

1. **Termoplásticos.** Son aquellos que después de un proceso de solidificación se pueden fundir hasta cierto número de veces para darle nuevas formas sin que se dañen sus propiedades. Su estructura química se conforma por cadenas largas de átomos de carbono con enlaces covalentes, además, pueden tener dos tipos de estructura, las cuales son: amorfa y semicristalina; una estructura amorfa es aquella cuyas moléculas se solidifican de forma aleatoria, en cambio, las estructuras semicristalinas se acoplan a la más cercana para formar un orden tridimensional, entre los plásticos de esta división se encuentran: polietileno y polipropileno [15].

2. **Termofijos.** Consisten en que al estar expuestos a un proceso de solidificación por una reacción química o al exponerlos a una alta temperatura, se provoca un desplazamiento de sus moléculas y como resultado no es posible volver a darle una nueva forma por su modificación molecular; por ello, se clasifican como un plástico no reciclable, entre los plásticos de esta división se encuentran el poliuretano [2].

### B. TIPOS DE POLÍMEROS PARA ENVASAR LÍQUIDOS

Los plásticos son identificados por medio de un código establecido por la Sociedad de la Industria del Plástico (*SPI*); el cual es un sistema de identificación para determinar el tipo de plástico del que fue fabricado el contenedor, este fue desarrollado en 1988 y es utilizado de manera internacional [2].

1. PE (polietileno) - HDPE y LDPE. LDPE: es un polímero de cadena ramificada de baja densidad, utilizando principalmente cuando se requiere un sellado térmico como es el caso de los ácidos, las bases y el aceite vegetal [2].

Ilustración 1: Código PSI para LDPE



(American Chemistry Council)

HDPE: Se utiliza en botellas resistentes a solventes con una alta resistencia a la tensión, entre sus aplicaciones están: botes de leche, jugos, detergentes, entre otras [2].

Ilustración 2: Código PSI para HDPE



(American Chemistry Council)

2. PET - Politereftalato de etileno. Algunas de sus propiedades son: barrera contra el oxígeno, el agua y el dióxido de carbono, entre sus aplicaciones están: botellas para agua, cerveza, jugos, aderezos, entre otras [2].

Ilustración 3: Código PSI para PET



(American Chemistry Council)

3. PVC - cloruro de polivinilo. Posee una buena resistencia química y estables propiedades eléctricas; lo cual lo hace apto para grasa, aceite y químicos [2].

Ilustración 4: Código PSI para PVC



(American Chemistry Council)

4. PP- Polipropileno. Posee una buena resistencia química, por lo tanto, se puede encontrar en paquetes rígidos y flexibles, entre sus aplicaciones están: el yogurt, la margarina, medicina, entre otras [2].

Ilustración 5: Código PSI para PP



(American Chemistry Council)

5. PS - Poliestireno. Posee baja densidad, alta rigidez, baja conductividad térmica y brinda una excelente barrera contra la humedad; entre sus aplicaciones están: vasos, platos, contenedores rígidos, entre otras [2].

Ilustración 6: Código PSI para PS



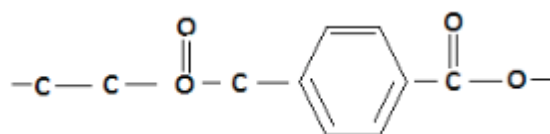
(American Chemistry Council)

## C. PROPIEDADES DEL PET

El Polietileno de tereftalato (PET o PETE) es un termoplástico que fue descubierto por J. R. Whilfield y J. T. Dickson en 1941; la empresa DuPont empezó a comercializar el PET en botellas para bebidas carbonatadas en 1965, dependiendo de la velocidad de enfriamiento puede ser clasificado como un material amorfo o cristalino [22].

1. Estructura química. El PET se obtiene con base a una mezcla de ácido tereftálico y etilenglicol por medio de un catalizador ácido o sintetizado.

Ilustración 7: Unidad estructural del PET



(Martínez, Gonzalo. *et al.* 2015)

En la industria, se mezcla tereftalato de dimilo con etilenglicol para luego ser calentado en condiciones de vacío, durante el proceso, se obtienen otros subproductos que dependiendo de las condiciones son evaporados o reutilizados [15].

### 2. Propiedades físicas

Tabla 1: Propiedades físicas (PET)

Propiedad	Valor / Descripción
Absorción de agua (%), durante 24 hr	<0.7
Densidad (amorfo) ( $g/cm^3$ )	1.33 - 1.37 <sup>1</sup>
Densidad (cristalino) ( $g/cm^3$ )	1.45 - 1.51
Índice refractario	1.576
Transmisión de luz (%)	89
Inflamabilidad	Auto extingible

(Tesis de degradación de materiales plásticos por Suasnavas. D. & Tesis estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil por Hachi, J & Rodríguez, J.)

### 3. Propiedades mecánicas

Tabla 2: Propiedades mecánicas (PET)

Propiedad	Valor
Coeficiente de fricción	0.2 - 0.4
Dureza - Rockwell	M94 - 101
Resistencia a la tracción (MPa)	190-160
Relación de Poisson ( $\nu$ )	0.33
Módulo de elasticidad (E)	2.76-4.14

(ATCP, 2017 & Tesis estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil por Hachi, J & Rodríguez, J)

### 4. Propiedades térmicas

Tabla 3: Propiedades térmicas (PET)

Propiedad	Valor
Calor específico (KJ*Kg <sup>-1</sup> *K <sup>-1</sup> )	1.2 - 1.35
Coeficiente de expansión térmica (x10 <sup>-6</sup> *K <sup>-1</sup> )	20 - 80
Temperatura máxima de uso (sin carga) (°F / °C)	175 / 80
Conductividad térmica (W/m *K)	0.24
Temperatura de fundición (°C)	240-250

(Tesis de degradación de materiales plásticos por Suasnavas. D. & Tesis estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil por Hachi, J & Rodríguez, J.)

### 5. Propiedades químicas

Tabla 4: Propiedades químicas (PET)

Propiedad	Descripción
Solubilidad	Insoluble en solventes orgánicos
Permeabilidad a un gas	Bajo

(Tesis de degradación de materiales plásticos por Suasnavas. D.)

## D. PET RECICLADO

El PET reciclado (R-PET) es la reutilización del plástico PET que sufre ciertas transformaciones físicas para conformar un nuevo producto, al realizar cambios en la resina se está cambiando las propiedades del material [6].

En los polietilenos se debe tomar en cuenta que al exponer el polímero a variación de temperatura y presión, se está disminuyendo entre 1.3% y 1.5% la densidad original de la resina [10].

Tabla 5: Propiedades PET y R-PET

Propiedad	PET	R-PET
Módulo de Young (MPa)	2760	1630
Resistencia a la rotura (MPa)	47	24
Elongación a la rotura (%)	3.2	110
Resistencia al impacto (J m-1)	12	20
Temperatura de fusión	244-254	247-253
Peso molecular (g mol-1)	81600	58400

(Carillo, Byron. 2014 y ATCP, s.f.)

Se pueden observar las siguientes diferencias entre el R-PET comparadas con el PET:

- Módulo de Young: menor
- Elongación a la rotura: mayor
- Resistencia al impacto: mayor
- Material dúctil

[8]

## E. CRISTALINIDAD DEL PET

La cristalinidad hace referencia al ordenamiento de la estructura molecular que puede ser amorfo o cristalino, aún más, no hay un material que sea 100% un tipo de estructura. Los materiales amorfos son aquellos que poseen un orden molecular aleatorio, a diferencia del cristalino que posee una estructura molecular ordenada, esta propiedad del material se ve afectada por cambios físicos y mecánicos a las que se expone al PET, como es el caso de los procesos de soplado, enfriado, entre otras [16].

Al realizar pruebas de resistencia en un material amorfo, se clasifica como un material isotrópico, donde sus propiedades son independientes de la ubicación u orientación de las mediciones; por otra parte, en los materiales cristalinos al tener cierto orden molecular, se clasifican como un material anisotrópico, en el cual repercute su ubicación de las moléculas en la medición. Para determinar la clasificación del polímero, se observa la Tabla 6 [23].

Tabla 6: Clasificación entre material amorfo y cristalino

<b>Grado de cristalización</b>	<b>Densidad</b>	<b>Unidades</b>
Amorfo	1.33	$g/cm^3$
Cristalino	1.42	$g/cm^3$

(Méndez, Adrián. 2017)

## F. MÉTODO DE ENSAYO ASTM D882

Es un método utilizado para identificar y caracterizar láminas de plástico que tengan un espesor menor a 1 mm (0.04 pulgadas); al realizar este ensayo se logra medir diferentes propiedades: el módulo de tensión, la resistencia en el límite elástico, la resistencia a la tensión en la ruptura, el alargamiento, entre otras. El equipo que es utilizado para realizar las pruebas es una máquina de ensayo universal, la cual es capaz de someter la pieza a pruebas de tracción y compresión; se componen de un sistema de sujeción que es dependiente del ensayo a realizar y de la pieza que se esté evaluando; su componente principal son la mordaza que puede ser: neumática, manual, por tornillo de banco y sujeción por rodillo; las máquinas recomendadas por el presente método son MTS Criterion o Exceed con la posible implementación de un software MTS ReNew [3].

Para llevar a cabo el ensayo, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Colocación de las tiras rectangulares de plástico en las mordazas.
- Estirar las tiras hasta que fallen.

Al seleccionar un tipo de sujeción es importante que se deba asegurar que la muestra no esté expuesta a deslizamiento, cuidando que no provoque estrés local; esto se manifiesta como una falla prematura que puede ser evitada aumentando el grosor de la cara de sujeción con respecto al de la muestra que se está evaluando [3].

1. **Propiedades de tracción.** Las propiedades de tracción que se obtienen con este método pueden variar dependiendo del tipo de agarre, el método de preparación de la pieza, la velocidad de la prueba y la forma de medir la extensión; entre los resultados que se pueden obtener al realizar estas pruebas son: el módulo de elasticidad a la tracción, la elongación a la ruptura, la energía de tracción a la rotura, entre otras; es importante que se considere que los materiales que fallan por desgarro, no se comparen con los resultados obtenidos previamente debido a que no es una falla normal [3].

2. **Equipo.** El equipo que se esté utilizando debe tener una velocidad constante en las áreas de sujeción que se componen de un miembro fijo y uno móvil, esto debe minimizar el deslizamiento y la distribución desigual de la tensión, por lo que se deben evitar movimientos rotatorios que puedan inducir el deslizamiento de la muestra que es dependiente del agarre; en caso se encuentren fallas cerca de los agarres, es recomendable aumentar ligeramente el radio de la curvatura de los bordes donde los agarres entran en contacto con el área de la muestra [3].

### 3. Pruebas en especímenes

#### a. Parámetros y condiciones

- Un ancho y grosor uniforme de al menos 50 mm (2 in) más largo que su separación.
- No deben ser menor a 5.0 mm (0.20 in) o mayor a 25.4 mm (1.0 in) de ancho.
- Prevenir raspaduras que puedan causar fallas prematuras.
- Se debe tener una longitud estándar de 250 mm (10 in). En caso no se pueda aplicar dicha longitud, se puede utilizar de 100 mm (4 in), el cual se ha demostrado que no afecta los resultados.
- Al ser un material isotrópico, se deben realizar al menos cinco pruebas.
- Al ser un material anisotrópico, se deben realizar al menos diez pruebas donde se dividan cinco normales y el resto sobre el eje principal de la anisotropía.
- En caso falle cerca de la mandíbula, se puede considerar aceptable si los resultados van de acuerdo con los valores de rotura que ocurren dentro de la longitud del calibre.

[3]

## V. METODOLOGÍA

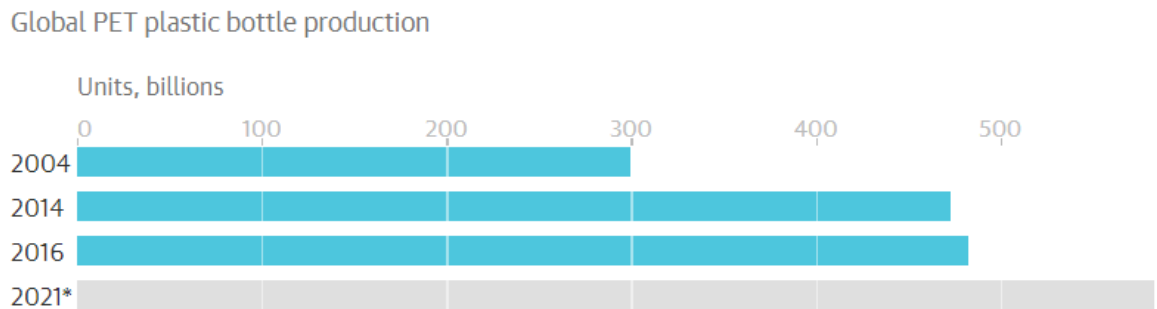
### A. FASE DE INVESTIGACIÓN

1. Enunciado del problema. Construcción de un mecanismo para obtener tiras de botellas de plástico para determinar sus propiedades.

#### 2. Investigación preliminar

a. Acumulación de plástico. En el año de 2016, se vendieron más de 480 mil millones de botellas de plástico alrededor del mundo de las cuales 300 mil millones fueron vendidos en una década; por lo que se espera un aumento de 583.3 mil millones en el 2021 según estimaciones de Euromonitor Internacional's (Ilustración 8) [13].

Ilustración 8: producción de plástico en el mundo



(Laville, Sandra & Taylor, Matthew. 2017)

Menos de la mitad de las botellas vendidas en el 2016 fueron recolectas y de estas solamente un 7% fueron transformadas en un nuevo producto; por consiguiente, el resto de estas, terminaron su ciclo de vida en los vertederos o en el océano, se estima que en el 2050, el océano tendrá más plástico en peso que peces, según investigaciones de la fundación de Ellen MacArthur [13].

b. Desechos en Guatemala. En Guatemala hay más de 60 empresas enfocadas en la fabricación, distribución, exportación y comercialización de artículos plástico; las cuales han tenido un aumento de un 80% desde el 2010 al 2015; donde el 11.5% se dedican a la producción de envases, preformas y tapaderas [1]; estableciéndose que la mayor cantidad de establecimientos se encuentran en los departamentos de: Guatemala, Escuintla, Sacatepéquez, Totonicapán y Quetzaltenango [14].

Según el perfil ambiental 2008-2009 elaborado por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar; se producen 456,484 toneladas de desechos, determinándose que en la capital de Guatemala se produce alrededor del 30%; existiendo el inconveniente que solamente el 75% es recolectado y depositado en los vertederos establecidos. De conformidad con estudios realizados en el 2007, el mantenimiento requerido para los vertederos fue de 22 millones de quetzales, que ha ido aumentando por la cantidad de residuos a manejar; siendo la generación diaria de residuos sólidos aproximadamente 8,200 toneladas, en donde el 50% es generado en el área metropolitana; es importante señalar que, en el perfil ambiental 2010-2012 se realizó una investigación sobre la cantidad de plástico y caucho comercializado en Guatemala, el cual fue de 1,097.8 miles de toneladas de los mismos [14].

Esta acumulación ha ido afectando a las fuentes acuáticas en nuestro país; por ejemplo, se generan 1,320 toneladas de residuos sólidos alrededor de la cuenca del lago de Amatitlán proveniente de los 14 municipios circunvecinos; de este total 550 toneladas, aproximadamente, son del relleno sanitario ubicado en Km.22 ruta al pacífico, Villa Nueva, lugar donde, únicamente, se recicla un 3% del total de los ingresos (Ilustración 9) [4].

Se pudo establecer algunas repercusiones que ha causado el aumento del consumo del plástico, afectado a otros países aledaños por el movimiento del manto acuático; un claro ejemplo, se observa en la reseña de la revista Forbes sobre la capa de plástico alrededor de la costa de Roatán, donde se conjetura que posiblemente dichos contaminantes fueron acarreados por el movimiento de las olas desde el río Motagua en Guatemala [9].

Ilustración 9: Porcentaje de reciclaje sobre el 3% del total ingresado en Relleno Sanitario en Villa Nueva.



(AMSA, 2014)

c. Proyectos relacionados con la reutilización de botellas PET

1) Proyectos

a) Eco blocks

Ilustración 10: Escuela el Caserío Las Cerezas, Quetzaltenango.



(Peace Corps, s.f.)

Un método que ayuda a disminuir la contaminación de botellas plásticas es la construcción de Eco-Blocks o eco-ladrillos; los cuales consisten en rellenar las botellas con residuos sólidos que brindan mayor rigidez y dureza aplicando, asimismo una capa intermedia de cemento dejando fijas las botellas.

Entre las organizaciones que promueven este proyecto, se puede mencionar los colegios que llevaron a cabo la ONG Hug It Forward; los cuales han realizado 53 escuelas con un costo de \$6,500 por clase (Ilustración 10) [12].

Otra organización que se puede señalar es Peace Corps que empezó a promover programas que van relacionados con la agricultura, salud, ecoturismo, desarrollo juvenil y desarrollo municipal; se unió a la iniciativa de la aplicación de eco-ladrillos con Pura Vida y con la ONG Hug It Forward, para limpiar las calles y los ríos, entre los proyectos están los ejecutados en el Caserío Las Cerezas, Quetzaltenango en el 2010 [18].

## b) Escobas ecológicas

Ilustración 11: Diseño de escobas ecológicas



(Benítez, Johanna. 2015)

Una propuesta para la utilización de botellas de plástico PET son las escobas ecológicas que se obtienen de una máquina diseñada por Benítez, Johanna en su tesis “Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación de escobas ecológicas” (Ilustración 11); para la realización de una escoba se utilizan 180 fibras de 10 mm de ancho, pero dependiendo de su aplicación pueden variar la cantidad de fibras [7].

## c) Ecoboat

Ilustración 12: ECOBOAT



(PlasticsleMag, 2018)

Ismaël Essome es un ingeniero ambiental que diseñó la canoa hermética de botellas de plástico, la cual transporta tres personas y una carga de 90 kg. El objetivo de la realización de la canoa fue la viabilidad para transportar personas y ser utilizada para la pesca; al ser un proyecto de productos reciclados es más barata, permite menos deforestación y una comercialización local sostenible [20].

### 3. Especificación de desempeño

#### a. Requerimientos del sistema

##### 1) Seguridad

- Los componentes con superficies cortantes deben estar cubiertos o retiradas cuando el mecanismo no esté en uso.
- El mecanismo de corte de anchos de fibras debe contar con una protección o estar cubierta al estar en operación.

##### 2) Funcionalidad

- El mecanismo debe permitir la variación del ancho de las fibras que respeten el límite normado por la ASTM D882.
- El corte de la fibra debe cumplir con una tolerancia de aproximadamente  $\pm 1.5$  mm.
- El mecanismo debe ser apto para diferentes botellas que cumplan con una superficie lisa y homogénea similar a una botella de 3L de Coca Cola.
- El mecanismo debe tener acceso a retirar la base de la botella para realizar el proceso de corte para la obtención de las fibras.
- El mecanismo debe permitir posicionar las botellas de tal forma que sus cortes se realicen de forma uniforme.
- El mecanismo debe contar con una fase de almacenamiento de las fibras luego de realizar el corte.

##### 3) Operación

- El mecanismo debe poder ser operado máximo por dos personas.
- Las operaciones de corte deben ser adaptadas en un solo mecanismo.
- Los repuestos deben de estar disponibles en el mercado nacional.
- El mecanismo debe brindar la accesibilidad de cambiar el carrete donde se almacenará la fibra recién cortada.

#### 4) Diseño

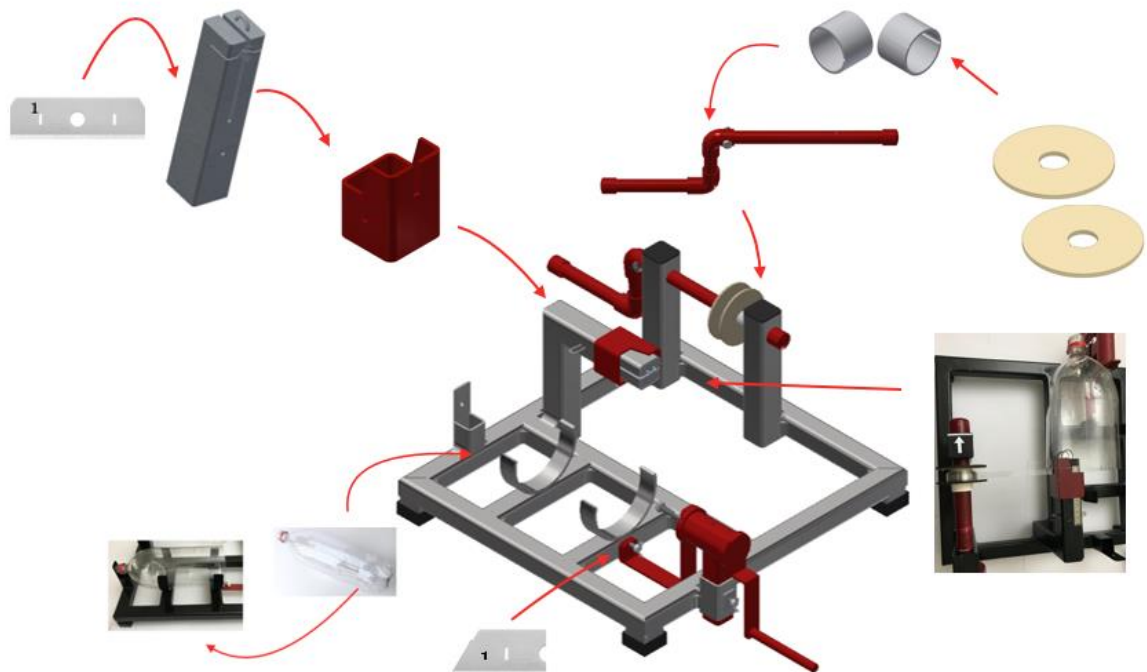
- Las fibras deben tener una geometría que brinde una alta movilidad para ser almacenadas, sin ser alteradas.
- Las botellas seleccionadas deben ser de un mismo material (PET).
- Las dimensiones del mecanismo deben cumplir con un área de ocupación de un máximo de 1.5 m x 1.5 m.

#### 5) Costos

- El presupuesto del mecanismo no debe superar los Q1,000.00.

#### b. Conceptos de operación

Ilustración 13: Conceptos de operación.



(Ilustración propia)

#### 4. Ideación e invención




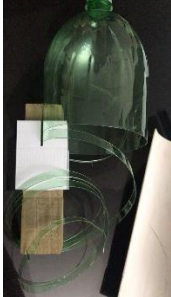
##### a. Propuestas de diseño

Tabla 7: Propuestas de diseño de mecanismo para cortar la base de la botella.

No.	Descripción de propuesta	Imagen
1	Colocar una cuchilla que está sujeta a una base para que al girar la botella, los rodillos permitan mayor movilidad y un corte homogéneo.	
2	<p>Ajustar la botella por medio del tapón en un lado y en el otro extremo se debe colocar una tapadera de pintura donde está sujeta la cuchilla. Por lo tanto, al girar la botella se realizará el corte.</p> <p>Se implementará un mecanismo de 4 barra para hacer girar el extremo que sujeta la cuchilla.</p>	 <p>(Fotografía propia)</p>
2.1	Cambiar el mecanismo de 4 barras por un eje, para disminuir costos y espacio. Esto se sujeta en un extremo por medio de un agujero en la madera y se gira con una manivela.	 <p>(Fotografía propia)</p>
3	Calentar el alambre de Nicromo a 200°C para cortar la base de la botella de forma homogénea, este será alimentado por medio de una fuente.	 <p>[24]</p>
4	Se utilizará un soporte de metal donde se ajustará una cuchilla por medio de un mecanismo que gira con una manivela.	 <p>[19]</p>



(Tabla propia)

Tabla 8: Propuestas de diseño de mecanismo para obtención de fibras.

No.	Descripción de propuesta	Imagen
1	Los componentes que tiene son: un angular, una cuchilla, un tubo roscado y 2 tuercas. Se colocan los materiales como en la imagen para obtener fibras.	 <p data-bbox="987 625 1208 653">(Fotografía propia)</p>
2	Los componentes son: base de mayordomo, un trozo de madera con cortes en "T" para posicionar la cuchilla y tener la guía de la botella.	 <p data-bbox="987 951 1208 978">(Fotografía propia)</p>
3	Consiste en colocar la botella en forma horizontal para realizar el corte; se debe modificar la madera y marcar los anchos específicos en la misma para introducir la fibra en el que se seleccione.	 <p data-bbox="987 1188 1208 1215">(Fotografía propia)</p>
4	Consiste en un trozo de madera con un corte en "T" para posicionar la cuchilla; la cual se introduce dentro del variador de anchos. El variador está impreso en 3D; al moverse puede cambiar los anchos de las fibras.	 <p data-bbox="987 1600 1208 1627">(Fotografía propia)</p>


(Tabla propia)

Tabla 9: Propuestas de diseño de mecanismo para enrollar las fibras.

No.	Descripción de propuesta	Imagen
1	El carrete hecho de madera con un conector de metal que está atornillado a la misma.	 <p data-bbox="987 394 1206 422">(Fotografía propia)</p>
1.1	El carrete de PVC que contiene dos codos fijados con pegamento y un tapón de PVC.	 <p data-bbox="987 573 1206 600">(Fotografía propia)</p>

(Tabla propia)

Tabla 10: Propuestas de diseño de mecanismo para sujetar botella antes de cortar la base.

No.	Descripción de propuesta	Imagen
1	Se colocará una botella sujeta con un tubo PVC para poder cortar la base de la botella.	 <p data-bbox="987 1102 1206 1129">(Fotografía propia)</p>

(Tabla propia)

## B. FASE DE ANÁLISIS

1. Análisis de propuestas. En la Tabla 11, se muestra la valoración brindada a los prototipos con relación a su cumplimiento con los requisitos descritos anteriormente. Para las ponderaciones, se colocará 10 para satisfactorio hasta un valor de 0 para insatisfactorio, dependiendo del prototipo se puede colocar "N/A" para referirse a la falta de cumplimiento o relación en dicha casilla.

Tabla 11: Comparación de propuestas

Propuestas	Seguridad	Funcionalidad	Operación	Diseño	Costos	Suma
Propuestas para cortar la base de la botella						
1	0	7	7	10	10	34
2	5	0	10	10	10	35
2.1	5	0	10	10	10	35
3	0	10	5	10	10	35
4	8	10	10	10	10	48
Propuestas para obtención de fibras						
1	10	6	10	10	10	46
2	10	6	10	10	10	46
3	5	7	10	10	10	42
4	10	10	9	10	8	47
Propuestas para mecanismo para enrollar fibras						
1	10	5	10	10	10	45
1.1	10	10	10	10	10	50
Propuestas para sujetar la botella						
1	N/A	10	10	10	10	50

(Tabla propia)

Con base en los resultados de las propuestas, se realizó un prototipo de madera para verificar su viabilidad y cumplimiento del objetivo de obtener fibras con este.

Ilustración 14: Prototipo de mecanismo.



(Fotografía propia)

2. Prueba de resistencia de las fibras. Las fibras utilizadas para la prueba de resistencia fueron obtenidas de botella de Coca Cola de 3L dado que el material del que están hechas corresponde con un material PET amorfo (Tabla 12). Así mismo se establece que para la realización de las pruebas se requerirán 5 muestras por cada ancho de fibra a evaluar según la norma.

Tabla 12: Densidad de los materiales para determinar si es cristalino o amorfo.

Propiedad	Coca Cola 3L	Pepsi 3L
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.3962	1.4783
Amorfo o Cristalino	Amorfo	Cristalino

(Tabla propia)

Ilustración 15: Recolección de botellas.



(Fotografía propia)

Ilustración 16: Máquina de prueba universal.



(Fotografía propia)

En la Ilustración 17, se observan las fibras obtenidas del prototipo del mecanismo seleccionado en el análisis de propuestas descrito con anterioridad; para esto se cortaron cinco especímenes de 4 anchos diferente (0.5 cm, 1.0 cm, 1.5 cm, 2.0 cm), con una longitud de 20 cm. Los anchos descritos cumplen con la norma D882 que especifica que las muestras no pueden ser menor a 0.5 cm o mayor a 2.54 cm; donde a pesar de que la longitud recomendada es de 25 cm o 10 cm, por las limitaciones de largo del equipo se utilizó una de 20 cm, dejando una luz de 10 cm, aproximadamente.

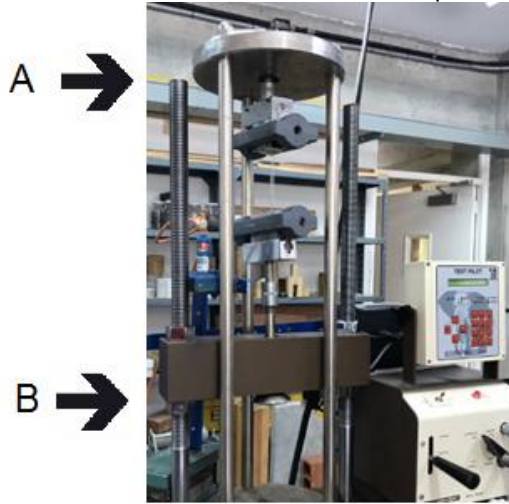
Ilustración 17: Fibras de anchos de 0.5 cm a 2 cm obtenidas del prototipo del mecanismo.



(Fotografía propia)

Los especímenes fueron colocados como se observa en la Ilustración 18, donde A es la mordaza fija y B la mordaza móvil, y se realizaron pruebas en las que se obtuvo una ruptura al borde de la mordaza que puede indicar un fallo prematuro (Ilustración 19). Este resultado motivó la realización de otras pruebas con un material intermedio a pesar del posible deslizamiento para determinar la carga a la que había ruptura en las fibras de plástico. Entre los materiales utilizados se encuentran partes de una llanta (caucho de la pared lateral y caucho del talón), pegamento de contacto y pieza antideslizante tipo fomi (Ilustración 20).

Ilustración 18: Sujeción de fibras en las mordazas de la máquina de prueba universal.



(Fotografía propia)

Ilustración 19: Falla al borde de la mordaza en fibras sin deslizamiento.



(Fotografía propia)

Los materiales utilizados se muestran en la Ilustración 20, donde A: caucho de la pared lateral, B: caucho del talón y C: antideslizante tipo fomi.

Ilustración 20: Materiales para sujeción de fibras.



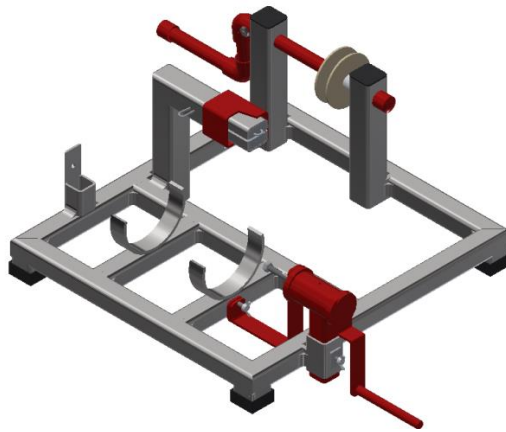
(Fotografía propia)

## C. FASE DE DISEÑO

1. Diseño detallado. El mecanismo se conforma de cuatro componentes fundamentales para su funcionamiento: mecanismo que corta la base de la botella, variador de anchos de fibra, carrete de fibras y base con ajuste de botella. Posteriormente, se describirán los componentes y su funcionalidad respectiva.

En la Ilustración 21, se observa el mecanismo con los componentes del carrete y las piezas móviles.

Ilustración 21: Mecanismo - Cortador de fibras de botellas de plástico PET

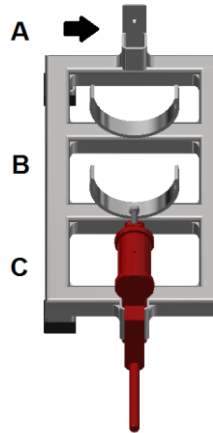


(Ilustración propia)

En esta imagen se pueden identificar claramente dos secciones, en la primera se corta la base de botella y en la segunda se obtienen y se enrollan las fibras.

a. Base con ajuste de botella. En esta parte se colocan las botellas y se sujetan por medio del tapón con un agujero de  $\frac{1}{4}$ " en la sección A de la Ilustración 22, para que no gire la botella al ser cortada la base. Luego, se debe apoyar en la sección B que está diseñado para un diámetro máximo de 116.8 mm que es similar a una botella de 3L del producto Coca Cola; al utilizar botellas de menor diámetro se pueden ajustar por medio de un tope de cuña para puerta de hule contra los ajustes metálicos. Por último, en la sección C, se tiene el soporte del cortador de la base de la botella que permite ajustar su altura por medio de un tornillo que genera presión entre las superficies.

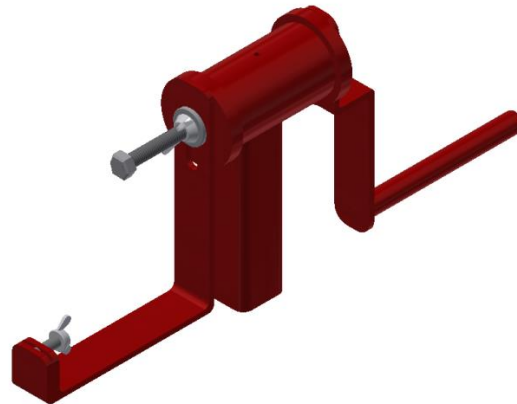
Ilustración 22: Base del mecanismo - cortador de la base de la botella



(Ilustración propia)

b. Mecanismo para cortar la base de la botella. El mecanismo tiene como objetivo cortar la base de la botella, el cual sujeta la cuchilla con forma triangular; si fuese el caso en el que se requiera cortar botellas con un diámetro menor a 116.8 mm, se debe modificar la altura del tornillo centrado; el mismo se puede desatornillar para mover el sujetador de cuchilla que posee una extensión máxima de 79 mm que se debe presionar por medio de una tuerca mariposa; dicho mecanismo está fabricado por medio de un eje de unión, el cual fue fabricado con dos cilindros concéntricos, colocándose en cada extremo dos tapones colocados a presión que conectan a la manivela y al sujetador de cuchilla (Ilustración 23).

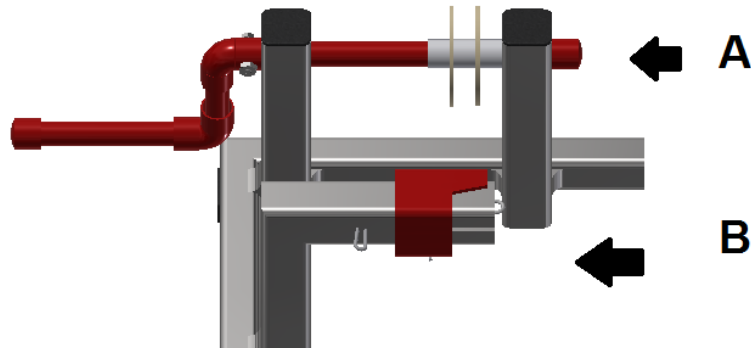
Ilustración 23: Mecanismo para cortar la base de la botella



(Ilustración propia)

c. Variador de anchos de fibras. En la Ilustración 24, se observa la segunda sección del mecanismo en la cual se cortan las fibras de la botella de plástico, estableciendo su ancho mediante el elemento B, y luego se enrollan en el carrete A.

Ilustración 24: Base del mecanismo – obtención de fibras



(Ilustración propia)

El variador de anchos de fibras se compone de un tubo cuadrado, un trozo de madera para sujetar la cuchilla y un pin. En la Ilustración 25, se observa el sistema ensamblado donde para variar los anchos se debe mover el variador de fibras hacia la dirección del pin; el cual posee una regla para seleccionar el ancho de la fibra.

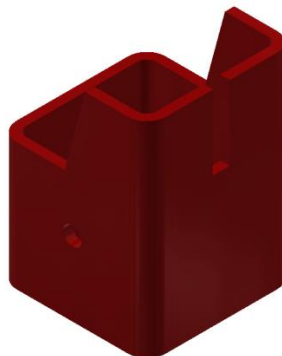
Ilustración 25: Mecanismo para variar el ancho de las fibras ensamblado en el mecanismo en dos vistas



(Ilustración propia)

En la Ilustración 26, se observa el variador de anchos de fibras que posee un agujero donde se aprieta con el tonillo y en la parte superior dos superficies en desnivel; la parte inferior nos permite apoyar la botella cuando este girando para obtener las fibras de la botella y la parte superior con la abertura en el centro permite que la fibra pueda salir del mecanismo.

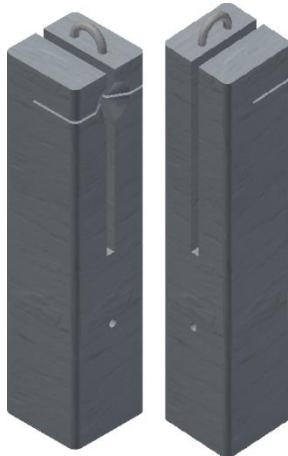
Ilustración 26: Variador de anchos de fibras



(Ilustración propia)

En la Ilustración 27, se observa el trozo de madera del mecanismo que permite sujetar la cuchilla de corte que debe introducirse en la sección cóncava que está en la intersección de la abertura en forma de “T”.

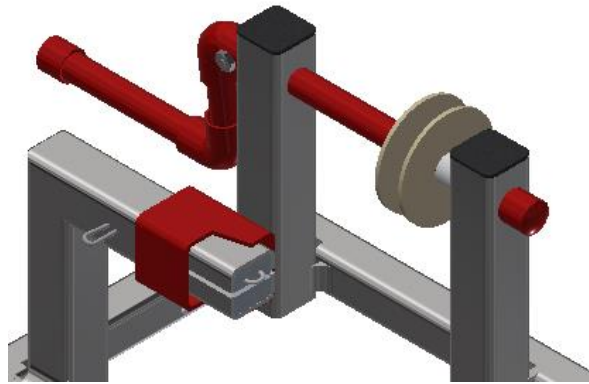
Ilustración 27: Mecanismo variador de anchos de fibras – trozo de madera



(Ilustración propia)

Las fibras se van obteniendo al girar la manivela del carrete de fibras recién cortadas. Este sistema se conforma de una manivela, tres trozos de PVC y dos sujetadores cilíndricos para ajustar las fibras; se observa en la Ilustración 28, cómo van colocadas las partes del carrete con relación al variador de fibras.

Ilustración 28: Carrete de fibras recién cortadas



(Ilustración propia)

En la Ilustración 29, en la sección donde se colocan las partes del carrete se debe insertar un pin que permite que, al girar la manivela, la pieza de PVC que tiene contacto con la fibra (Ilustración 30) gire al mismo tiempo.

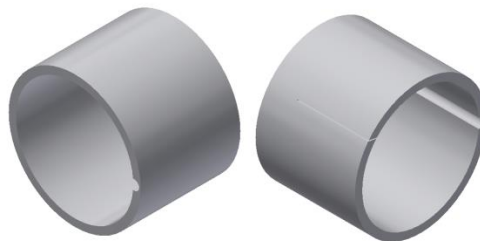
Ilustración 29: Manivela de PVC



(Ilustración propia)

Por último, en la Ilustración 30, se tienen los ajustes donde uno presiona el limitador de movimiento de las fibras y otro permite que se enrolle la fibra; el que genera presión entre los soportes solo tiene una abertura para poder pasar el pin de la manivela; en cambio, en el que se enrolla la fibra tiene la abertura del pin y la abertura donde se introduce la fibra inversa al movimiento de la manivela para que presione la fibra con el tubo.

Ilustración 30: En roscador de fibra y ajuste a presión de carrete



(Ilustración propia)

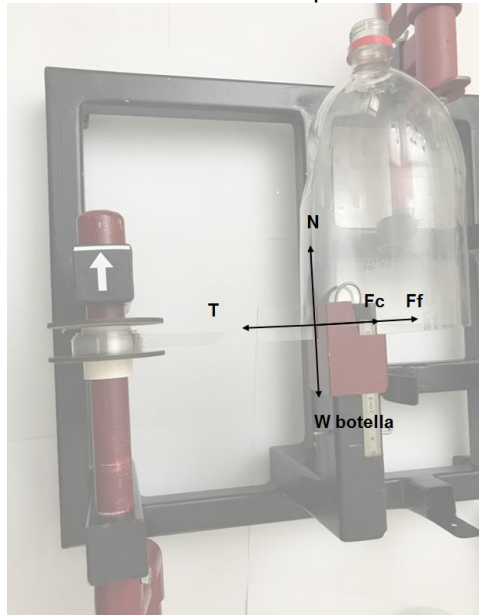
## D. FASE DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA

1. Análisis de las fibras en el mecanismo. En el mecanismo se corta la base de la botella y las fibras por medio de cuchillas. Para obtener el esfuerzo cortante generado en la botella, se deben analizar las fuerzas involucradas.

a. Análisis para la obtención de fibras. Cuando la botella está en este proceso se encuentra posicionada de forma horizontal, ya que esto permite que al ser cortada la fibra se desplace en el mismo eje en el que se está enrollando; las fuerzas que se encuentran presentes en este sistema son:

- F fricción
- F corte
- Tensión

Ilustración 31: DCL de la botella para cortar fibras



(Fotografía propia)

Para analizar este sistema, se debe realizar un equilibrio estático:

$$\sum F_y = N - W_{botella} = 0$$

$$N = W_{botella}$$

$$\sum F_x = F_{fricción} + F_{cortante} - Tensión = 0$$

La fuerza de fricción se define como:

$$F \text{ fricción} = \mu N$$

En este caso, el peso ( $W$ ) de la botella es despreciable, lo cual genera lo siguiente:

- La normal es despreciable.
- La fuerza de fricción es despreciable.
- $F_{\text{cortante}} = \text{Tensión}$

El esfuerzo cortante es una relación entre la fuerza y el área, el cual se representa con la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

En este caso, el área se debe calcular por medio del espesor de la fibra y el espesor de la cuchilla.

$$A = (\text{espesor fibra}) * (\text{espesor cuchilla})$$

$$A = 0.2540 \text{ mm} * 0.4000 \text{ mm} = 0.1016 \text{ mm}^2$$

Para obtener el esfuerzo cortante, se utilizará el módulo de elasticidad al corte o módulo de rigidez.

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Donde,

$$\nu = \text{Coeficiente de Poisson}$$

La aplicación de esta ecuación posee las siguientes limitaciones:

- Material isotrópico
- Material homogéneo

Con base en la tesis Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación de escobas ecológicas para la administración zonal Eloy Alfaro del municipio de Quito por Jhoanna Benítez de la universidad de las fuerzas armadas en Ecuador, se presenta que en los plásticos se puede determinar el esfuerzo cortante utilizando el resultado del módulo al corte o rigidez como dicho esfuerzo [9].

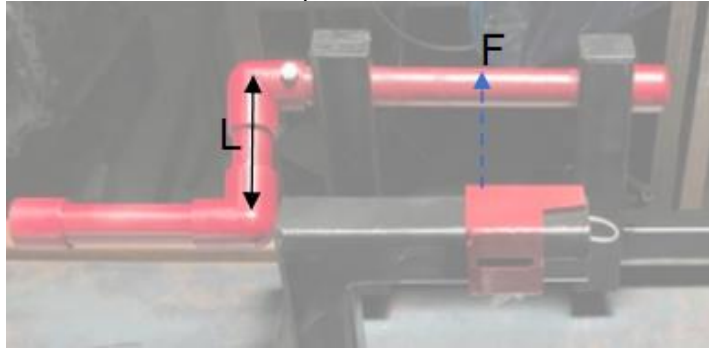
En la Tabla 2, se observan los valores del coeficiente de Poisson y el módulo de elasticidad a temperatura ambiente del PET. Por lo tanto, el esfuerzo cortante es:

$$\tau = \frac{2760 \text{ MPa}}{2(1 + 0.33)} = 1037.59 \text{ MPa} = 1.03759 \text{ GPa}$$

Por lo tanto, se puede obtener la fuerza cortante necesaria para cortar la fibra se obtiene de la ecuación de esfuerzo cortante que relación el área; lo cual da como resultado:

$$F = \tau * A = 1037.59 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 0.1016 \text{ mm}^2 = 105.42 \text{ N}$$

Ilustración 32: Torque necesario en la manivela



(Fotografía propia)

Con base en la Ilustración 32, se puede determinar el torque aplicado donde se enrolla la fibra utilizando el diámetro del enrollador de PVC que es de 33.5 mm; suponiendo que la persona siempre aplicará una fuerza que se encuentra a 90° en la manivela.

$$T = \left( \frac{33.5}{2} \text{ mm} \right) * 105.42 \text{ N} = 1765.77 \text{ N} * \text{mm}$$

Para determinar la fuerza ejercida en la manivela es necesario obtener L=100 mm, se debe realizar lo siguiente:

$$F_{manivela} = \frac{1765.77 \text{ N} * \text{mm}}{100 \text{ mm}} = 17.66 \text{ N}$$

2. Plan de mantenimiento. Los planes de mantenimiento diarios, semanales y mensuales serán ejecutados por los operarios, tomando en cuenta los equipos de protección adecuados que serán especificados posteriormente.

**Equipos de protección individual (EPI'S):**

- Guantes de protección
- Gafas

a. Mantenimiento preventivo

Tabla 13: Plan de mantenimiento preventivo diario.

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO</b>		<b>No.</b>	
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de terminación:	
<b>Actividad</b>			<b>x</b>
Revisión de la colocación de las piezas según el manual			
Revisión visual de todas las piezas del mecanismo			
Revisión de sujeción y colocación de cuchillas			
Verificar que las cuchillas utilizadas sean las adecuadas según su aplicación			
Verificar que se esté utilizando las cuchillas con la numeración según el último uso			
<b>Procedimiento</b>			
1. Verificar que el mecanismo no posea ninguna botella en proceso. 2. Verificar que las cuchillas estén desmontadas antes de movilizar el mecanismo. 3. Movilizar las partes para realizar las actividades descritas con anterioridad. 4. Colocar las piezas correspondientes para empezar a utilizar el mecanismo según el manual.			
<b>Tiempo estimado de ejecución: 10 min</b>			
<b>Generar orden de trabajo</b>			<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Observaciones:</b>			
<b>Operador:</b>		<b>Firma:</b>	

(Tabla propia)

Tabla 14: Plan de mantenimiento preventivo mensual.

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL</b>		<b>No.</b>	
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de terminación:	
<b>Actividad</b>			<b>x</b>
Revisión y posible cambio del variador de anchos metálico por el filo de las fibras			
Cambio de cuchillas por pérdida de filo			
<b>Procedimiento</b>			
1. Verificar que el mecanismo no posea ninguna botella en proceso. 2. Verificar que las cuchillas estén desmontadas antes de movilizar el mecanismo. 3. Movilizar las partes para realizar las actividades descritas con anterioridad. 4. Realizar los cambios necesarios en el variador de anchos tanto parte metálica como de madera. 5. Realizar la prueba del filo de las cuchillas utilizando una botella de prueba. 6. Colocar las piezas correspondientes para empezar a utilizar el mecanismo según el manual.			
<b>Tiempo estimado de ejecución:</b> 15-40 min en caso de cambios			
<b>Generar orden de trabajo</b>			Sí No
<b>Observaciones:</b>			
<b>Operador:</b>		<b>Firma:</b>	

(Tabla propia)

Tabla 15: Plan de mantenimiento preventivo anual.

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL</b>		<b>No.</b>	
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de terminación:	
<b>Actividad</b>			<b>x</b>
Revisión de cambios de cuchillas (revisar mantenimiento correctivo planificado)			
Revisión del deterioro estructural			
Cambio de tornillos			
Cambio de eje y manivela de PVC en caso de deterioro			
Cambio de trozo de madera			
Verificación del estado de la señalización de advertencia			
Revisión del estado de la regla de acero inoxidable del variador de ancho			
Revisión del variador de ancho parte metálica			
<b>Procedimiento</b>			
1. Verificar que el mecanismo no posea ninguna botella en proceso. 2. Verificar que las cuchillas estén desmontadas antes de movilizar el mecanismo. 3. Movilizar las partes para realizar las actividades descritas con anterioridad. 4. Realizar los cambios necesarios en el variador de anchos tanto parte metálica como de madera. 5. Realizar la prueba del filo de las cuchillas utilizando una botella de prueba. 6. Colocar las piezas correspondientes para empezar a utilizar el mecanismo según el manual.			
<b>Tiempo estimado de ejecución:</b> 40-50 min en caso de cambios			
<b>Generar orden de trabajo</b>			Sí No
<b>Observaciones:</b>			
<b>Operador:</b>		<b>Firma:</b>	

(Tabla propia)

## b. Mantenimiento correctivo planificado

Tabla 16: Plan de mantenimiento correctivo.

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>		<b>No.</b>	
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de terminación:	
<b>Actividad</b>			<b>x</b>
Cambio de cuchillas aproximadamente a las 50 botellas			
<b>Procedimiento</b>			
1. Verificar que el mecanismo no posea ninguna botella en proceso. 2. Verificar que las cuchillas estén desmontadas antes de movilizar el mecanismo. 3. Realizar la prueba del filo de las cuchillas utilizando una botella de prueba. 4. Colocar las piezas correspondientes para empezar a utilizar el mecanismo según el manual.			
<b>Tiempo estimado de ejecución:</b> 10 min en caso de cambio.			
<b>Generar orden de trabajo</b>			Sí No
<b>Observaciones:</b>			
<b>Operador:</b>		<b>Firma:</b>	

(Tabla propia)

## E. FASE DE COSTOS

Tabla 17: Presupuesto del prototipo del mecanismo.

Material	Cantidad	Largo (m)	Consumo mecanismo (m)	Costo por unidad (Q)	Valor (Q)
Tubo cuadrado de 1 1/2" ch.16	1	6	2.45	94.12	38.46
Tubo cuadrado de 1 1/4" ch.21	1	6	0.18	43.01	1.29
Tubo redondo 1 1/4" ch.20	1	6	0.07	38.21	0.45
Tubo redondo 1" ch.20	1	6	0.07	30.84	0.36
Hierro redondo 2"	1	6	0.03	1300.00	6.93
Hierro redondo de 1/2"	1	6	0.12	47.27	0.93
Angular 1 1/2" x 1/8	1	6	0.07	92.49	1.08
Hierro plano de 1" x 1/8"	1	6	0.43	31.08	2.21
Tubo PVC 3/4"	1	2	0.45	7.38	1.66
Codo PVC 3/4" liso	2	--	0.00	1.15	2.30
Tapón PVC hembra 3/4" liso	2	--	0.00	1.00	2.00
Copla PVC 3/4"	2	--	0.00	1.00	2.00
Roldana de acero Zinc 5/16"	1	--	0.00	1.70	1.70
Tuerca de acero Zinc 5/16"	1	--	0.00	0.25	0.25
Tuerca mariposa de 1/4"	3	--	0.00	0.25	0.75
Tornillo de 1/4"	4	--	0.00	0.75	3.00
Tuerca de 1/4" x 2"	1	--	0.00	1.00	1.00
Tuerca mariposa de 5/16"	1	--	0.00	0.25	0.25
Varilla roscada de 5/16"	1	1	0.11	12.25	12.25
Regla de acero inoxidable de 200 mm	1	--	0.00	10.40	10.40
Alambre galvanizado	--	--	--	--	0.00
Madera de 2x2x8	1	--	0.14	29.95	0.52
Taco cuadrado plástico de 1 1/4"	4	--	0.00	1.50	6.00
Taco cuadrado plástico de 1 1/2"	2	--	0.00	1.50	3.00
Cuña para puerta hule 2 piezas	1	--	0.00	15.00	15.00
Cuchillas para corte de fibras	1	10	0.00	18.00	18.00
Cuchillas para corte de base botella	1	5	0.00	10.00	5.00
Madera MDF 1.22 x 2.44 m de 1/4"	--	--	--	--	0.00
Mano de obra	--	--	--	--	400.00
<b>TOTAL</b>					<b>536.77</b>

(Tabla propia)

## VI. RESULTADOS

### A. PRUEBAS DE LAS FIBRAS

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción realizadas a las fibras; las que se llevaron a cabo bajo dos condiciones distintas: sin deslizamiento y con deslizamiento. Para las pruebas sin deslizamiento, las fibras fueron colocadas directamente a las mordazas (Ilustración 18), las que generaron una posibilidad de fallo prematuro en todas las pruebas (Ilustración 34), por lo que fue necesario realizar pruebas con otro material intermedio que provocó cierto deslizamiento. Los materiales de la Ilustración 20 fueron los seleccionados para las pruebas con deslizamiento, utilizándose partes de una llanta (material A y C), los que produjeron un deslizamiento significativo sin lograr llegar al punto de ruptura de las fibras. Por otra parte, el pegamento de contacto causó un cambio químico que produjo el rompimiento en la unión de las dos fibras adheridas (Ilustración 33). Finalmente, el material B de la Ilustración 20 (tipo fomi) permitió que las fibras se fracturarán por la carga aplicada, aun así, hubo deslizamiento entre 10 y 15 mm, aproximadamente.

Ilustración 33: Ruptura de fibras por pegamento de contacto.



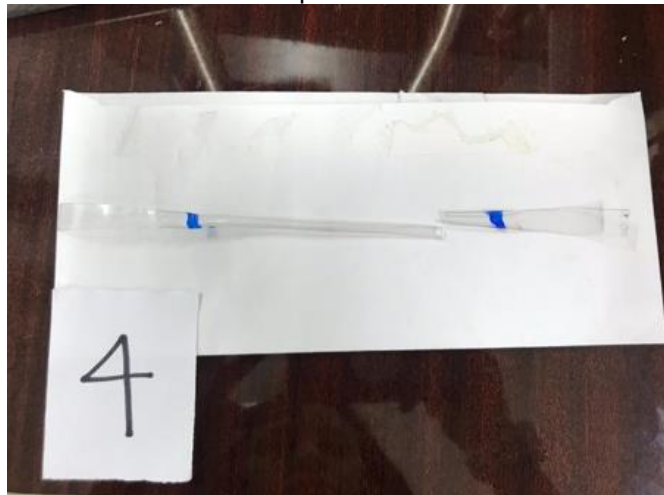
(Fotografía propia)

Ilustración 34: Falla de las primeras pruebas sin material intermedio



(Fotografía propia)

Ilustración 35: Estado físico de la cuarta prueba de 10 mm de las fibras post prueba.



(Fotografía propia)

## 1. Resultado de las pruebas de resistencia sin deslizamiento

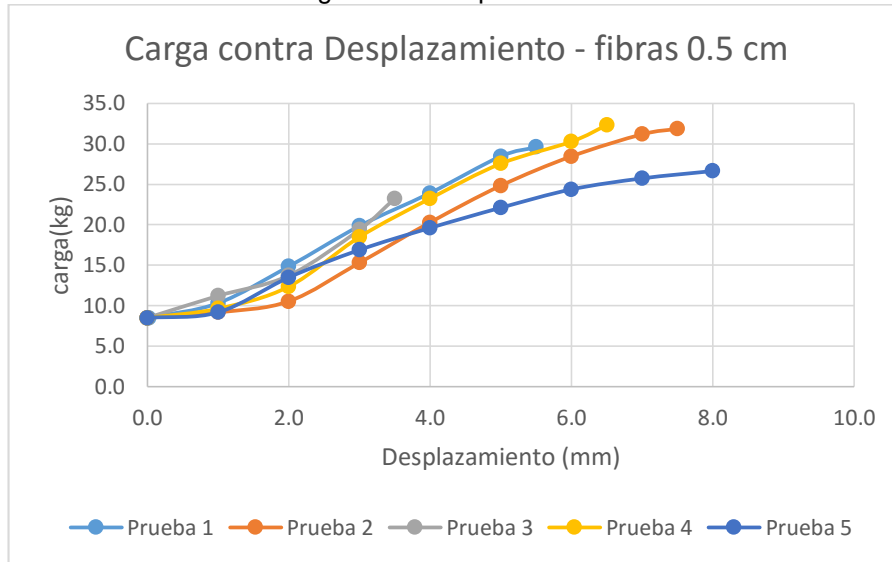
Tabla 18: Resultados de las pruebas de las fibras sin deslizamiento.

0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm	
No. Prueba	Carga de ruptura (kg)	No. Prueba	Carga de ruptura (kg)	No. Prueba	Carga de ruptura (kg)	No. Prueba	Carga de ruptura (kg)
1	12.69	1	14.74	1	60.32	1	86.85
2	10.43	2	34.69	2	59.86	2	108.16
3	23.13	3	19.50	3	44.00	3	105.67
4	14.74	4	26.08	4	61.22	4	75.28
5	28.57	5	22.00	5	48.53	5	78.69
6	40.36	--	--	--	--	--	--
<b>Promedio (+)</b>	21.66	<b>Promedio (+)</b>	23.40	<b>Promedio (+)</b>	54.78	<b>Promedio (+)</b>	90.93
<b>Precarga</b>	34.44	<b>Precarga</b>	36.19	<b>Precarga</b>	67.57	<b>Precarga</b>	103.72

(Tabla propia)

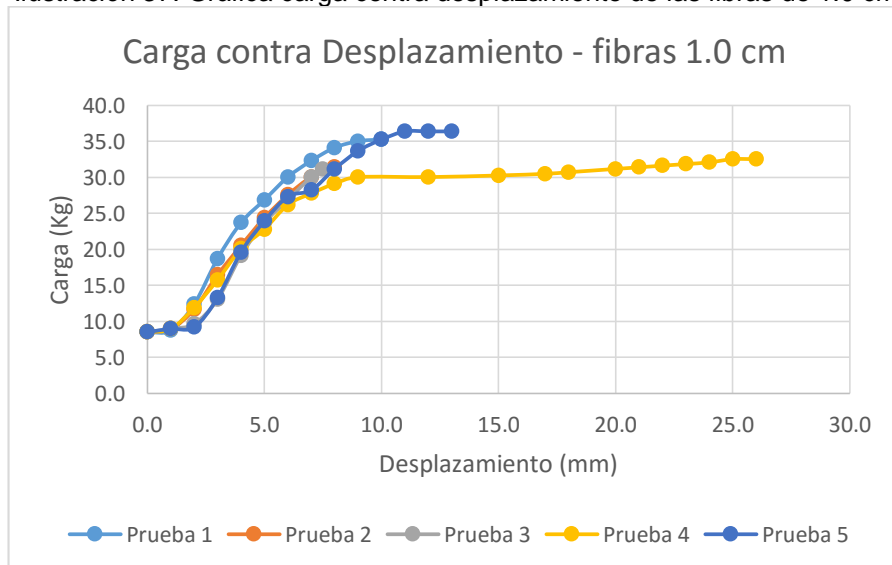
## 2. Resultados de las pruebas de resistencia con deslizamiento

Ilustración 36: Gráfica carga contra desplazamiento de las fibras de 0.5 cm.



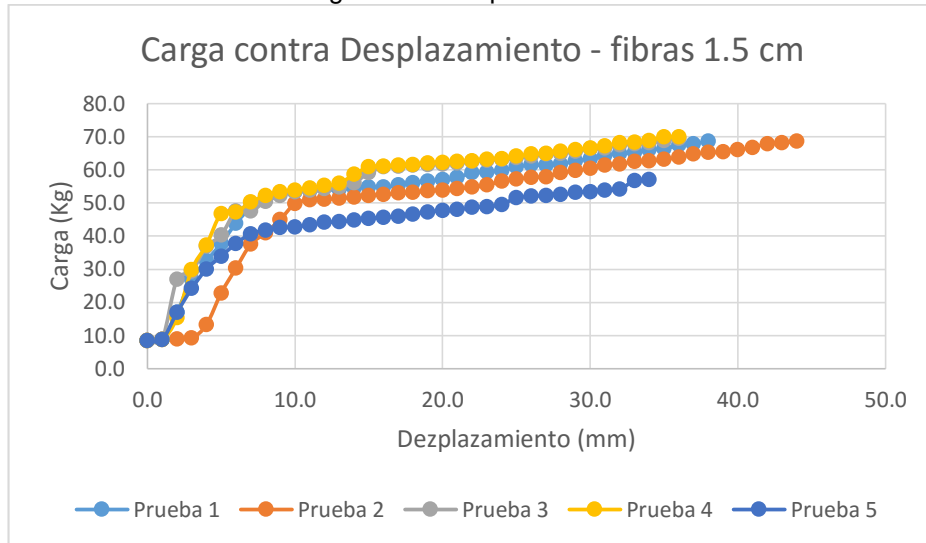
(Ilustración propia)

Ilustración 37: Gráfica carga contra desplazamiento de las fibras de 1.0 cm.



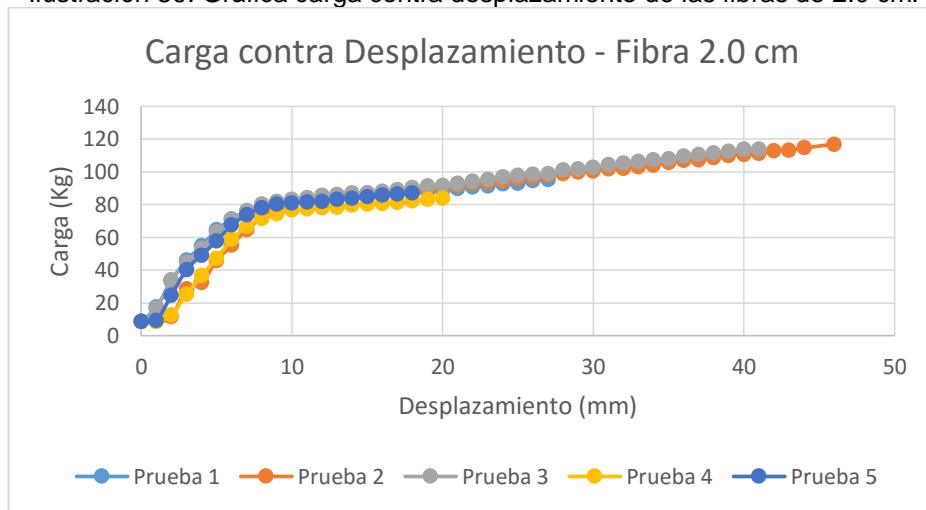
(Ilustración propia)

Ilustración 38: Gráfica carga contra desplazamiento de las fibras de 1.5 cm.



(Ilustración propia)

Ilustración 39: Gráfica carga contra desplazamiento de las fibras de 2.0 cm.



(Ilustración propia)

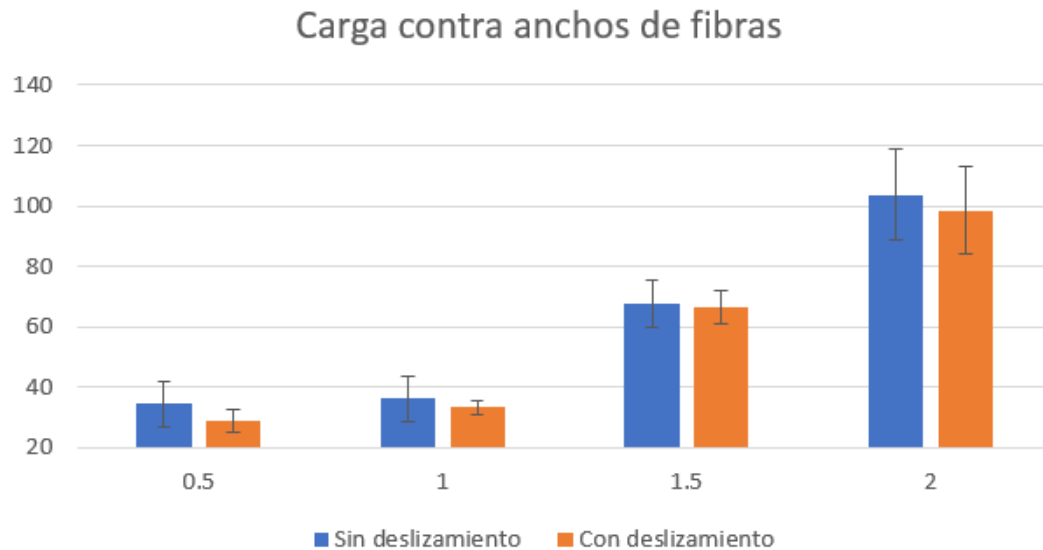
### 3. Comparación de las pruebas de resistencia con y sin deslizamiento

Tabla 19: Comparación de fibras con y sin deslizamiento con su respectiva desviación estándar.

Condición	Sin deslizamiento		Con deslizamiento	
	Anchos (cm)	Desviación estándar	Carga Promedio (Kg)	Desviación estándar
0.5	7.65	34.44	3.80	28.73
1	7.53	36.19	2.35	33.35
1.5	7.96	67.57	5.46	66.73
2	15.21	103.72	14.30	98.52

(Tabla propia)


Ilustración 40: Carga de ruptura contra anchos de fibras sin y con deslizamiento con su desviación estándar.



(Ilustración propia)

## B. FICHA TÉCNICA FIBRAS

Tabla 20: ficha técnica de las fibras de plástico PET de bebidas desechas obtenidas con el mecanismo.

<b>FICHA TÉCNICA</b>				
				
<b>Identificación del producto</b>				
<b>Nombre del producto</b>		Fibras de plástico		
<b>Composición</b>		Politereftalato de etileno(PET)		
<b>Botellas</b>		Coca Cola 3 L		
<b>Forma de la botella</b>				
<b>Descripción</b>				
Fibras de plástico PET de bebidas desechas que poseen una forma rectangular de diferentes anchos que son obtenidas del prototipo del mecanismo metálico.				
<b>Datos de botella</b>				
<b>Capacidad</b>	3L	<b>Espesor</b>	0.254 mm	
<b>Altura</b>	361 mm	<b>Diámetro</b>	116.8 mm	
<b>Densidad promedio</b>	1.39 g/cm <sup>3</sup>	<b>Material</b>	Amorfo	
<b>Anchos de fibras</b>				
5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	
<b>Propiedades fibras</b>				
<b>Promedio de resultados con base a 5 pruebas</b>				
<b>Propiedad</b>	<b>5 mm</b>	<b>10 mm</b>	<b>15 mm</b>	<b>20 mm</b>
Esfuerzo a la tensión (nominal) (MPa)	0.328	0.326	0.401	0.387
Porcentaje de alargamiento en la ruptura (%)	3.10	5.73	18.80	14.70
Esfuerzo a la tensión (permisible) (MPa)	0.164	0.163	0.201	0.193
Porcentaje de elongación permisible (%)	1.55	2.87	9.40	7.35
Carga máxima de ruptura (Kg)	32.31	36.39	69.95	116.89
Carga máxima promedio (Kg)	28.73	33.35	66.73	98.52
Desviación estándar	3.80	2.35	5.46	14.30
<b>Referencia: Largo de fibras</b>				
1 cm	5.9 m	2 cm	3.10 m	

(Tabla propia)

## C. MECANISMO FABRICADO

### 1. Proceso gráfico

Mecanismo instalado



Colocación de la cuchilla



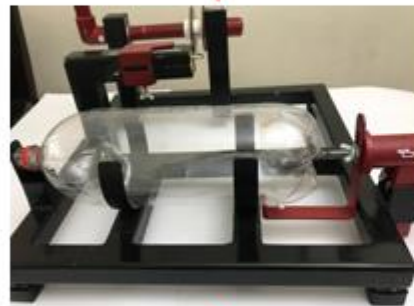
Sí

¿Es una botella más pequeña que la establecida?

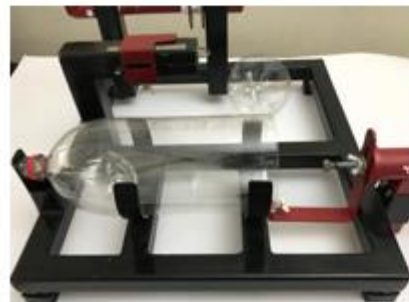


Cuchilla instalada

No



Colocar la botella



Girar el mecanismo de corte de la base



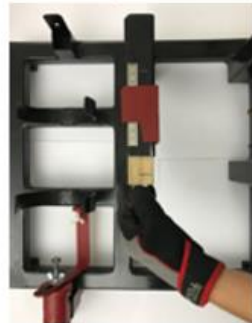
Retirar el pin



Colocar la cuchilla que corta las fibras



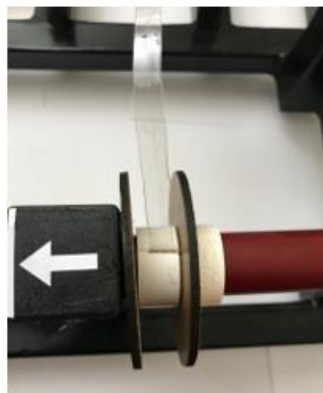
Retirar el trozo de madera



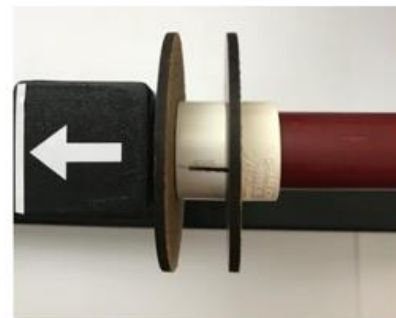
Colocar el trozo de madera y el pin



Girar la botella hasta obtener las primeras fibras



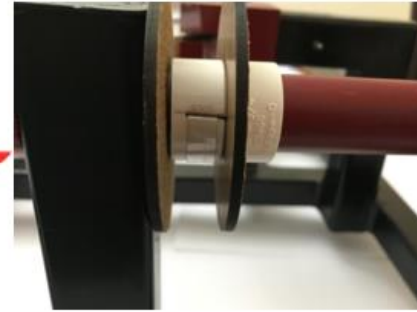
Colocar la fibra



Enrollar la fibra en el PVC que posee una ranura que debe estar en contra de la dirección del giro de la manivela.



Realizar el giro de forma detenida.



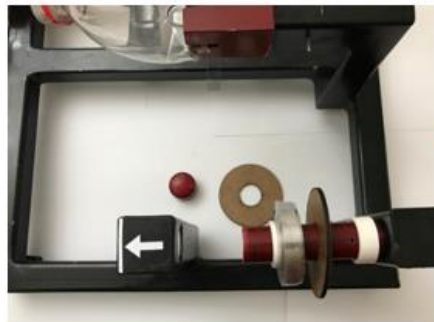
Verificar que no se salga la fibra de la abertura



Girar la manivela



Verificar que la botella se mantenga alineada a la pieza metálica que varía los anchos.



Desajustar el tapón de eje de giro



Cortar antes de que empiece la superficie irregular de la botella



Retirar el PVC de las fibras



Fibras de la botella de plástico PET

## VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Uno de los principales objetivos de este proyecto era la realización de un prototipo de un mecanismo para obtener fibras de plástico PET de botellas desechadas; para su ejecución se dividió el mecanismo en dos fases: corte de base de la botella y corte de las fibras; debido a que era más rápido el proceso en comparación que al realizar el corte de las fibras de forma manual.

Entre las limitaciones que se establecieron para el mecanismo fue que la botella más grande que se puede cortar es una botella de 3 L del producto de “Coca Cola” que posee un diámetro de 116.8 mm, por su superficie homogénea.

Para las propuestas iniciales del mecanismo, se realizaron pruebas en madera que permitieron visualizar su funcionamiento. En la primera fase, que es el corte de la base de la botella, se consideró que el mismo se podría hacer de dos maneras, girando la botella contra una cuchilla fija o girando una cuchilla alrededor de la botella fija. Dada la poca rigidez de la botella al estar vacía, se decidió que lo más práctico era fijar la botella y hacer girar la cuchilla alrededor de su base, diseñándose así un prototipo similar a la propuesta cuatro de la Tabla 7 por su facilidad de uso y al poseer un material más resistente.

En la segunda fase, que es la obtención de fibras, se fabricaron los mecanismos que se observan en la Tabla 8 para verificar la forma más práctica para desenrollar la fibra sin que existan altas perturbaciones en el movimiento de la botella, las cuales pueden afectar la tolerancia aceptable para el ancho de la fibra, por consiguiente se fabricó un mecanismo en acero de la propuesta cuatro de la Tabla 8, donde se logró variar los anchos de la botella y colocar la misma en forma horizontal sin necesidad de un mecanismo que sostenga la botella al ser cortada; dando como resultado una tolerancia de 1.5 mm con un ancho máximo seleccionado de 40 mm por limitaciones del diseño. Así mismo se determinó que la fuerza necesaria para cortar la fibra con la cuchilla es de 17.66 N, fuerza que es significativamente pequeña.

El costo final del mecanismo fabricado con los materiales seleccionados por el diseñador es de Q.136.77 más la mano de obra que es de aproximadamente Q. 400.00 dando un total de Q. 536.77 (Tabla 17), el cual cumple con el requerimiento de costo establecido máximo de Q. 1, 000.00.

En el análisis de las fibras se observó una falla prematura que se presentó al estar directamente en contacto con las mordazas; por lo que se tuvo que realizar una segunda corrida de pruebas con un material intermedio tipo fomi (Ilustración 20), el cual presentó el menor deslizamiento entre los materiales propuestos; dando como resultado su desplazamiento contra carga en la ilustración 36-39, donde su carga de ruptura promedio fue de 28.73 Kg, 33.35 Kg, 66.73 Kg y 98.52 Kg para los anchos de 5, 10, 15, y 20 mm, respectivamente.

Por lo tanto, al realizar los análisis de las fibras con referencia a la norma ASTM D882 de las cinco pruebas realizadas por cada ancho, se obtuvo que el esfuerzo promedio a la tensión permisible es de 0.164 MPa (5 mm), 0.163 MPa (10 mm), 0.201 MPa (15 mm) y 0.193 MPa (20 mm); teniendo una elongación respectiva de 1.55%, 2.87%, 9.40%, 7.35% con relación a la carga de ruptura dada anteriormente; los resultados muestran que la fibra que soporta mayor esfuerzo a la tensión son las fibras de 15 mm pero al tener una mayor elongación, se puede asumir que por el deslizamiento de las fibras pudo alterar los resultados; debido a que se esperaba que la fibra que soporte mayor esfuerzo sea la de 20 mm, aun así la diferencia entre los esfuerzos no es muy alta (0.008 MPa) en comparación a sus resultados.

Por lo tanto, el mecanismo es capaz de obtener fibras de hasta 40 mm de ancho con botellas menores a 116.8 mm de diámetro que posean una superficie lisa y no se encuentren con deformaciones y/o irregularidades que impidan cumplir con la tolerancia de 1.5 mm; aunque si es posible obtener fibras con botellas deformadas, pero no se mantienen los anchos homogéneos. Por otro lado, se observan los planos del mecanismo como referencia para el usuario en el anexo I, donde sus dimensiones pueden ser alteradas, pero se debe verificar que el mecanismo siga cumpliendo su objetivo de obtener fibras plásticas; modificándose para botellas con dimensiones menores a las especificados para cortar las fibras y no tener que realizar los cambios en cada botella en el mecanismo actual.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Los envases que se pueden procesar en el mecanismo no deben exceder un diámetro 116.8 mm y deben presentar un estado adecuado para evitar la obtención de fibras irregulares con una tolerancia de 1.5 mm.
2. El mecanismo fue fabricado por medio de prototipos que permiten el cumplimiento del objetivo; el cual es cortar la base de la botella y variar el ancho de las fibras.
3. El costo del prototipo final propuesto es de Q. 536.77.
4. Se cumplió con la elaboración de una ficha técnica de las fibras con referencia a la norma ASTM D882 (Tabla 20).

## IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda leer el manual de usuario previo a la utilización del mecanismo.
2. No se debe exponer el mecanismo a un lugar húmedo donde perjudique la movilidad del mismo y, los materiales sensibles a la humedad y corrosión que lo componen.
3. En caso no se tengan a dos operadores, se recomienda sujetar el mecanismo a una mesa o base firme para evitar que al obtener las fibras no pueda voltearse la estructura.
4. Se recomienda realizar las observaciones y los cambios de las piezas con base al plan de mantenimiento establecido en el manual de usuario y en el presente documento.
5. Se recomienda utilizar otro material para la manivela, para evitar posible fractura y/o corrosión.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agexport. *Comisión de plástico*. <http://export.com.gt/sectores/comision-de-plasticos/#miembro-de> [25/01/2018]
- [2] American Chemistry Council. *Plastic Packaging Resin Identification Code*. <https://plastics.americanchemistry.com/Plastic-Packaging-Resin-Identification-Codes/> [20/01/2018]
- [3] American Society for Testing and Materials. 2017. *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting.D882*
- [4] AMSA. *Desechos Sólidos*. <http://amsa.gob.gt/web/divisiones/divisiones-tecnicas/desechos-solidos/> [01/05/2018]
- [5] Anderson, David, *et al.* 2012. *Estadística para negocios y economía*. 11a edición. México D. F.: Cengage. 95 - 99 págs.
- [6] ATCP. *Polímeros*. <http://www.atcp.com.br/es/productos/caracterizacion-de-materiales/propiedades-materiales/tablas-propiedades/polimero-fibrosos.html> [15/08/2018]
- [7] Benítez, Jhoanna. 2015. *Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación de escobas ecológicas*. Tesis Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. 108 págs.
- [8] Carillo, Byron. 2014. <<Diseño y construcción de un extrusor de tornillo para la obtención de pellets de botellas plásticas de PET recicladas>>.Tesis de escuela superior politécnica de Chimborazo. 113 págs.
- [9] Forbes. *Idyllic Caribbean Island Covered In A Tide Of Plastic Trash Along Coastline*. <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2017/10/27/idyllic-caribbean-island-covered-in-a-tide-of-plastic-trash-along-coastline/#614725f62524> [10/06/2018]
- [10] Guajardo, Adriana, *et al.* *Propiedades de los plásticos reciclados*. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/argres027.pdf>[25/02/2018]
- [11] Hachi, José& Rodríguez, Juan. 2010. <<Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil>>. Tesis Universidad Politécnica Salesiana. 146 págs.
- [12] Hug It Forward. *Hug It Forward*. <http://hugitforward.org/> [18/02/2018]
- [13] Laville, Sandra y Taylor, Matthew. 2017. *A million bottles a minute: world's plastic binge'as dangerous as climate change*. <https://www.theguardian.com/environment/2017/jun/28/a-million-a-minute-worlds-plastic-bottle-binge-as-dangerous-as-climate-change>[18/02/2018]
- [14] MARN. *MARN presenta Política Nacional para la gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos*. [http://www.marn.gob.gt/noticias/Notas/MARN\\_presenta\\_Poltica\\_Nacional\\_para\\_la\\_gestin\\_Integral\\_de\\_los\\_Residuos\\_y\\_Desechos\\_Slidos](http://www.marn.gob.gt/noticias/Notas/MARN_presenta_Poltica_Nacional_para_la_gestin_Integral_de_los_Residuos_y_Desechos_Slidos) [01/05/2018]

- [15] Martínez, Gonzalo. *et al.* 2015. *Materiales sustentables y reciclados en la construcción*. México: Omnia Publisher SL. 97- 101 págs.
- [16] Méndez, Adrián. *La cristalinidad*. <https://www.pt-mexico.com/art%C3%ADculos/la-cristalinidad-amigo-o-enemigo-durante-el-procesamiento-del-pet>[18/02/2018]
- [17] MTS. *Método de ensayo nota técnica material plástico*. [https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts\\_4016220.pdf](https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts_4016220.pdf) [18/02/2018]
- [18] PeaceCorps. *s.f. Bienvenido a Guatemala*. <http://www.peacecorps.gov/wws/stories/bienvenido-guatemala/> [18/02/2018]
- [19] Pereira, André. *Ajuste Do cortador de fundo de garrafas PET*. <https://www.youtube.com/watch?v=9PEZfTgCm4k> [18/02/2018]
- [20] Plastics- The mag. *Environmentally-friendly dogout made in plastic*. <http://www.plastics-themag.com/snapshots/environmentally-friendly-dugout-made-in-plastic>[18/02/2018]
- [21] Smith. William& Hashemi. Javad. 2014. *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. 5ta edición. México: Mc Graw Hill. 334-335 págs.
- [22] Suasnavas. Darwin. 2017. <<Degradación de materiales plásticos “PET” (Polyethylene terephthalate), como alternativo para su gestión>>. Tesis Universidad Católica del Ecuador. 62 págs.
- [23] UCursos. *Conceptos de isotropía y de anisotropía, también de textura*. [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2009/1/MT773/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=217228](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2009/1/MT773/1/material_docente/bajar?id_material=217228)[18/02/2018]
- [24] Valenzuela, A. 2018. <<Optimuskutt: sistema de corte transversal para botellas de vidrio>>. Tesis Universidad Rafael Landívar. 191 págs.

## XI. ANEXOS

### A. Clasificación de la fibra como un material amorfo o cristalino

Peso de muestras de bebidas PET de 3 Litros dependiendo de la marca.

<b>Coca Cola (gr)</b>	<b>Pepsi (gr)</b>
0.9503	1.0544
1.0103	1.0139
0.9520	1.0679
1.0272	1.0538
1.0107	1.0515

Densidad de los materiales para determinar si es cristalino o amorfo.

<b>Propiedad</b>	<b>Coca Cola 3L</b>	<b>Pepsi 3L</b>
<b>Ancho (cm)</b>	4.7160	4.7160
<b>Largo (cm)</b>	5.9200	5.9200
<b>Espesor (cm)</b>	0.0254	0.0254
<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	0.7091	0.7091
<b>Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.3962	1.4783
<b>Amorfo o Cristalino</b>	Amorfo	Cristalino

### B. Cálculos de las pruebas de las fibras D882

**Resistencia a la tracción o en la rotura (nominal)**

$$\text{Resistencia a la tracción} = \frac{\text{carga máxima}}{\text{área transversal mínima del espécimen}} \quad [\text{MPa}], [\text{Lbf/in}^2]$$

- Aplicar tres cifras significativas

**Resistencia a la tracción en la rotura (nominal) - Esfuerzo de tensión en la rotura**

$$\begin{aligned} \text{Resistencia a la tracción en la rotura} \\ = \frac{\text{carga en la rotura}}{\text{área transversal mínima del espécimen}} \quad [\text{MPa}], [\text{Lbf/in}^2] \end{aligned}$$

### Porcentaje de alargamiento en la ruptura (elongación)

$$\text{Porcentaje de alargamiento en la ruptura} = \frac{\text{extensión de la muestra en el momento de la rotura}}{\text{longitud inicial de la muestra}} \times 100 \text{ [\%]}$$

- Aplicar dos cifras significativas

### Resistencia a la rotura (Esfuerzo permisible)

$$\text{Resistencia a la rotura} = \frac{\text{carga en el límite de elasticidad}}{\text{área transversal mínima del espécimen}} \text{ [MPa], [Lbf/in}^2\text{]}$$

- Aplicar tres cifras significativas.
- Verificar si cumple con la ley de Hooke al inicio, lo cual se puede compensar en el apéndice de prueba de la norma D638. Se debe dar en límite elástico [%].

### Porcentaje de elongación permisible

$$\text{Porcentaje de elongación permisible} = \frac{\text{extensión de la muestra en el punto de fluencia}}{\text{longitud inicial de la muestra}} \times 100 \text{ [\%]}$$

- Aplicar dos cifras significativas.
- Corregir compensación de punto (ver anexo A1 de la norma).

### Desviación estándar estimada

$$S = \sqrt{(\Sigma X^2 - n\bar{X}^2)/(n - 1)}$$

Donde:

$s$ = desviación estándar estimada,

$X$ =valor de una observación,

$n$ = número de observaciones, y

$\bar{X}$ = promedio aritmético de todas las observaciones.

### C. Cálculos para determinar las propiedades de las fibras

Fibras			
Sección transversal Mínima (mm)			
5	10	15	20
3.94	5.00	7.68	19.50
3.94	4.00	7.66	8.80
3.54	5.00	7.90	12.56
4.20	4.00	7.10	11.58
3.60	4.68	6.30	8.90

Carga máxima (N)					
Ancho (mm)	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
5	260.57	280.54	204.66	284.54	234.61
10	310.50	276.55	274.55	286.54	320.48
15	604.05	604.05	612.04	616.04	502.21
20	837.70	1029.41	965.51	737.85	767.81

#### Resistencia a la tracción o en la rotura (nominal)

$$\text{Resistencia a la tracción} = \frac{\text{carga máxima de prueba } N_o}{\text{área transversal mínima del espécimen}} \quad [MPa], [Lbf/in^2]$$

$$\text{área transversal mínima} = \text{sección transversal mínima} \times \text{largo inicial}$$

#### Porcentaje de alargamiento en la ruptura (elongación)

$$\text{Porcentaje de alargamiento en la ruptura} = \frac{\text{extensión de la muestra en el momento de la rotura}}{\text{longitud inicial de la muestra}} \times 100 \quad [\%]$$

#### Resistencia a la rotura (Esfuerzo permisible)

$$\text{Resistencia a la rotura} = \text{resistencia a la tracción o en la ruptura} / \text{factor de seguridad} \quad [MPa], [Lbf/in^2]$$

#### Porcentaje de elongación permisible

$$\text{Porcentaje de elongación permisible} = \text{porcentaje de alargamiento nominal} / \text{factor de seguridad}$$

## D. Tablas de resultados de las fibras con deslizamiento

Para los resultados posteriores se utilizó un sensor que nos muestra el desplazamiento en las fibras con deslizamiento.

0.5 cm									
1		2		3		4		5	
Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)
0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5
1.0	10.3	1.0	9.2	1.0	11.2	1.0	9.6	1.0	9.2
2.0	14.8	2.0	10.5	2.0	13.7	2.0	12.4	2.0	13.5
3.0	19.8	3.0	15.3	3.0	19.4	3.0	18.5	3.0	16.9
4.0	23.9	4.0	20.3	3.5	23.2	4.0	23.2	4.0	19.6
5.0	28.5	5.0	24.8			5.0	27.5	5.0	22.1
5.5	29.6	6.0	28.5			6.0	30.3	6.0	24.4
		7.0	31.2			6.5	32.3	7.0	25.7
		7.5	31.9					8.0	26.6
<b>5.5</b>	<b>29.6</b>	<b>7.5</b>	<b>31.9</b>	<b>3.5</b>	<b>23.2</b>	<b>6.5</b>	<b>32.31</b>	<b>8.0</b>	<b>26.6</b>
<b>Promedio desplazamiento</b>							6.2	<b>Promedio Carga</b>	28.7

1 cm									
1		2		3		4		5	
Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)
0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5
1.0	8.7	1.0	9.0	1.0	9.0	1.0	9.0	1.0	9.0
2.0	12.4	2.0	11.7	2.0	9.6	2.0	11.9	2.0	9.2
3.0	18.7	3.0	16.4	3.0	13.0	3.0	15.8	3.0	13.3
4.0	23.7	4.0	20.5	4.0	19.2	4.0	20.1	4.0	19.6
5.0	26.9	5.0	24.4	5.0	23.7	5.0	22.8	5.0	23.9
6.0	30.0	6.0	27.5	6.0	26.9	6.0	26.2	6.0	27.3
7.0	32.3	7.0	30.0	7.0	30.0	7.0	27.8	7.0	28.2
8.0	34.1	8.0	31.4	7.5	31.2	8.0	29.1	8.0	31.2
9.0	35.0					9.0	30.0	9.0	33.7
10.0	35.3					12.0	30.0	10.0	35.3
						15.0	30.3	11.0	36.4
						17.0	30.5	12.0	36.4
						18.0	30.7	13.0	36.4
						20.0	31.2		
						21.0	31.4		
						22.0	31.6		
						23.0	31.9		
						24.0	32.1		
						<b>25.0</b>	<b>32.5</b>		
						<b>26.0</b>	<b>32.5</b>		
<b>10.0</b>	<b>35.3</b>	<b>8.0</b>	<b>31.4</b>	<b>7.5</b>	<b>31.2</b>	<b>26.0</b>	<b>32.5</b>	<b>13.0</b>	<b>36.39</b>
<b>Promedio desplazamiento</b>							12.9	<b>Promedio Carga</b>	33.4

15 cm									
1		2		3		4		5	
Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)
0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	8.5
1.0	8.7	1.0	8.7	1.0	8.7	1.0	8.7	1.0	8.7
2.0	16.9	2.0	9.0	2.0	26.9	2.0	15.3	2.0	16.9
3.0	27.1	3.0	9.2	3.0	29.4	3.0	29.8	3.0	24.1
4.0	32.5	4.0	13.3	4.0	36.8	4.0	37.3	4.0	30.0
5.0	37.8	5.0	22.8	5.0	40.2	5.0	46.8	5.0	33.9
6.0	43.9	6.0	30.3	6.0	47.5	6.0	47.3	6.0	37.8
7.0	48.6	7.0	37.5	7.0	47.5	7.0	50.2	7.0	40.7
8.0	51.8	8.0	40.9	8.0	50.5	8.0	52.3	8.0	41.8
9.0	52.7	9.0	45.0	9.0	52.3	9.0	53.4	9.0	42.5
10.0	53.4	10.0	49.8	10.0	53.4	10.0	53.9	10.0	42.7
11.0	53.6	11.0	50.9	11.0	53.9	11.0	54.5	11.0	43.4
13.0	54.1	12.0	51.1	12.0	54.3	12.0	55.2	12.0	44.1
14.0	54.5	13.0	51.4	13.0	54.8	13.0	55.9	13.0	44.3
15.0	54.8	14.0	51.8	14.0	56.1	14.0	58.6	14.0	44.8
16.0	54.8	15.0	52.3	15.0	59.1	15.0	60.9	15.0	45.2
17.0	55.4	16.0	52.5	16.0	60.9	16.0	61.1	16.0	45.7
18.0	56.1	17.0	52.9	17.0	61.1	17.0	61.3	17.0	45.9
19.0	56.6	18.0	53.2	18.0	61.3	18.0	61.6	18.0	46.6
20.0	57.0	19.0	53.6	19.0	61.6	19.0	62.0	19.0	47.3
21.0	57.7	20.0	53.9	20.0	61.8	20.0	62.2	20.0	47.7
22.0	59.1	21.0	54.3	21.0	62.0	21.0	62.5	21.0	48.0
23.0	59.3	22.0	54.8	22.0	62.5	22.0	62.7	22.0	48.6
24.0	59.7	23.0	55.4	23.0	62.9	23.0	63.1	23.0	48.9
25.0	60.9	24.0	56.6	24.0	63.1	24.0	63.4	24.0	49.5
26.0	61.6	25.0	57.3	25.0	63.6	25.0	64.1	25.0	51.6
27.0	61.3	26.0	57.7	26.0	64.1	26.0	64.7	26.0	52.0
28.0	61.8	27.0	57.9	27.0	64.7	27.0	65.0	27.0	52.3
29.0	62.7	28.0	59.1	28.0	65.0	28.0	65.6	28.0	52.5
30.0	63.4	29.0	59.7	29.0	65.6	29.0	66.1	29.0	53.2
31.0	64.3	30.0	60.4	30.0	66.3	30.0	66.5	30.0	53.4
32.0	65.0	31.0	61.3	31.0	66.5	31.0	67.2	31.0	53.9
33.0	65.2	32.0	61.8	32.0	67.5	32.0	68.1	32.0	54.1
34.0	66.1	33.0	62.5	33.0	67.9	33.0	68.4	33.0	56.8
35.0	66.3	34.0	62.7	34.0	68.1	34.0	68.8	34.0	57.0
36.0	67.5	35.0	63.1	35.0	68.8	35.0	70.0		
37.0	67.9	36.0	63.8	36.0	69.5	36.0	70.0		
38.0	68.6	37.0	64.7						
		38.0	65.2						
		39.0	65.4						
		40.0	66.1						
		41.0	66.8						
		42.0	67.9						
		43.0	68.1						
		44.0	68.6						
<b>38.0</b>	<b>68.6</b>	<b>44.0</b>	<b>68.6</b>	<b>36.0</b>	<b>69.5</b>	<b>36.0</b>	<b>69.95</b>	<b>34.0</b>	<b>57.0</b>
<b>Promedio desplazamiento</b>							37.6	<b>Promedio Carga</b>	66.7

2.0 cm									
1		2		3		4		5	
Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)
0	8.5	0	8.5	0	8.5	0	8.5	0	8.5
1	17.343537	1	8.7267574	1	16.436508	1	8.7267574	1	9.4070295
2	33.443311	2	11.447846	2	34.123583	2	12.581633	2	24.599773
3	45.914966	3	28.454649	3	44.781179	3	25.280045	3	40.246032
4	54.758503	4	32.309524	4	53.171202	4	36.617914	4	49.089569
5	64.50907	5	45.688209	5	63.375283	5	47.048753	5	57.933107
6	71.085034	6	55.212018	6	71.085034	6	58.613379	6	67.456916
7	75.166667	7	64.735828	7	76.300454	7	66.549887	7	73.806122
8	79.248299	8	72.218821	8	80.155329	8	71.538549	8	78.114512
9	81.289116	9	78.568027	9	81.969388	9	74.486395	9	80.155329
10	82.422902	10	82.196145	10	83.103175	10	76.527211	10	80.835601
11	82.876417	11	83.783447	11	84.010204	11	77.43424	11	81.515873
13	83.556689	12	85.370748	12	85.597506	12	78.114512	12	81.969388
14	84.236961	13	85.824263	13	86.05102	13	78.34127	13	83.103175
15	84.690476	14	86.504535	14	86.95805	14	79.475057	14	83.783447
16	85.370748	15	87.184807	15	87.184807	15	80.155329	15	84.917234
17	86.504535	16	87.411565	16	88.091837	16	80.608844	16	85.824263
18	86.95805	17	87.638322	17	88.998866	17	81.289116	17	86.504535
19	87.865079	18	88.091837	18	90.35941	18	82.196145	18	87.184807
20	88.772109	19	89.225624	19	91.26644	19	83.329932		
21	89.679138	20	91.039683	20	91.719955	20	83.783447		
22	90.586168	21	91.719955	21	92.853741				
23	91.493197	22	92.853741	22	94.214286				
24	92.626984	23	93.760771	23	95.348073				
25	93.080499	24	94.6678	24	96.708617				
26	94.6678	25	95.801587	25	97.842404				
27	95.121315	26	96.481859	26	98.522676				
		27	97.842404	27	98.97619				
		28	98.749433	28	101.01701				
		29	99.656463	29	101.69728				
		30	100.33673	30	102.60431				
		31	101.69728	31	104.41837				
		32	102.15079	32	105.3254				
		33	103.05782	33	106.23243				
		34	104.19161	34	107.36621				
		35	105.55215	35	108.04649				
		36	106.9127	36	109.63379				
		37	107.13946	37	110.54082				
		38	108.5	38	111.44785				
		39	109.86054	39	112.35488				
		40	110.54082	40	113.71542				
		41	111.22109	41	113.94218				
		42	112.80839						
		43	113.2619						
		44	114.62245						
		46	116.89002						
<b>27</b>	<b>95.1213</b>	<b>46</b>	<b>116.89</b>	<b>36</b>	<b>109.634</b>	<b>20</b>	<b>83.7834</b>	<b>18</b>	<b>87.1848</b>
						<b>Promedio desplazamiento</b>	29.4	<b>Promedio Carga</b>	98.522676

E. Resultados de los cálculos con referencia a la norma D882 por cada ancho de fibra

5 mm					
Propiedad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
Largo inicial (mm)	200	200	200	200	200
Factor de seguridad	2	2	2	2	2
Esfuerzo a la tensión (nominal) (MPa)	0.331	0.356	0.289	0.339	0.326
Porcentaje de alargamiento en la ruptura (%)	2.75	3.75	1.75	3.25	4.00
Esfuerzo a la tensión (permisible) (MPa)	0.165	0.178	0.145	0.169	0.163
Porcentaje de elongación permisible (%)	1.38	1.88	0.88	1.63	2.00

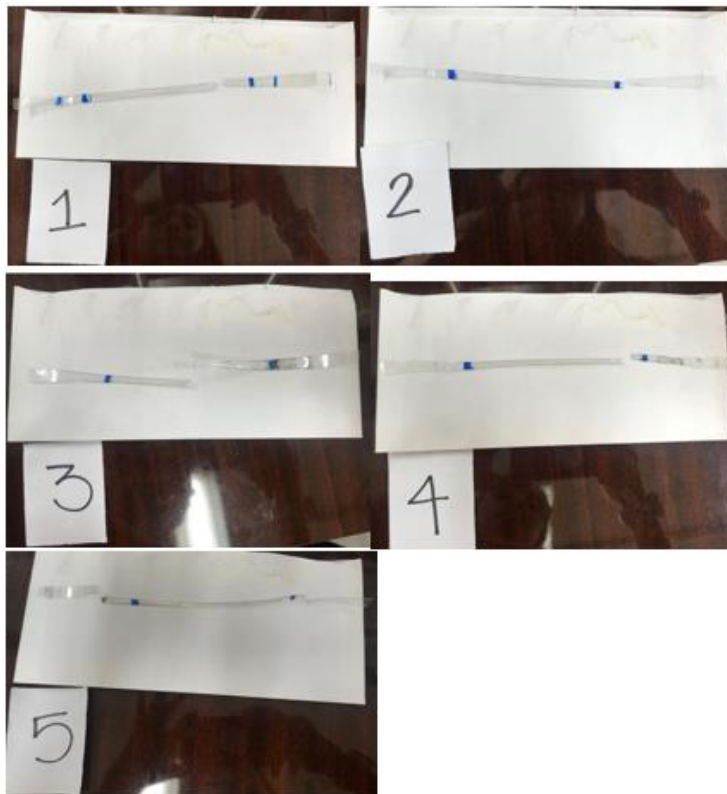
10 mm					
Propiedad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
Largo inicial (mm)	200	200	200	200	200
Factor de seguridad	2	2	2	2	2
Esfuerzo a la tensión (nominal) (MPa)	0.310	0.346	0.275	0.358	0.342
Porcentaje de alargamiento en la ruptura (%)	5	0.4	3.75	13.00	6.50
Esfuerzo a la tensión (permisible) (MPa)	0.155	0.173	0.137	0.179	0.171
Porcentaje de elongación permisible (%)	2.50	0.20	1.88	6.50	3.25

15 mm					
Propiedad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
Largo inicial (mm)	200	200	200	200	200
Factor de seguridad	2	2	2	2	2
Esfuerzo a la tensión (nominal) (MPa)	0.393	0.394	0.387	0.434	0.399
Porcentaje de alargamiento en la ruptura (%)	19	22	18.00	18.00	17.00
Esfuerzo a la tensión (permisible) (MPa)	0.197	0.197	0.194	0.217	0.199
Porcentaje de elongación permisible (%)	9.50	11.00	9.00	9.00	8.50

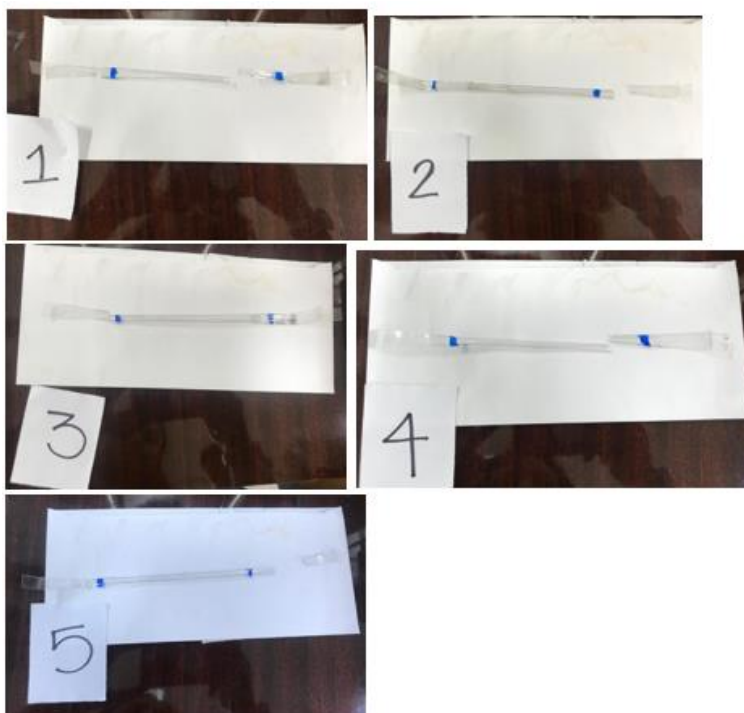
20 mm					
Propiedad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
Largo inicial (mm)	200	200	200	200	200
Factor de seguridad	2	2	2	2	2
Esfuerzo a la tensión (nominal) (MPa)	0.215	0.585	0.384	0.319	0.431
Porcentaje de alargamiento en la ruptura (%)	13.5	23	18.00	10.00	9.00
Esfuerzo a la tensión (permisible) (MPa)	0.107	0.292	0.192	0.159	0.216
Porcentaje de elongación permisible (%)	6.75	11.50	9.00	5.00	4.50

## F. Resultado de las fibras luego de la prueba de resistencia

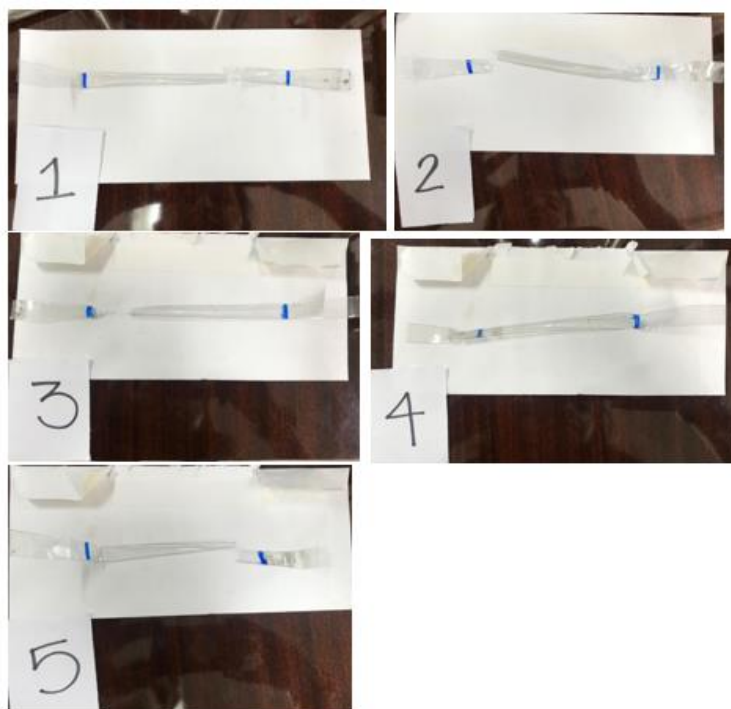
### 1. Fibras de 5 mm de ancho



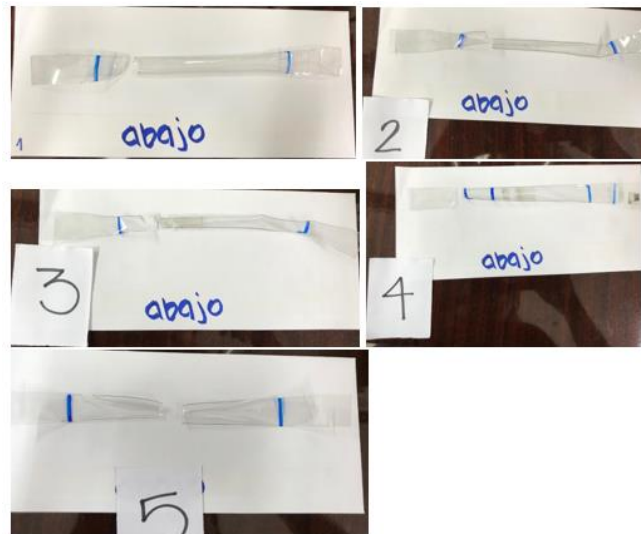
## 2. Fibras de 10 mm de ancho










## 3. Fibras de 15 mm de ancho



## 4. Fibras de 20 mm de ancho



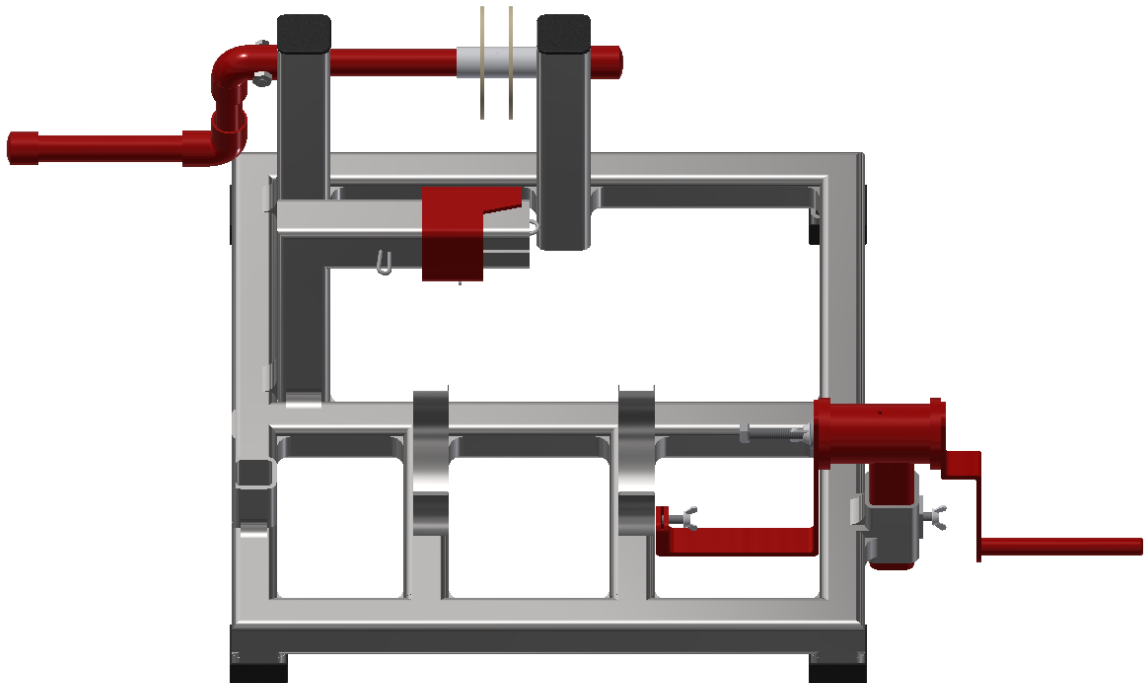
## G. Especificaciones de las botellas

Botella		Geometría					Diámetro	
		Capacidad	Altura [mm]	Altura uniforme[mm]	Altura irregular[mm]	Espesor [mm]	Parte uniforme [mm]	Parte irregular [mm]
	Coca Cola	2L	345	85	83	0.2286	102.1774735	94.5380362
	Coca Cola	2.5L	359	88	94	0.254	113.9549393	103.1324031
	Coca Cola	3L	361	190	x	0.254	116.8197282	x
Botella		Geometría					Diámetro	
		Capacidad	Altura [mm]	Altura uniforme[mm]	Altura irregular[mm]	Espesor [mm]	Parte uniforme [mm]	Parte irregular [mm]
	Pepsi	3L	359	110	120	0.254	11.71380381	10.9180291
	Pepsi	3L	359	110	120	0.3048	11.68197282	11.01352206
								11.36366294
	7Up	3L	359	110	120	0.2794	11.68197282	10.85436712
	Cifrut	3.3 L	366	240	x	0.2794	11.87295875	x

## H. Manual

# MANUAL DE USUARIO

## Mecanismo para obtención de fibras de PET



Un uso indebido de la maquina puede provocar accidentes graves. Se ruega al operador y a las personas de mantenimiento leer el presente manual antes de utilizar la máquina y mantener el manual para cualquier consual.



*Excelencia que trasciende*

**DEL VALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

2018

# ÍNDICE

## Página

INTRODUCCIÓN.....	1
DESCRIPCIÓN.....	2
INSTALACIÓN.....	3
INSTRUCCIONES DE USO.....	5
DESCRIPCIÓN GRÁFICA.....	7
MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	11
MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	14
PRECAUCIONES GENERALES.....	15
PICTOGRAMA.....	16

# INTRODUCCIÓN

Con este manual se proporciona al usuario las indicaciones de operación y de mantenimiento del mecanismo para cortar fibras de botellas de politereftalato de etileno (PET). Se le recomienda al usuario que lea de manera atenta y que siga las instrucciones generales descritas en este manual. Es una herramienta necesaria para el previo funcionamiento del mecanismo que se va a utilizar.

Este documento nos permitirá comprender los aspectos de funcionamiento, revisión, mantenimiento y seguridad del mecanismo para su correcto uso.

## ATENCIÓN

- El uso inadecuado de este mecanismo puede provocar situaciones peligrosas, que pueden causar lesiones.
- Antes de utilizar el mecanismo será necesario que los usuarios encargados de operar y realizar el mantenimiento lean detenidamente todo el contenido del manual.
- Si durante el uso del mecanismo se ha sufrido algún accidente, significa que no se han seguido las instrucciones e indicaciones de este manual.
- Los procedimientos y las precauciones especificadas en este manual, solo van relacionadas con su uso en específico. Si el mecanismo no se utiliza del modo permitido, el operador es responsable de su seguridad y de las personas implicadas.



# DESCRIPCIÓN

Es un mecanismo para obtener fibras de diferentes anchos de plástico PET de bebidas desechadas.

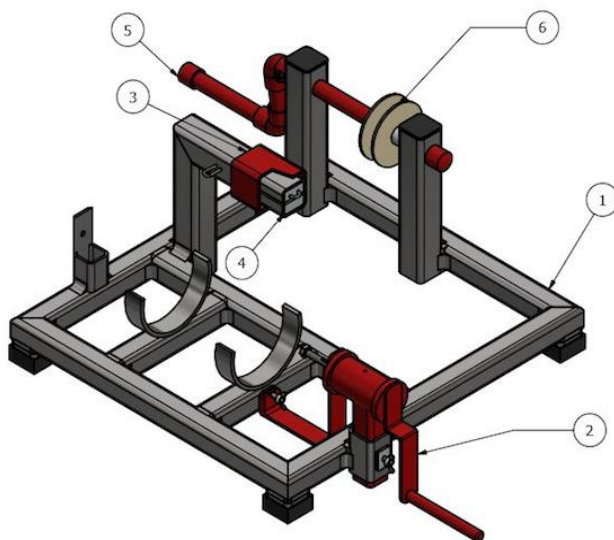
Su funcionamiento permite colocar la botella en el mecanismo para que se le retire su base, se corten las fibras y se enrollen en un tubo PVC. Este se compone de dos secciones: el corte de la base de la botella y el corte de las fibras.

Para la construcción del mecanismo se utilizó: tubo cuadrado, hierro plano, hierro angular, tubo PVC, hierro redondo, MDF, madera, alambre galvanizado, tornillos, tuercas y arandelas.

Tabla No.1: Características generales del mecanismo

## Características generales del mecanismo

Altura	31 cm
Ancho	47.7 cm
Longitud	64 cm
Peso	6.80 Kg

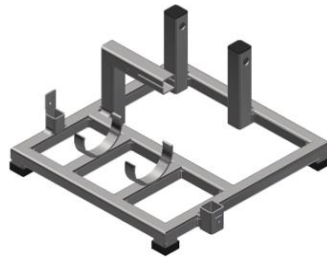


PARTS LIST	
ITEM	PART NUMBER
1	BASE MECANISMO
2	MECANISMO DE CORTE DE BASE BOTELLA
3	VARIADOR DE ANCHOS DE FIBRA
4	PIEZA DE MADERA SUJETADOR DE CUCHILLA
5	MANIVELA
6	PIEZA ENROLLADORA DE FIBRA - CARRETE

# INSTALACIÓN

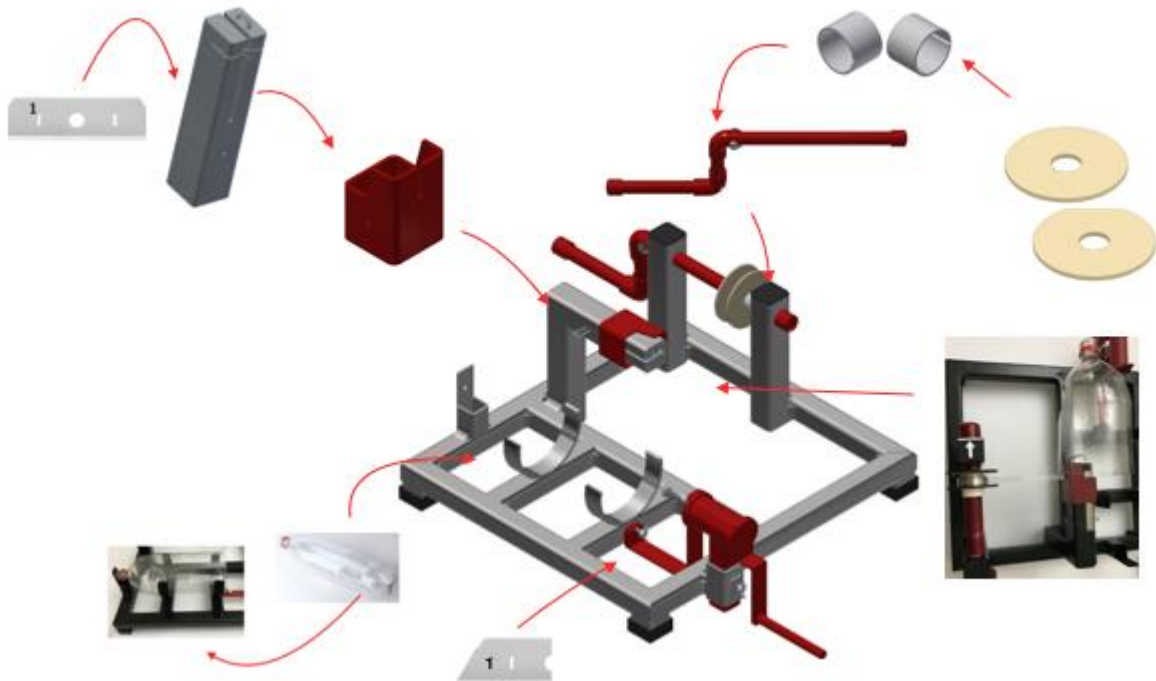
El mecanismo se encuentra como en la Ilustración 1, antes de ser operado. A esto se le debe colocar el mecanismo de corte de la ase, el variador de anchos con sus componentes, la manivela y el carrete de las fibras.

Ilustración 1: Base del mecanismo



Se debe colocar los componentes en su respectivo lugar como se muestra en la Ilustración 2. Es importante verificar que las cuchillas que se utilicen sean las adecuadas según su uso. Para verificar la vida útil de cada cuchilla se debe numerar según su uso.

Ilustración 2: Proceso de instalación



## Colocación de las cuchillas

### Cuchilla de corte de la base de la botella

- Sujetar la cuchilla que posee una parte punzante.
- Colocar la cuchilla en el mecanismo que corta la base como en el ilustración 3.
- Presionar con el tornillo para sujetar la superficie de cuchilla.

### Cuchilla para cortar el ancho de fibras

- Sujetar la cuchilla rectangular.
- Colocar a través del trozo de madera como se observa en la ilustración 4.
- Introducir el trozo de madera a través del tubo cuadrado.
- Colocar el pin para sujetar el trozo de madera.

Ilustración 3: Colocación de la cuchilla que corta la base de la botella

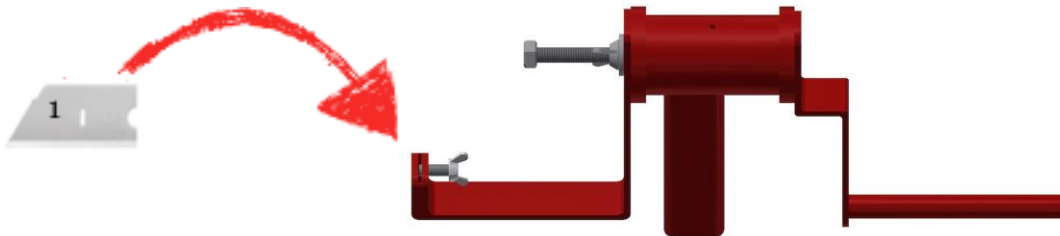


Ilustración 4: Colocación de la cuchilla que corta las fibras de la botella



# INSTRUCCIONES DE USO

El proceso para poner en servicio la máquina:

- Situar la máquina en un lugar plano y dejar libre el área donde se encuentra el mecanismo para cortar la base de la botella.
- Verificar que todo esté bien colocado y situado en su lugar, y ajustar el variador según las necesidades del usuario.
- Verificar que no exista algún objeto extraño en la máquina o que interfiera en su funcionamiento.

El proceso para operar la máquina:

## Corte de base de la botella

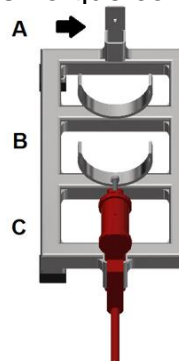
- Colocar el tapón de botella ya brindado, debido que posee un agujero en el centro para ser ajustado en la sección A de la Ilustración 5. En caso no sea del tamaño de la botella que se esté utilizando, se puede fabricar el mismo haciendo un agujero en el tapón.
- Colocar el cuerpo de la botella sobre la sección B. Tomar en cuenta que el diámetro máximo de la botella aceptable es de 11.68 cm, aproximadamente. Aún más, si la botella que se esté utilizando es más pequeña se debe colocar los topes de puerta de plástico para sujetar la botella.
- Para centrar la botella con el mecanismo que corta la base de la botella, se debe verificar que el tornillo este en el centro de la base para que realice un corte homogéneo. Ya que las botellas poseen diferentes diámetros, se puede ajustar utilizando el riel que se encuentra en el componente que sostiene la cuchilla y se ajusta por medio del tornillo central. En caso, dicha altura no se pueda modificar con ese componente, el mecanismo completo puede variar su altura por medio del ajuste en la base.

### Precaución

Elemento cortante visible en mecanismo de corte de botella.



Ilustración 5: Mecanismo que corta la base de la botella

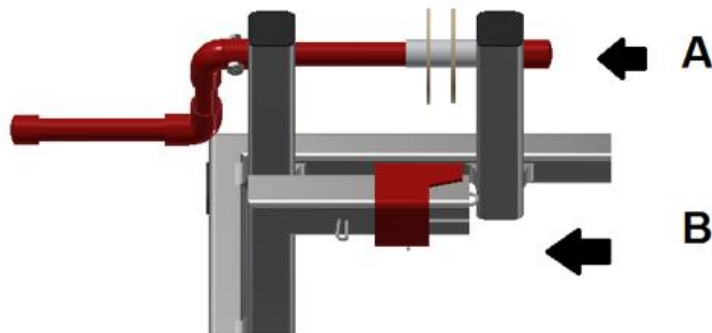


## Corte de las fibras

- Colocar la botella de forma horizontal de tal forma que las fibras puedan obtenerse de la sección recién cortada. Se debe forzar a girar sobre la abertura del variador de anchos para cortar la primera sección de fibra que no será útil por el ancho que se obtiene (sección B).

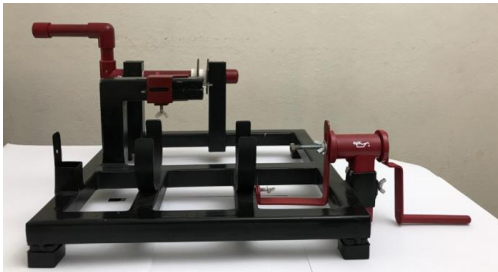
- Se debe colocar la fibra en el ajuste del tapón de PVC que tiene una abertura contraria al giro de la manivela. Esto permite que al girar la manivela se presione la fibra contra la superficie del tubo PVC para que pueda seguir obteniendo fibras de la botella (sección A).

Ilustración 6: Mecanismo para la obtención de fibras.



# DESCRIPCIÓN GRÁFICA

Mecanismo instalado



Colocación de la cuchilla

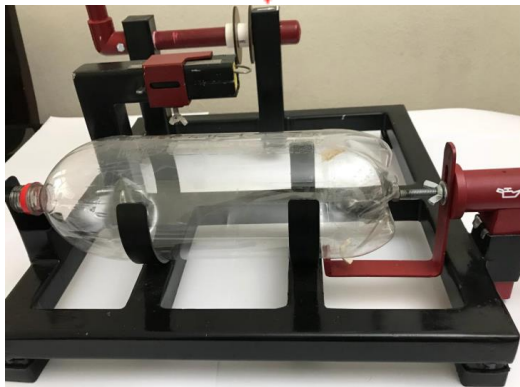


Sí

¿Es una botella más pequeña que la establecida?

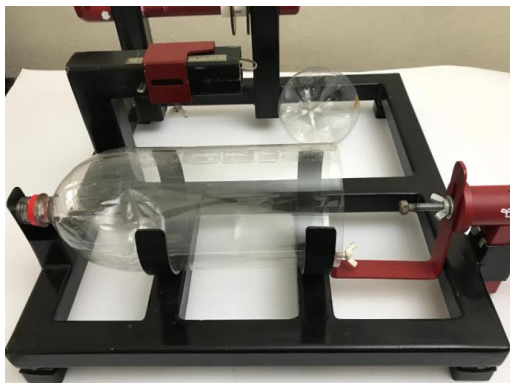


No

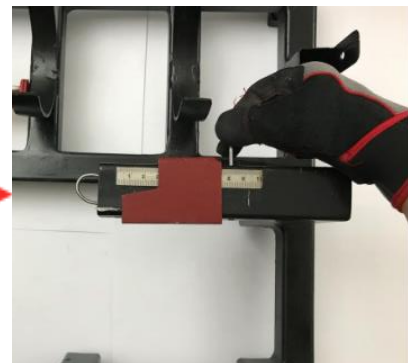


Cuchilla instalada

Colocar la botella



Girar el mecanismo de corte de la base



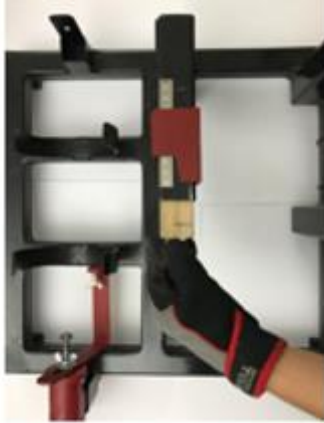
Retirar el pin



Colocar cuchilla que corta fibras



Retirar el trozo de madera



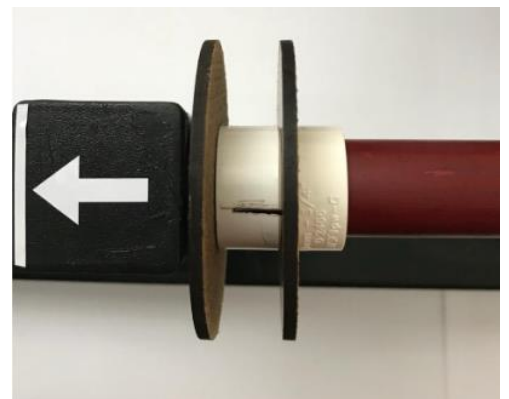
Colocar el trozo de madera y el pin



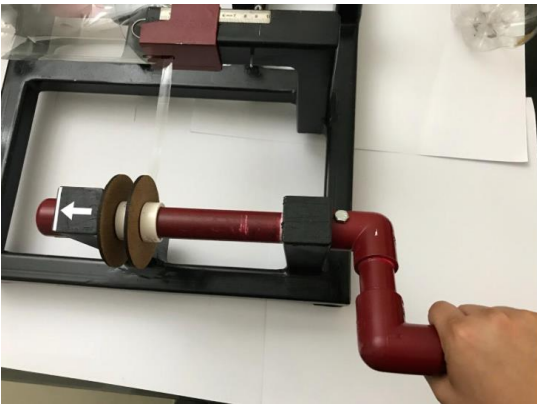
Girar la botella hasta obtener las primeras fibras



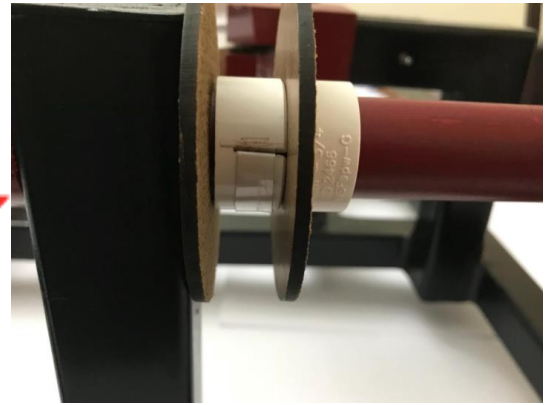
Colocar la fibra



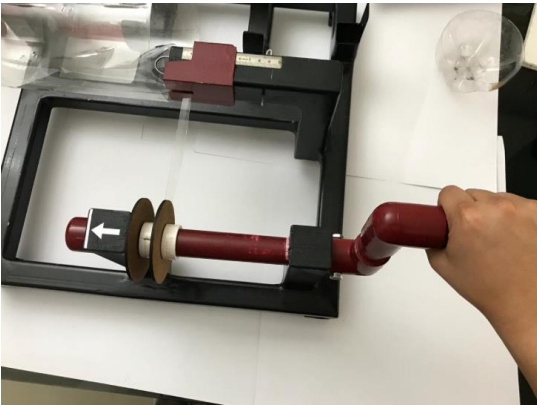
Enrollar la fibra en el PVC que posee una ranura que debe estar en contra de la dirección del giro de la manivela.



Realizar el giro de forma detenida.



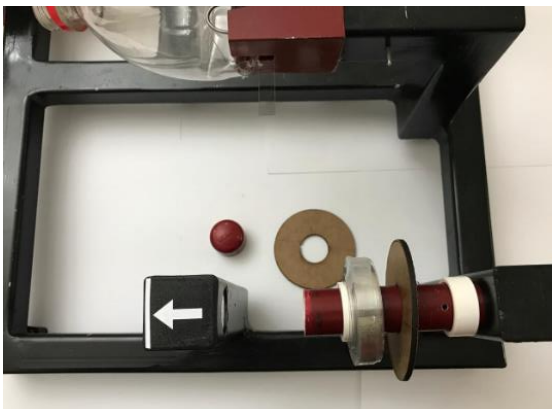
Verificar que no se salga la fibra de la abertura



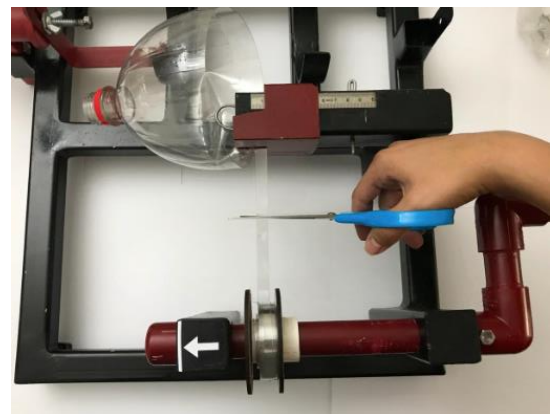
Girar la manivela



Verificar que la botella se mantenga alineada a la pieza metálica que varía los anchos.



Desajustar el tapón de eje de giro



Cortar antes de que empiece la superficie irregular de la botella



Retirar el PVC de las fibras

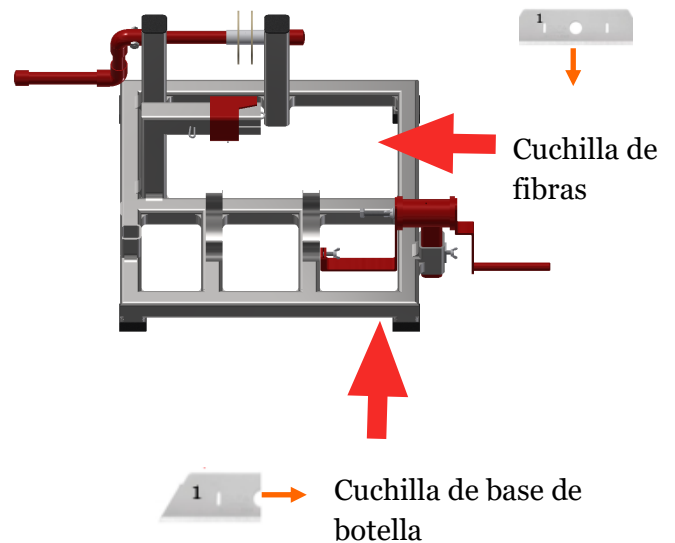


Fibras de la botella de plástico PET

# MANTENIMIENTO PREVENTIVO

## Mantenimiento diario

- Revisión de la colocación de las piezas según el manual en la sección de instalación.
- Revisión visual de todas las piezas del mecanismo.
- Revisión de sujeción y colocación de cuchillas; corte de la base de la botella y corte de fibras.
- Verificar que las cuchillas utilizadas sean las adecuadas según su aplicación (Ilustración 2).
- Verificar que se esté utilizando las cuchillas con la numeración según el último manual.

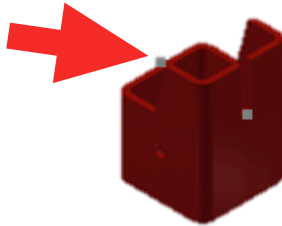


PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO		No.	
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de terminación:	
<b>Actividad</b>			<b>x</b>
Revisión de la colocación de las piezas según el manual			
Revisión visual de todas las piezas del mecanismo			
Revisión de sujeción y colocación de cuchillas			
Verificar que las cuchillas utilizadas sean las adecuadas según su aplicación			
Verificar que se esté utilizando las cuchillas con la numeración según el último uso			
<b>Procedimiento</b>			
1. Verificar que el mecanismo no posea ninguna botella en proceso. 2. Verificar que las cuchillas estén desmontadas antes de movilizar el mecanismo. 3. Movilizar las partes para realizar las actividades descritas con anterioridad. 4. Colocar las piezas correspondientes para empezar a utilizar el mecanismo según el manual.			
<b>Tiempo estimado de ejecución: 10 min</b>			
<b>Generar orden de trabajo</b>			Sí No
<b>Observaciones:</b>			
<b>Operador:</b>		<b>Firma:</b>	

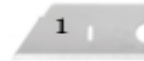
## Mantenimiento mensual

- Revisión y verificación de posible cambio del variador de anchos metálico por el filo de las fibras.
- Cambio de cuchillas por pérdida de filo.

Lugar donde la fibra genera desgaste en la pieza



Cuchilla para variar los anchos de las fibras



Cuchilla para cortar la base de la botella

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL</b>		<b>No.</b>	
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de terminación:	
<b>Actividad</b>			<b>x</b>
Revisión y posible cambio del variador de anchos metálico por el filo de las fibras			
Cambio de cuchillas por pérdida de filo			
<b>Procedimiento</b>			
1. Verificar que el mecanismo no posea ninguna botella en proceso. 2. Verificar que las cuchillas estén desmontadas antes de movilizar el mecanismo. 3. Movilizar las partes para realizar las actividades descritas con anterioridad. 4. Realizar los cambios necesarios en el variador de anchos tanto parte metálica como de madera. 5. Realizar la prueba del filo de las cuchillas utilizando una botella de prueba. 6. Colocar las piezas correspondientes para empezar a utilizar el mecanismo según el manual.			
<b>Tiempo estimado de ejecución:</b> 15-40 min en caso de cambios			
<b>Generar orden de trabajo</b>			Sí    No
<b>Observaciones:</b>			
<b>Operador:</b>		<b>Firma:</b>	

## Mantenimiento anual

- Revisión de cambios de cuchillas.
- Revisión del deterioro estructural.
- Cambio de tornillos.
- Cambio de eje y manivela de PVC en caso de deterioro.
- Cambio de trozo de madera.
- Verificación del estado de la señalización de advertencia.
- Revisión del estado de la regla de acero inoxidable del variador de anchos.
- Revisión del variador de ancho - parte metálica.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL		No.
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de terminación:
<b>Actividad</b>		<b>x</b>
Revisión de cambios de cuchillas (revisar mantenimiento correctivo planificado)		
Revisión del deterioro estructural		
Cambio de tornillos		
Cambio de eje y manivela de PVC en caso de deterioro		
Cambio de trozo de madera		
Verificación del estado de la señalización de advertencia		
Revisión del estado de la regla de acero inoxidable del variador de ancho		
Revisión del variador de ancho parte metálica		
<b>Procedimiento</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar que el mecanismo no posea ninguna botella en proceso.</li> <li>2. Verificar que las cuchillas estén desmontadas antes de movilizar el mecanismo.</li> <li>3. Movilizar las partes para realizar las actividades descritas con anterioridad.</li> <li>4. Realizar los cambios necesarios en el variador de anchos tanto parte metálica como de madera.</li> <li>5. Realizar la prueba del filo de las cuchillas utilizando una botella de prueba.</li> <li>6. Colocar las piezas correspondientes para empezar a utilizar el mecanismo según el manual.</li> </ol>		
<b>Tiempo estimado de ejecución:</b> 40-50 min en caso de cambios		
<b>Generar orden de trabajo</b>		Sí No
<b>Observaciones:</b>		
<b>Operador:</b>		<b>Firma:</b>

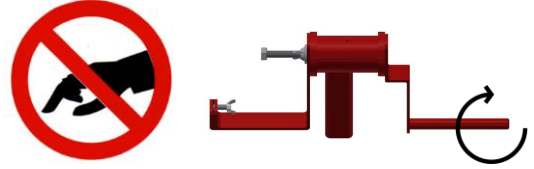
# MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- Cambio de cuchillas, aproximadamente, a las 50 botellas.

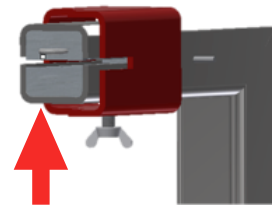
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>		<b>No.</b>	
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de terminación:	
<b>Actividad</b>			<b>x</b>
Cambio de cuchillas aproximadamente a las 50 botellas			
<b>Procedimiento</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar que el mecanismo no posea ninguna botella en proceso.</li> <li>2. Verificar que las cuchillas estén desmontadas antes de movilizar el mecanismo.</li> <li>3. Realizar la prueba del filo de las cuchillas utilizando una botella de prueba.</li> <li>4. Colocar las piezas correspondientes para empezar a utilizar el mecanismo según el manual.</li> </ol>			
<b>Tiempo estimado de ejecución:</b> 10 min en caso de cambio.			
<b>Generar orden de trabajo</b>			Sí    No
<b>Observaciones:</b>			
<b>Operador:</b>		<b>Firma:</b>	

# PRECAUCIONES GENERALES

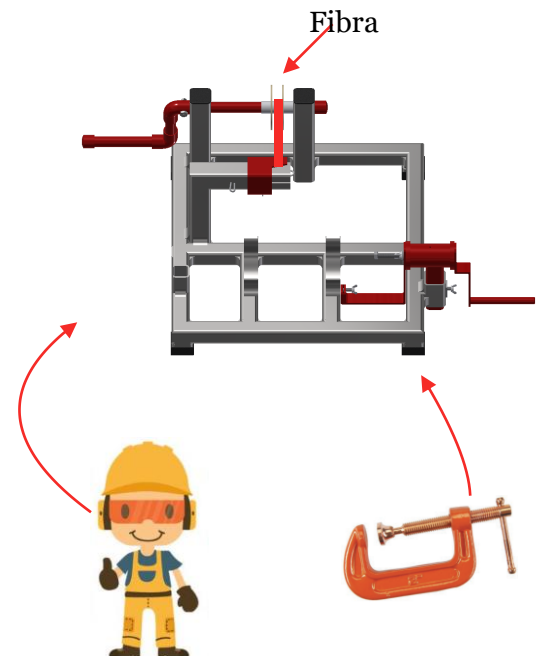
- Al girar el mecanismo de corte se debe tener cuidado, debido a que la cuchilla está expuesta. **NO SE DEBE INTRODUCIR LA MANO AL GIRAR.**



- Se debe tener cuidado al retirar el bloque de madera, ya que la cuchilla puede quedar expuesta. **NOTA:** la cuchilla se sostiene por la superficie del tubo cuadrado.



- Sujetar la base cuando se esté sacando las fibras del mecanismo. Es necesario tener ajustado el mecanismo por medio de un sargento o sujeción manual (otro usuario).



# PICTOGRAMA

A continuación se muestran los equipos de protección individual (EPI'S), Norma ISO 7010, obligatorios para hacer uso del mecanismo al estar en operación, limpieza y mantenimiento.

- Es obligatorio el uso de guantes de seguridad en caso se esté movilizand las cuchillas.

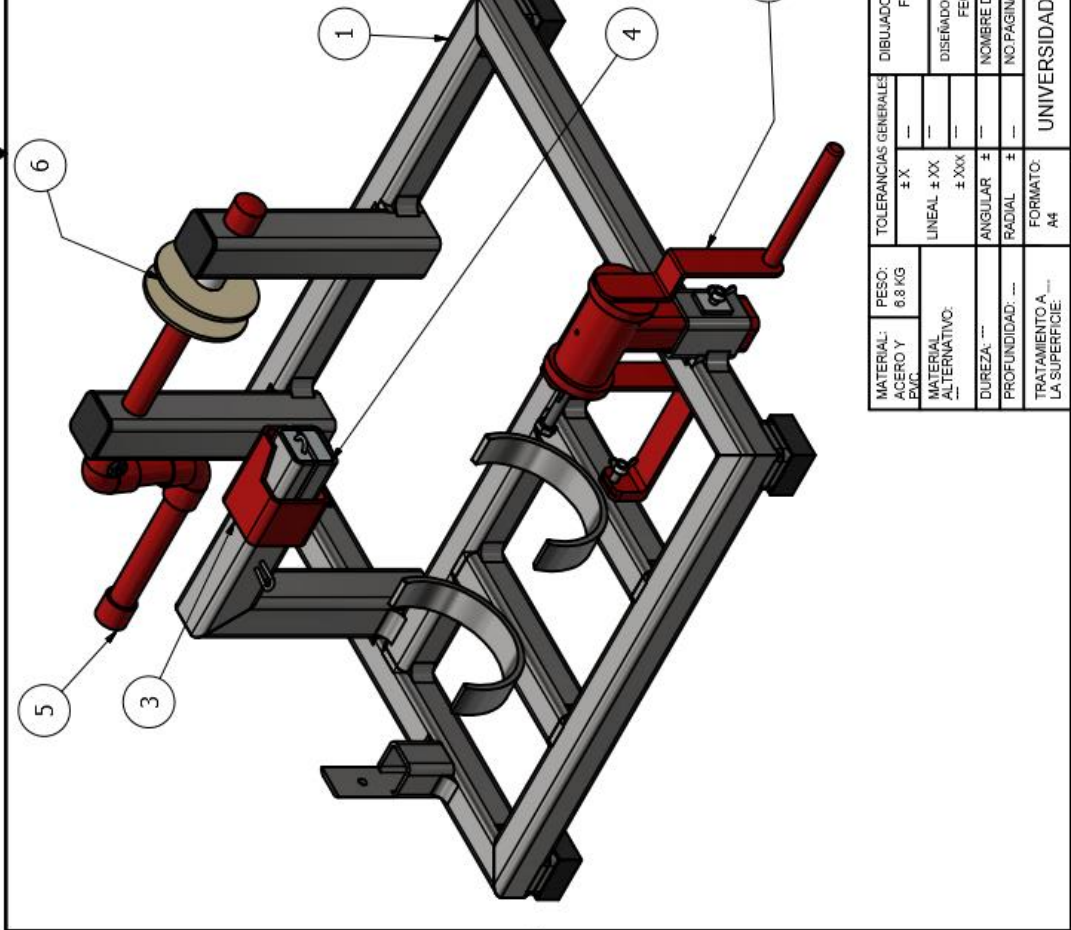


- Es obligatorio el uso de gafas de seguridad.

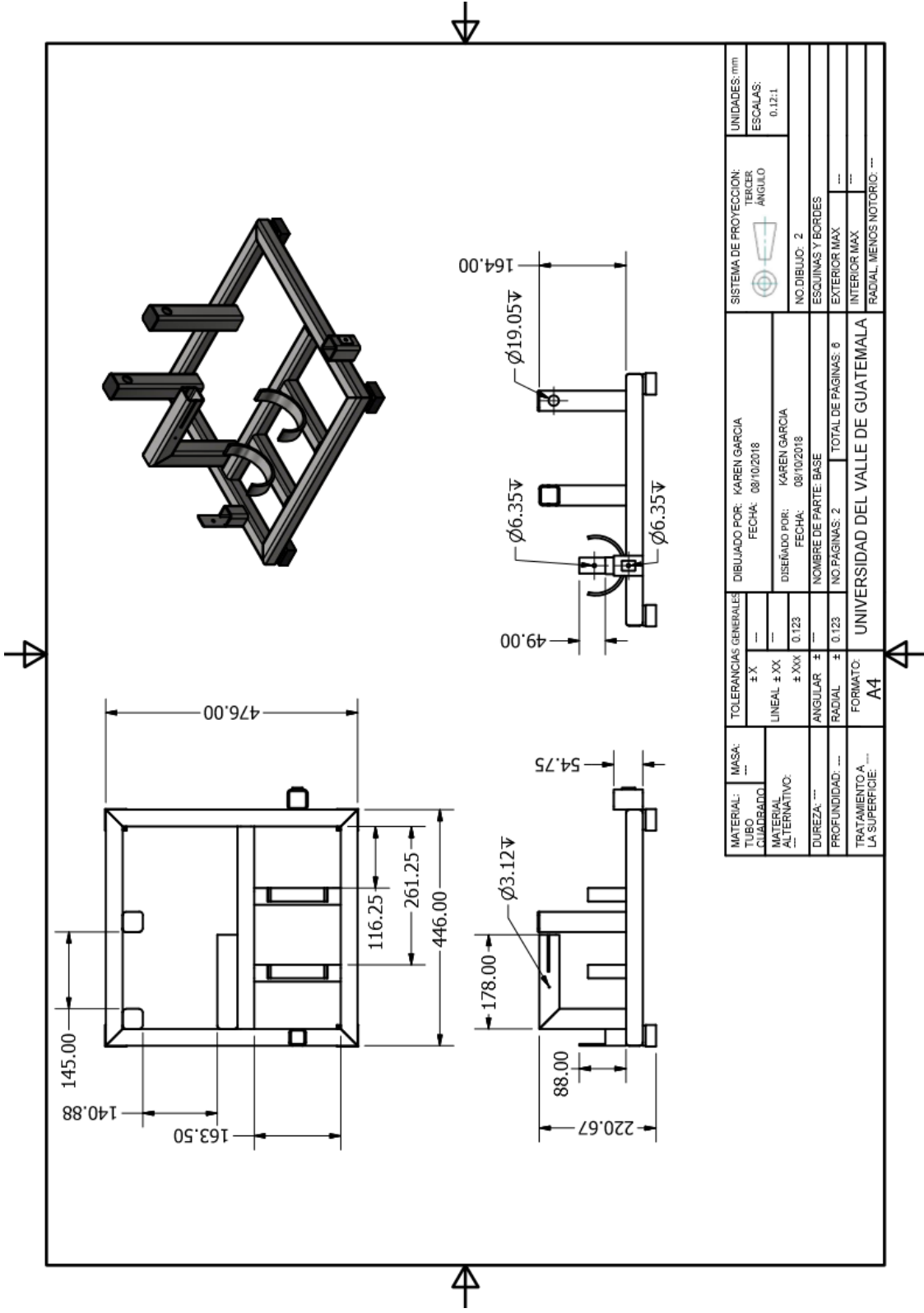


## I. Planos

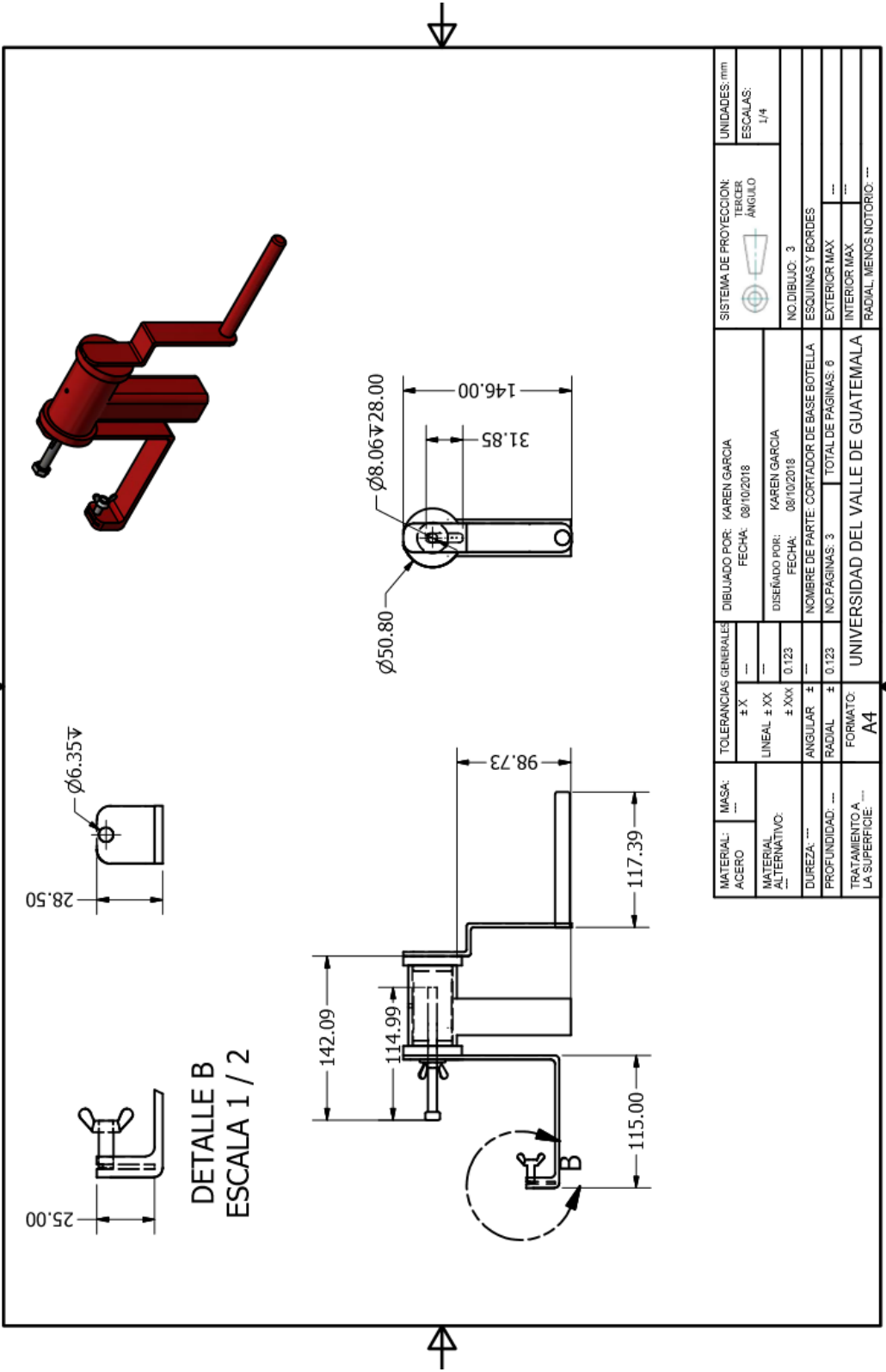
LISTA DE PARTES	
ITEM	PART NUMBER
1	BASE MECANISMO
2	MECANISMO DE CORTE DE BASE BOTELLA
3	VARIADOR DE ANCHOS DE FIBRA
4	PIEZA DE MADERA SUJETADOR DE CUCHILLA
5	MANIVELA
6	PIEZA ENROLLADORA DE FIBRA - CARRETE



MATERIAL: ACERO Y PVC.	PESO: 6.8 KG	DIBUJADO POR: KAREN GARCIA		UNIDADES: mm	
MATERIAL ALTERNATIVO: ---		FECHA: 08/10/2018		ESCALAS: 1/4	
DUREZA: ---		DISEÑADO POR: KAREN GARCIA		SISTEMA DE PROYECCION: TERCER ANGULO	
PROFUNDIDAD: ---		FECHA: 08/10/2018		NO. DIBUJO: 1	
		NOMBRE DE PARTE: MECANISMO COMPLETO		ESQUINAS Y BORDES	
		NO. PAGINAS: 1		TOTAL DE PAGINAS: 6	
		FORMATO: A4		EXTERIOR MAX	
		UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA		INTERIOR MAX	
				RADIAL, MENOS NOTORIO: ---	

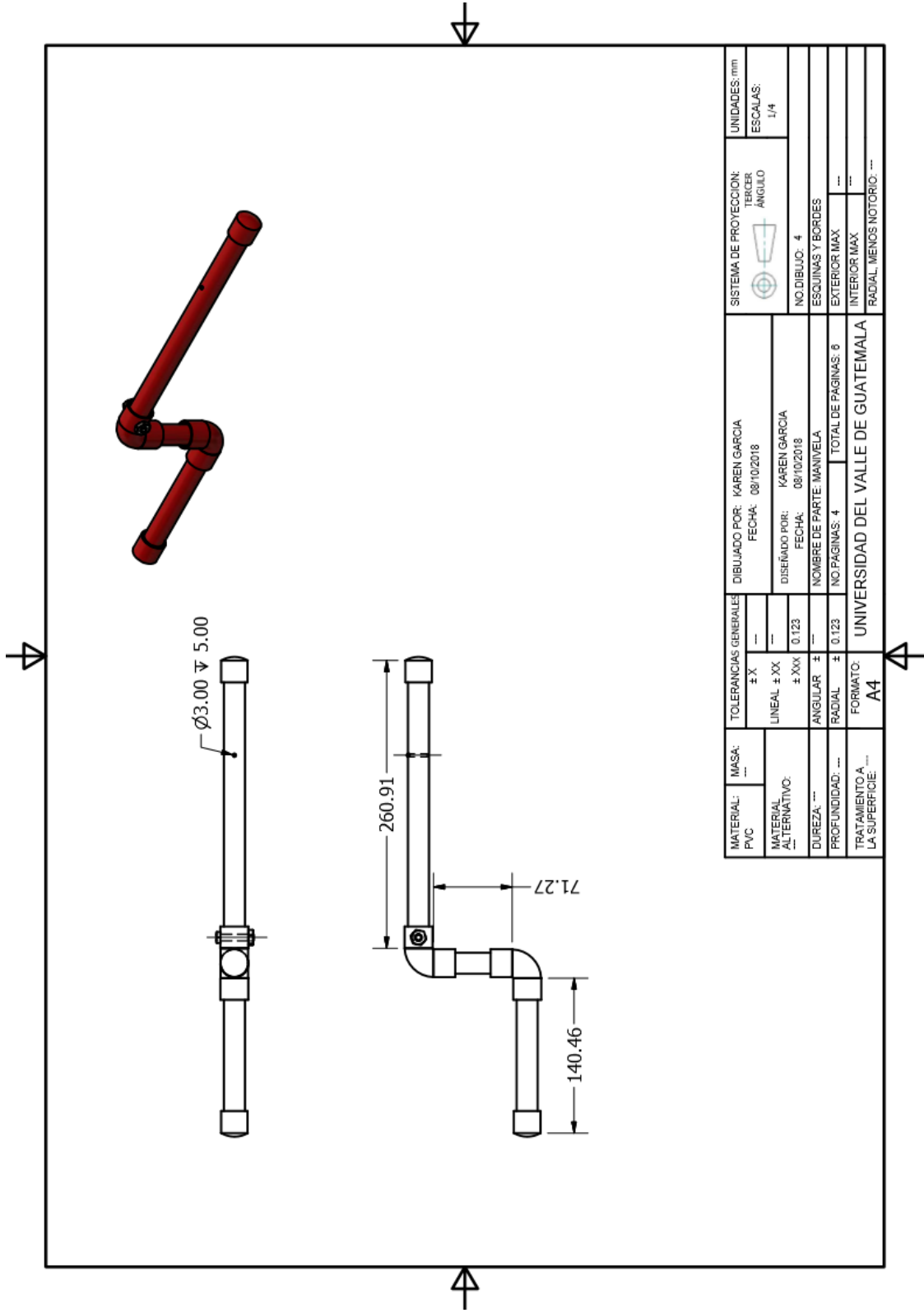


MATERIAL:	MASA:	TOLERANCIAS GENERALES:		DIBUJADO POR: KAREN GARCIA		SISTEMA DE PROYECCION:		UNIDADES: mm	
TUBO	---	± X	---	FECHA: 08/10/2018	TERCER	ANGULO	ESCALAS:	0.12:1	
CLABADO:	---	LINEAL ± XX	---	DISEÑADO POR: KAREN GARCIA	NO. DIBUJO: 2				
MATERIAL ALTERNATIVO:	---	± XX	0.123	FECHA: 08/10/2018	ESQUINAS Y BORDES				
DUREZA:	---	ANGULAR ±	---	NOMBRE DE PARTE: BASE	NO. PAGINAS: 2				
PROFUNDIDAD:	---	RADIAL ±	0.123	TOTAL DE PAGINAS: 6	EXTERIOR MAX				
TRATAMIENTO A LA SUPERFICIE:	---	FORMATO:	A4	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA		INTERIOR MAX			
						RADIAL, MENOS NOTORIO: ---			

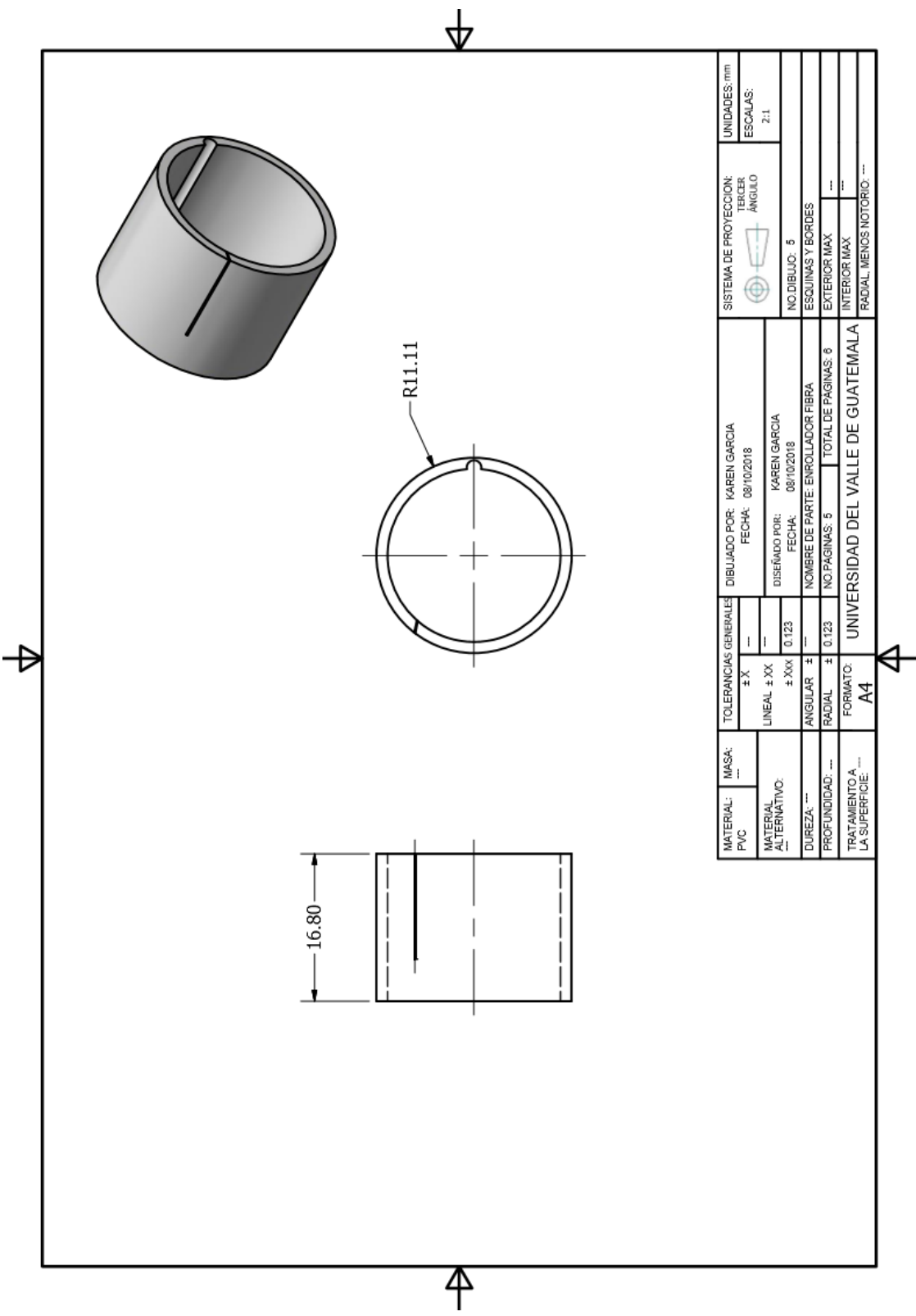


DETALLE B  
ESCALA 1 / 2

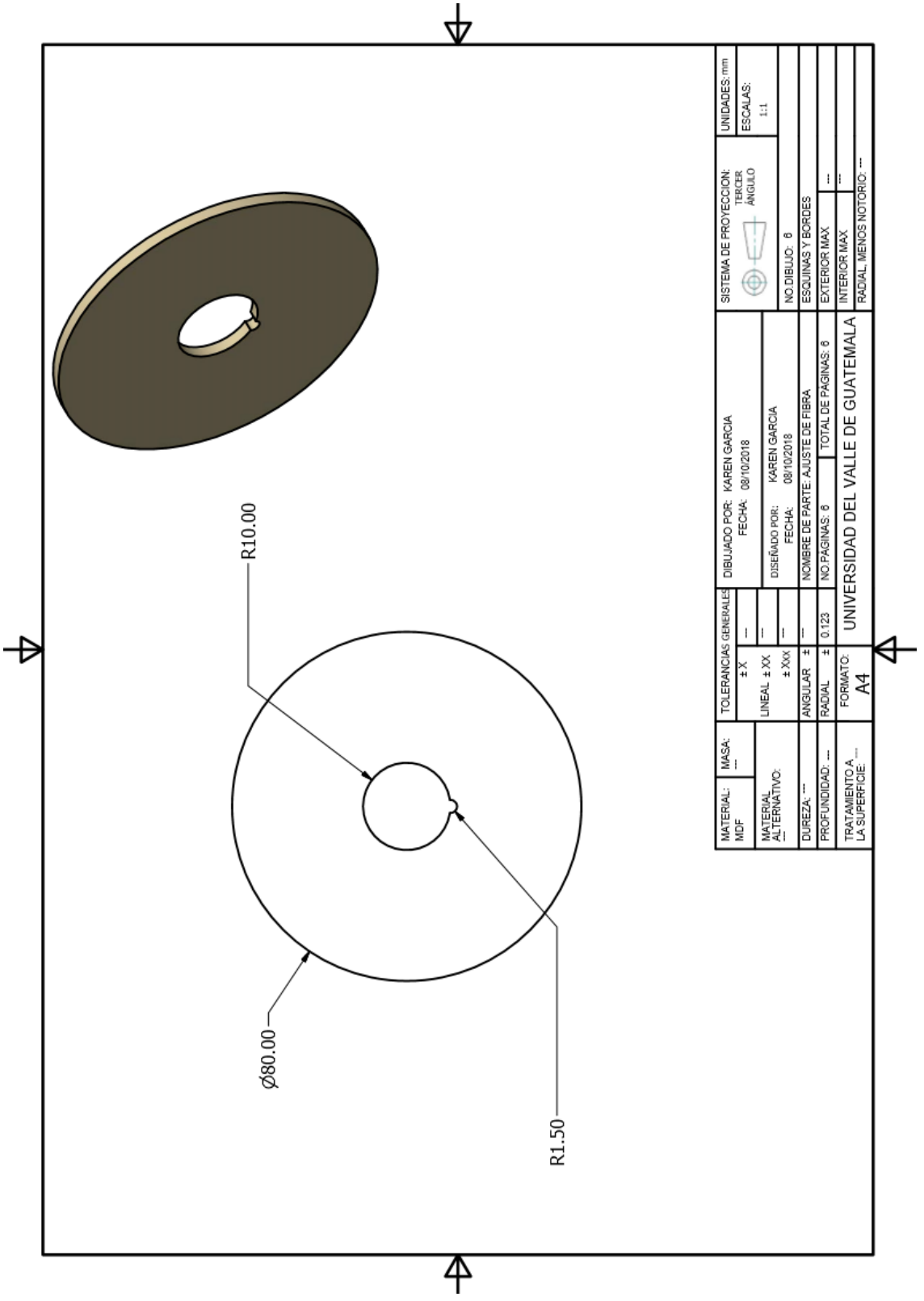
MATERIAL: ACERO	MASA: ---	TOLERANCIAS GENERALES:		DIBUJADO POR: KAREN GARCIA FECHA: 08/10/2018	SISTEMA DE PROYECCION: TERCER ANGULO	UNIDADES: mm ESCALAS: 1/4
MATERIAL ALTERNATIVO: ---	LINEAL ± XX ± 0.123	± X ---	ANGULAR ±	DISEÑADO POR: KAREN GARCIA FECHA: 08/10/2018	NO. DIBUJO: 3	
DUREZA: ---	RADIAL ± 0.123	FORMATO: A4	FORMA: ---	NOMBRE DE PARTE: CORTADOR DE BASE BOTELLA	ESQUINAS Y BORDES	
PROFUNDIDAD: ---	---			NO. PAGINAS: 3	TOTAL DE PAGINAS: 6	EXTERIOR MAX ---
TRATAMIENTO A LA SUPERFICIE: ---						INTERIOR MAX ---
						RADIAL MENOS NOTORIO: ---



MATERIAL: PVC	MASA: ---	TOLERANCIAS GENERALES		DIBUJADO POR: KAREN GARCIA FECHA: 08/10/2018		SISTEMA DE PROYECCION: TERCER ANGULO		UNIDADES: mm
MATERIAL ALTERNATIVO: ---	± X	LINEAL	± XX	DISEÑADO POR: KAREN GARCIA	FECHA: 08/10/2018	NO. DIBUJO: 4		ESCALAS: 1/4
DUREZA: ---	± XXX	ANGULAR	±	NOMBRE DE PARTE: MANIVELA		ESQUINAS Y BORDES		
PROFUNDIDAD: ---	± 0.123	RADIAL	± 0.123	NO. PAGINAS: 4	TOTAL DE PAGINAS: 6	EXTERIOR MAX		---
TRATAMIENTO A LA SUPERFICIE: ---	FORMATO: A4	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA				INTERIOR MAX		---
						RADIAL, MENOS NOTORIO: ---		---



MATERIAL: PVC	MASA: ---	TOLERANCIAS GENERALES		DIBUJADO POR: KAREN GARCIA FECHA: 08/10/2018		SISTEMA DE PROYECCION: TERCER ANGULO		UNIDADES: mm
MATERIAL ALTERNATIVO:	± X	LINEAL ± XX	---	DISEÑADO POR: KAREN GARCIA	FECHA: 08/10/2018	NO. DIBUJO: 5		ESCALAS: 2:1
DUREZA: ---	± XX	ANGULAR ±	0.123	NOMBRE DE PARTE: ENROLLADOR FIBRA		ESQUINAS Y BORDES		
PROFUNDIDAD: ---	±	RADIAL ±	0.123	NO. PAGINAS: 5	TOTAL DE PAGINAS: 6	EXTERIOR MAX		
TRATAMIENTO A LA SUPERFICIE: ---	FORMATO: A4	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA						
						INTERIOR MAX		
						RADIAL, MENOS NOTORIO: ---		



MATERIAL: MDF	MASA: ...	TOLERANCIAS GENERALES		DIBUJADO POR: KAREN GARCIA		UNIDADES: mm	
MATERIAL ALTERNATIVO: ...	± X	—	—	FECHA: 08/10/2018		ESCALAS: 1:1	
DUREZA: ...	LINEAL ± XX	—	—	DISEÑADO POR: KAREN GARCIA		SISTEMA DE PROYECCION: TERCER ANGULO	
PROFUNDIDAD: ...	ANGULAR ±	—	—	FECHA: 08/10/2018		NO. DIBUJO: 6	
TRATAMIENTO A LA SUPERFICIE: ...	RADIAL ±	0.123	—	NOMBRE DE PARTE: AJUSTE DE FIBRA		ESQUINAS Y BORDES	
	FORMATO: A4	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA		NO. PAGINAS: 6		EXTERIOR MAX	
				TOTAL DE PAGINAS: 6		INTERIOR MAX	
						RADIAL, MENOS NOTORIO: ...	