



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA INDUSTRIAL**

## **TEMA:**

**IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA  
ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA DEL LABORATORIO DE  
PROCESOS FÍSICOS CINDU DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.**

## **AUTORA:**

**TAIMAL CUASAPUD LUPE PATRICIA**

## **DIRECTOR DE TESIS:**

**Ing. ANDRÉS RODOLFO CRUZ HERRERA MSc**

**IBARRA – ECUADOR**

**2019**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401875463		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Taimal Cuasapud Lupe Patricia		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:lptaimalc@utn.edu.ec">lptaimalc@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2977964	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0990676524

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	<b>Implementación del control estadístico de la calidad en la elaboración de madera plástica del laboratorio de procesos físicos CINDU de la Universidad Técnica del norte.</b>
<b>AUTOR (ES):</b>	Taimal Cuasapud Lupe Patricia
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	04-06-2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Industrial
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Andrés Rodolfo Cruz Herrera MSc



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 4 días del mes de junio de 2019

**AUTORA:**

Firma

Nombre: Taimal Cuasapud Lupe Patricia

CI: 0401875463



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Taimal Cuasapud Lupe Patricia, con cédula de identidad Nro. 040187546-3, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **“IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA DEL LABORATORIO DE PROCESOS FÍSICOS CINDU DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**.

que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERA INDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 4 del mes de junio del 2019

**AUTORA:**

Firma

Nombre: Taimal Cuasapud Lupe Patricia

C.I : 0401875463



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DECLARACIÓN**

Yo, Taimal Cuasapud Lupe Patricia, con cédula de identidad Nro. 0401875463, declaro bajo juramento que el trabajo con el tema **“IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA DEL LABORATORIO DE PROCESOS FÍSICOS CINDU DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**, corresponde a mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Además, a través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 4 del mes de junio del 2019

**AUTORA:**

Firma

Nombre: Taimal Cuasapud Lupe Patricia

Cédula: 0401875463

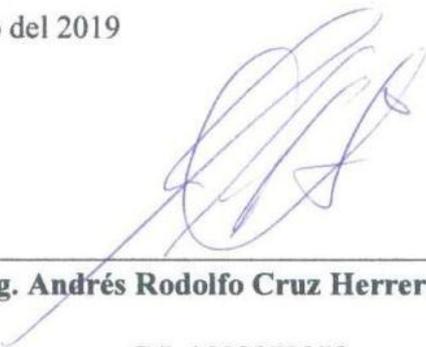


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor, Ing. Andrés Rodolfo Cruz Herrera. MSc con C.I 1002279378, docente de la Carrera de Ingeniería Industrial, certifico que la estudiante , Lupe Patricia Taimal Cuasapud con C.I. 0401875463, ha concluido (100%) con su Trabajo de Titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA DEL LABORATORIO DE PROCESOS FÍSICOS CINDU DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.”**, el cual ha sido elaborado en su totalidad por la señorita estudiante con las revisiones respectivas, considerando que cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial

Ibarra, 07 del mes de mayo del 2019



---

**Ing. Andrés Rodolfo Cruz Herrera. MSc**

**C.I. 1002279378**

## **DEDICATORIA**

*A mi Padre, por enseñarme a conocer a Dios, por haberme echo creer en él ciegamente, para tener valor y fuerzas de salir de mi hogar a perseguir sueños y cumplir metas.*

*A mi Madre por todo su amor, comprensión y paciencia, por enseñarme que los sueños se cumplen siempre y cuando no olvides la meta.*

*A mis hermanos por ser un claro ejemplo de constancia, y demostrarme que en la vida hay varios caminos para elegir, pero que solo depende de mí ir por el correcto.*

*Lupe Patricia Taimal Cuasapud*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por cuidar mis pasos y levantarme de cada tropiezo que he tenido, por hacer de mí una persona de bien y darme fuerzas para terminar de la mejor manera esta etapa de mi vida.*

*A mis padres, Alba y Polivio de quien estaré siempre orgullosa y agradecida por su sacrificio diario, por los valores inculcados, por enseñarme a ser responsable y por su amor incondicional.*

*A mi hermano Leo quien fue la persona que me enseñó a alcanzar sueños y lograr triunfos, porque fue él mi ejemplo de superación.*

*A mis hermanas, Pao y Alex, quienes llenaron de alegría todos mis fines de semana y me recargaban de energía para el comienzo de un nuevo día.*

*A los más pequeños de la casa Maykel, Sofi, Puali y Heyli estos niños que con sus ocurrencias y su inocencia llenaron mi alma de felicidad, y cambiaron todas las tristezas por sonrisas.*

*A mi cuñado Jorge, que se convirtió en un hermano más en quien pude confiar ciegamente.*

*Agradezco a mis amigos, que desde el día 1 se convirtieron en un apoyo, y me brindaron cariño incondicional durante estos 5 años de estudio.*

*Al ingeniero Andrés Cruz por su asesoría durante el desarrollo y culminación de este trabajo.*

*Agradezco a todas las personas que sin dudar me apoyaron millón de veces y siempre estuvieron cuando más los necesitaba.*

*No tengo duda alguna que con esta etapa que se cierra, se abrirá otra, espero cumplir más sueños, y estoy segura de que lo lograré porque seguiré confiando en Dios y en mis padres.*

*Lupe Patricia Taimal Cuasapud*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado en el estudio de la calidad de la madera plástica que se produce en el laboratorio de simulación CINDU-UTN. El afán de implementar el control estadístico de la calidad responde a que el proceso no se encuentra estandarizado y las variables no son controladas, lo que genera un producto con defectos, por lo tanto no se garantiza la calidad del producto y no se tiene con cliente satisfecho. Tomando en cuenta estas falencias para identificar un estado inicial del control de la calidad se elaboró un Check list de la calidad, el cuál facilito conocer en qué áreas del proceso es necesario tomar acciones correctivas. Además se realizó una identificación de las variables críticas en el proceso, y se buscaron las especificaciones o propiedades de la madera plástica, con el fin de relacionar especificaciones vs variables y así establecer los puntos de control. Identificadas las variables cuantitativas y cualitativas para establecer un método de control para cada una de ellas, mediante la técnica del estado del arte se decidió usar graficas de control I-MR para las variables cuantitativas, y para las variables cualitativas se elaboró un formato de ficha de procesos que muestra paso a paso la realización de cada actividad del proceso.

Con la construcción de las gráficas de control se establecieron temperaturas, presión y tiempos estándar para el control estadístico de la calidad. Con las fichas de proceso los subprocesos y sus variables color, tipo de polímero y tipo de fibra vegetal

## **ABSTRACT**

This is an investigation work focuses on the study of the quality of plastic wood produced in the CINDU-UTN simulation laboratory. The desire to implement statistical quality control is due to the fact that plastic wood is not following a standardized process, so there are many defects and variables that are not controlled to guarantee a quality product for an end customer. Taking these shortcomings into account and in order to identify an initial state of quality control, a quality check list was developed, which facilitates to know in which areas of the process corrective actions are necessary. In addition, an identification of the critical variables in the process was carried out, and the specifications or properties of the plastic wood were searched, in order to relate specifications to variables and thus establish the control points. Once the variables have been identified, I classify them in quantitative and qualitative terms in order to establish a method of control for each one of them, being this way, through the art state technique it was decided to use I-MR graphic control for quantitative variables, and for qualitative variables, a process sheet format was developed that shows step by step the performance of each process activity.

With the construction process of the control charts it was possible to establish temperatures, quantities, pressure and standard times for statistical quality control. And with the process tabs now you have controlled threads.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I .....	1
GENERALIDADES .....	1
1.1. Problema .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Justificación .....	2
1.4. Alcance.....	4
CAPITULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Importancia de la Calidad. ....	5
2.2. Historia del control de la calidad. ....	5
2.3. Control estadístico de la calidad. ....	6
2.3.1. Control estadístico del proceso (CEP). ....	6
2.3.2. Causas de las variaciones en el proceso.....	6
2.3.3. Variación debida a causas comunes.....	7
2.3.4. Variación debida a causas especiales.....	7
2.4. Medición del desempeño .....	7
2.4.1. Muestreo.....	7
2.4.1.1. Distribución de muestreo. ....	8
2.5. Herramientas de la calidad.....	9
2.5.1. Herramientas del control de la calidad.....	9
2.5.1.1. Diagrama Pareto.....	9
2.5.1.2. Diagrama de causa efecto. ....	10
2.5.1.3. Hojas de comprobación.....	11
2.5.1.4. Diagrama de flujo de procesos.....	11
2.5.1.5. Diagrama de dispersión.....	12
2.5.1.6. Histograma. ....	12
2.5.1.7. Graficas de control.....	13
2.5.1.7.1. Graficas de control por variables. ....	13
2.5.1.7.2. Gráficas de control por atributos.....	17
2.6. Voz del cliente .....	17
CAPITULO III.....	18
METODOLOGIA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

3.1.	DETERMINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA. ....	20
3.1.1.	Diagnóstico inicial. ....	20
3.1.2.	Trabajo estandarizado para el control estadístico de la calidad en la elaboración de madera plástica. ....	20
3.1.3.	Check list de la calidad en el proceso de elaboración de madera plástica ...	20
3.1.4.	Propiedades de la madera plástica antes de la implementación del control estadístico de la calidad.....	21
3.2.	IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.....	21
3.2.1.	Identificación de variables del proceso vs especificaciones del cliente.....	21
3.2.2.	Voz del cliente. ....	22
3.2.3.	Selección de variables críticas. ....	22
3.2.4.	Método de control para variables críticas. ....	22
3.2.4.1.	Ficha de procesos para el control de variables cualitativas. ....	22
3.2.4.2.	Graficas de control para variables cuantitativas.....	23
3.2.4.2.1.	Construcción de la gráfica de control para variables cuantitativas. ....	23
3.2.4.2.2.	Interpretación de la gráfica de control para variables cuantitativas.....	24
3.3.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD. ....	24
3.1.1.	Propiedades de la madera plástica luego de implementar el control estadístico de la calidad.....	25
CAPITULO IV.....		26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		26
4.1.	DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD. ....	26
4.1.1.	Descripción de actividades que conforman el proceso. ....	27
4.1.1.1.	Selección de materia prima. ....	27
4.1.1.2.	Triturado de Polímeros.....	28
4.1.1.3.	Pulverizado de fibras vegetales.....	29
4.1.1.4.	Mezcla.....	30
4.1.1.5.	Moldeado. ....	31
4.1.1.6.	Prensado.....	31
4.1.2.	Check list para el control estadístico de la calidad .....	32
4.1.3.	Propiedades de la madera plástica antes de implementar el control estadístico de la calidad.....	34

4.2.	IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA.....	36
4.2.1.	Voz del cliente. ....	36
4.2.2.	Selección de variables críticas del proceso de elaboración de madera plástica. ....	39
4.2.3.	Método de control para las variables de estudio. ....	47
4.2.4.	Control de variables cualitativas. ....	49
4.2.4.1.	Control de la variable tipo de polímero en el área de selección. ....	49
4.2.4.2.	Control de la variable tipo de fibra en el área de selección. ....	50
4.2.4.3.	Control de la variable color del polímero en el área de selección. ....	52
4.2.4.4.	Control de la variable tipo de formulación en el área de mezcla.....	53
4.2.5.	Control de variables cuantitativas .....	54
4.2.5.1.	Control de la variable cuantitativa porcentaje tamaño de escama defectuosa en el área de triturado.....	55
4.2.5.2.	Control de la variable temperatura en el área de moldeado.....	60
4.2.5.3.	Control de la variable tiempo en el área de moldeado.....	63
4.2.5.4.	Control de la variable presión en el área de prensado.....	67
4.2.5.5.	Control de la variable tiempo en el área de prensado. ....	68
4.2.6.	Datos estandarizados para el control estadístico de la calidad en la elaboración de madera plástica. ....	71
4.3.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD. ....	75
4.3.1.	Propiedades de la madera plástica luego de implementar el control estadístico de la calidad.....	76
	CONCLUSIONES .....	78
	RECOMENDACIONES .....	80
	BIBLIOGRAFÍA .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Factores para calcular límites de tres sigmas para la gráfica $X$ y $R$ .....	14
<b>Tabla 2:</b> Interpretación de los gráficos de control de medias y recorridos .....	16
<b>Tabla 3:</b> Check List para el control de la calidad en la elaboración de madera plástica. ..	34
<b>Tabla 4:</b> Cálculo de la densidad aparente.....	35
<b>Tabla 5:</b> Medición de la resistencia a la tracción.....	36
<b>Tabla 6:</b> Especificaciones a tomar en cuenta para determinar la calidad del producto. ....	37
<b>Tabla 7:</b> Propiedades mecánicas de la madera.....	38
<b>Tabla 8:</b> Identificación de variables en el proceso.....	39
<b>Tabla 9:</b> Relación entre especificaciones del cliente y las variables del proceso.....	41
<b>Tabla 10:</b> Relación entre especificaciones del cliente y variables del proceso .....	42
<b>Tabla 11:</b> Relación entre especificaciones del cliente y las variables del proceso .....	43
<b>Tabla 12:</b> Especificación de colores de barras por área del proceso .....	44
<b>Tabla 13:</b> Matriz de relaciones entre especificación y variables críticas.....	46
<b>Tabla 14:</b> Acción Correctiva para cada variable.....	47
<b>Tabla 15:</b> Ficha de proceso control de la variable tipo de polímero área de selección .....	50
<b>Tabla 16:</b> Ficha de procesos para el control de la variable tipo de fibras vegetales en el área de selección.....	51
<b>Tabla 17:</b> Ficha de procesos en el control de la variable tipo de color en el área de selección.....	52
<b>Tabla 18:</b> Ficha de procesos para la elección de la formulación correcta en el área de mezcla.....	53
<b>Tabla 19:</b> Revisión bibliográfica de métodos de control para variables cuantitativas.....	54
<b>Tabla 20:</b> Datos para la variable "cantidad de escama defectuosa".....	56
<b>Tabla 21:</b> Interpretación de la gráfica de control para la variable cantidad de escama .....	60
<b>Tabla 22:</b> Datos para la variable temperatura en el área de moldeado .....	61

<b>Tabla 23:</b> Interpretación de la gráfica de control para la variable temperatura en el área de moldeado.....	63
<b>Tabla 24:</b> Toma de datos para la variable tiempo de moldeado .....	64
<b>Tabla 25:</b> Interpretación de la gráfica de control para la variable tiempo de moldeado....	66
<b>Tabla 26:</b> Toma de datos para la variable tiempo de prensado .....	67
<b>Tabla 27:</b> Toma de datos para la variable tiempo de prensado .....	69
<b>Tabla 28:</b> Interpretación de la gráfica de control para la variable tiempo de prensado .....	71
<b>Tabla 29:</b> Datos Estandarizados para el control estadístico de la calidad .....	72
<b>Tabla 30:</b> Dimensiones geométricas de la madera plástica.....	76
<b>Tabla 31:</b> Medición de la resistencia a la tracción.....	77
<b>Tabla 32:</b> Comparación de las propiedades de la madera plástica antes y después .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama funcional- Elaboración de madera plástica CINDU-UTN. ....	27
<b>Figura 2:</b> Flujograma Selección Materia Prima.....	28
<b>Figura 3:</b> Flujograma Triturado de Polímero de alta densidad.....	29
<b>Figura 4:</b> Flujograma Pulverizado de fibras vegetales .....	30
<b>Figura 5:</b> Flujograma Mezcla de compuestos .....	30
<b>Figura 6:</b> Flujograma Moldeado .....	31
<b>Figura 7:</b> Flujograma Prensado o compactado .....	32
<b>Figura 8:</b> Variables críticas de control para la calidad .....	45
<b>Figura 9:</b> Simbología polietileno de alta densidad.....	49
<b>Figura 10:</b> Prueba de normalidad para la muestra de la variable porcentaje de escama defectuosa.....	58
<b>Figura 11:</b> Gráfica de control- Variable cuantitativa cantidad (kg) de escama defectuosa.	59
<b>Figura 12:</b> Gráfica de control - variable cuantitativa temperatura en el área de moldeado	62
<b>Figura 13:</b> Gráfica de control – variable cuantitativa tiempo en el área de moldeado .....	65
<b>Figura 14:</b> Gráfica de control – variable cuantitativa presión en el área de prensado.....	68
<b>Figura 15:</b> Gráfica de control para la variable tiempo de prensado.....	70

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Cálculo de la media.....	8
<b>Ecuación 2:</b> Cálculo de la desviación estándar .....	8
<b>Ecuación 3:</b> Límites de control superior .....	14
<b>Ecuación 4:</b> Límites de control inferior .....	14
<b>Ecuación 5:</b> Límites de control superior .....	15
<b>Ecuación 6:</b> Límites de control inferior .....	15
<b>Ecuación 7:</b> Límite superior.....	17
<b>Ecuación 8:</b> Límite inferior .....	17
<b>Ecuación 9:</b> Tamaño de la muestra .....	23

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

### 1.1. Problema

Imbabura es una provincia que cuenta con pequeñas, medianas y grandes empresas cuya principal actividad económica es el comercio, la mayoría de estas ofrecen productos de calidad, pero ninguna cuenta con un método de evaluación estadístico de la calidad que valide el cumplimiento de este parámetro.

De la misma manera La Universidad Técnica del Norte en cada una de las facultades permite a estudiantes elaborar productos de toda clase, pero en la producción de ellos no se aplica ningún control de la calidad, la carrera de Ingeniería Industrial con el fin de avanzar en el desarrollo de la investigación e innovación está desarrollando proyectos que buscan la sostenibilidad y sustentabilidad de un entorno interno como institución y externo como provincia de Imbabura. Para ello, el correcto uso de los laboratorios de simulación y la creación de nuevos productos debe cumplir con métodos de evaluación en todo su proceso, que permita verificar resultados de un producto o servicio desarrollado.

También, la falta de emprendimientos con nuevos productos es muy baja en toda la región ya sea por falta de presupuesto o desconocimiento de nuevas técnicas para el reciclaje, es por esto que el desarrollo de nuevos productos debería ir más allá de un prototipo, sino también que se trabajen con datos reales que al momento de pasarlos a una escala mayor no se afecten a su calidad es por esto que se ha decidido impulsar al desarrollo de un nuevo proyecto como es la línea de producción de madera plástica en donde además de tener materia prima reciclada se desea implementar un control estadístico de la calidad en cada uno de los procesos para hacer más factible el proyecto y poder estandarizar los procedimientos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General.**

Implementar el control estadístico de calidad en la elaboración de madera plástica, mediante la aplicación de gráficas y fichas de control que ayuden a la estandarización del proceso.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar los procedimientos sobre la elaboración de madera plástica mediante la técnica de trabajo estandarizado.
- Implementar un control estadístico de la calidad aplicando las fichas y graficas de control.
- Evaluar la metodología implementada mediante la discusión de resultados.

## **1.3. Justificación**

La creación de una línea de producción de madera plástica en los laboratorios CINDU del Antiguo Hospital San Vicente de Paúl es el nuevo proyecto que se está desarrollando en beneficio de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, dicho proyecto tiene tres enfoques de mejora; lo social, académico, y normativo.

Lo que concierne a lo social, en la actualidad la contaminación ambiental aumenta a grandes cifras, un dato extraído del Ministerio del Ambiente señala que cada vez se genera más basura en el Ecuador, según los últimos datos del Registro de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) se está produciendo 0,57 kilogramos de residuos sólidos por día (Decentralizado, 2015) .Este tema se convierte en una preocupación cada vez mayor en la humanidad, y en búsqueda de soluciones a este problema se ha optado por aplicar una técnica de las más antiguas como es el reciclaje,

que en el Ecuador se ha trabajado de una manera más profunda desde los años 2013, 2014 y desde entonces se ha convertido en una alternativa generadora de empleo al reutilizar productos que tardan mucho tiempo en su degradación, es así como desde el año 2011 se ha comprobado que uno de los materiales que se desecha a diario son los plásticos que contienen poli tereftalato de etileno (PET), y su tiempo de descomposición es alrededor de 300 años.

Las técnicas de reutilización son muy conocidas, pero estas no son muy variadas o innovadoras es así como surge la idea de reutilizar las botellas con composición PET para la elaboración de madera plástica cuya fabricación se convierta más allá de un prototipo sino una práctica real de una línea de producción, la cual cuente con variables de control estadístico que señalen valores límites en cada uno de los procesos para la obtención de un producto de calidad y evitar productos rechazados.

Teniendo claro lo sustentable que es este proyecto se ha deseado apoyar y seguir con su desarrollo mediante la aplicación de un control estadístico dentro de cada uno de los procesos para prevenir defectos y asegurar la calidad del producto, centrándose en la medición de la estabilidad y capacidad de los procesos.

El beneficio de implementar esta herramienta de calidad permitirá las mejoras dentro de los procesos productivos volviéndolo así más eficiente. Además, se reducirá pérdidas económicas por falta de conocimiento en la elaboración de este nuevo producto.

Otra de las ventajas que persigue el proyecto es en el ámbito académico y laboral, ya que las futuras generaciones de estudiantes de Ingeniería Industrial podrán realizar prácticas dentro de los laboratorios con datos reales en la elaboración de madera plástica, aumentando así su interés por la investigación y la creación de nuevos productos.

En cuanto a lo jurídico estaremos aplicando el objetivo 5 del Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida, que trata sobre Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria y que en el apartado 5.6 habla sobre promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, para impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades. (Naciones Unidas, 2017)

#### **1.4. Alcance**

La aplicación del control estadístico de la calidad dentro de la elaboración de madera plástica abarca el estudio de cada una de las variables que pueden ser medidas en los procesos de selección de materia prima, triturado de polímero, pulverizado de fibras vegetales, mezcla, moldeado y presado, es decir todos los subprocesos de producción de madera plástica. De tal manera que se pueda validar estadísticamente la calidad el producto final.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1. Importancia de la Calidad.**

Sin duda alguna el estudio de la calidad es un tema que la mayoría de las empresas está poniendo en práctica, además las instituciones de tercer nivel se están encargando de cambiar su pensum de estudio al ver la trascendencia de la calidad, y el aumento de la demanda que existe en la implementación de sistemas de calidad en empresas públicas y privadas.

#### **2.2. Historia del control de la calidad.**

“Para Rendón, la calidad no es un concepto absoluto, ni constituye un fin en sí misma. Es necesario relacionarla, no sólo, con el producto o servicio, sino, con los usos y patrones de consumo que se den a éste”. (Rendón, 2013)

El control de la calidad es tan antiguo como la industria, en sus inicios la calidad era controlada por gremios de las empresas quienes se encargaban de brindar capacitaciones a los trabajadores para que sus productos fueran hechos a una sola medida.

En 1924, W.A. Shewhart, de Bell Telephone Laboratories, desarrollo una gráfica estadística para controlar variables en productos. “Se considera que esta gráfica fue el inicio del control estadístico de la calidad”.(Besterfield, 2009).

En 1950, W.Edwards Deming, presentó una series de conferencias sobre métodos estadísticos frente a ingenieros japoneses, y sobre responsabilidad por la calidad a los directores generales de las más grandes organizaciones en Japón. En 1954 Joseph M. Juran viajó a Japón para enfatizar la responsabilidad de la administración en el logro de la calidad. Y con estos lineamientos los japoneses establecieron las normas de la calidad para que el resto del mundo las adoptara.(Besterfield, 2009).

Por el año 1960 se formaron los primeros círculos del control de calidad, con el fin de mejorar la calidad. En 1980 los estadounidenses viajaban con frecuencia a Japón con el fin de aprender el milagro japonés. La primera industria en darle importancia al control de la calidad fue la industria automotriz quien pidió a sus proveedores adoptar estas técnicas, es así como la norma ISO 9000 se convirtió en el modelo mundial de los sistemas de la calidad.

### **2.3. Control estadístico de la calidad.**

Un proceso en control estadístico o estable es aquél que posee variabilidad asociada apenas a las causas comunes, o sea, sigue cierta calidad previsible a lo largo del tiempo. Sin embargo, esa calidad estable del proceso puede o no ser capaz de producir piezas que atiendan a las especificaciones de clientes o de proyectos. Una vez eliminadas las causas especiales, se puede entonces evaluar la real capacidad del proceso comparando su variabilidad asociada a las causas comunes con las especificaciones. (Hernández Pedrera, 2016)

#### **2.3.1. Control estadístico del proceso (CEP).**

Es la aplicación de técnicas estadísticas para determinar si el resultado de un proceso concuerda con lo que el cliente desea. En el CEP, las herramientas conocidas como gráficas de control se usan sobre todo para detectar servicios o productos defectuosos o para indicar que el proceso ha cambiado y que los servicios o productos se apartaran de sus respectivas especificaciones de diseño, a menos que se haga algo para corregir la situación. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

#### **2.3.2. Causas de las variaciones en el proceso.**

Todo proceso se ve afectado por las variaciones que existen dentro de la producción y que afectan a su producto final (por ejemplo oscilaciones de las características del material

usado, variaciones de temperatura, humedad del ambiente, variabilidad introducida por el operario, maquinaria, etc) que inciden sobre las características deseadas de este producto. (Arturo Ruiz, 2006, pág. 9)

### **2.3.3. Variación debida a causas comunes.**

“Es la variación debida a una causa que se puede particularizar, significa que existen factores relevantes que deben ser investigados, es eludible pero no debe ser subvalorada”. (Hernández Pedrera, 2016)

### **2.3.4. Variación debida a causas especiales.**

“Es una variación inevitable y fatalmente ocurre en un proceso, aun cuando la operación sea ejecutada con el uso de materias primas y métodos estandarizados”. (Hernández Pedrera, 2016).

## **2.4. Medición del desempeño**

El desempeño puede evaluarse de dos maneras. Una consiste en medir las variables, esto es, las características del servicio o producto, como peso, longitud volumen, tiempo, que pueden medirse. Otra forma de evaluar el desempeño consiste en medir los atributos, es decir, las características del producto o servicio que puedan contarse rápidamente para saber si el desempeño es aceptable. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

### **2.4.1. Muestreo**

Es el método más completo para una inspección, consiste en revisar la calidad de todos los productos o servicios en cada una de las etapas del proceso.

Dentro del muestreo tenemos el plan de muestreo que consiste en proporcionar más o menos el mismo grado de protección que una inspección completa. En el plan de muestreo se especifican el tamaño de la muestra, que es la cantidad de observaciones seleccionadas al azar de los productos del proceso; el tiempo que deberá de transcurrir en muestras

sucesivas, y las reglas de decisión que determinan cuando será necesario adoptar medidas. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

#### ***2.4.1.1. Distribución de muestreo.***

En relación con las medidas de desempeño, se producen productos que pueden describirse por medio de una distribución del proceso, con una media y una varianza que solo se conocerán con 100% de precisión después de efectuar una inspección completa. Con el muestreo, se trata de estimar los parámetros de la distribución del proceso usando estadísticas como la media de la muestra y el rango de la muestra o la desviación estándar.

- A continuación la ecuación 1 indica el cálculo de la muestra que no es más que la suma de las observaciones dividida entre el número total de observaciones:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Donde:

$x_i$  = observación de una característica de la calidad (por ejemplo, el tiempo)

$N$  = número total de observaciones

$\bar{x}$  = media

- El rango es la diferencia entre la observación más grande contenida una muestra y la más pequeña. La ecuación 2 muestra la fórmula de la desviación estándar que es la raíz cuadrada de la varianza de una distribución. Una estimación de la desviación estándar del proceso, basada en una muestra se obtiene por medio de:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Donde:

$\sigma$  = desviación estándar de la muestra

$\bar{x}$  = media

$n$ =número total de observación

$x_i$ = observaciones de una característica de la calidad.

Si el rango o la desviación estándar tiene valores relativamente pequeños, eso implica que las observaciones están agrupadas cerca de la media.

Algunas distribuciones de muestreo suelen calcularse en forma aproximada mediante la distribución normal, lo cual permite utilizar las tablas normales (*Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008*).

## **2.5. Herramientas de la calidad.**

Mientras la calidad de un producto o servicio pueda ser medido esta se podrá mejorar, es así como existen varias herramientas asociadas para el control de la calidad que son aplicadas principalmente en el control de la producción.

### **2.5.1. Herramientas del control de la calidad.**

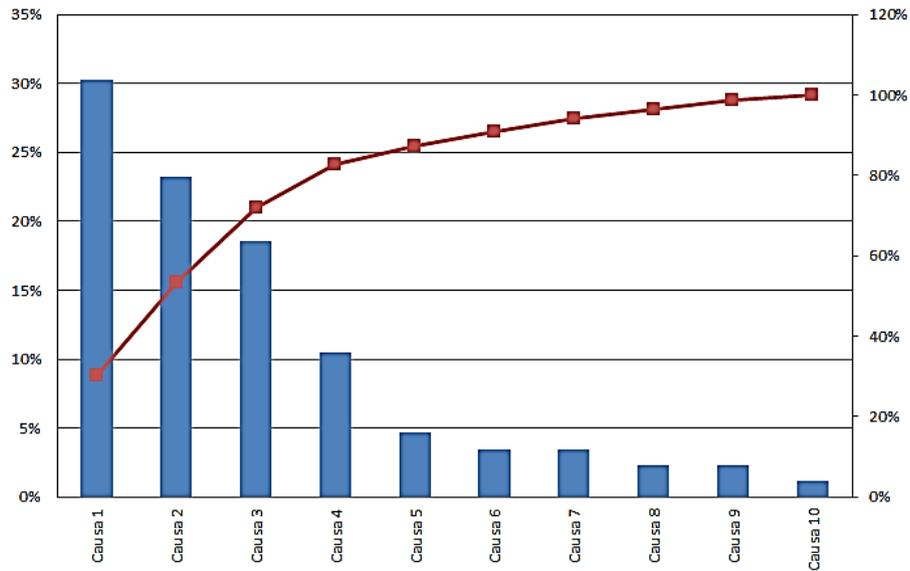
“Son herramientas de control y suelen emplearse cuando la información sobre el problema o situación a evaluar está disponible pero requiere ser organizada y agrupada sistemáticamente para poder ser analizada con éxito”. (Maldonado, 2018)

#### **2.5.1.1. Diagrama Pareto.**

Es la representación gráfica de datos de frecuencia, donde se muestran ordenados de mayor a menor según las causas de los errores que se están dando en un determinado proceso. Los diagramas de Pareto son de gran utilidad para asignar una prioridad a los problemas más significativos. (Maldonado, 2018)

A continuación en la ilustración N° 1 se muestra como es la representación gráfica de un diagrama de Pareto.

**Ilustración 1:** Representación gráfica del diagrama de Pareto



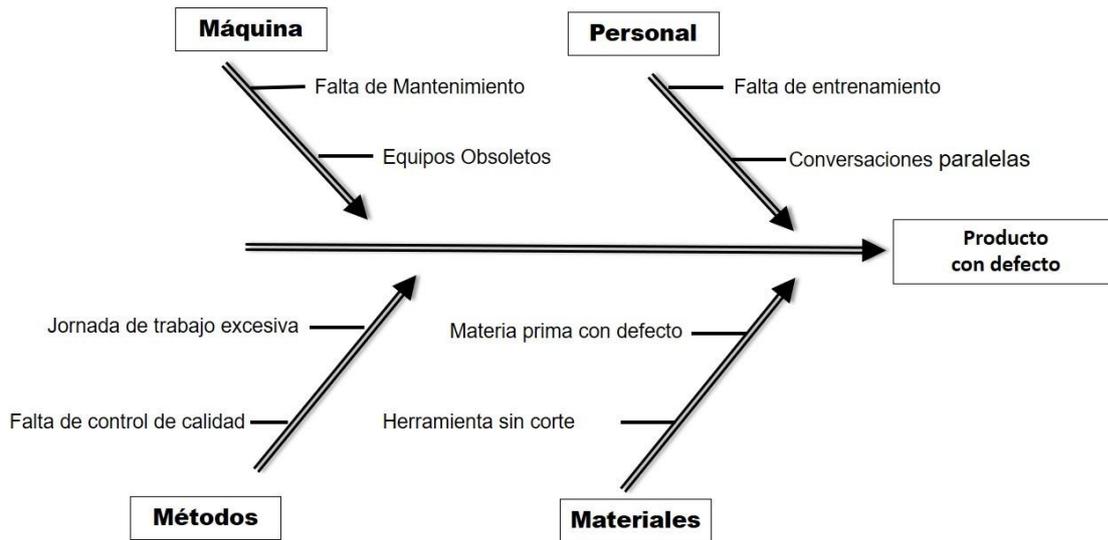
**Fuente:** Google- Imágenes, 2019

### ***2.5.1.2. Diagrama de causa efecto.***

El diagrama de causa efecto, también conocido como espina de pescado es una herramienta que permite el estudio estructurado de las causas que generan variaciones en un proceso. Por lo general las causas más comunes que generan variaciones están relacionadas con la maquinaria, la materia prima, el método, la mano de obra, el medio ambiente y las medidas a los que están expuestos los productos (las 6M).

Para conocimiento de este diagrama la ilustración 2 muestra como es la construcción de una diagrama de causa efecto.

**Ilustración 2:** Representación gráfica diagrama causa efecto



**Fuente:** Google- Imágenes, 2019

### ***2.5.1.3.Hojas de comprobación.***

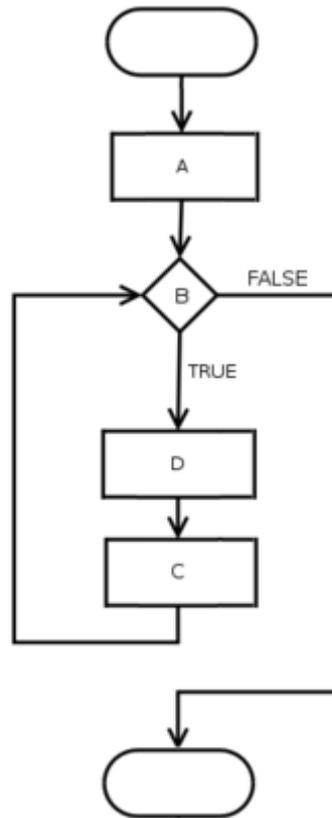
El objetivo de las hojas de comprobación es ayudar al personal de una empresa a que los datos recolectados sean claros y ordenados, que al momento de detectar un problema este sea fácil de identificar y se pueda dar una solución. Una hoja de control esta ajustada a cada situación y debe ser elaborada por el equipo de cada proyecto.

### ***2.5.1.4.Diagrama de flujo de procesos.***

Es un diagrama esquemático que indica el flujo de un producto y ayuda a la trazabilidad desde la recepción de materia prima hasta un producto final. Lo que facilita un diagrama de flujo es visualizar todo el proceso y localizar los problemas en cada actividad. Para la elaboración de un diagrama de flujo existen un lenguaje de símbolos que facilita su interpretación.

En la ilustración N° 3 se presenta gráficamente como es la construcción de un diagrama de flujo.

**Ilustración 3:**Representación gráfica de un diagrama de flujo



**Fuente:** Google- Imágenes, 2019

#### ***2.5.1.5. Diagrama de dispersión.***

Es un diagrama de puntos que se representa gráficamente la relación que existe entre dos o más variables. Una de estas variables se puede controlar y por ello se le asigna el eje x y a la variable dependiente se le asigna el valor de y, es decir que los puntos graficados en el plano son dos coordenadas que representan a cada una de las variables. (Alcalde, 2016)

#### ***2.5.1.6. Histograma.***

El histograma se utiliza para visualizar el comportamiento del proceso con respecto a determinados límites. El método estadístico más común consiste en sacar muestras en tal

forma que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados. (Gutierrez, 2003)

#### ***2.5.1.7. Graficas de control***

Según Alcalde (Calidad, 2016). “Una gráfica de control es un gráfico de tipo lineal, donde se establecen límites superiores e inferiores (tolerancia) y una línea central, para determinar las variaciones con respecto a la línea central de una determinada variable respecto al tiempo” (pág. 117).

Los diagramas de control son una herramienta contrastada para mejorar la productividad, ya que al reducir el rechazo y la reelaboración los costos disminuyen y la capacidad de la producción aumenta. Por otra parte, los diagramas de control son eficaces para evitar defectos preventivamente, manteniendo el proceso bajo control durante la etapa de fabricación. (Marquéz, 2016, pág. 118)

Las gráficas de control se pueden clasificar en dos tipos: Por variables y por atributos

##### ***2.5.1.7.1. Graficas de control por variables.***

En estos gráficos se controla la variación de una determinada característica que sea medible, como por ejemplo, dimensiones, pesos, etc. Para un proceso que sigue una distribución normal es posible calcular cuales tienen que ser los límites de control superior e inferior para considerar que el proceso está bajo control estadístico.

Las gráficas de control por variables se usan para monitorear la media y la variabilidad de la distribución del proceso.

- **Gráfica R:** Una gráfica de rango o grafica R, se usa para supervisar la variabilidad del proceso. Para calcular el rango de un conjunto de datos muestrales, el analista resta la media más pequeña de la más grande en cada muestra. Si cualquiera de los

rango esta fuera de los límites de control. La variabilidad del proceso no está bajo control. La ecuación 3 y 4 representa Los límites de control superior e inferior respectivamente, para la gráfica R son:

$$LCS_R = D_4 \bar{R} \quad (3)$$

$$LCI_R = D_3 \bar{R} \quad (4)$$

Donde:

R = Promedio de varios valores R anteriores y la línea central de la gráfica de control.

$D_3, D_4$  =Constantes que proporcionan límites a tres desviaciones estándar para un tamaño de muestra dado.

- Observe que los valores de  $D_3$  y  $D_4$  mostrados en la tabla 1 cambien en función del tamaño de la muestra. Observe también que la separación entre los límites de control disminuye cuando el tamaño de la muestra aumenta. Este cambio es una consecuencia de tener más información en el cual basar una estimación para el rango del proceso. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2013)

**Tabla 1:**Factores para calcular límites de tres sigmas para la gráfica  $\bar{X}$  y R

Tamaño de la muestra	Factor para LCS y LCI para la gráfica $\bar{X}$ ( $A_2$ )	Factor para LCI para la gráfica R ( $D_3$ )	Factor para LCS para la gráfica R( $D_4$ )
2	1.880	0	3.267
3	1.023	0	2.575
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.115
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777

**Fuente:** (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2013)

**Elaborado por:** Patricia Taimal

- **Gráfica  $\bar{X}$** : una gráfica x barra se usa para ver si el proceso está generando una salida congruente, en promedio, con el valor meta establecido por la administración o si su desempeño actual respecto al promedio de la medida de desempeño promedio es congruente con el desempeño anterior.

Al igual que la gráfica R las gráficas X también tienen un límite superior y un límite inferior como muestran la ecuación 5 y 6 respectivamente.

$$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (5)$$

$$LCI_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (6)$$

Donde:

$\bar{\bar{x}}$  = Línea central de la gráfica que puede ser el promedio de medidas muestrales pasadas o bien, un valor meta establecido para el proceso.

$A_2$  = Constantes que proporcionan límites a tres sigmas estándar para la media muestral.

Los valores de  $A_2$  se encuentran en la tabla 1. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2013)

“En la práctica resulta mucho más habitual trabajar con diferentes muestras que contienen, a su vez unos pocos valores y que se van tomando cada cierto tiempo. Los resultados obtenidos de estas graficas se los puede interpretar haciendo uso de la siguiente tabla. (Miguel, 2010)

**Tabla 2:** Interpretación de los gráficos de control de medias y recorridos

<b>Interpretación de gráficos (<math>\bar{x}/R</math>)</b>	
<p>El proceso se puede considerar bajo control mientras todos los puntos se encuentran situados dentro de los límites superiores e inferiores de control. El proceso será más estable cuando más se acerque a la línea media.</p>	
<b>Gráfico de recorridos ( R)</b>	
<b>Síntomas</b>	<b>Causas probables</b>
<p>Aparecen puntos por encima del límite superior (LCS), o aparecen puntos sucesivos en tendencia creciente, sin que se llegue a superar este límite.</p>	<p>Existe una variación muy fuerte entre cada una de las muestras analizadas. Esto podría estar ocasionando por un cambio en el operario que maneja el proceso, cambios en los instrumentos de medida, desajustes o averías en una máquina, o cualquier otra causa asignable que puede originar un cambio considerable en el proceso</p>
<p>Cuando aparecen 7 puntos consecutivos en línea descendente</p>	<p>Esto nos indica que el proceso está mejorando.</p>
<b>Gráfico de medias (<math>\bar{x}/R</math>)</b>	
<p>Algún punto se escapa fuera de los límites de control</p>	<p>Existe una modificación del proceso o se han producido cambios en los operarios, nuevos instrumentos de medida, etc. En estos casos abra que parar el proceso y ajustarlo hasta que vuelva a estar controlado.</p>
<p>La aparición de 7 puntos consecutivos en sentido creciente o decreciente dentro de los límites de control.</p>	<p>El proceso está desarrollando una tendencia clara y en una determinada dirección hacia la intensidad. Esto podría estar causado por multitud de causas asignables, como por ejemplo, operarios cansados, desgaste en las maquinas o herramientas, mantenimiento incorrecto, cambios en los procedimientos, acumulación de suciedad.</p>

**Fuente:** (Miguel, 2010)

**Elaborado por:** Patricia Taimal

### 2.5.1.7.2. Gráficas de control por atributos.

En este tipo de gráficos se controla si el elemento inspeccionado cumple o no cumple unas determinadas condiciones, es decir que solo se admiten dos posibilidades si/no, como, por ejemplo, conforme, pasa no pasa, funciona-no funciona, etc. (Alcalde, 2016).

También se utiliza el valor de  $\bar{p}$  para calcular los límites superior e inferior que se muestra en la ecuación 7 y 8 de la siguiente manera:

$$ULC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (7)$$

$$LLC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (8)$$

Donde:  $\bar{p}$  =representa la media de la muestra y

n = Numero de la muestra

Después de elaborar la gráfica de control p con su línea central y sus límites inferior y superior de control, se presentan muestras del proceso bajo control y se ubican en la gráfica. Si el porcentaje de las muestras cae dentro de los límites de control, no se toma acción alguna. Si cae fuera de estos, el proceso se detiene y se busca la posible causa (material, operador o máquina) (Schroeder, 2005).

## 2.6. Voz del cliente

Cuyo objetivo es transformar las expresiones y demandas del cliente en calidad del diseño. Se basa en técnicas de investigación cualitativa y su objetivo no es definir un conjunto de prioridades de mejora, sino identificar un completo rango de atributos que potencialmente inciden en la satisfacción del cliente.

El proceso de despliegue de la Voz del Cliente se efectúa en varias fases:

- Obtención de la opinión del cliente.
- Análisis de la Voz del Cliente.
- Identificación y organización de atributos. (Aiteco, s.f.)

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo esta investigación se hará uso de técnicas utilizadas en proyectos relacionados con el tema de estudio para garantizar una aplicación certera. Tomando en cuenta los tipos de investigación se aplicarán las siguientes:

#### **Investigación bibliográfica.**

Para seleccionar un método de control estadístico se utilizará la técnica del estado del arte, haciendo uso de una investigación bibliográfica que proporcione gran cantidad de conocimientos y mucha información para poder seleccionar el método más idóneo.

#### **Investigación aplicada**

El proyecto en desarrollo busca solucionar alguno de los problemas existentes en nuestro medio como es la contaminación y la falta de un control estadístico de la calidad en los productos ofertados. El porqué de la utilización de esta investigación está basado en “mejorar un proceso, un producto o solucionar problemas reales”. (Posso, 2011)

#### **Investigación experimental.**

La investigación experimental será un punto clave para la medición de la variabilidad, ya que no bastará con una sola muestra del producto, sino que se deberán realizar varias pruebas que arrojen valores suficientes para establecer límites de control de cada variable de estudio y así mantenerlos en un rango de aceptación.

#### **Investigación correlacional.**

Para la identificación de variables cuantitativas y su medición se empleará una investigación correlacional “donde la estadística juega un papel muy preponderante ya que el objetivo es medir la relación que exista entre dos o más variables, ya que permiten medir

diferentes variables simultáneamente a través de distintos instrumentos de investigación en condiciones naturales de desarrollo de acontecimientos”. Gracias a esto se podrá obtener datos que controlen la productividad del proceso de producción de madera plástica. (Posso, 2011)

Cabe recalcar que la investigación es cuantitativa y cualitativa; cuantitativa por la recolección de datos, el análisis y estudio de cada variable del proceso productivo, es por ello que se ha optado por usar las herramientas del control estadístico de la calidad como son las gráficas de control. También se considera una investigación cualitativa porque en todo el proceso de producción de madera plástica existen variables que no son cuantificables, lo que nos lleva a la aplicación de una nueva herramienta de control, como son las fichas de procesos.

La investigación plantea tres objetivos: Primero mediante un diagnóstico del proceso se caracterizará el procedimiento de elaboración de madera plástica, donde se realizará un levantamiento de procesos y procedimientos con el fin de elaborar un trabajo estandarizado que permita el fácil reconocimiento de cada actividad que se realiza en la línea de producción de madera plástica (Anexo 2). La segunda es la implementación del control estadístico de la calidad, donde se determinarán las variables cuantitativas - cualitativas del proceso, así como también el método de control para cada una de las variables. La tercera fase es la evaluación de la implementación, que permitirá identificar si el proceso es o no estable, y también conocer si el producto satisfará las necesidades del cliente.

### **3.1.DETERMINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA.**

#### **3.1.1. Diagnóstico inicial.**

En el diagnóstico se realizará un levantamiento de procesos tomando en cuenta los siguientes pasos: i) Elaborar un diagrama funcional del proceso, ii) Realizar los diagramas de recorrido para cada subproceso. Las dos actividades serán realizadas mediante la observación en planta. Se recolectará datos para la construcción del diagrama funcional y los diagramas de recorridos que permitan determinar el proceso. Luego se describirá brevemente en que consiste cada subproceso y las características a tomar en cuenta.

#### **3.1.2. Trabajo estandarizado para el control estadístico de la calidad en la elaboración de madera plástica.**

El manual de trabajo estandarizado considerará los siguientes puntos:

- La secuencia de trabajo en cada puesto de trabajo.
- Los tiempos estándares en cada subproceso y actividades.
- También se tendrá un trabajo combinado entre operarios y tiempo de operación, que de aquí depende el esfuerzo laboral en cada puesto de trabajo.
- Además cuenta con registros que permiten el seguimiento permanente del proceso.

#### **3.1.3. Check list de la calidad en el proceso de elaboración de madera plástica**

Primero, el responsable del área, líderes de equipo y operarios del proceso con base en el trabajo estandarizado investigará los requerimientos que debe tener un producto de calidad, para los cual se responderá SI o NO las siguientes interrogantes: ¿Se sigue un procedimiento?, ¿Los equipos se encuentra calibrados?, ¿Se realiza mantenimiento a la

maquinaria?, ¿Se tiene medidas estandarizadas?, ¿Existen puntos de control de la calidad? y ¿El producto final es conforme?, las respuestas deberán lograrse mediante consenso entre al responsable del área, líderes de equipo y operarios del proceso. Segundo se elaborará un tabla de doble entrada que muestre las actividades del proceso versus interrogantes que respondan en el primer paso. Con la información obtenida se determinará si es o no factible la implementación del control estadístico de la calidad en el proceso de producción.

#### **3.1.4. Propiedades de la madera plástica antes de la implementación del control estadístico de la calidad.**

Las características que se evaluarán antes de la implementación serán, el ancho, largo y espesor, tales dimensiones serán medidas con un calibrador, Otra de las propiedades a evaluarse será la densidad aparente, la cual se calculará a partir de la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{m}{v} \quad \text{donde:} \quad (9)$$

$\sigma$ = densidad aparente

$m$ = masa (medido en kg)

$v$ = volumen (largo x ancho x espesor) mm<sup>3</sup>

Y como una propiedad mecánica, con ayuda del dinamómetro se evaluará la resistencia a la tracción la cual será medida en el laboratorio de procesos físicos de la carrera de Ingeniería textil.

### **3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.**

#### **3.2.1. Identificación de variables del proceso vs especificaciones del cliente.**

Con la realización del trabajo estandarizado se identificarán las variables que se encuentran presente en cada subproceso, ya que al momento de su elaboración se analizará

cada actividad y tarea que mostraron de manera implícita cada una de las variables de estudio.

### **3.2.2. Voz del cliente.**

A continuación se ejecutará la voz del cliente (VOC), para identificar las necesidades y requerimientos de calidad del cliente final. Mediante revisiones bibliográficas se determinará las especificaciones o propiedades de la madera plástica versus madera común, se construirá una tabla comparativa entre las especificaciones del cliente y las variables de producción de madera plástica reciclada para el proceso de producción.

### **3.2.3. Selección de variables críticas.**

Mediante las tabla de relaciones 9,10,11 se seleccionarán las variables críticas, mediante ponderaciones numéricas, donde se determinará el grado de relación que existe entre ellas. Las ponderaciones vienen dadas de cero (0) a cinco (5), representando cinco el mayor grado de relación y cero no guarda relación alguna. Para seleccionar cada una de estas variables, se encuestará al responsable del área, líderes de equipo y operarios del proceso. Con los cuáles, se determinará las variables que afectan directamente a las características finales de la madera plástica.

### **3.2.4. Método de control para variables críticas.**

#### ***3.2.4.1. Ficha de procesos para el control de variables cualitativas.***

Para el control de las variables cualitativas se hará uso de un formato de fichas de procesos ya que es una herramienta que facilita el control de las variables en planta y permiten que los estudiantes quienes son las personas involucradas en el proceso puedan seguir un procedimiento estandarizado. Las fichas muestran su misión dentro del proceso y paso a paso la forma de controlar cada una de las variables, toman en cuenta además entradas y la salida de un producto final.

### ***3.2.4.2. Graficas de control para variables cuantitativas.***

Las variables cuantitativas que forman parte del proceso de elaboración de prototipos de madera plástica, al ser estas cuantificables podrán ser controladas mediante graficas de control.

Considerando que existen varias graficas de control y analizando que las variables a controlar se seleccionará una gráfica de control por variables o de datos continuos. Al tener un volumen de producción bajo se utilizará la gráfica observaciones individuales y rangos móviles(I-MR) que mide una característica de una parte o proceso, como por ejemplo la longitud, el peso o la temperatura. Los datos suelen incluir valores fraccionados (o decimales).

#### *3.2.4.2.1. Construcción de la gráfica de control para variables cuantitativas.*

Para la construcción de las gráficas de control es necesario determinar el tamaño de la muestra, para ello se hará uso de la ecuación 9:

$$n = \frac{N\sigma^2 z^2}{e^2 (N-1) + \sigma^2 z^2} \quad (10)$$

También es necesario conocer el número de observaciones o productos a analizar durante un determinado tiempo.

Luego se recogerá la cantidad de datos señalados por la muestra y se harán los cálculos de la media, rango y desviación estándar, que son datos necesarios para la elaboración de la gráfica de control en el software Minitab.

#### *3.2.4.2.2. Interpretación de la gráfica de control para variables cuantitativas.*

Una vez que obtengamos nuestra gráfica de control el software ( *Minitab, 2016*) se encarga de mostrar un informe completo del comportamiento de nuestras variables analizadas, se podrá definir y establecer una medida estándar a la que se deberá ajustar todo el proceso.

### **3.3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.**

Habiendo conocido que la línea de producción de madera plástica no cuenta con ningún tipo de control que garantice la calidad del producto final, es conveniente la implementación del control estadístico de la calidad que se desarrolló de la siguiente manera.

Para las variables cuantitativas en cada puesto de trabajo existirá una hoja de control donde cada responsable pueda señalar que las variables del proceso se mantengan dentro de control, y de no ser así tomar acciones correctivas.

Para las variables cualitativas, en el puesto de trabajo existirá una ficha de procesos que muestra los pasos a seguir para el cumplimiento de las actividades, y junto a ello un registro que muestre el cumplimiento de todos los pasos señalados en la ficha de procesos.

Para evidenciar la implementación del control estadístico de la calidad se establecerán puntos de control en cada una de la áreas que se requiera en todo el proceso productivo de elaboración de prototipos de madera plástica, en donde los estudiantes de la carrera de ingeniería Industrial puedan elaborar los prototipos sin rechazos y cumpliendo con las especificaciones deseadas. Además las hojas de control implementadas en planta nos

ayudaran a dar seguimiento a la implementación del control estadístico ya que en ellas se mostrará si las variables se mantienen bajo control o no.

### **3.1.1. Propiedades de la madera plástica luego de implementar el control estadístico de la calidad.**

Luego de implementar el control estadístico de la calidad se obtendrá nuevas dimensiones de las características de la madera plástica, las cuales se compararán con la misma metodología del punto 4.1.4.

## **CAPITULO IV**

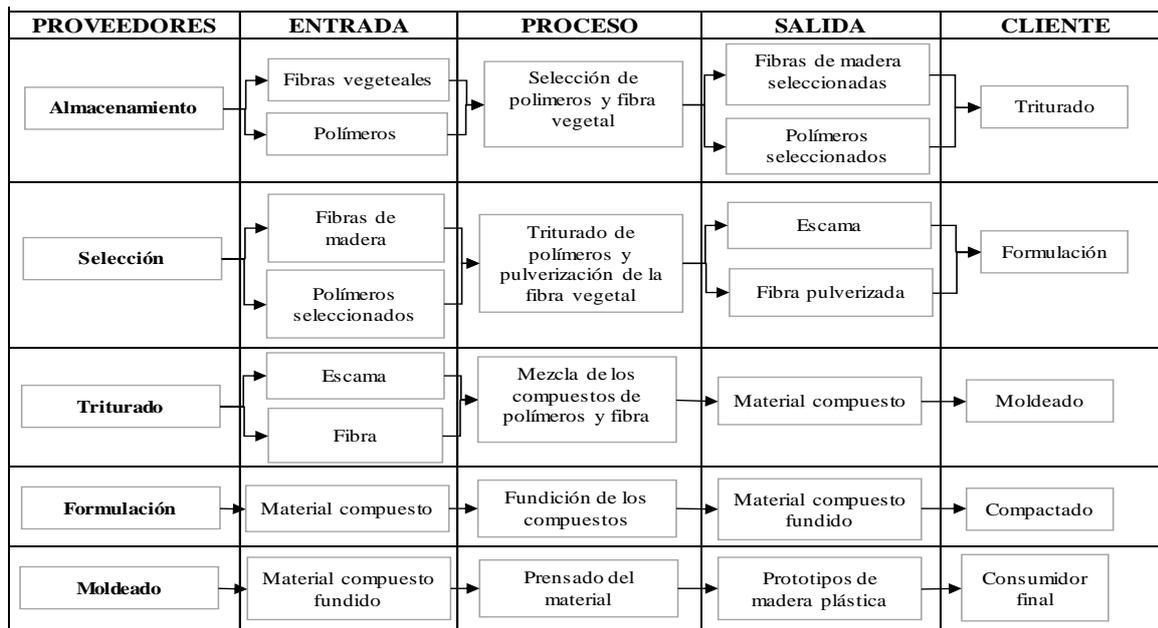
### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el año 2018 en la Universidad Técnica del Norte la carrera de Ingeniería Industrial crea probetas de madera plástica con una composición de 80 % material reciclado (PET) y 20 % de fibras vegetales tales como: Tallos de rosas, cabuya, totora, caña de azúcar; con el fin de reducir la contaminación ambiental y generar un nuevo producto de competencia en el mercado. Varios grupos de estudiantes de la carrera en acompañamiento con el docente Andrés Cruz han desarrollado este proyecto de innovación que se lo viene puliendo día a día en las diferentes características como calidad, productividad y aplicaciones de la madera plástica.

#### **4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.**

La elaboración de prototipos de madera plástica es el desarrollo de un trabajo de investigación que se desarrolló en el laboratorio de procesos Físicos CINDU- UTN. Que hoy se encuentra estructurado de la siguiente manera como muestra el diagrama funcional.

En la figura N°1 se encuentra estructurado el diagrama funcional que detalla cuales son los proveedores de materia prima en cada área, las entradas que corresponden a los insumos que se necesitan para cumplir con las actividades, además muestra el proceso o transformación de la materia prima para la obtención de un producto final más conocido como las salidas del proceso, y finalmente nos indica un cliente quien es el consumidor final.



**Figura 1:** Diagrama funcional- Elaboración de madera plástica CINDU-UTN.

**Fuente:** Pozo, 2019

Mediante la figura 1 se puede apreciar que el proceso de elaboración de prototipos de madera plástica cuenta con cinco, subprocesos o actividades como son, el almacenamiento de materia prima e insumos, una selección de polímeros y fibras vegetales, el triturado que transforma los polímeros en escama, se especifica un área de pulverizado que corresponde a la molienda de las fibras vegetales, luego tenemos un subproceso de moldeado y por último, el prensado o compactado de la madera plástica.

#### **4.1.1. Descripción de actividades que conforman el proceso.**

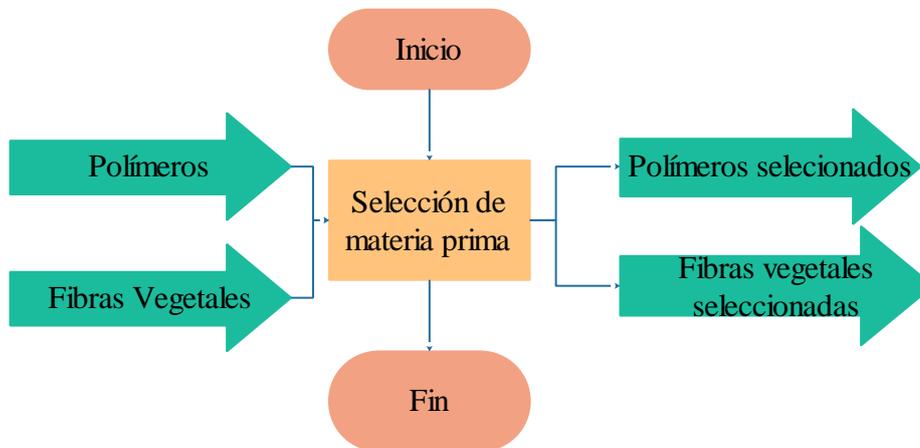
Para conocer las operaciones que conforman el proceso productivo de la elaboración de madera plástica, se describe cada una de las actividades y se muestra un flujograma para cada subproceso.

##### **4.1.1.1. Selección de materia prima.**

Este proceso consiste en la selección de los polímeros donde se retira cualquier tipo de impureza que contenga, como tapas y etiquetas. Una vez clasificados los polímeros se procede a la selección de fibras naturales que consiste en la extracción de hojas o cualquier

otra parte de las fibras que no sea tallo, para finalizar con este proceso se etiqueta los polímeros y la fibra vegetal que se encuentren aptos para la elaboración de las probetas.

En la figura 2 se muestra en diagrama de flujo que indica una entrada, un proceso de transformación y una salida o producto final.



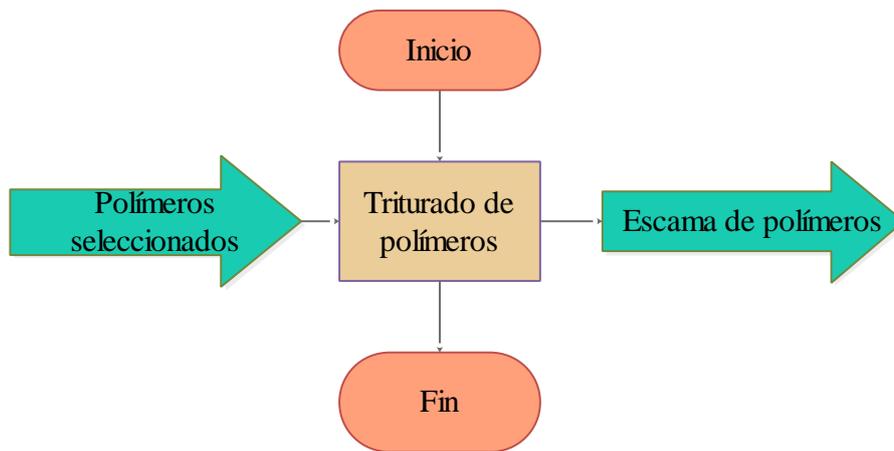
**Figura 2:** Flujograma Selección Materia Prima  
**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

En este flujograma podemos observar que el proceso consta de dos entradas, las cuales son polímeros y fibras vegetales, que luego de pasar por el proceso de selección se encuentran aptas para la siguiente etapa de transformación.

#### **4.1.1.2. Triturado de Polímeros.**

En este subproceso, el personal debe cumplir con ciertas medidas de seguridad que demanda la operación como es portar el equipo de protección personal (EPP). Al cumplir este requisito se procede a la preparación de la máquina trituradora en donde se introducirá el polímero previamente seleccionado, para obtener como resultado de la operación una escama de 8mm de espesor.

La figura 3 muestra un flujograma de procesos en el área de triturado, el cual se encuentra estructurado por una entrada, un proceso de transformación y una salida.



**Figura 3:** Flujograma Triturado de Polímero de alta densidad  
**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

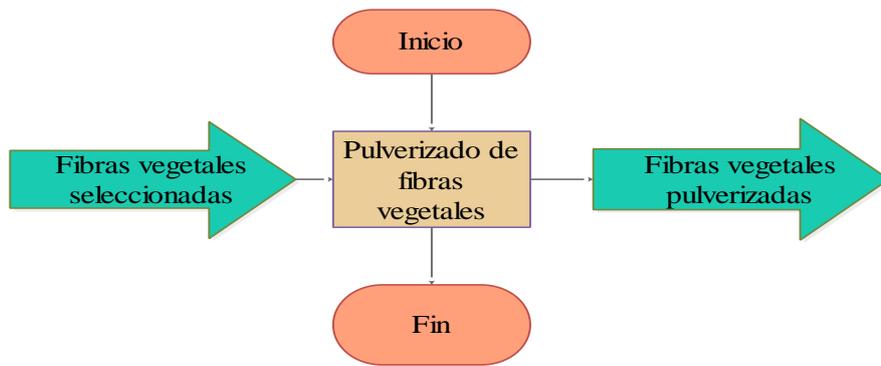
Del flujograma podemos conocer que, cuando los polímeros pasan ya por el área de triturado se obtiene un nuevo producto llamado escama de polímeros el cual ya es el producto final para un nuevo subproceso.

#### ***4.1.1.3. Pulverizado de fibras vegetales.***

Para completar la formulación de probetas de madera plástica se procede a pulverizar las fibras vegetales, dependiendo del tipo de probeta a realizar se pueden utilizar distintas fibras entre la totora, fibra de caña, tallo de rosa, etc.

El pulverizado de fibras vegetales se muestra en la figura 4, en donde mediante el diagrama de flujo se puede observar cuales son las entradas al proceso y su resultado.

Se debe tomar en cuenta que esta actividad es realizada individualmente para cada tipo de fibra vegetal



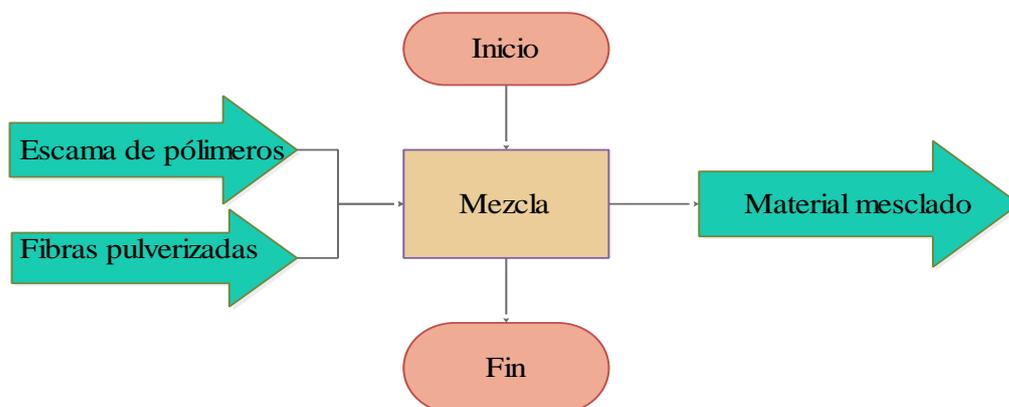
**Figura 4:** Flujograma Pulverizado de fibras vegetales  
**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

En este proceso de transformación el producto resultante es fibra vegetal pulverizada que se encuentra lista para ser usada en la formulación de la madera plástica.

#### 4.1.1.4. Mezcla

La mezcla consiste en unir la escama de polímero con la fibra vegetal, esta operación se lleva a cabo en el molde del prototipo a realizarse, con la ayuda de una balanza se determina la proporción 70% escama de polímero y 30% fibras pulverizadas.

Mediante el diagrama de flujo de la figura 5 se muestra cuáles son las entradas para la operación mezcla o formulación, ya que depende de esta actividad conocer cuáles serán las características del prototipo a elaborar.

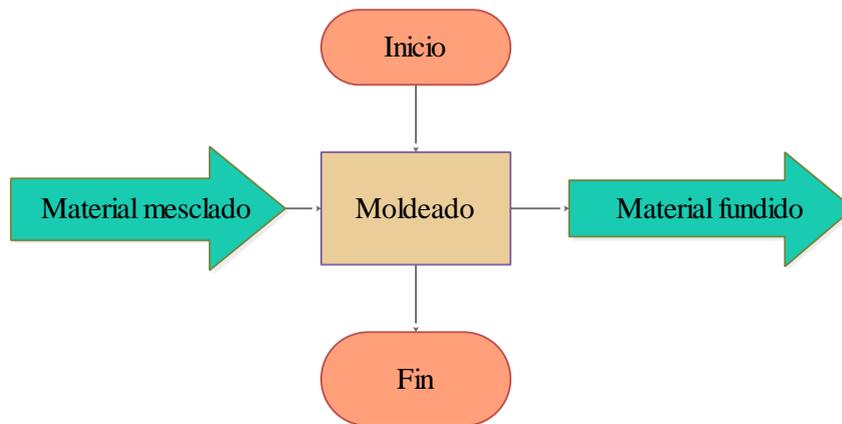


**Figura 5:** Flujograma Mezcla de compuestos  
**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

#### 4.1.1.5. Moldeado.

El proceso consiste en la fundición de los compuestos a una temperatura de 150°C en un tiempo estimado de 36 minutos.

El flujograma de la figura 6 indica la continuidad del proceso para la elaboración madera plástica.



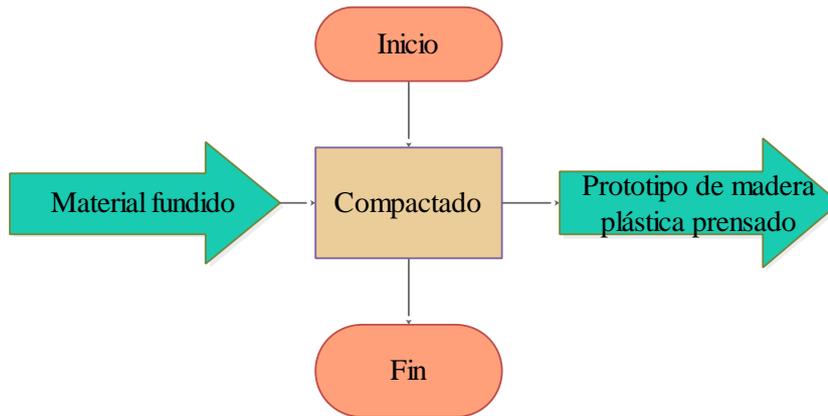
**Figura 6:** Flujograma Moldeado  
**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

El moldeado para la obtención de madera plástica consta como entrada una formulación o mezcla de fibras vegetales y polímero, en este caso llamado material mezclado. Para luego haciendo uso de un horno cumplir con la actividad y obtener un material fundido.

#### 4.1.1.6. Prensado.

Para compactar el material previamente fundido se requiere la preparación de la máquina prensadora. Este proceso requerirá un lapso de 26 minutos.

La figura 7 es el último diagrama de flujo de todo el proceso, que muestra al material fundido como entrada al proceso y como un salida un prototipo de madera plástica prensado.



**Figura 7:**Flujograma Prensado o compactado  
**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

El compactado o prensado es una actividad que da como concluido el proceso de fabricación de madera plástica, dependiendo de su uso este producto ya es considerado final, pero si se desea hacer aplicaciones de él se deberá seguir a un proceso de pulido.

#### **4.1.2. Check list para el control estadístico de la calidad**

En la tabla 3 se muestra el Check list para el control de la calidad en la elaboración de madera plástica, que fue la fase inicial para la implementación del control estadístico de la calidad que muestra cuales son falencias en el proceso que no permiten que el producto final cumpla con los requerimientos del cliente que son resistencia, densidad, espesor, color.

El Check list presenta un grupo de 6 preguntas que fueron formuladas con la finalidad de conocer si el proceso actual de elaboración de madera plástica cumple con algún proceso de control estadístico de la calidad, entre las preguntas formuladas tenemos las siguientes:

1. ¿Se sigue un procedimiento?

Esto indica que si los procesos operativos de la producción de madera plástica son realizados con algún procedimiento en donde las personas encargadas del proceso puedan guiarse y así cumplir debidamente sus actividades.

2. ¿Los equipos se encuentran calibrados?

Para cumplir con ciertas actividades y tareas del proceso se hace uso de máquinas y herramientas, se desea conocer si éstas han sido calibradas para su uso.

3. ¿Se realiza mantenimiento a la maquinaria?

Todas las operaciones hacen uso de una maquinaria, pero se desconoce si estas van siguiendo algún tipo de mantenimiento ya sea diario, semanal o mensual.

4. ¿Se tiene medidas estandarizadas?

El contar con medidas estandarizadas es la base fundamental para el cumplimiento de la calidad, por tal manera se desea saber si en todo el proceso de producción existen tamaños, tiempos y temperaturas que cuenten con una medida estandarizada que durante todo el proceso esta se mantenga estable.

5. ¿Existen puntos de control de la calidad?

Para verificar si el producto final será conforme o no, es necesario tener puntos de inspección que controlen cada una de las actividades que se realizan en cada área y antes de pasar a otra el producto saliente ya sea de calidad.

6. ¿El producto final es conforme?

Al final de cada actividad siempre se obtiene un resultado, al que llamaremos producto final, para lo cual se desea conocer si este al salir de una actividad y pasar a otro se encuentra apto para seguir en el proceso establecido.

**Tabla 3:** Check List para el control de la calidad en la elaboración de madera plástica.

SUBPROCESOS	¿SE SIGUE UN PROCEDIMIENTO?	¿LOS EQUIPOS SE ENCUENTRAN CALIBRADOS?	¿SE REALIZA MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA	¿SE TIENE ESTABLICIDO MEDIDAS ESTANDARIZADAS?	¿EXISTEN PUNTOS DE CONTROL DE CALIDAD?	¿EL PRODUCTO FINAL ES CONFORME?
CLASIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA.	NO	NO	NO	NO	NO	SI
TRITURADO POLÍMEROS	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PULVERIZADO DE FIBRAS VEGETALES	NO	NO	NO	NO	NO	NO
MEZCLA	NO	NO	NO	SI	NO	SI
MOLDEADO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
PRENSADO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CUMPLIMIENTO (%)	0%	0%	0%	16.6%	0%	49,8%

**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Luego de haber realizado el Check list del control estadístico de la calidad en la elaboración de madera plástica se pudo determinar que el proceso no cuenta con procedimientos. Los equipos no son calibrados y no se realiza manteniendo. Además no existen puntos de control de calidad en ninguna área de cada subproceso. El porcentaje de cumplimiento de las medidas estandarizadas solo representan un 16,6 %. Y las salidas conformes del proceso representan un 49,8% de cumplimiento los seis subprocesos

#### **4.1.3. Propiedades de la madera plástica antes de implementar el control estadístico de la calidad.**

Para cada variable de estudio se ha realizado una tabla ilustrativa que muestra los valores numéricos con los que se está produciendo la madera plástica actualmente.

A continuación en la tabla 4 se muestra el cálculo de la densidad aparente, para ello es necesario conocer los medida geométricas y peso de la madera plástica.

**Tabla 4:** Cálculo de la densidad aparente.

Dimensiones geométricas de la madera plástica	Valor en centímetros	Madera plástica con PEHD +Titora
Largo	36	
Ancho	35	
Espesor	0.9	
Volumen = (35 *36*0.9) cm	Masa =2000 g	$\sigma = \frac{2000}{1134}$ $\sigma = 1.76 \text{ g/cm}^3$

**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Estos valores son tomados a partir de una formulación de 2 kg, distribuidos en un porcentaje de 80% escama de polietileno de alta densidad y un 20% de fibra vegetal (totora).

Luego de los respectivos cálculos se obteniendo así una densidad equivalente a 1.76 g/cm<sup>3</sup> lo que representa que la madera obtenida es liviana; cabe mencionar que con anterioridad fue retirada la rebaba para cada toma de datos.

Para medir la resistencia a la tracción se solicitó hacer uso de los equipos de medición de la carrera de Ingeniería Textil de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, ya que los laboratorios de CINDU no cuentan con este tipo de equipos de medición de materiales. En la tabla 5 se muestra las mediciones de la resistencia a la tracción, obtenidos directamente del software del equipo (Dinamómetro), utilizando la Norma ISO 13934-2:2014 (Determinación de la fuerza máxima por el método del agarre)

**Tabla 5:** Medición de la resistencia a la tracción

Probetas de HDPE + Totora	Fuerza máxima (N)	Alargamiento en fuerza máxima (%)	Fuerza de ruptura (N)	Alargamiento de ruptura (%)
Probeta 1 (250*25*2,5) mm	825,38	3,53	585,62	3,66
Probeta 2 (250*25*2,5) mm	385,45	2,62	306,06	3,12
Media	605,415	3,075	445,84	3,39
Mín	385,45	2,62	306,06	3,12
Max	825,38	3,53	585,62	3,66
Rango	439,93	0,91	279,56	0,54
Mediana	605,415	3,075	445,84	3,39
Desviación típica	311,08	0,64	197,68	0,38
Coefficiente de Variación	51,38%	20,93%	44,34%	11,26%

**Fuente:** (Albán, 2019)

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Para el análisis de la resistencia a la tracción se evaluó dos probetas de madera plástica de la misma composición (HDPE + Totora), de las cuales se puede observar que la fuerza máxima es de 605,45 N como valor medio. Además podemos observar un coeficiente de variación que existe de una a otra probeta es de 51.38%, es decir que entre probetas no existe una uniformidad. Por ello es conveniente la estandarización del proceso mediante la implementación del control estadístico de la calidad.

## **4.2. IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA.**

### **4.2.1. Voz del cliente.**

Tomando en cuenta que la madera plástica es un producto sustituto de la madera convencional se ha tomado en cuenta las especificaciones que el cliente espera de los dos productos.

En la tabla 6 Especificaciones a tomar en cuenta para determinar la calidad del producto, muestra cuáles son los requerimientos que el cliente exige para la compra de madera plástica y convencional.

**Tabla 6:** Especificaciones a tomar en cuenta para determinar la calidad del producto.

Propiedades madera	Propiedades físicas	*Resistencia *Densidad *Espesor
	Propiedades tecnológicas	*Color *Tamaño.

**Fuente:** normadera tnik. Net, s.f.

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Luego de una investigación bibliográfica se logró determinar las propiedades que el cliente busca en el mercado para una madera convencional y una madera plástica. Las propiedades analizadas fueron: resistencia, densidad, espesor, el tamaño y como acabados el color. Se debe tener en cuenta que estas son las propiedades que los clientes desean para considerar un producto de calidad.

Otras de las propiedades que se toman en cuenta para el control de calidad son las propiedades mecánicas que se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7:** Propiedades mecánicas de la madera

Resistencia a la flexión
Resistencia a la compresión
Resistencia a la tracción
Módulo de elasticidad

**Fuente:** normadera tknik. Net, s.f.

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Estas son otras de las propiedades que determinan la calidad en la madera, las cuales son analizadas en laboratorios que cuentan con equipos calibrados y de una alta tecnología, por tal motivo únicamente se analizara la resistencia a la tracción ya que otras carreras de la facultad de ingeniería en ciencias aplicadas si cuentan con equipos para la medición de resistencia de materiales, las demás variables no serán tomadas en cuenta para el control estadístico de la calidad en la elaboración de madera plástica CINDU- UTN.

Dentro de cada proceso existen variables cuantitativas y cualitativas que hacen una relación con las especificaciones y requerimientos del cliente, las cuales si no son controladas de alguna manera dan como resultado un producto defectuoso que no cumple con las expectativas del cliente.

En la tabla N°8, gracias al trabajo estandarizado que se realizó con anterioridad se pudo determinar el área de trabajo y cada una de las variables que influyen en el proceso de producción de madera plástica.

**Tabla 8:** Identificación de variables en el proceso

Subprocesos	Variables Del Proceso Operativo		
SELECCIÓN M.P.	Color de polímero	Tipo de polímero	Tipo de fibra vegetal
TRITURADO POLÍMEROS	Tamaño de escama	Humedad de la escama	
PULVERIZADO DE FIBRAS VEGETALES	Tamaño de fibras pulverizadas	Humedad de fibras pulverizadas	Tipo de fibra
MEZCLA	Peso de escama y fibras pulverizada	Tipo de polímero	Tipo de fibra
MOLDEADO	Temperatura del horno	Tiempo de moldeado	
PRENSADO	Presión de la gata hidráulica	Temperatura de la mezcla compactada	Tiempo de prensado

**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Como se puede observar en la tabla 8 las variables que intervienen en el proceso de producción de madera plástica son similares entre las actividades, entre ellas tenemos, el color, la humedad, tipo de polímero, tipo de fibra, temperatura y presión.

#### **4.2.2. Selección de variables críticas del proceso de elaboración de madera plástica.**

Para determinar cuáles son las variables de estudio en el proceso de elaboración de probetas de madera plástica se realizó una matriz de relaciones entre las especificaciones del cliente y las variables del proceso como se muestra en las tablas 10, 11, 12.

Para la tabla N° 9 relación entre especificaciones del cliente y las variables del proceso las ponderaciones dadas son numéricas dadas desde mayor a menor grado de importancia, tal que (5) indica relación directa, (4) Alta relación, (3) Mediana relación (2) Baja relación entre variables y especificaciones, (1) Poca relación y (0) No guarda ninguna relación.

De esta tabla se puede interpretar que para cumplir con la propiedad dureza debe existir un alto control de materia de prima, la temperatura y el tiempo de momento del moldeado, para tener la densidad correcta se debe controlar el tipo de polímero y tipo de fibra. El espesor viene relacionado únicamente por la presión al momento del prensado. En cuanto

al color de la madera este depende únicamente del color del polímero usado. Y la durabilidad viene relacionada únicamente del tipo de polímero.

En la tabla 10 relación entre especificaciones del cliente y las variables del proceso, la matriz muestra que para cumplir con la propiedad resistencia debe existir el control de materia de prima en este caso la mayor ponderación es para el tipo de polímero en el área de selección y mezcla, de igual manera los estudiantes de CINDU que conocen del proceso han determinado que la dureza depende mucho del tiempo de compactado, y de la presión ejercía al momento del prensado. Para poder tener la densidad correcta se debe controlar el tipo de polímero y tipo de fibra. La variable de control para determinar el espesor de la madera plástica viene dada por la presión al momento del prensado. El color de la madera depende únicamente del color o tonalidad del polímero usado. Para la durabilidad del producto el control de calidad debe realizarse al tipo de polímero al momento de la selección.

Para la tabla 11 relación entre especificaciones del cliente y las variables del proceso se muestra la misma matriz pero con un punto de vista importante que se consideró para la determinación de variables fue del docente líder de este proyecto, quien considera que para que la madera plástica tenga resistencia se tenga un control total en el tipo de polímero, la temperatura y el tiempo de moldeado. Que para la densidad se debe considerar el tipo de polímero y tipo de fibra en el área de selección, así mismo hay que tomar en cuenta el tipo de fibra en el área de pulverizado y mezcla. En cuanto al espesor que se desee tener, este depende del tamaño de la escama, y la presión que se aplicara sobre él. Par los acabados que son el tipo de color este viene relacionando con el color del polímero. Y la durabilidad que este tenga independientemente de sus aplicaciones depende únicamente del tipo de polímero a utilizar.

**Tabla 9:** Relación entre especificaciones del cliente y las variables del proceso

		Variables del proceso de producción de madera plástica																
		SELECCIÓN			TRITURADO		Pulverizado			Mezcla			Moldeado			Prensado		
		Color del polímero	Tipo de Polímero	Tipo de fibra vegetal	Tamaño de la escama	Humedad de escama	Tamaño de la fibra	Tipo de fibra	Humedad de la fibra	Peso de escama y fibras pulverizadas	Tipo de Polímero	Tipo de fibra	Temperatura del horno	Tipo de molde	Tiempo de compactado	Presión de gata Hidraulica	Temperatura de mezcla compactada	Tiempo de prensado
EPECIFICACIONES DEL CLIENTE PARA LA MADERA PLÁSTICA	Dureza	0	5	4	2	2	0	3	0	4	5	4	2	0	3	2	5	2
	Densidad	0	5	5	0	0	0	5	2	4	5	5	0	0	0	0	0	0
	Espesor	0	0	0	3	0	2	0	0	4	0	0	0	5	1	5	0	4
	Color	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Durabilidad	0	5	4	0	0	0	4	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0

**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

**Tabla 10:** Relación entre especificaciones del cliente y variables del proceso

		Variables del proceso de producción de madera plástica																
		SELECCIÓN			TRITURADO		Pulverizado			Mezcla			Moldeado			Prensado		
		Color del polímero	Tipo de Polímero	Tipo de fibra vegetal	Tamaño de la escama	Humedad de escama	Tamaño de la fibra	Tipo de fibra	Humedad de la fibra	Peso de escama y fibras pulverizadas	Tipo de Polímero	Tipo de fibra	Temperatura del horno	Tipo de molde	Tiempo de compactado	Presión de gata Hidraulica	Temperatura de mescla compactada	Tiempo de prensado
EPECIFICACIONES DEL CLIENTE PARA LA MADERA PLÁSTICA	Dureza	0	5	4	2	2	0	3	0	4	5	4	2	0	3	2	5	2
	Densidad	0	5	5	0	0	0	5	2	4	5	5	0	0	0	0	0	0
	Espesor	0	0	0	3	0	2	0	0	4	0	0	0	5	1	5	0	4
	Color	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Durabilidad	0	5	4	0	0	0	4	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0

**Fuente:** Estudiantes CNDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

**Tabla 11:** Relación entre especificaciones del cliente y las variables del proceso

		VARIABLES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA																
		SELECCIÓN			TRITURADO		Pulverizado			Mezcla			Moldeado			Prensado		
		Color del polímero	Tipo de Polímero	Tipo de fibra vegetal	Tamaño de la escama	Humedad de escama	Tamaño de la fibra	Tipo de fibra	Humedad de la fibra	Peso de escama y fibras pulverizadas	Tipo de Polímero	Tipo de fibra	Temperatura del horno	Tipo de molde	Tiempo de compactado	Presión de gata Hidraulica	Temperatura de mezcla compactada	Tiempo de prensado
EPECIFICACIONES DEL CLIENTE PARA LA MADERA PLÁSTICA	Dureza	0	5	4	2	2	0	3	0	5	5	4	2	0	5	2	2	2
	Densidad	0	5	5	4	3	0	5	2	5	5	5	0	0	3	3	0	0
	Espesor	0	0	0	5	0	2	0	0	5	0	0	0	5	4	5	0	4
	Color	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Durabilidad	0	5	4	0	0	0	4	0	5	5	4	0	0	0	0	0	3

**Fuente:** Ing. Andrés Cruz  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

Al relacionar las especificaciones del cliente con cada variable identificada en el proceso se logró determinar cuáles son aquellas variables que se deben controlar para obtener un producto sin defectos y con calidad.

La figura 8 variables críticas para el control de la calidad contiene las variables del proceso separadas por colores, cada uno de ellos representa las diferentes actividades del proceso como se muestra en la tabla N° 12.

**Tabla 12:** Especificación de colores de barras por área del proceso

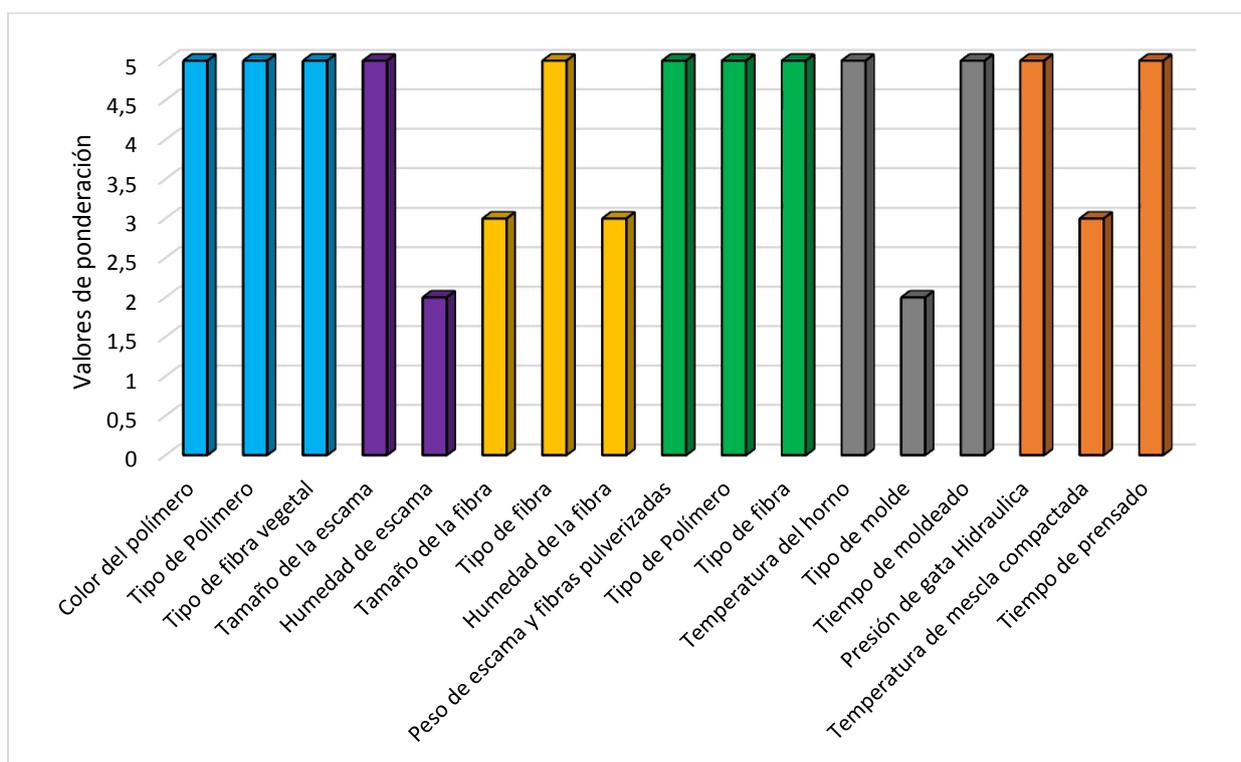
Color	Área Que Representa
Rojo	Área de selección
Azul	Área de triturado
Amarillo	Área de pulverizado
Verde	Área de mezcla
Gris	Área de moldeado
Naranja	Área de prensado

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Con los colores identificados podemos elaborar el diagrama de barras que indica cuales son las variables de control para cada área.

La gráfica señala todas las variables críticas en el proceso, cada color representa un área del proceso. Con los valores de ponderación se podrá identificar cuáles son las variables que necesitan un control para mantener una calidad de principio fin.

**Figura 8:** Variables críticas de control para la calidad



**Fuente:** Relación de variables Tablas N° 7,8,9

**Elaborado por:** Taimal Patricia

De figura 8 podemos observar que las variables a controlarse son 9 distribuidas entre las 5 áreas que han alcanzado la ponderación máxima, es decir si no son controladas tendremos defectos en el producto.

A partir de la tabla 13 se determina que las principales variables que afectan a la calidad del producto en cada subproceso son: cualitativas como el tipo de polímero, tipo fibra vegetal y tipo de molde. Como variables cuantitativas, el porcentaje de mezcla, tiempo de prensado, presión, tamaño de la escama y tiempo de moldeado.

**Tabla 13:** Matriz de relaciones entre especificación y variables críticas

Especificaciones	Selección	Triturado	Pulverizado	Mezcla	Moldeado	Prensado
Resistencia	<b>Tipo de polímero</b>			<b>Porcentaje de mezcla</b>	<i>*Tiempo de moldeado</i> <i>*Temperatura</i>	<i>*Presión</i> <i>*Tiempo de prensado</i>
Densidad	<b>Tipo de polímero</b> <b>Tipo de Fibra vegetal</b>			<b>Porcentaje de mezcla</b>		<i>*Tiempo prensado</i> <i>*Presión</i>
Espesor		<i>Tamaño escama</i>	<i>Tamaño de fibra</i>	<b>Porcentaje de mezcla</b>		<i>*Presión</i> <i>*Tiempo de prensado</i>
Color	<b>Tipo de polímero</b>			<b>Porcentaje de mezcla</b>	<i>Tiempo de moldeado</i>	
Durabilidad				<b>Porcentaje de mezcla</b>		

\***Negrita:** Variables cualitativas

\**Cursiva:* variables cuantitativas

**Fuente:** Tabulación tabla 9,10,11.

**Elaborado por:** Taimal Patricia

### 4.2.3. Método de control para las variables de estudio.

En este punto se determinará la forma de controlar cada una de las variables de estudio y su acción correctiva para cada efecto de falla como se muestra en la tabla N°14.

**Tabla 14:** Acción Correctiva para cada variable

Actividad	Variables	Tipo De Variable	Método	Acción Correctiva
SELECCIÓN	Tipo de polímero	Cualitativa	Ficha de procesos	Observar en cada envase el símbolo de Polímero de alta densidad
	Color de polímero	Cualitativa	Ficha de procesos	Seleccionar los polímeros por color
	Tipo de fibra	Cualitativa	Ficha de procesos	Clasificar las fibras vegetales por variedad
TRITURADO	Tamaño de escama	Cuantitativa	Realizar una gráfica de control por variables	Tamizar con una malla de 0.9 mm y medir la cantidad de escama defectuosa
PULVERIZADO	Tipo de Fibra	Cualitativa	Ficha de procesos	Pulverizar únicamente la fibra etiquetada
MEZCLA	Porcentaje de mezcla	Cualitativa	Ficha de procesos	Hacer uso de la documentación de los tipos de mezcla
MOLDEADO	Temperatura	Cuantitativa	Realizar una gráfica de control por variables	Controlar la temperatura de moldeado.

	Tiempo de moldeado	Cuantitativa	Realizar una gráfica de control por variables	Controlar el tiempo de moldeado
PRENSADO	Presión	Cuantitativa	Elaborar una gráfica de control por variables	Controlar la presión ejercida al momento de prensar
	Tiempo de prensado	Cuantitativa	Elaborar una gráfica de control por variables	Controlar el tiempo de prensado

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

En la tabla N° 14 se muestra la manera como se va a controlar cada una de la variable que están produciendo un error en el proceso. Para cada tipo de variable (cualitativa, cuantitativa) existe un método de control distinto, por ejemplo las variables cuantitativas responden a una gráfica de control ya que estas no pueden ser cuantificables, pero las cualitativas son controladas mediante una ficha de procesos que pueda ajustar el proceso.

El control de las variables se lo realizará mediante dos métodos dependiendo del tipo de variable, las variables cualitativas como: Tipo de polímero, Tipo de fibra vegetal, y el tipo de mezcla se controlarán mediante una gráfica de control por atributos. En cuanto a las variables cuantitativas como: Temperatura, Presión, Tiempo, estas serán controladas mediante una gráfica de control por variables que muestre un valor con un rango mínimo y un máximo al cual deberán estar expuestas.

#### **4.2.4. Control de variables cualitativas.**

##### **4.2.4.1. Control de la variable tipo de polímero en el área de selección.**

Para la estabilidad de esta variable se establece un punto de control en el área de selección de materia prima. Donde al momento de clasificar un polímero se deberá hacerlo mediante la identificación del símbolo de polietileno de alta densidad y aquel que no cuente con esta especificación será descartado del proceso y así garantizar que el producto final mantenga conserve las propiedades del polietileno de alta densidad.

A continuación en la figura 9 se muestra la simbología del polímero de alta densidad, que viene dado por el número 2 en la clasificación de polímeros:



**Figura 9:** Simbología polietileno de alta densidad

**Fuente:** (Google-Imagenes, 2019)

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Así no se corre el riesgo de utilizar un polímero diferente al polímero de alta densidad ( PEHD) que afecte a las propiedades de la madera plástica. Para realizar una correcta selección de materia prima se debe tomar en cuenta la tabla 15 ficha de procesos para el control de la variable tipo de polímero en el área de selección, que muestra los pasos a seguir para una correcta clasificación.

La tabla 15 corresponde a un modelo de ficha de proceso que contiene una misión, un código, y lo pasos a seguir para la clasificación de polímeros.

**Tabla 15:** Ficha de proceso control de la variable tipo de polímero área de selección

<b>MADERA PLÁSTICA CINDU-UTN</b>	<b>FICHA DE PROCESO:</b> Clasificación del tipo de polímero en el área de selección	<b>Código:</b>	F.P.T.P
		<b>Páginas</b>	1 de 1
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>			
Realizar la correcta clasificación de polímeros en el área de selección de materia prima para garantizar la resistencia del producto final.			
<b>PROCEDIMIENTOS</b>			
<b>ENTRADAS</b>	<b>PASOS</b>	<b>SALIDAS</b>	
Envases de distintos materiales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retirar las etiquetas de cada envase plástico para poder visualizar el símbolo de identificación.</li> <li>2. Buscar en cada envase el triángulo con numeración 2 que indica el polietileno de alta densidad.</li> <li>3. Colocar los envases seleccionados en un contenedor.</li> <li>4. Etiquetar el contenedor de envase seleccionados con el nombre "<i>polímero de alta densidad PEHD seleccionado</i>"</li> </ol>	*Polietileno de alta densidad clasificado y etiquetado.	
Contenedores			
Etiquetas			
<b>VARIABLE DE CONTROL:</b>	Tipo de polímero área de selección		

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Al cumplir con este procedimiento el personal encargado de la operación podrá garantizar o no el cumplimiento de la actividad.

#### **4.2.4.2. Control de la variable tipo de fibra en el área de selección.**

Para lograr clasificar de una manera correcta las distintas variedades de fibras vegetales la persona encargada de proveer esta materia prima deberá asegurarse de que esta no contenga otro tipo de fibra similar que perjudique a la resistencia del producto a elaborarse.

La tabla 16 ficha de procesos para el control de la variable tipo de fibras vegetales en el área de selección muestra el procedimiento que se debe seguir para cumplir esta

actividad. Para lo cual es necesario establecer un punto de control en el área de selección y seguir los pasos que se muestran en la siguiente ficha de procesos.

**Tabla 16:** Ficha de procesos para el control de la variable tipo de fibras vegetales en el área de selección

<b>MADERA PLÁSTICA CINDU-UTN</b>	<b>FICHA DE PROCESO:</b> Clasificación del tipo de fibras vegetales en el área de selección	<b>Código:</b>	F.P.T.F
		<b>Páginas</b>	1 de 1
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>			
Realizar la correcta clasificación de las fibras vegetales en el área de selección de materia prima para garantizar la resistencia del producto final.			
<b>PROCEDIMIENTOS</b>			
<b>ENTRADAS</b>	<b>PASOS</b>	<b>SALIDAS</b>	
Variedad de Fibras vegetales	1. Identificar visualmente que las fibras introducidas al laboratorio con estén mezcladas entre ellas o contengan impurezas.	Fibras vegetales seleccionadas y etiquetadas.	
Contenedores	2. Si las fibras están en algún contenedor y cumplen con el paso anterior proceder a etiquetar con el nombre de la fibra Ejemplo: "Fibras Vegetales de Rosa seleccionadas"		
Etiquetas	3. Si las fibras no tienen contenedor alguno dirigirse al área de recepción de materia prima y buscar uno que este vacío y no contenga ninguna etiqueta.  4. Etiquetar el contenedor con fibras vegetales con el nombre de la fibra Ejemplo: "Fibras Vegetales de Rosa seleccionadas"		
<b>VARIABLE DE CONTROL:</b>	Tipo de fibras vegetales en el área de selección		
<b>INDICADOR:</b>	<b>Total de fibras vegetales seleccionadas</b> = $\frac{\text{Fibras vegetales aptas}}{\text{fibras rechazadas}}$		

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

El operario luego de revisar esta ficha de procesos deberá aplicar cada uno de los pasos en el área de selección de fibras vegetales.

#### 4.2.4.3. Control de la variable color del polímero en el área de selección.

Para asegurar la calidad del producto en acabados un punto que el cliente exige es el color del producto para ello se establece una inspección en el área de selección de materia prima que controle una correcta clasificación de los envases ya que el color del producto final depende en un 90 % de la coloración de los polímeros.

En la tabla 17 control de la variable tipo de color en el área de selección, para cumplir en su totalidad con el control de la variable se presenta la siguiente ficha de procesos:

**Tabla 17:** Ficha de procesos en el control de la variable tipo de color en el área de selección

<b>MADERA PLÁSTICA CINDU-UTN</b>	<b>FICHA DE PROCESO:</b> Clasificación color de los polímeros en el área de selección	<b>Código:</b>	F.P.C
		<b>Paginas</b>	1 de 1
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>			
Clasificar los polímeros por tipo de color en el área de selección de materia prima para garantizar un buen acabado del producto final.			
<b>PROCEDIMIENTOS</b>			
<b>ENTRADAS</b>	<b>PASOS</b>	<b>SALIDAS</b>	
Variedad de colores en polímeros seleccionados	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asegurarse que los polímeros seleccionados estén previamente etiquetados.</li> <li>2. Identificar visualmente la gama de colores que existen en los polímeros seleccionados y únicamente clasificar por colores primarios.</li> <li>3. Buscar un contenedor y con ayuda de la maquina seleccionadora clasificar los polímeros por las distintas gamas de colores que sean necesario</li> <li>4. Cerrar contenedor y etiquetar con el nombre Ejemplo: "Polímero color Blanco"</li> </ol>	Polietileno de alta densidad clasificado por colores y etiquetado.	
Contenedores			
Etiquetas			
<b>VARIABLE DE CONTROL:</b>	Tipo de color de polímeros en el área de selección de materia prima		
<b>INDICADOR:</b>	Total de polímeros por color = $\frac{\text{Polímeros de colores primarios}}{\text{Polímeros de colores secundarios}}$		

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

#### 4.2.4.4. Control de la variable tipo de formulación en el área de mezcla.

El controlar el tipo de formulación o mezcla que se va a usar para la elaboración de un producto depende de las cantidades de escama de polímero y de fibras pulverizadas, para ello existe un catálogo que muestra los tipos de combinaciones que se pueden realizar entre polietileno de alta densidad y fibras vegetales. (Anexo 4)

La tabla 18 ficha de procesos para el control de la variable formulación en el área de mezcla, da a conocer cuales son los pasos para seguir para la correcta elección de formulación en el área de mezcla.

**Tabla 18:**Ficha de procesos para la elección de la formulación correcta en el área de mezcla.

<b>MADERA PLÁSTICA CINDU-UTN</b>	<b>FICHA DE PROCESO:</b> Control de la variable tipo de formulación en el área de mezcla	<b>Código:</b>	F.P.T.F
		<b>Paginas</b>	1 de 1
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>			
Mostrar a los responsables del proceso la variedad de formulaciones que existen para elaborar madera plástica.			
<b>PROCEDIMIENTOS</b>			
<b>ENTRADAS</b>	<b>PASOS</b>	<b>SALIDAS</b>	
Catálogo de formulaciones para la madera plástica.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar el catálogo de formulaciones.</li> <li>2. Seleccionar una de las formulaciones.</li> <li>3. Anotar el porcentaje de fibra y polímero a usarse en la mezcla seleccionada</li> </ol>	Tener una formulación ya seleccionada con las cantidades exactas de materia prima a utilizarse	
<b>VARIABLE DE CONTROL:</b>		Tipo de formulación	
<b>INDICADOR:</b>		Formulación Apta: $\frac{30 \% \text{Fibras} + 70\% \text{ escamas}}{\text{Cantidad total de la mezcla}}$	

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

#### 4.2.5. Control de variables cuantitativas

Por otra parte para las variables cuantitativas el método de control se selecciona a partir de la revisión del estado del arte, teniendo como referencia 20 investigaciones como se muestra en la tabla N°19.

**Tabla 19:**Revisión bibliográfica de métodos de control para variables cuantitativas

Metodología	Investigaciones	Porcentaje
<b>Gráficas de control estadístico</b>	<b>15</b>	<b>58%</b>
Diagrama Ishikawa	3	12%
Control estadístico de procesos	2	8%
Prueba de normalidad	1	4%
Análisis Descriptivo	1	4%
Diagramas de Control	1	4%
Six Sigma	1	4%
Muestreo de aceptación	1	4%
Histogramas	1	4%

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Luego de realizar la respectiva tabulación de los datos tenemos que, de 20 investigaciones de control de la calidad 15 han sido resueltas mediante gráficas de control, representado un 58 % sobre los demás métodos. Por lo cual, se usarán gráficas de control para evaluar las variables cuantitativas. Para la construcción de las gráficas de control de variables cuantitativas se realizará el cálculo de la muestra. Según Pozo el lote de producción tiene 4 láminas de madera plastica reciclada por turno (Pozo, 2019), es decir 5 lotes por semana. Con lo cual se calcula la muestra mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2 z^2}{e^2 (N-1) + \sigma^2 z^2} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

Z = El valor de confianza para el 95 % indica un valor constante de 1.96

N = 20 representa la población de estudio.

$\sigma = 0.5$  un valor constante debido a que se desconoce la desviación estándar de la población.

$e = 0.05$  corresponde al error de la muestra.

Se consideró un nivel de confianza de 95 % y un error de muestra del 5%.

Remplazando valores tenemos:

$$n = \frac{20(0.5)^2(1.96)^2}{(0.05)^2(20-1) + (0.5)^2(1.96)^2}$$

$$n = 19,308$$

A partir de esto se determina como muestra 20 láminas de madera plástica reciclada en 5 lotes de producción semanal. Esto quiere decir que para este caso de estudio, la producción total es igual a la muestra definida. Esto se debe, a que el laboratorio de simulación produce lotes pequeños.

Luego se recolectará la cantidad de datos señalados por la muestra y se calculará la media, rango y desviación estándar, así como también se realizará una prueba de normalidad, que facilite la elaboración de la gráfica de control en la herramienta informáticas.

#### ***4.2.5.1. Control de la variable cuantitativa porcentaje tamaño de escama defectuosa en el área de triturado.***

La variable tamaño de la escama es una variable cuantitativa que define la densidad del por producto final, por lo tanto se hará uso de las gráficas de control, una de las herramientas del control estadístico. Como primer paso para la elaboración de una gráfica de control es la determinación del tamaño de una muestra:

A continuación en la tabla N° 20 se detalla el número de muestras tomadas para la variable escama defectuosa, y así poder realizar los cálculos respectivos de estabilidad.

Para la toma de los datos cada 10 minutos en el área de triturado se toma 1kg de escama y con ayuda de un tamiz se obtiene la cantidad de escama defectuosa, que será pesada y registrada como una muestra.

**Tabla 20:** Datos para la variable "cantidad de escama defectuosa"

Nº de muestras	Variable cantidad de escama defectuosa (kg)
1	0,30
2	0,40
3	0,35
4	0,30
5	0,35
6	0,45
7	0,45
8	0,45
9	0,30
10	0,35
11	0,40
12	0,40
13	0,35
14	0,35
15	0,30
16	0,35
17	0,45
18	0,40
19	0,30
20	0,45

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Para demostrar que los datos son normales se realizará una prueba de normalidad para lo cual determinamos la media y desviación estándar.

Cálculo de la media:

Hacemos uso de la ecuación 1 para determinar la media.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (0,3+0,4+0,35+0,30+0,35+0,45+0,45+0,45+0,30+0,35+0,40+0,40+0,35+0,35+0,30+0,35+0,45+0,40+0,30+0,45)}{20}$$

$\bar{x} = 0,37$ , que representa el valor central de la muestra

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$\sigma = 0,057$ , que representa la dispersión que existe de un dato otro

Cálculo de límites:

Para realizar una gráfica de control es necesario comprobar que los elementos siguen o se ajustan a una distribución normal, para ello con la muestra recolectada se procede a realizar una prueba de normalidad en el software Minitab 2016. Tomando en cuenta las siguientes hipótesis:

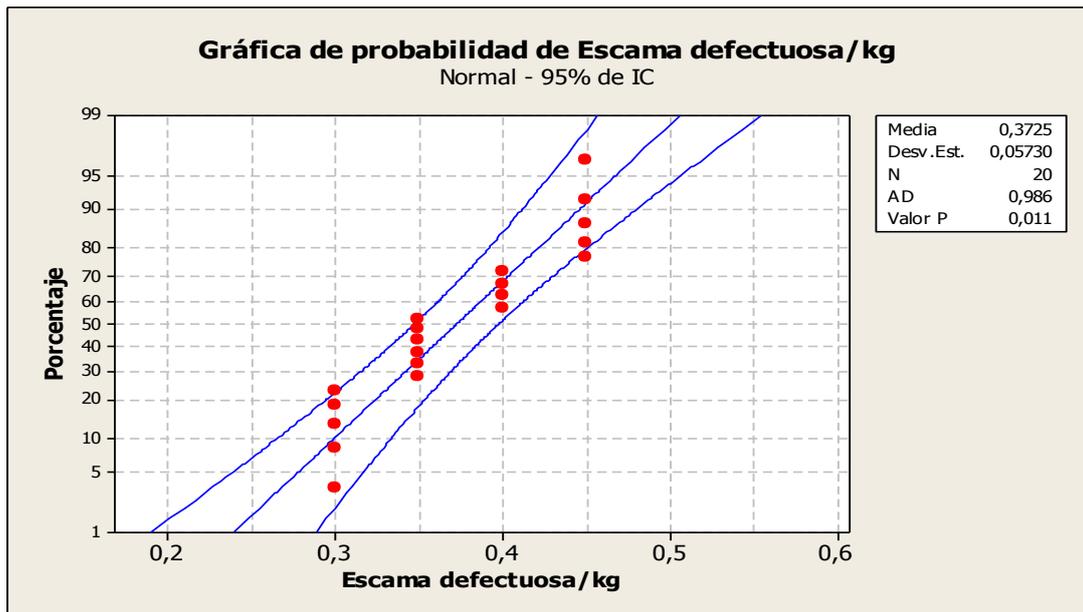
H0: Los datos siguen una distribución normal.

Valor  $p > \alpha$ : Los datos siguen una distribución normal.

H1: Los datos no siguen una distribución normal.

Valor  $p \leq \alpha$ : Los datos no siguen una distribución normal

En la figura 10 se podrá observar si nuestros datos siguen o no una distribución normal.



**Figura 10:** Prueba de normalidad para la muestra de la variable porcentaje de escama defectuosa  
**Fuente:** (Minitab, 2016)  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

Si los datos son no normales, se puede observar un número mayor de falsas alarmas. Dado que menos de 2% de los puntos están fuera de los límites de control en la gráfica I, la prueba de normalidad no es necesaria. (Minitab, 2016).

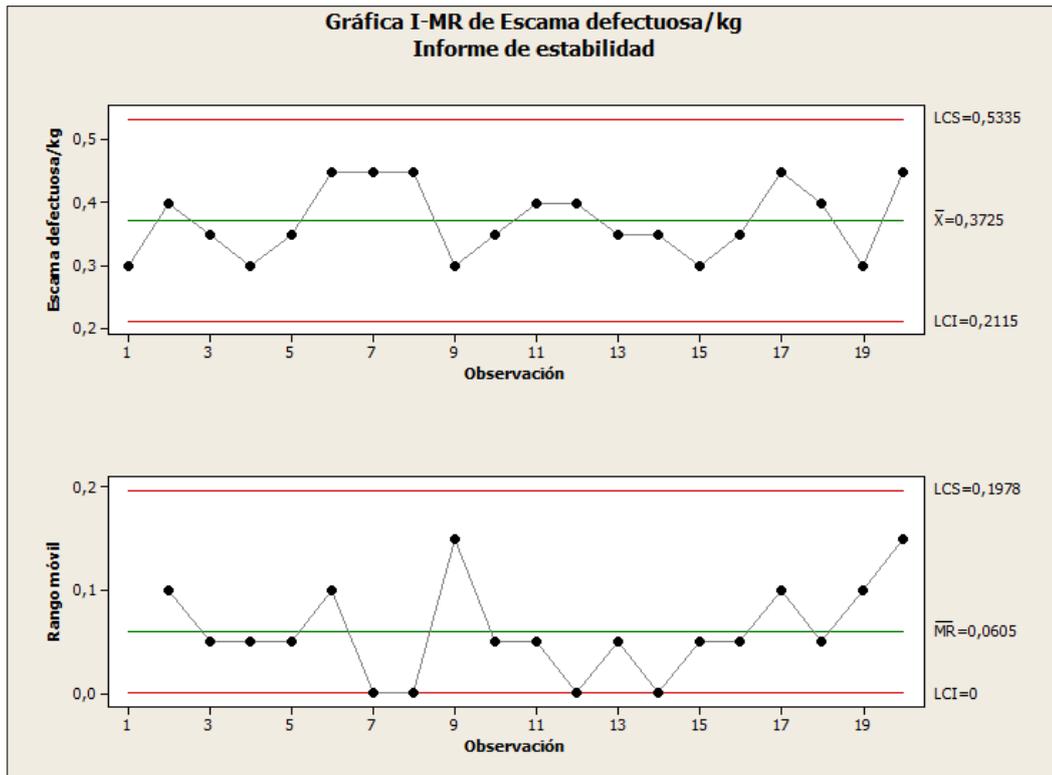
Según nuestra gráfica de probabilidad tenemos que:

$$H_1: p \leq \alpha: 0,01 \leq 0,05$$

Por lo tanto se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$ .

Ya comprobado que los datos si son normales procedemos a realizar nuestra gráfica de control por variables. De tipo I-MR (Datos individuales y rangos móviles) que monitorea la media y la variación de un proceso.

La figura 11 muestra el comportamiento de la variable cantidad de escama defectuosa por cada kg de escama analizada.



**Figura 11:** Gráfica de control- Variable cuantitativa cantidad (kg) de escama defectuosa.  
**Fuente:** (Minitab, 2016)  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

A partir de la figura 11 se puede determinar que el proceso es estable y no existe ningún punto fuera de control.

*Interpretación de la gráfica de control para la variable cantidad de escama.*

La tabla N° 21 se muestran los resultados que se pudo obtener de la gráfica de control por variables I.MR. Estos son, la normalidad, la estabilidad del proceso y los límites superiores e inferiores que puede alcanzar la variable para mantener estable el proceso y tener controlada la cantidad de escama defectuosa en el área de triturado.

**Tabla 21:** Interpretación de la gráfica de control para la variable cantidad de escama

Interpretación de resultados	
Resultados	Descripción
Normalidad	Si los datos son no normales, se puede observar un número mayor de falsas alarmas. Dado que menos de 2% de los puntos están fuera de los límites de control en la gráfica I, la prueba de normalidad no es necesaria.
Estabilidad	La media y la variación del proceso son estables. No hay puntos fuera de control en ninguna gráfica.
Límite superior:0,53	Límite inferior: 0,21

**Fuente:** (Minitab, 2016)

**Elaborado por:** Taimal Patricia

A partir de la tabla 21 concluimos tres puntos; que existe estabilidad ya que la media y la variación del proceso son estables y no tienen puntos fuera de control en ninguna gráfica. Además podemos estandarizar la cantidad de escama defectuosa que puede existir por cada kilogramo evaluado siendo esto de 0,53 kg como valor máximo. En caso de sobrepasar este valor se debe detener el proceso y buscar el origen de la falla y tomar acciones correctivas.

#### **4.2.5.2. Control de la variable temperatura en el área de moldeado.**

La temperatura es una de las variables que también se debe controlar en el área de moldeado para garantizar el espesor deseado por el cliente.

El tamaño de la muestra será el mismo para todas las variables cuantitativas. Por lo tanto en la tabla N° 22 se muestran las 20 mediciones de temperatura tomadas cuando el horno llegue a los 110 °C desde que el molde ingrese al horno.

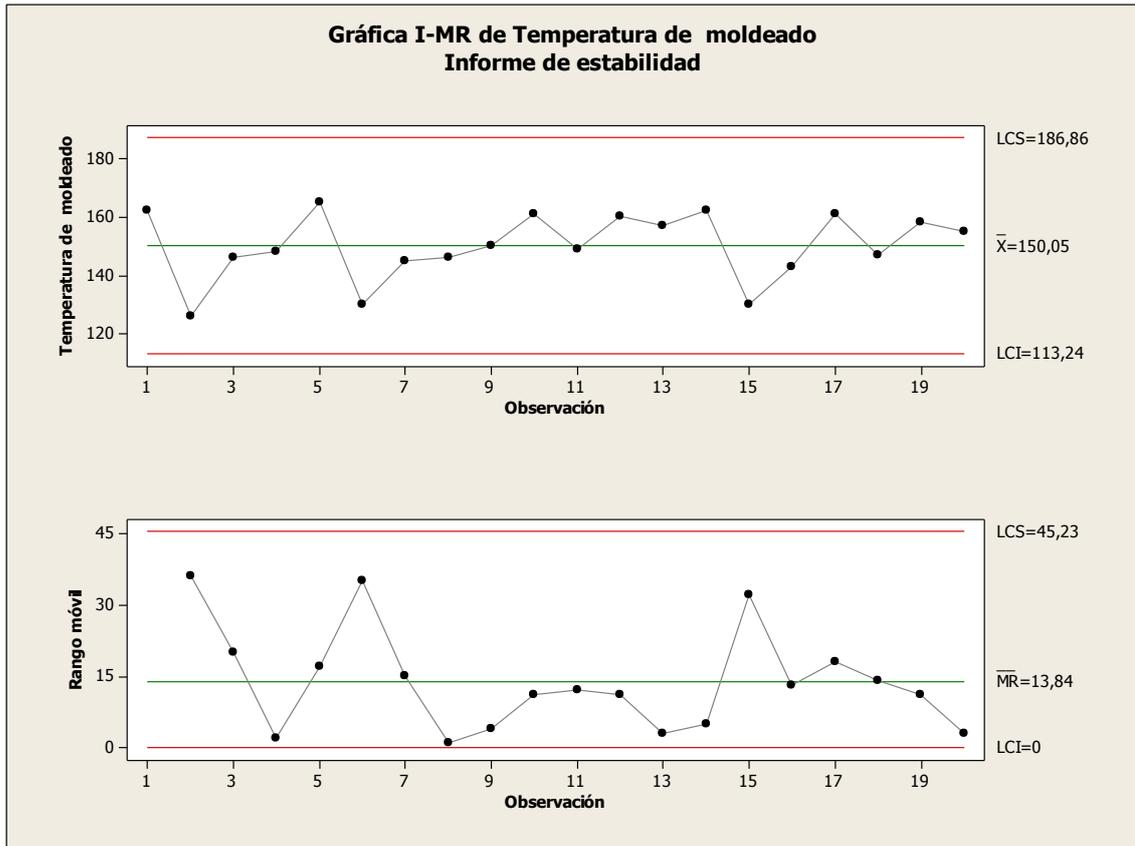
**Tabla 22:** Datos para la variable temperatura en el área de moldeado

Nº de muestras	Variable temperatura °C
1	162
2	126
3	146
4	148
5	165
6	130
7	145
8	146
9	150
10	161
11	149
12	160
13	157
14	162
15	130
16	143
17	161
18	147
19	158
20	155

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Con los datos recolectados de la tabla 22 se procede a realizar la gráfica de control en el software Minitab, es conveniente indicar que el mismo programa calcula la media y los límites de control, de tal manera que ya no será necesario realizar ningún cálculo.



**Figura 12:**Gráfica de control - variable cuantitativa temperatura en el área de moldeoado  
**Fuente:** (Minitab, 2016)  
**Elaborado por:** Taimal Patricia

La figura 12 no muestra inestabilidad en cuanto a la variable temperatura en el área de moldeoado.

*Interpretación de la gráfica de control para la variable temperatura en el área de moldeoado.*

Para la interpretación de la gráfica de control nos ayudamos del informe que arroja el programa Minitab y procedemos a analizar los resultados de estabilidad, normalidad y límites de control que se presentan en la tabla N° 23.

**Tabla 23:** Interpretación de la gráfica de control para la variable temperatura en el área de moldeado

Interpretación de resultados	
Resultados	Descripción
Normalidad	Si los datos son no normales, se puede observar un número mayor de falsas alarmas. Dado que menos de 2% de los puntos están fuera de los límites de control en la gráfica I, la prueba de normalidad no es necesaria.
Estabilidad	La media y la variación del proceso son estables. No hay puntos fuera de control en ninguna gráfica.
Límite superior: 186,86	Límite inferior: 113,24

**Fuente:** Minitab, 2016

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Analizando la tabla N° 23 podemos concluir que el conjunto de datos tomados a la variable temperatura son normales ya que ningún punto se encuentra excediendo los límites de control. Además la actividad de moldeado se encuentra estable como señala la media. Por tanto los valores estándares en esta área viene dados por un límite superior de 186,86 ° C es decir que si sobrepasa este límite existirá fallas en la especificación de resistencia del producto final, de igual forma si es muy baja la temperatura. Por tal motivo se recomienda trabajar con el valor de la media nominal de temperatura que es de 150°C

#### **4.2.5.3. Control de la variable tiempo en el área de moldeado.**

Para asegurar que la madera plástica mantenga las propiedades de resistencia que proporciona el polietileno de alta densidad es necesario controlar el tiempo que cada molde permanece en el área de moldeado. También si se controla esta variable se está

cumpliendo con la especificación de acabados, como es el color que es una característica que el cliente quiere que se mantenga.

Como se muestra en la tabla N°24 el número de muestras sigue siendo 20 ya que esto representa el volumen de producción que se va a evaluar. Los datos serán tomados por cada prototipo realizado, el tiempo de moldeado es tomado desde que el molde ingresa al horno hasta que este sale.

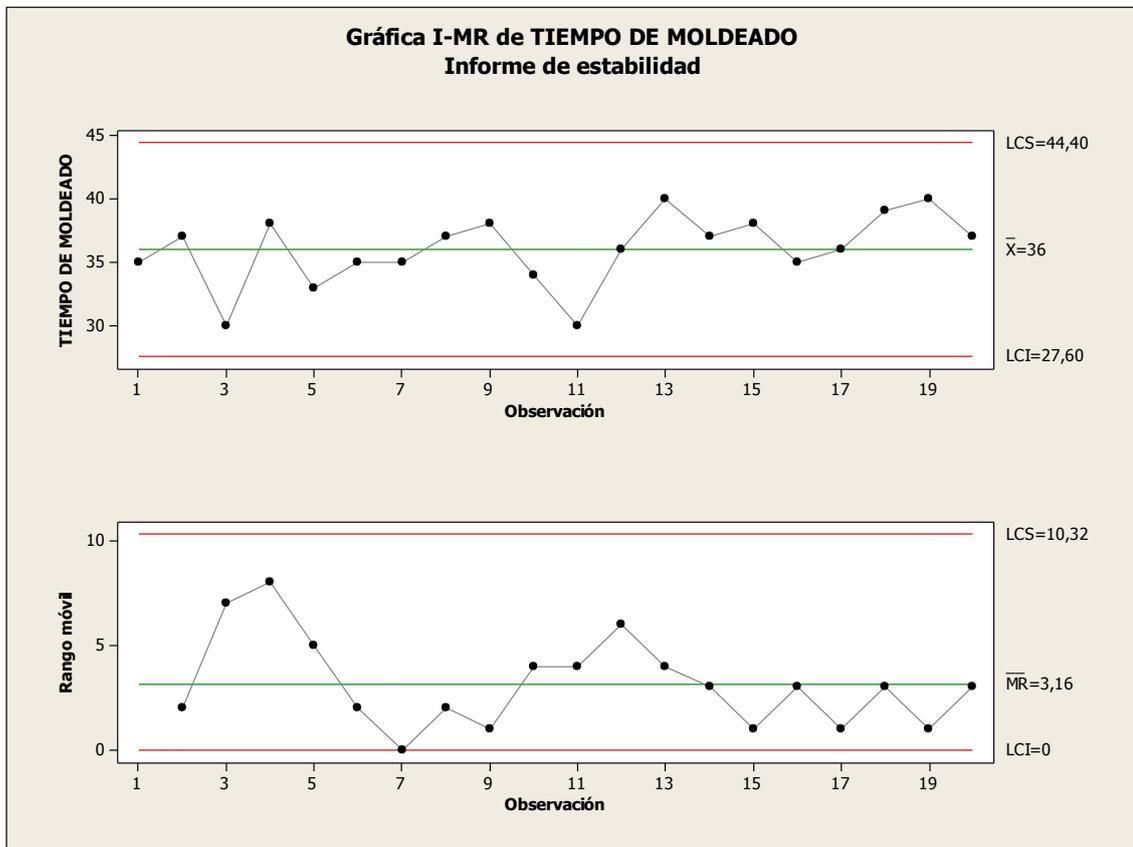
**Tabla 24:** Toma de datos para la variable tiempo de moldeado

Nº de muestras	Variable tiempo de moldeado (minutos)
1	35
2	37
3	30
4	38
5	33
6	35
7	35
8	37
9	38
10	34
11	30
12	36
13	40
14	37
15	38
16	35
17	36
18	39
19	40
20	37

**Fuente :** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Con los datos tabulados en la tabla 24 nos dirigimos a el software que estamos utilizando (Minitab) y realizamos nuestra grafica de control, que por defecto nos calculará la media y los limites superior e inferior.



**Figura 13:**Gráfica de control – variable cuantitativa tiempo en el área de moldeo

**Fuente:** Minitab, 2016

**Elaborado por:** Taimal Patricia

A partir de la figura 13 se puede conocer que todos los datos seleccionados se encuentran bajo control por tal razón el proceso sigue manteniéndose estable. (Minitab, 2016).

*Interpretación de la gráfica de control para la variable tiempo en el área de moldeo.*

En la tabla 25 se muestra la interpretación de la gráfica de control para la variable tiempo de moldeo, esta será analizada gracias al informe proporcionado por el software Minitab.

**Tabla 25:** Interpretación de la gráfica de control para la variable tiempo de moldeado

Interpretación de resultados	
Resultados	Descripción
Normalidad	Si los datos son no normales, se puede observar un número mayor de falsas alarmas. Dado que menos de 2% de los puntos están fuera de los límites de control en la gráfica I, la prueba de normalidad no es necesaria.
Estabilidad	La media y la variación del proceso son estables. No hay puntos fuera de control en ninguna gráfica.
Límite superior: 44 minutos y 4 segundos	Límite inferior: 27 minutos y 6 segundos

**Fuente:** Minitab, 2016

**Elaborado por:** Taimal Patricia

A partir de la tabla N° 25 podemos decir que no se requiere de una prueba de normalidad ya que no existen puntos fuera del límite de control. En cuanto a la estabilidad concluimos que en esta variable tiempo de moldeado es estable como lo muestra la media de la muestra recolectada por lo cual no se realiza corrección alguna del proceso. Por otro lado podemos estandarizar un tiempo para moldeado ya que los valores no sobrepasan los límites de control, y se puede decir que la media es la correcta, por lo tanto el tiempo total de moldeado corresponde a 36 minutos.

#### 4.2.5.4. Control de la variable presión en el área de prensado.

La variable presión en el área de prensado garantiza la propiedad de dureza y resistencia de la madera plástica. Para ello se ha tomado 20 datos durante el proceso de presiones medidas en bares, como se muestra en la tabla 26, estos datos fueron tomados por cada prototipo realizado en el laboratorio de simulación

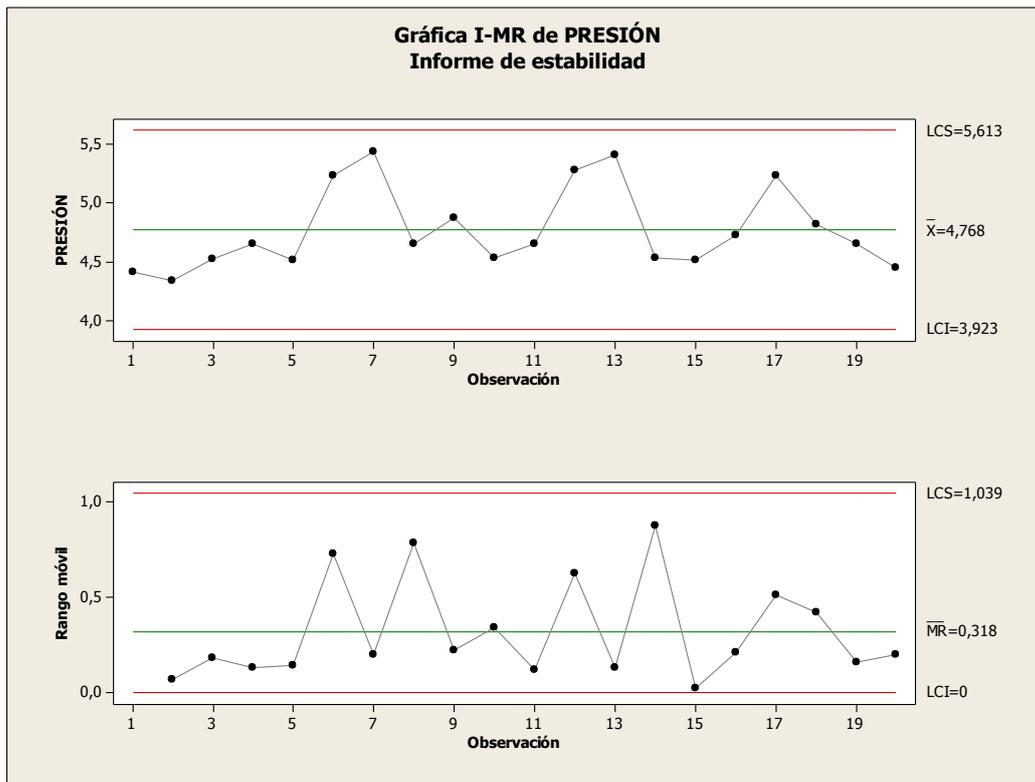
**Tabla 26:** Toma de datos para la variable tiempo de prensado

Nº de muestras	Variable presión (bares)
1	4,41
2	4,34
3	4,52
4	4,65
5	4,51
6	5,23
7	5,43
8	4,65
9	4,87
10	4,53
11	4,65
12	5,27
13	5,4
14	4,53
15	4,51
16	4,72
17	5,23
18	4,81
19	4,65
20	4,45

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Los datos recolectados en la tabla 26 se ingresan al software Minitab para conocer la media y los límites superiores e inferiores para poder generar la gráfica de control I-MR, como se muestra en la gráfica 14.



**Figura 14:**Gráfica de control – variable cuantitativa presión en el área de prensado

**Fuente:** Minitab, 2016

**Elaborado por:** Taimal Patricia

De la figura 14 podemos concluir que los datos son normales, ya que los datos que sobrepasaron los límites de control no sobrepasan el 2%, además se garantiza la estabilidad a través del resultado de la media, teniendo así ya un valor estándar de prensado, siendo este 4.76 bares de presión, pudiendo este variar desde 0.318 bares hasta un límite superior de 5,6 bares.

#### 4.2.5.5. *Control de la variable tiempo en el área de prensado.*

El control de tiempo en el área de prensado nos asegura la resistencia de la madera plástica y la densidad que este tenga antes de su almacenamiento. En la tabla 27 se muestra 1 medición por 20 prototipos de madera plástica la cual fue tomada desde el momento que se detiene la presión de la gata hidráulica hasta que se retira el molde del área de prensado. Los datos recolectados durante una semana fueron los siguientes:

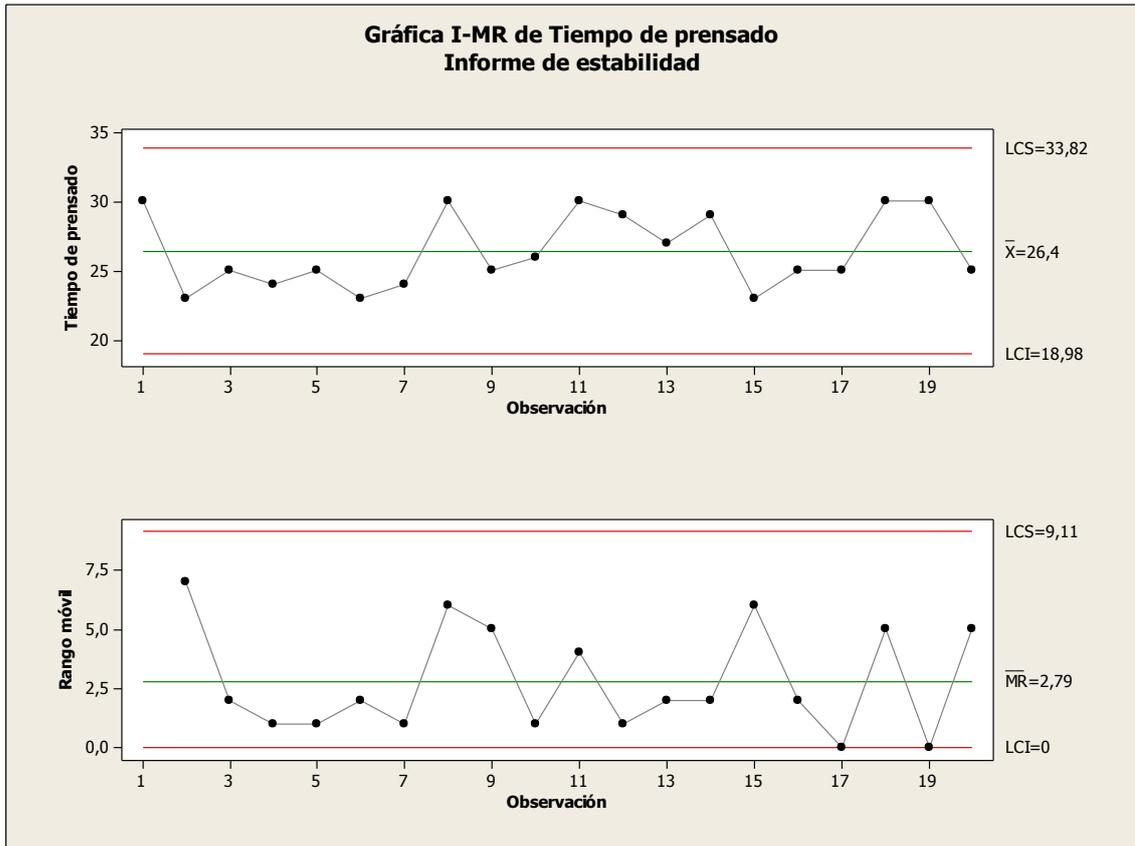
**Tabla 27:** Toma de datos para la variable tiempo de prensado

Nº de muestras	Variable tiempo de prensado (minutos)
1	30
2	23
3	25
4	24
5	25
6	23
7	24
8	30
9	25
10	26
11	30
12	29
13	27
14	29
15	23
16	25
17	25
18	30
19	30
20	25

**Fuente:** Madera Plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Con los 20 tiempos recolectados en la tabla 27 ya es posible conocer la media y los límites superiores para ello ingresamos los datos en el software Minitab y generamos nuestra grafica de control I-MR, como se muestra en la gráfica 15.



**Figura 15:**Gráfica de control para la variable tiempo de prensado

**Fuente:** Minitab, 2016

**Elaborado por:** Taimal Patricia

De la gráfica 15 podemos concluir que todas las observaciones realizadas para la variable tiempo de prensado se encuentran bajo los límites superior e inferior, a continuación se muestra de manera más detallada el análisis de resultados.

*Interpretación de la gráfica de control para la variable tiempo en el área de prensado.*

Luego de haber construido nuestra gráfica de control analizamos los resultados

proporcionados por el software los cuales se detallan en la tabla N° 28

**Tabla 28:** Interpretación de la gráfica de control para la variable tiempo de prensado

Interpretación de resultados	
Resultados	Descripción
Normalidad	Si los datos son no normales, se puede observar un número mayor de falsas alarmas. Dado que menos de 2% de los puntos están fuera de los límites de control en la gráfica I, la prueba de normalidad no es necesaria.
Estabilidad	La media y la variación del proceso son estables. No hay puntos fuera de control en ninguna gráfica.
Límite superior: 33 minutos y 8 segundos	Límite inferior: 18 minutos y 9 segundos

**Fuente:** Minitab, 2016

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Los puntos analizados son la normalidad de los datos, la estabilidad del proceso y los límites de control, para lo cual tenemos que no es necesaria una prueba de normalidad ya que ningún valor que represente el 2% de los datos totales está fuera de los límites, esto garantiza que el proceso es estable con respecto a media. Además podemos definir un tiempo estándar de 26 minutos para obtener un prensado correcto que garantice dureza y densidad de madera plástica.

#### **4.2.6. Datos estandarizados para el control estadístico de la calidad en la elaboración de madera plástica.**

Luego de conocer cada una de las variables y haber logrado estandarizar valores métricos, un método de evaluación, una hoja de control, y registros para cada variable que conforma el proceso de producción de madera plástica se tiene una tabla resumen que muestra de manera práctica como realizar el control de la calidad en cada área y a cada una de las variables críticas.

**Tabla 29:** Datos Estandarizados para el control estadístico de la calidad

Actividad	Variables	Tipo de variable	Método de evaluación	Técnica de evaluación	Herramientas	Valores y técnicas estandarizadas	Documento de apoyo
SELECCIÓN	Tipo de polímero	Cualitativa	Observación	Observar en cada envase el símbolo de Polímero de alta densidad. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	Se considera apto únicamente el polímero que cuente con el triángulo de identificación. 	Ficha de procesos: Clasificación de polímeros <b>Código:</b> F.P.T.P
	Color de polímero	Cualitativa	Observación	Seleccionar los polímeros por colores primarios. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	El polímero será clasificado por colores; blanco, azul, rojo, amarillo, si existe un color diferente será agrupado en uno de estos subgrupos de colores que tengan tonalidad similar.	Ficha de procesos: Clasificación color de polímeros <b>Código:</b> F.P.C
	Tipo de fibra	Cualitativa	Observación	Clasificar por variedad las fibras vegetales	Ficha de procesos	Únicamente será aceptada la fibra que cuente con una etiqueta de identificación. Si cumple con esta especificación se procede a clasificar por variedades.	Ficha de procesos: Clasificación de fibras vegetales <b>Código:</b> F.P.T.F

TRITURADO	Tamaño de escama	Cuantitativa	Recolección de datos	Tamizar con una malla de 0.9 mm de abertura y medir la cantidad de escama defectuosa. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	Se considera escama de calidad, únicamente aquella que pase por el tamiz. caso contrario se realizará un reproceso.	Hoja de control variable cantidad de escama defectuosa
PULVERIZADO	Tipo de Fibra	Cualitativa	Observación	Pulverizar únicamente la fibra etiquetada. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	Si la fibra seleccionada no se encuentra etiquetada, no podrá ser triturada	Ficha de procesos: Pulverizado de fibras vegetales <b>Código:</b> F.P.P.F
MEZCLA	Porcentaje de mezcla	Cualitativa	Recolección de datos	Hacer uso de la documentación de los tipos de mezcla, <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	El tipo de mezcla a utilizarse deberá ser siempre una del catálogo de formulaciones.	Ficha de procesos: Tipo de formulación <b>Código:</b> F.P.T.F

MOLDEADO	Temperatura	Cuantitativa	Recolección de datos.	Controlar la temperatura de moldeado. (Utilizar documentos de apoyo)	Gráfica de control	Los valores mínimo y máximo para el control de temperatura deberán ser los siguientes: <b>LCS:</b> 186, 86° C $\bar{x}$ = 150.05 ° C <b>LCI:</b> 113.24° C	Hoja de control de la variable temperatura en el área de moldeado
	Tiempo de moldeado	Cuantitativa	Recolección de datos.	Controlar el tiempo de moldeado. (Utilizar documentos de apoyo)	Gráfica de control	El tiempo de moldeado no debe sobrepasar los siguientes límites: <b>LCS:</b> 44,40 minutos $\bar{x}$ = 36 minutos <b>LCI:</b> 27,60 minutos	Hoja de control de la variable tiempo en el área de moldeado
PRENSADO	Presión	Cuantitativa	Recolección de datos.	Controlar la presión ejercida al momento de prensar. (Utilizar documentos de apoyo)	Gráfica de control	La presión ejercida por la gata hidráulica no deberá ser menor ni mayor a la siguiente: <b>LCS:</b> 5.613 Bares $\bar{x}$ = 4.768 Bares <b>LCI:</b> 3.923 Bares	Hoja de control de la variable presión en el área de compactado
	Tiempo de prensado	Cuantitativa	Recolección de datos.	Controlar el tiempo de prensado. (Utilizar documentos de apoyo)	Gráfica de control	El tiempo de prensado no debe sobrepasar los siguientes límites: <b>LCS:</b> 33,82 minutos $\bar{x}$ = 26,4 minutos <b>LCI:</b> 18.98 minutos	Hoja de control de la variable tiempo en el área de prensado

**Fuente:** Madera plástica CINDU

**Elaborado por:** Taimal Patricia

### **4.3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.**

Los responsables del área de producción encontrarán en cada puesto de trabajo una herramienta del control estadístico de la calidad, en donde por cada prototipo elaborado deberán registrar valores y manualmente elaborar una gráfica de control para cerciorarse de que el proceso se esté mantenido estable y evitar errores, o en caso de darse parar la producción y buscar las causas que lo originan. En el manual de trabajo estandarizo Anexo 2, se muestra el formato para controlar las variables cuantitativas como la cantidad de escama defectuosa medida en kg en el área de triturado, temperatura y presión. Para las variables tiempo de moldeado y prensado, únicamente con ayuda de un cronometro el responsable del proceso deberá controlar el tiempo estandarizado (valor de la media de la gráfica de control) que se encuentra en la gráfica de control en el área de moldeado y prensado respectivamente.

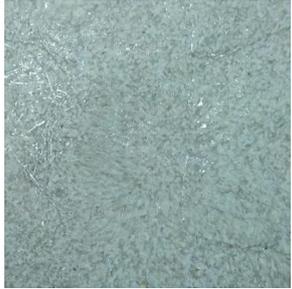
Por otro lado para las variables cualitativas existe una ficha de procesos en cada área la cual deberá ser leída y aplicada paso a paso para garantizar un adecuado cumplimiento de control de la variable cualitativa; como se muestra en el apartado 4.2.5 Por cada paso cumplido el encargado del proceso deberá marcar un con un visto ( $\checkmark$ ) que ese paso ha sido cumplido y por ende la variable ha sido controlada, en el Anexo 2 se muestra una ficha y la forma de llenado.

#### 4.3.1. Propiedades de la madera plástica luego de implementar el control estadístico de la calidad.

Luego de implementar el control estadístico de la calidad y aplicarlo en la producción de madera plástica en el laboratorio de simulación CINDU se logró estandarizar el proceso

y con ello obtener un producto que satisface las especificaciones de calidad. Ahora toda la línea de producción cuenta con procedimientos y puntos de control en cada área, lo que garantiza tener un producto final dimensionado, resistente, y ligero, como lo muestra a tabla N° 29 y 30

**Tabla 30:** Dimensiones geométricas de la madera plástica.

Dimensiones geométricas de la madera plástica	Valor en centímetros	Madera plástica con PEHD +Titora
Largo	37	
Ancho	37	
Espesor	0.85	
Volumen = (37*37*0.85) cm	Masa =2000g	$\sigma = \frac{2000}{163.65}$ $\sigma = 1.71 \text{ g/cm}^3$

**Fuente:** Madera plástica CINDU-UTN

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Como podemos observar se ha calculado la densidad aparente que equivale a  $1.7 \text{ g/cm}^3$  lo que representa que la madera obtenida es liviana, cabe mencionar que con anterioridad fue retirada la rebaba para cada toma de datos.

En la tabla 31 se muestran la medición de resistencia a la tracción, obtenidos directamente del software del equipo (Dinamómetro).

**Tabla 31:** Medición de la resistencia a la tracción

Probeta de HDPE+ Totora	Fuerza máxima (N)	Alargamiento en fuerza máxima (%)	Fuerza de ruptura (N)	Alargamiento de ruptura (%)
Probeta 1 (250*25*25)	790,56	4,85	525,71	4,96
Probeta 2 (250*25*25)	713,48	4,23	200,68	4,34
Media	751,03	3,68	316,51	3,87
Min	713,48	4,23	200,68	4,34
Max	790,56	4,85	525,71	4,96
Rango	77,08	0,62	325,03	0,62
Mediana	752,02	4,54	363,20	4,65
Desviación típica	54,50	0,44	229,83	0,44
Coefficiente de Variación	7,26%	11,91%	72,61%	11,33%

**Fuente:** Software dinamómetro

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Para el análisis de la resistencia a la tracción se evaluó dos probetas de madera plástica de composición (HDPE + Totora), de las cuales se puede observar que la fuerza máxima es de 751.03 N como valor medio.

Haciendo una comparación del valor de la resistencia antes de implementar el control estadístico de la calidad, se puede evidenciar que el nuevo producto es mucho más resistente como se muestra en la tabla comparativa N° 31 comparación de las propiedades de la madera plástica antes y después de implementar el control estadístico de la calidad.

**Tabla 32:** Comparación de las propiedades de la madera plástica antes y después

Propiedades de la madera plástica	Valores antes de implementar el control estadístico de la calidad.	Valores después de implementar el control estadístico de la calidad
Fuerza máxima (N)	605,42	751,03
Alargamiento en fuerza máxima (%)	3,05	3,68
Fuerza de ruptura (N)	445,06	316,51
Alargamiento de ruptura (%)	3,39	3,87
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,76	1,71
Coefficiente de variación (%)	51,38	7,26

**Fuente:** Tabulación tabla 6 y30

**Elaborado por:** Taimal Patricia

Observando los valores de la tabla 31 podemos evidenciar una mejoría de las propiedades de madera plástica, como son la fuerza máxima aplicada que ha aumentado en un 24 % del valor inicial, donde no se realizaba ningún control de la calidad. En cuanto a la fuerza de alargamiento, es decir cuando el material empieza su deformación, el porcentaje de mejoría es de 17.11%. La fuerza de ruptura disminuyo en un 28.88 % ya que a mayor fuerza máxima existe menor alargamiento del material. Al mantener la misma formulación para las probetas antes y después de implementar el control estadístico de la calidad, la densidad no tuvo una gran variación, disminuyendo así únicamente 0.05 kg es decir el material sigue liviano. Además podemos observar que el coeficiente de variación ha disminuido totalmente de 51.38% a 7,26 % esto se debe a que ahora existen puntos de control en cada área del proceso que permiten mantener bajo control las variables cualitativas y cuantitativas en la de producción de madera plástica.

## CONCLUSIONES

Del diagnóstico inicial se definieron cada uno de los subprocesos que conforman el proceso de producción de madera plástica, así como también identificar las variables

cuantitativas y cualitativas presentes en cada área y de esta manera designar los lugares estratégicos que necesitaban un punto de control que garantice la calidad del producto, los cuales fueron: el área de recepción de materia prima, área de triturado, moldeado y prensado, los que ahora cuentan con una herramienta de control de la calidad fácil y que cualquier estudiante pueda utilizar dentro del laboratorio de procesos físicos CINDU-UTN para la obtención de un producto sin defectos.

La producción de madera plástica reciclada es un proceso cuyo volumen de producción es bajo, por tal motivo para el control de las variables cuantitativas se implementó las gráficas individuales de rangos móviles (I-MR) que permitieron detectar la variabilidad y estabilidad del proceso. Por otra parte ya que las variables cualitativas son difíciles de cuantificar se diseñó una herramienta de control (fichas de procesos) que permite realizar las actividades de una manera ordenada y con ello garantizar un procedimiento estandarizado.

Se logró determinar características esenciales que permiten sustentar el cumplimiento de las especificaciones requeridas por el cliente, como son; espesor con de dimensiones; 370 mm de largo, 370 de ancho y de espesor 8.5 milímetros, la densidad del producto es de  $1.71 \text{ g/cm}^3$ , lo cual es más ligero que la madera convencional con estas características. En cuanto a la resistencia del material, se produce madera plástica con un valor de resistencia máxima de 751.03 N y con 316.51 N de resistencia a la ruptura. También se logró estandarizar la variable tiempo en el área de moldeado y prensando, siendo estos 36 y 26 minutos respectivamente, la temperatura en el área de moldeado se pudo estandarizar con un valor de  $150^\circ \text{C}$  y en el área de prensado la presión correcta para garantizar la dureza de las láminas de madera plástica es de 4,76 bares.

## **RECOMENDACIONES**

Dar a conocer a estudiantes sobre la producción de madera plástica que se realiza en el laboratorio de procesos físicos CINDU-UTN, para que fabriquen prototipos de madera plástica usando todas las herramientas y documentos estandarizados que se encuentran en cada área de producción de la madera plástica, los cuales están ayudando a garantizar la calidad del producto

Para que la implementación del control estadístico de la calidad siga satisfaciendo las propiedades de la madera plástica y necesidades del cliente, se recomienda hacer uso de todas las herramientas de la calidad que se encuentran en el laboratorio, tales como; las gráficas y fichas de control. Para las primeras se debe controlar los valores límites establecidos para cada subproceso y para la segunda herramienta se debe seguir un orden de cada paso descrito en cada una las fichas. Esto y el respectivo mantenimiento de la maquinaria garantizaran la calidad, evitará un reproceso y desperdicios en la producción de madera plástica.

La evaluación de cada producto deberá ser realizada al finalizar la jornada laboral, en donde se medirán las dimensiones de largo, ancho y espesor, así como también la densidad, que son variables que pueden ser medidas con los instrumentos del mismo laboratorio de simulación. Además haciendo uso de otros laboratorios que posee la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas ( FICA), existe la posibilidad de medir una propiedad mecánica que es la resistencia a la tracción. Viendo esta necesidad se recomienda adquirir más equipos que faciliten el desarrollo de nuevos estudios dentro de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Industrial.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Aiteco. (s.f.). *Aiteco consultores, desarrollo y gestión*. Obtenido de <https://www.aiteco.com/despliegue-de-la-voz-del-cliente-qfd/>
- Albán, A. (2019). *Elaboración de la madera plástica con material postconsumo*.
- Alcalde, P. (2016). *Calidad*. Madrid: Paraninfo.
- Ardila, G. (Diciembre de 2014). *Unicieo.edu.co*. Obtenido de *Métodos bioestadísticos para el desarrollo e implementación del rigor científico en las investigaciones*: [http://unicieo.edu.co/wp-content/uploads/2014/12/ESTADISTICA\\_PARTE\\_V.pdf](http://unicieo.edu.co/wp-content/uploads/2014/12/ESTADISTICA_PARTE_V.pdf)

- Arroyo, I., & Bravo, L. C. (2014). Distribuciones Poisson y Gamma: Una Discreta y Continua Relación. *redalyc.org*, 99-107.
- Arturo Ruiz, F. R. (2006). *Control Estadístico del proceso*. Madrid.
- Besterfield, D. H. (2009). *Control de calidad*. México: Pearson.
- Descentralizado, G. A. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento*. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0968519280001\\_PDyOT%20EL%20EMPALME2015-2024\\_16-03-2015\\_18-15-52.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0968519280001_PDyOT%20EL%20EMPALME2015-2024_16-03-2015_18-15-52.pdf)
- EcuRed. (2017). *Distribución Binomial*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Distribuci%C3%B3n\\_binomial](https://www.ecured.cu/Distribuci%C3%B3n_binomial)
- Google-Imágenes. (2019). *Imágenes PEDH*. Obtenido de [https://www.google.com/search?q=PEHD&rlz=1C1CHZL\\_esEC737EC737&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiLwuS6m4fgAhXSjVkkKHYd3Bj8Q\\_AUIDigB&biw=1366&bih=657](https://www.google.com/search?q=PEHD&rlz=1C1CHZL_esEC737EC737&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiLwuS6m4fgAhXSjVkkKHYd3Bj8Q_AUIDigB&biw=1366&bih=657)
- Gutiérrez, M. (2003). *Administrar para la calidad*. México: Limusa.
- Hernández Pedrera, C. &. (2016). *Aplicación del Control Estadístico del Proceso. SCielo*.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones- Procesos y cadenas de valor*. México: Pearson Educación.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2013). *Administración de operaciones- procesos y cadena de suministros*. México: Pearson Educación.
- Maldonado, R. M. (2018). *Control estadístico de la calidad*. México: Grupo Editorial patria.
- Marquéz, M. P. (2016). *Control de la calidad : Técnicas y herramientas*. México: Alfaomega.
- Miguel, P. A. (2010). *Calidad*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Minitab, S. (2016).
- Naciones, U. (2017). *Plan nacional de desarrollo toda una vida*. Obtenido de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida-de-ecuador>
- normadera tknik.net. (s.f.). *Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural*. Obtenido de <http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/aliso>
- Pozo, E. (2019). *Aplicación de la metodología DMAIC en la elaboración de prototipos de madera plástica CINDU-UTN*. Ibarra.
- Rendón, H. D. (2013). *Control Estadístico de la calidad*. Medellín: Ceditorial.
- Schroeder, R. (2005). *Administración de Operaciones*. Mexico: McGraw-Hill.

Support minitab. (2017). *Distribuciones de probabilidad continuas y discretas*.  
Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/probability-distributions-and-random-data/supporting-topics/basics/continuous-and-discrete-probability-distributions/>

# ANEXOS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**



## **MANUAL DE PROCESOS OPERATIVOS PARA LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE MADERA PLÁSTICA**

**VERSIÓN: 001**

## FIRMAS DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

	<b>Nombre / Cargo</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>
<b>Elaborado por:</b>	Taimal Patricia / Estudiante		
<b>Revisado por:</b>	Msc. Andrés Cruz/ Docente Tutor		
<b>Aprobado por:</b>	Técnico Docente Laboratorio de procesos Físicos-CINDU		

## MANUAL DESTINADO PARA:

	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>
<b>Docente encargado del Laboratorio de procesos físicos- CINDU</b>		
<b>Estudiantes CINDU</b>		

### 1. OBJETIVO

Dar a conocer un procedimiento a docentes y estudiantes para la elaboración de prototipos de madera plástica en el laboratorio de procesos físicos CINDU de la Universidad Técnica del Norte.

### 2. ALCANCE

Tener procedimientos claros y específicos que muestren los pasos a seguir para la elaboración de madera plástica en el laboratorio de procesos físicos CINDU de la Universidad Técnica

El documento será aplicable siempre y cuando se cuente con la aprobación de las partes involucradas.

### 3. RESPONSABILIDAD

Docente tutor: Msc. Andrés Cruz

Estudiante: Patricia Taimal

### 4. GLOSARIO DE TÉRMINOS, ABREVIATURAS y CODIGOS

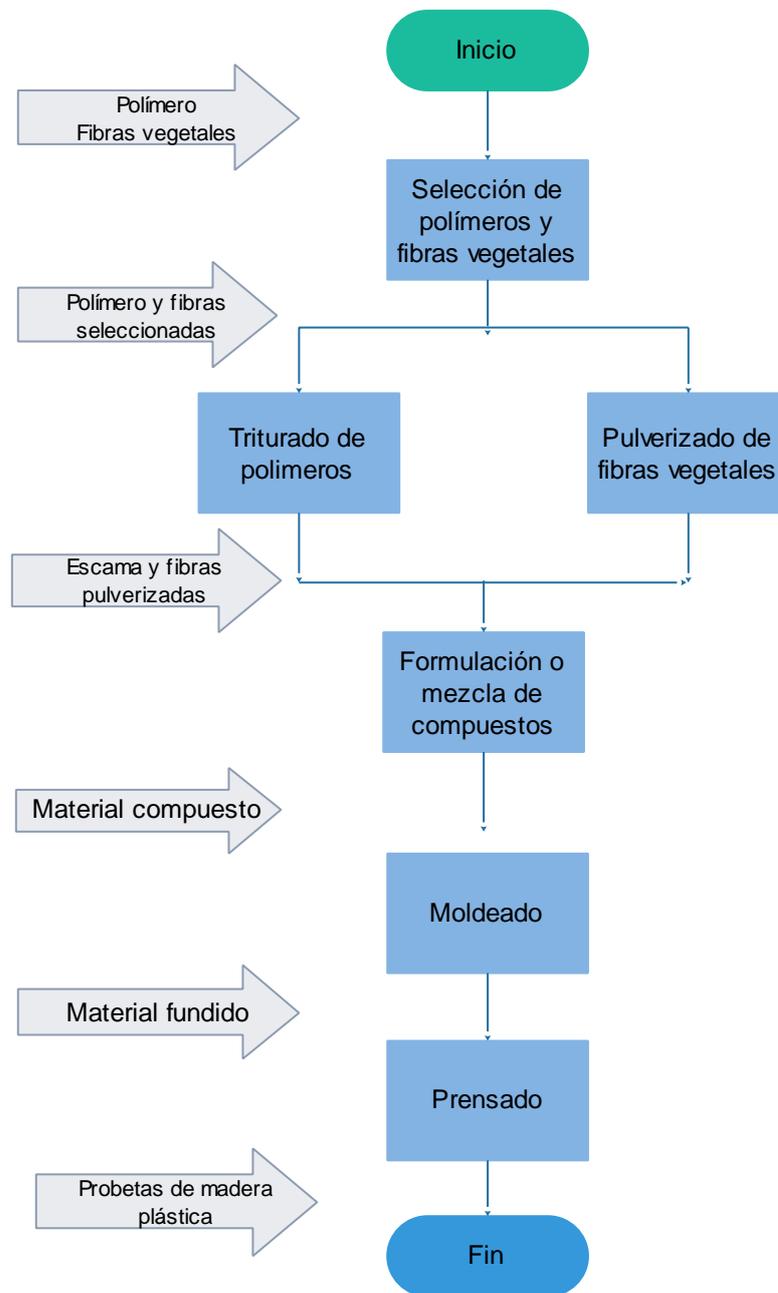
<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Fibras Vegetales	Vellosidades o cáscaras de algunas semillas o tallos de plantas.
Escama	Resultado de la trituración del PET.
Polímeros	Sustancia Química de elevada masa molecular que da como resultado un material plástico.
Tereftalato de polietileno	Tipo de material plástico usado como envases de bebidas.
<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
PET	Tereftalato de polietileno
EPP	Equipo de protección personal
<b>Código</b>	<b>Significado</b>
P. E.M.P	Proceso de Elaboración de madera plástica
F.R.M.P	Ficha de Recolección de materia prima
F.S.M.P	Ficha de Selección de materia Prima
F.T.P	Ficha de Triturado de Polímeros
F.P.F.V	Ficha de Pulverizado de Fibras Vegetales
F.Fo	Ficha para la Formulación
F.M	Ficha para el Moldeado
F.C	Ficha de Compactado
F.P	Ficha para el Pulido
R.R.M.P	Registro de Recolección de materia prima
R.S.M.P	Registro de Selección de materia Prima
R.T.P	Registro de Triturado de Polímeros
R.P.F.V	Registro de Pulverizado de Fibras Vegetales
R.Fo	Registro para la Formulación
R.M	Registro para el Moldeado
R.C	Registro de Compactado
R.P	Registro para el Pulido

### 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

<b>N°</b>	<b>PROCESO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DOCUMENTO DE REFERENCIA</b>
1	Recolección de materia prima	Los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial se encargan de la recolección de la materia prima (fibras vegetales y PET posconsumo) de acuerdo con el número de lotes que se desea producir.	Ficha de procesos-F.R.M.P
2	Selección de	Este proceso consiste en la selección de los polímeros (PET posconsumo) los mismos que	Ficha de procesos-F.S.M.P

	materia prima.	son separados de cualquier tipo de impureza que contenga, como tapas y etiquetas. Una vez clasificados los polímeros se proceda a la selección de fibras naturales. Para finalizar se etiqueta cada polímero y fibra seleccionada.	
3	Triturado de Polímeros.	Se procede a la preparación de la máquina trituradora en donde se introducirá el polímero previamente seleccionado, para obtener como resultado de la operación una escama de 8mm de espesor.	Ficha de procesos-F.T. P
4	Pulverizado de fibras vegetales.	Para completar la formulación de las probetas de madera plástica se procede a pulverizar las fibras vegetales, dependiendo del tipo de probeta a realizar se pueden utilizar distintas fibras entre la totora, fibra de caña, tallo de rosa, etc.	Ficha de procesos-F.P.F.V
5	Formulación	La formulación consiste en mezclar la escama de polímero con la fibra vegetal, con la ayuda de una balanza se determina la proporción 70% escama de polímero y 30% fibras pulverizadas	Ficha de procesos-F.Fo
6	Moldeado.	Este proceso es uno de los principales dentro de la línea de producción, ya que consiste en la fundición de los compuestos a una temperatura de 150°C en un tiempo estimado de 36 minutos.	Ficha de procesos-F.MF
7	Compactado.	Para compactar el material previamente fundido se requiere la preparación de la maquina prensadora. Este proceso requerirá un lapso de 45 minutos.	Ficha de procesos-F.C

## **6. FLUJOGRAMA**



## 7. DOCUMENTOS Y REGISTRO

FICHAS DE PROCESOS OPERATIVOS					
NOMBRE DEL PROCESO	EDICIÓN N	Nº FICHA	Nº.PAG	FECHA REVISION	
Selección de Materia Prima	1	1	1 de 1		
MISIÓN DEL PROCESO					
<p>El proceso inicial para la fabricación de probetas de madera plástica reciclada es la clasificación de los polímeros y la selección de las fibras vegetales que se usaran en la elaboración de las probetas.</p>					
ACTIVIDADES QUE FORMAN EL PROCESO					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificar los polímeros y fibras almacenadas.</li> <li>• En los polímeros se procede a separar cualquier tipo de material que no sea polímero (Tapas, etiquetas, impurezas dentro del polímero, etc.).</li> <li>• Marcar los polímeros y la fibra vegetal apta para el proceso.</li> </ul>					
RESPONSABLE DEL PROCESO					
Estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial					
ENTRADAS DEL PROCESO			SALIDAS DEL PROCESO		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polímeros.</li> <li>• Fibras.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polímeros seleccionados.</li> <li>• Fibras naturales seleccionadas.</li> </ul>		
PROCESOS RELACIONADOS					
Almacenamiento de materia prima					
REGISTROS			CÓDIGOS		
Registro de materia prima			R.R.M.P		
RECURSOS/NECESIDADES			INDICADORES		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal.</li> <li>• Banda transportadora de selección manual.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envases limpios.</li> <li>• Fibras sin contaminantes.</li> </ul>		
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	Fecha de Aprobación
Estudiante: Taimal Patricia		Docente Tutor: Msc. Andrés Cruz			

<b>FICHAS DE PROCESOS OPERATIVOS</b>				
<b>NOMBRE DEL PROCESO</b>	<b>EDICIÓN</b>	<b>Nº FICHA</b>	<b>Nº.PAG</b>	<b>FECHA REVISION</b>
Triturado	1	2	1 de 1	
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>				
El segundo paso consiste en la trituración de los polímeros previamente seleccionados para obtener escama de polímero con un tamaño óptimo para poder realizar una formulación				
<b>ACTIVIDADES QUE FORMAN EL PROCESO</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del personal para cumplir con las medidas de seguridad que demandan esta operación (Equipo de protección personal).</li> <li>• Preparación de la máquina trituradora.</li> <li>• Introducción del polímero previamente seleccionado.</li> </ul>				
<b>RESPONSABLE DEL PROCESO</b>				
Estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial				
<b>ENTRADAS DEL PROCESO</b>			<b>SALIDAS DEL PROCESO</b>	
• Polímeros seleccionados			• Escama de 8mm.	
<b>PROCESOS RELACIONADOS</b>				
Selección de materia prima				
<b>REGISTROS</b>			<b>CÓDIGOS</b>	
Registro de trituración de polímeros.			R.P.T	
<b>RECURSOS/NECESIDADES</b>			<b>INDICADORES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal</li> <li>• Molino</li> <li>• Recipientes de almacenamiento</li> <li>• EPP (Equipos de protección personal)</li> <li>• Energía</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agujero de la malla de 8 mm</li> <li>• Escama de 8 mm</li> </ul>	
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>
Estudiantes: Taimal Patricia		Docente Tutor: Msc. Andrés Cruz		Fecha de Aprobación

<b>FICHAS DE PROCESOS OPERATIVOS</b>					
<b>NOMBRE DEL PROCESO</b>	<b>EDICIÓN</b>	<b>Nº FICHA</b>	<b>Nº.PAG</b>	<b>FECHA REVISION</b>	
Pulverizado de fibras	1	3	1 de 1		
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>					
Como tercer paso se procede a pulverizar las fibras vegetales dependiendo del tipo de probeta a realizar. Entre las fibras vegetales encontramos totora, fibra de caña, tallo de rosa, etc.					
<b>ACTIVIDADES QUE FORMAN EL PROCESO</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del personal para cumplir con las medidas de seguridad que demandan esta operación (Equipo de protección personal).</li> <li>• Preparación de la máquina pulverizadora.</li> <li>• Introducción de las fibras vegetales seleccionadas en la máquina.</li> </ul>					
<b>RESPONSABLE DEL PROCESO</b>					
Estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial					
<b>ENTRADAS DEL PROCESO</b>			<b>SALIDAS DEL PROCESO</b>		
• Fibras vegetales			• Fibra vegetal pulverizada.		
<b>PROCESOS RELACIONADOS</b>					
Almacenamiento de materia prima					
<b>REGISTROS</b>			<b>CÓDIGOS</b>		
Registro de pulverizado			REGISTRO -PULV-01		
<b>RECURSOS/NECESIDADES</b>			<b>INDICADORES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal</li> <li>• Pulverizadora</li> <li>• Recipientes de almacenamiento</li> <li>• EPP (Equipos de protección personal)</li> <li>• Energía</li> </ul>			Tamizador de malla 14 (1.41mm), B44:H6620 (0.84mm), 30 (0.59mm) y 40 (0.42mm)		
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha de Aprobación</b>
Estudiante: Taimal Patricia		Docente Tutor: Msc. Andrés Cruz			

<b>FICHAS DE PROCESOS OPERATIVOS</b>					
<b>NOMBRE DEL PROCESO</b>	<b>EDICIÓ N</b>	<b>Nº FICHA</b>	<b>Nº.PAG</b>	<b>FECHA REVISION</b>	
Formulación	1	4	1 de 1		
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>					
El proceso cuatro consiste en mezclar la escama de polímero con la fibra vegetal, esta operación se lleva a cabo en el molde de la probeta, teniendo en cuenta la proporción 70%-30%.					
<b>ACTIVIDADES QUE FORMAN EL PROCESO</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del personal para cumplir con las medidas de seguridad que demandan esta operación (Equipo de protección personal).</li> <li>• Preparar la balanza para el pesaje de los compuestos.</li> <li>• Pesar la escama de polímeros.</li> <li>• Pesar la fibra pulverizada</li> <li>• Mezclar los elementos en el molde de la probeta</li> </ul>					
<b>RESPONSABLE DEL PROCESO</b>					
Estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial					
<b>ENTRADAS DEL PROCESO</b>			<b>SALIDAS DEL PROCESO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibras Vegetales pulverizadas.</li> <li>• Escama de polímeros</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material mezclado.</li> </ul>		
<b>PROCESOS RELACIONADOS</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molienda.</li> <li>• Pulverizado</li> </ul>					
<b>REGISTROS</b>			<b>CÓDIGOS</b>		
Registro de formulación			REGISTRO -FORM-01		
<b>RECURSOS/NECESIDADES</b>			<b>INDICADORES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal</li> <li>• Mezcladora</li> <li>• Balanzas</li> <li>• Patrones de peso</li> <li>• Moldes</li> <li>• Energía</li> </ul>			*80% de polímero y 20% de fibra		
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha de Aprobación</b>
Estudiantes: Taimal Patricia		Docente Tutor: Msc. Andrés Cruz			

<b>FICHAS DE PROCESOS OPERATIVOS</b>					
<b>NOMBRE DEL PROCESO</b>	<b>EDICIÓN</b>	<b>Nº FICHA</b>	<b>Nº.PAG</b>	<b>FECHA REVISION</b>	
Moldeado	1	5	1 de 1		
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>					
El quinto proceso se considera como el principal dentro de la línea de producción, este proceso consiste en la fundición de los compuestos.					
<b>ACTIVIDADES QUE FORMAN EL PROCESO</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del personal para cumplir con las medidas de seguridad que demandan esta operación (Equipo de protección personal).</li> <li>• Preparar el horno.</li> <li>• Introducir en el horno el molde preparado con el material compuesto.</li> <li>• Controlar la temperatura del horno con la ayuda de un termómetro.</li> <li>• Retirar el molde del horno.</li> </ul>					
<b>RESPONSABLE DEL PROCESO</b>					
Estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial					
<b>ENTRADAS DEL PROCESO</b>			<b>SALIDAS DEL PROCESO</b>		
• Material mesclado			• Material compuesto fundido		
<b>PROCESOS RELACIONADOS</b>					
Formulación					
<b>REGISTROS</b>			<b>CÓDIGOS</b>		
Registro de moldeo			REGISTRO -MOLD-01		
<b>RECURSOS/NECESIDADES</b>			<b>INDICADORES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal.</li> <li>• Horno.</li> <li>• Termómetro.</li> <li>• Molde.</li> <li>• EPP (Equipos de protección personal).</li> <li>• Energía.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura.</li> <li>• Tiempo.</li> </ul>		
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha de Aprobación</b>
Estudiantes: Taimal Patricia		Docente Tutor: Msc. Andrés Cruz			

<b>FICHAS DE PROCESOS OPERATIVOS</b>					
<b>NOMBRE DEL PROCESO</b>	<b>EDICIÓN</b>	<b>N° FICHA</b>	<b>N°.PAG</b>	<b>FECHA REVISION</b>	
PRENSADO	1	6	1 de 1		
<b>MISIÓN DEL PROCESO</b>					
En proceso consiste en prensar el material previamente fundido este proceso requerirá un lapso de 26 minutos.					
<b>ACTIVIDADES QUE FORMAN EL PROCESO</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del personal para cumplir con las medidas de seguridad que demandan esta operación (Equipo de protección personal).</li> <li>• Preparar la máquina prensadora.</li> <li>• Tapar el molde.</li> <li>• Esperar 26 min.</li> <li>• Retirar el molde de la maquina prensadora.</li> </ul>					
<b>RESPONSABLE DEL PROCESO</b>					
Estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial					
<b>ENTRADAS DEL PROCESO</b>			<b>SALIDAS DEL PROCESO</b>		
• Material compuesto fundido			• Probetas de madera plástica.		
<b>PROCESOS RELACIONADOS</b>					
Moldeado. Pulido.					
<b>REGISTROS</b>			<b>CÓDIGOS</b>		
Registro de compactado			REGISTRO -COMP-01		
<b>RECURSOS/NECESIDADES</b>			<b>INDICADORES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal</li> <li>• Máquina prensadora</li> <li>• EPP (Equipos de protección personal)</li> <li>• Energía</li> </ul>			Se aplica presión cercana a los 4.76 bares		
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha de Aprobación</b>
Estudiantes: Taimal Patricia		Docente Tutor: Msc. Andrés Cruz			

**FORMATOS DE REGISTROS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LA  
MADERA PLÁSTICA**

<b>ELABORACIÓN PROBETAS DE MADERA PLÁSTICA REGISTRO SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA</b>				<b>Código: R.M.P-01</b>
				<b>Versión:</b>
FECHA	MATERIA PRIMA	CANTIDAD	FIRMA	OBSERVACIONES

Responsable \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

<b>ELABORACIÓN PROBETAS DE MADERA PLÁSTICA REGISTRO TRITURADO</b>					<b>Código: R.P. T.</b>
					<b>Versión:</b>
FECHA	CANTIDAD	EQUIPOS	RESPONSABLE	FIRMA	OBSERVACIONES

Responsable \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

<b>ELABORACIÓN PROBETAS DE MADERA PLÁSTICA REGISTRO PULVERIZADO</b>					<b>Código:</b> PULV-01
					<b>Versión:</b>
FECHA	CANTIDAD	EQUIPOS	RESPONSABLE	FIRMA	OBSERVACIONES

Responsable \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

<b>ELABORACIÓN PROBETAS DE MADERA PLÁSTICA REGISTRO FORMULACIÓN</b>					<b>Código:</b> FORM-01
					<b>Versión:</b>
FECHA	ELEMENTOS DE COMPOSICION	EQUIPOS	RESPONSABLE	FIRMA	OBSERVACIONES

Responsable \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

<b>ELABORACIÓN PROBETAS DE MADERA PLÁSTICA REGISTRO MOLDEADO</b>					<b>Código: MOLD-01</b>
					<b>Versión: 01</b>
FECHA	CANTIDAD	EQUIPOS	TEMPERATURA DE FUNDICION	RESPONSABLE	FIRMA

Responsable \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

<b>ELABORACIÓN PROBETAS DE MADERA PLÁSTICA REGISTRO COMPACTADO</b>					<b>Código: COMP-01</b>
					<b>Versión: 01</b>
FECHA	CANTIDAD	EQUIPOS	PRESIÓN DE COMPACTO	RESPONSABLE	FIRMA

Responsable \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

## ANEXO. 1:MANUAL DE TRABAJO ESTANDARIZADO.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS



### MANUAL DE TRABAJO ESTANDARIZADO PARA LA PRODUCCIÓN DE MADERA PLÁSTICA

VERSIÓN: 001

#### FIRMAS DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

	Nombre / Cargo	Firma	Fecha
<b>Elaborado por:</b>	Taimal Patricia / Estudiante		
<b>Revisado por:</b>	Msc. Andrés Cruz/ Docente Tutor		
<b>Aprobado por:</b>	/ Técnico Laboratorio de procesos Físicos-CINDU		

#### LISTA DE DISTRIBUCIÓN:

	Nombre	Firma
<b>Docente encargado del Laboratorio de procesos físicos- CINDU</b>		
<b>Estudiantes CINDU</b>		

## ÍNDICE DE CONTENIDO DEL TRABAJO ESTANDARIZADO

1	OBJETIVO.....	101
1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	101
2	ALCANCE.....	101
3	GLOSARIO DE TÉRMINOS, ABREVIATURAS.....	101
4	DESCRIPCION DEL PROCESO -----	119
5	VALORES ESTANDARES PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD.....	120
6	HOJAS DE CONTROL-----	121

## 1.OBJETIVO.

Describir los subprocesos que intervienen en la producción de prototipos de madera plástica, por medio de un documento de trabajo estandarizado, para la capacitación de estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial en el laboratorio de procesos físicos CINDU-UTN.

### 1.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 1.1.1. Elaborar un manual que muestre los valores estándares que se deben seguir para la obtención de un producto de calidad.
- 1.1.2. Realizar formatos de registros y hojas de control que garanticen el cumplimiento de la implementación del control estadístico de la calidad.

## 2. ALCANCE.

Tener claro el proceso de producción de madera plástica del laboratorio de procesos físicos CINDU de la Universidad Técnica del Norte, para obtener un producto de calidad, teniendo como única guía este documento.

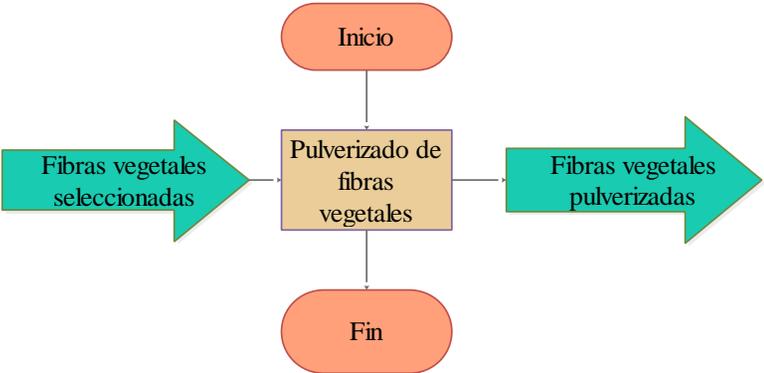
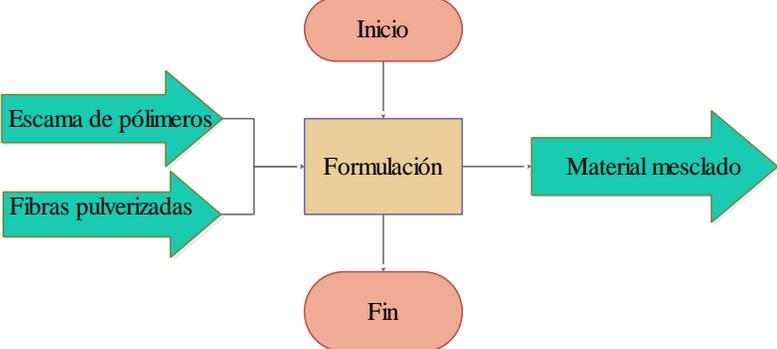
## 3. GLOSARIO DE TÉRMINOS, ABREVIATURAS.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Fibras Vegetales	Vellosidades o cáscaras de algunas semillas o tallos de plantas.
Escama	Resultado de la trituración del PET.
Polímeros	Sustancia Química de elevada masa molecular que da como resultado un material plástico.
<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
PET	Tereftalato de polietileno
EPP	Equipo de protección personal
<b>Código</b>	<b>Significado</b>

F.P.T. P	Ficha de procesos tipo de polímero
F.P.T. F.V	Ficha de procesos tipo de fibra vegetal
F.P.C	Ficha de procesos color
F.P.T. F	Ficha de procesos formulación

#### 4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SE PRODUCCIÓN DE MADERA PLÁSTICA

Descripción del proceso		
Actividad	Flujograma	Descripción
<b>Selección de Materia Prima</b>	<pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Selección[Selección de materia prima]     Polímeros[Polímeros] --&gt; Selección     FibrasVegetales[Fibras Vegetales] --&gt; Selección     Selección --&gt; PolímerosSeleccionados[Polímeros seleccionados]     Selección --&gt; FibrasVegetalesSeleccionadas[Fibras vegetales seleccionadas]     Selección --&gt; Fin([Fin])         </pre>	<p>La selección de los polímeros consiste en identificar visualmente el símbolo de polímero de alta densidad que viene dado por el triángulo con numeración 2, si no se cumple este requisito los polímeros serán rechazados. Para las fibras vegetales únicamente se seleccionarán por variedad de fibra y se procede a etiquetar al igual que le polímero.</p>
<b>Triturado de Polímeros</b>	<pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Triturado[Triturado de polímeros]     PolímerosSeleccionados[Polímeros seleccionados] --&gt; Triturado     Triturado --&gt; Escama[Escama de polímeros]     Triturado --&gt; Fin([Fin])         </pre>	<p>El subproceso consiste en obtener escama con un tamaño de 8 milímetros, para ello cada kilogramo triturado deberá ser pesado y tamizado, se acepta únicamente aquella escama que haya pasado totalmente por el tamiz.</p>

<p><b>Pulverizado de Fibras Vegetales</b></p>	 <pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Pulverizado[Pulverizado de fibras vegetales]     Pulverizado --&gt; Fin([Fin])     FibrasVegetales[Fibras vegetales seleccionadas] --&gt; Pulverizado     Pulverizado --&gt; FibrasPulverizadas[Fibras vegetales pulverizadas]         </pre>	<p>Para el pulverizado de fibras se utilizará, únicamente aquella que contenga una etiqueta de identificación. Se recomienda usar fibra totalmente seca para evitar el reproceso y fallas técnica con la maquia pulverizadora</p>
<p><b>Formulación</b></p>	 <pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Formulación[Formulación]     Formulación --&gt; Fin([Fin])     EscamaPolimeros[Escama de polimeros] --&gt; Formulación     FibrasPulverizadas[Fibras pulverizadas] --&gt; Formulación     Formulación --&gt; MaterialMezclado[Material mezclado]         </pre>	<p>En el área de formulación existe un catálogo de todas las mezcla que se puede realizar para obtener madera plástica, el encargado del proceso se encargará de seleccionar una de ellas y procederá a pesar cada materia prima.</p>

<b>Moldeado</b>	<pre> graph LR     A[Material mesclado] --&gt; B[Moldeado]     B --&gt; C[Material fundido]     D([Inicio]) --- B     E([Fin]) --- B   </pre>	<p>Teniendo lista una formulación se procede a moldear, esto se realiza mediante un horno que se encarga de fundir el material compuesto. Para ello se debe controlar la temperatura y tiempo de moldeo cuyos valores se muestran en cada área.</p>
<b>Compactado</b>	<pre> graph LR     A[Material fundido] --&gt; B[Compactado]     B --&gt; C[Prototipo de madera plástica prensado]     D([Inicio]) --- B     E([Fin]) --- B   </pre>	<p>El proceso de compactado empieza una vez terminado el moldeo, inmediatamente se retira el molde del horno y se procede a colocar en la prensa, con ayuda de una gata hidráulica se aplica una presión y se controla un tiempo de prensado.</p>

**5. VALORES ESTANDARIZADOS PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD**

ACTIVIDAD	VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	MÉTODO DE EVALUACIÓN	TÉCNICA DE EVALUACIÓN	HERRAMIENTAS	VALORES Y TÉCNICAS ESTANDARIZADAS	DOCUMENTO DE APOYO
SELECCIÓN	Tipo de polímero	Cualitativa	Observación	Observar en cada envase el símbolo de Polímero de alta densidad. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	Se considera apto únicamente el polímero que cuente con el triángulo de identificación. 	Ficha de procesos: Clasificación de polímeros <b>Código:</b> F.P.T.P
	Color de polímero	Cualitativa	Observación	Seleccionar los polímeros por colores primarios. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	El polímero será clasificado por colores; blanco, azul, rojo, amarillo, si existe un color diferente será agrupado en uno de estos subgrupos de colores que tengan tonalidad similar.	Ficha de procesos: Clasificación color de polímeros <b>Código:</b> F.P.C
	Tipo de fibra	Cualitativa	Observación	Clasificar por variedad las fibras vegetales	Ficha de procesos	Únicamente será aceptada la fibra que cuente con una etiqueta de identificación. Si cumple con esta especificación se procede a clasificar por variedades.	Ficha de procesos: Clasificación de fibras vegetales <b>Código:</b> F.P.T.F

TRITURADO	Tamaño de escama	Cuantitativa	Recolección de datos	Tamizar con una malla de 0.9 mm de abertura y medir la cantidad de escama defectuosa. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	Se considera escama de calidad, únicamente aquella que pase por el tamiz. caso contrario se realizará un reproceso.	Hoja de control variable cantidad de escama defectuosa
PULVERIZADO	Tipo de Fibra	Cualitativa	Observación	Pulverizar únicamente la fibra etiquetada. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	Si la fibra seleccionada no se encuentra etiquetada, no podrá ser triturada	Ficha de procesos: Pulverizado de fibras vegetales <b>Código:</b> F.P.P.F
MEZCLA	Porcentaje de mezcla	Cualitativa	Recolección de datos	Hacer uso de la documentación de los tipos de mezcla. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Ficha de procesos	El tipo de mezcla a utilizarse deberá ser siempre una del catálogo de formulaciones.	Ficha de procesos: Tipo de formulación <b>Código:</b> F.P.T.F
MOLDEADO	Temperatura	Cuantitativa	Recolección de datos.	Controlar la temperatura de moldeado. <i>(Utilizar documentos de apoyo)</i>	Gráfica de control	Los valores mínimo y máximo para el control de temperatura deberán ser los siguientes: <b>LCS:</b> 186, 86° C $\bar{x} = 150.05$ ° C <b>LCI:</b> 113.24° C	Hoja de control de la variable temperatura en el área de moldeado

	Tiempo de moldeado	Cuantitativa	Recolección de datos.	Controlar el tiempo de moldeado. (Utilizar documentos de apoyo)	Gráfica de control	El tiempo de moldeado no debe sobrepasar los siguientes límites: <b>LCS:</b> 44,40 minutos $\bar{x}$ = 36 minutos <b>LCI:</b> 27,60 minutos	Hoja de control de la variable tiempo en el área de moldeado
PRENSADO	Presión	Cuantitativa	Recolección de datos.	Controlar la presión ejercida al momento de prensar. (Utilizar documentos de apoyo)	Gráfica de control	La presión ejercida por la gata hidráulica no deberá ser menor ni mayor a la siguiente: <b>LCS:</b> 5.613 Bares $\bar{x}$ = 4.768 Bares <b>LCI:</b> 3.923 Bares	Hoja de control de la variable presión en el área de compactado
	Tiempo de prensado	Cuantitativa	Recolección de datos.	Controlar el tiempo de prensado. (Utilizar documentos de apoyo)	Gráfica de control	El tiempo de prensado no debe sobrepasar los siguientes límites: <b>LCS:</b> 33,82 minutos $\bar{x}$ = 26,4 minutos <b>LCI:</b> 18.98 minutos	Hoja de control de la variable tiempo en el área de prensado

## 6. HOJAS Y FICHAS DE CONTROL

### HOJA DE CONTROL -VARIABLE CUANTITATIVA CANTIDAD DE ESCAMA DEFECTUOSA

CONTROL DE LA VARIABLE ESCAMA DEFECTUOSA EN EL ÁREA DE TRITURADO.																								
Objetivo:	Mantener bajo control la cantidad de escama defectuosa mediante la utilización de una gráfica de control por variables																							
Pasos de construcción:	1. Tomar muestras de la variable a controlar (hacer uso del tamiz) por kilogramo de polímero triturado para determinar la cantidad en kg de la escama defectuosa.																							
	2. Registrar los datos en la tabla adjunta.																							
	3. Ubicar los datos recolectados en la gráfica (X, Y)																							
	4. Unir con una línea continua todos los datos de la gráfica de control.																							
	5. Observar si los puntos se mantienen dentro del rango de los límites superior e inferior, si esto sucede continúe, caso contrario detenga el proceso y busque las causas del error.																							
Nº Muestras	Cantidad de escama defectuosa(kg)	Gráfica de control variable cantidad de escama defectuosa																						
1		<table border="1"> <caption>Datos de la Gráfica de Control</caption> <thead> <tr> <th>Nº Muestra</th> <th>Cantidad de escama defectuosa (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nº Muestra	Cantidad de escama defectuosa (kg)	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Nº Muestra	Cantidad de escama defectuosa (kg)																							
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
Observaciones:																								
Responsable	Fecha	Firma																						

**Autor:** Patricia Taimal

## HOJA DE CONTROL - VARIABLE CUANTITATIVA TEMPERATURA EN EL ÁREA DE MOLDEADO.

CONTROL DE LA VARIABLE TEMPERATURA EN EL ÁREA DE MOLDEADO														
Objetivo:	Mantener bajo control la temperatura de moldeo mediante la utilización de una gráfica de control por variables													
Pasos de construcción:	1. Tomar 10 muestras en intervalos de 30 segundos de la variable a controlar (hacer uso del termómetro) cuando el horno llegue a los 170°C desde que el molde ingrese al horno.													
	2. Registrar los datos en la tabla adjunta.													
	3. Ubicar los datos recolectados en la gráfica (x, Y)													
	4. Unir con una línea continua todos los datos de la gráfica de control													
	5. Observar si los puntos se mantienen dentro del rango de los límites superior e inferior. Si esto sucede continúe, caso contrario detenga el proceso y busque las causas del error.													
N° Muestras	Temperatura en °C	Gráfica de control variable temperatura en el área de moldeo												
1		<table style="margin: auto; border: none;"> <tr><td style="text-align: right;">180</td><td style="text-align: right;">186.8</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">160</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: right;">140</td><td style="text-align: right;">150.05</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">120</td><td></td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: right;">113.24</td></tr> <tr><td></td><td style="text-align: center;">1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</td></tr> </table>	180	186.8	160		140	150.05	120			113.24		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
180	186.8													
160														
140	150.05													
120														
	113.24													
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10													
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
Observaciones:														
Responsable	Fecha	Firma												

**Autor:** Patricia Taimal

**HOJA DE CONTROL – VARIABLE CUANTITATIVA TIEMPO EN EL ÁREA DE MOLDEADO.**

CONTROL DE LA VARIABLE TIEMPO EN EL ÁREA DE MOLDEADO		
Objetivo:	Mantener bajo control el tiempo de moldeo mediante la correcta lectura de la gráfica de control estándar ubicada en el área de moldeo	
Pasos de construcción:	1. Observar la gráfica de control que se encuentra en el área de moldeo	
	2. Leer la información que proporciona la gráfica de control.	
	3. Identificar el tiempo de moldeo estandarizado (media de la gráfica)	
	4. Con un cronometro o reloj controlar el tiempo estandarizado.	
	5. Registrar en la tabla adjunta el tiempo utilizado para moldear el prototipo, este no debe sobrepasar los límites superior e inferior.	
Tiempo utilizado para el moldeo	----- Minutos	
Observaciones:		
Responsable	Fecha	Firma

**Autor:** Patricia Taimal

## HOJA DE CONTROL - VARIABLE CUANTITATIVA PRESIÓN EN EL ÁREA DE COMPACTADO.

CONTROL DE LA VARIABLE PRESIÓN EN EL ÁREA DE MOLDEADO									
Objetivo:	Mantener bajo control la presión ejercida sobre el moldes en el área de prensado mediante la utilización de una gráfica de control por variables								
Pasos de construcción:	1. Tomar 10 muestras consecutivas de la variable a controlar (hacer uso del manómetro), la presión será tomada desde el momento en que la gata hidráulica alcance la superficie alta de la prensa.								
	2. Registrar los datos en la tabla adjunta.								
	3. Ubicar los datos recolectados en la gráfica (x, Y)								
	4. Unir con una línea continua todos los datos de la gráfica de control								
	5. Observar si los puntos se mantienen dentro del rango de los limites superior e inferior. Si esto sucede continúe, caso contrario detenga el proceso y busque las causas del error.								
Nº Muestras	Presión en (pascales)	Gráfica de control para la variable presión el área de compactado							
1		<table style="margin: auto; border: none;"> <tr><td style="text-align: right;">0.53</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">0.5</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">0.4</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">0.3</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">0.2</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">0.1</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">0.21</td></tr> </table>	0.53	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.21
0.53									
0.5									
0.4									
0.3									
0.2									
0.1									
0.21									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Observaciones:									
Responsable	Fecha	Firma							

**Autor:** Patricia Taimal

**HOJA DE CONTROL - VARIABLE CUANTITATIVA TIEMPO EN EL ÁREA DE COMPACTADO.**

CONTROL DE LA VARIABLE TIEMPO EN EL ÁREA COMPACTADO		
Objetivo:	Mantener bajo control el tiempo de prensado mediante la correcta lectura de la gráfica de control estándar ubicada en el área de compactado	
Pasos de construcción:	1. Observar la gráfica de control que se encuentra en el área de moldeado	
	2. Leer la información que proporciona la gráfica de control.	
	3. Identificar el tiempo de prensado estandarizado (media de la gráfica)	
	4. Con un cronometro o reloj controlar el tiempo estandarizado.	
	6. Registrar en la tabla adjunta el tiempo utilizado para prensar el prototipo, este no debe sobrepasar los límites superior e inferior.	
Tiempo utilizado para prensar el prototipo de madera plástica	----- Minutos	
Observaciones:		
Responsable	Fecha	Firma

**Autor:** Patricia Taimal

## CHECK LIST DE LA CALIDAD PARA EL CONTROL DE VARIABLES CUALITATIVAS

### CHECK LIST DE LA CALIDAD PARA LA VARIABLE CUALITATIVA TIPO DE FIBRA VEGETAL.

ÍTEMS	SI	NO
1. Identificar visualmente que las fibras introducidas al laboratorio con estén mezcladas entre ellas o contengan impurezas		
2. Si las fibras están en algún contenedor y cumplen con el paso anterior proceder a etiquetar con el nombre de la fibra Ejemplo: "Fibras Vegetales de Rosa seleccionadas"		
3. Si las fibras no tienen contenedor alguno dirigirse al área de recepción de materia prima y buscar uno que este vacío y no contenga ninguna etiqueta.		
4. Etiquetar el contenedor con fibras vegetales con el nombre de la fibra Ejemplo: "Fibras Vegetales de Rosa seleccionadas"		
Acumulado:		
Porcentaje acumulado:		
Responsable	Fecha	Firma

**CHECK LIST DE LA CALIDAD PARA LA VARIABLE CUALITATIVA COLOR DEL  
POLÍMERO**

ÍTEMS		SI	NO
1. Asegurarse que los polímeros seleccionados estén previamente etiquetados			
2. Identificar visualmente la gama de colores que existen en los polímeros seleccionados			
3. Buscar un contenedor y con ayuda de la máquina seleccionadora clasificar los polímeros por los distintos colores primarios.			
4. Cerrar contenedor y etiquetar con el nombre Ejemplo: "Polímero color blanco"			
Acumulado:			
Porcentaje acumulado:			
Observaciones:			
Responsable	Fecha	Firma	

**Autor:** Patricia Taimal

**CHECK LIST DE LA CALIDAD PARA LA VARIABLE CUALITATIVA TIPO DE FORMULACIÓN**

ÍTEMS		SI	NO
1. ¿Revisó el catálogo de formulación que se encuentra en el área de mezcla.?			
2. ¿Seleccionó una fórmula que se encuentra en el catálogo?			
3. ¿Anotó el porcentaje de fibra pulverizada y de polímero a usarse en la fórmula seleccionada.?			
Acumulado:			
Porcentaje acumulado:			
Observaciones:			
Responsable	Fecha	Firma	

**Autor:** Patricia Taimal

**CHECK LIST DE LA CALIDAD PARA LA VARIABLE CUALITATIVA TIPO DE POLÍMERO**

ÍTEMS		SI	NO
1. Retirar las etiquetas de cada envase plástico para poder visualizar el símbolo de identificación.			
2. Buscar en cada envase el triángulo con numeración que indica el polietileno de alta densidad			
3. Colocar los envases seleccionados en un contenedor.			
4. Etiquetar el contenedor de envase seleccionados con el nombre " <i>polímero de alta densidad PEHD seleccionado</i> "			
Acumulado:			
Porcentaje acumulado:			
Responsable	Fecha	Firma	

**Autor:** Patricia Taimal

## ANEXO. 2:TÉCNICA DEL ESTADO DEL ARTE PARA LAS GRÁFICAS DE CONTROL

<b>Estado del arte para la implementación del control estadístico de la calidad</b>						
<b>N°</b>	<b>AUTOR</b>	<b>TEXTO</b>	<b>AÑO</b>	<b>DIRECCIÓN ELECTRÓNICA</b>	<b>TEMA</b>	<b>MATODOLOGÍA UTILIZADA</b>
1	Juan Diego Jaramillo Urtado	Tesis	2017	<a href="https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/9590/1/T07261.pdf">https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/9590/1/T07261.pdf</a>	Diseño de un modelo de control estadístico de la calidad al proceso productivo de película de polietileno en la empresa plastic pac cali S.A.	Diagrama de Pareto; Prueba de normalidad; Diagrama ishikawa; Analisis descriptivo
2	Rita Peñabaena-Niebles , Oscar Oviedo-Trespalcios , Sandra Cuentas-Hernandez .Ethel García-Solano	Artículo	2014	<a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_artext&amp;pid=S0012-73532014000200020&amp;lng=es&amp;nrm=iso&amp;tlng=es">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_artext&amp;pid=S0012-73532014000200020&amp;lng=es&amp;nrm=iso&amp;tlng=es</a>	Metodología para la implementación del diseño económico y/o estadístico de cartas de control x-barra con parámetros variables (vp).	Cartas de control estadístico
3	Ramos, I.D., Valdés, M.C.M., Bretaña, R.M.G.	Artículo	2013	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-21198-0_122">https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-21198-0_122</a>	Control estadístico de la calidad en un proceso químico.	Graficas de control
4	Oscar Oviedo-Trespalcios , Rita Peñabaena-Niebles	Artículo	2016	<a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_artext&amp;pid=S0012-73532016000300016&amp;lng=es&amp;nrm=iso&amp;tlng=en">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_artext&amp;pid=S0012-73532016000300016&amp;lng=es&amp;nrm=iso&amp;tlng=en</a>	Desempeño estadístico de cartas de control con parámetros variables para procesos auto correlacionados.	Cartas de control estadístico
5	Rita Peñabaena Niebles* , Oscar Oviedo-Trespalcios, Katherine Ramírez, Melissa Morón	Artículo	2014	<a href="https://ac.els-cdn.com/S1697791214000144/1-s2.0-S1697791214000144-main.pdf?_tid=d9c10198-5f52-4b87-a958-15302e827749&amp;acdnat=1527125822_d1ca88f4c2afe0920931fdedfb3ad1">https://ac.els-cdn.com/S1697791214000144/1-s2.0-S1697791214000144-main.pdf?_tid=d9c10198-5f52-4b87-a958-15302e827749&amp;acdnat=1527125822_d1ca88f4c2afe0920931fdedfb3ad1</a>	Análisis de las reclamaciones en atención primaria mediante el control estadístico de procesos.	Cartas de control estadístico
6	Quintana Alicia Esther,Pisani María Virginia, Casal Ricardo Néstor	Artículo	2013	<a href="https://ac.els-cdn.com/S1405774315721153/1-s2.0-S1405774315721153-main.pdf?_tid=3942ae02-f465-4dd6-acf6-f58e9729b318&amp;acdnat=1527126404_1bc8360d932a23f4fcd79c4fa14d1cb">https://ac.els-cdn.com/S1405774315721153/1-s2.0-S1405774315721153-main.pdf?_tid=3942ae02-f465-4dd6-acf6-f58e9729b318&amp;acdnat=1527126404_1bc8360d932a23f4fcd79c4fa14d1cb</a>	Desempeño de cartas de control estadístico con límites bilaterales de probabilidad para monitorear procesos weibull en mantenimiento.	Cartas de control estadístico

7	Pérez, A.V., Pérez, L.A., Mayor, E.E., Corella, S.M., Rodríguez, J.E.V.	Artículo	2014	<a href="https://ac.els-cdn.com/S1697791214000144/1-s2.0-S1697791214000144-main.pdf?_tid=599753cb-923c-4bee-b35c-5fb0e0d19210&amp;acdnt=1527127935_296321f348c027e3ab90f631fd824dd">https://ac.els-cdn.com/S1697791214000144/1-s2.0-S1697791214000144-main.pdf?_tid=599753cb-923c-4bee-b35c-5fb0e0d19210&amp;acdnt=1527127935_296321f348c027e3ab90f631fd824dd</a>	Diseño económico-estadístico de cartas con parámetros variables totalmente adaptativas en presencia de datos auto correlacionados.	Cartas de control estadístico
8	BENAVIDES PORTILLA EDUARDO ANDRÉS	Tesis	2018	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8112/2/ART%C3%8DCULO.pdf">http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8112/2/ART%C3%8DCULO.pdf</a>	Aplicación del control estadístico de procesos en una planta textil para determinar la estabilidad y capacidad de los procesos de fabricación de tejido de punto por trama jersey.	Diagramas de control; Graficas de control
9	Giampaolo Orlandoni Merli	Artículo	2012	<a href="http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99323311008">http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99323311008</a>	Gestión de la Calidad: Control Estadístico y Seis Sigma	Six Sigma; Cartas de control
10	Peñabaena Niebles, Rita; Oviedo-Trespalacios, Óscar; Vázquez Cabeza, Juan Guillermo; Fernández	Artículo	2013	<a href="http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85229155006">http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85229155006</a>	Diseño estadístico de cartas de control para datos autocorrelacionados	Cartas de control estadístico
11	Luis Carlos Medina Vizcaino	Tesis	2015	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt/1771/1/Luis%20Carlos%20Medina%20Vizca%C3%ADno.pdf">http://www.repositorio.usac.edu.gt/1771/1/Luis%20Carlos%20Medina%20Vizca%C3%ADno.pdf</a>	Reutilización del desecho de numerario de polímero como principal materia prima para la elaboración de madera plástica,	Pronostico
12	Gabriela Blanco Alcalá	Tesis	2018	<a href="https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/567567/DocsTec_4718.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/567567/DocsTec_4718.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	Evaluación técnica y plan de negocios para la producción de mobiliario de "madera plástica", formulada con pet reciclado y aserrín.	Conceptos y creación de madera plastica
13	Ing. Eduardo Martínez Mendoza	Tesis	2011	<a href="http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/4615/1/TESIS.pdf">http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/4615/1/TESIS.pdf</a>	Propuesta metodológica para estandarizar procesos en pequeñas empresas metal-básicas.	Control estadístico de procesos; Muestreo de aceptación
14	Lilian Andrea Álvarez Cárdenas; Iván Darío Serrano Guerra	Tesis	2009	<a href="http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2009/131926.pdf">http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2009/131926.pdf</a>	Diseño e implementación de un sistema de control estadístico de proceso en la industria Forcol ltda.	Diagrama Causa Efecto; Histograma, Hojas de Verificación; Estratificación; Grafico de Control;

15	Mgter. Silvia Joekes	Tesis	2016	<a href="https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2553/TESIS%20JOEKES%20SILVIA.pdf?sequence=1">https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2553/TESIS%20JOEKES%20SILVIA.pdf?sequence=1</a>	Herramientas de monitoreo y control estadístico de atributos en procesos de alta calidad: estudio de resultados, implementación computacional y aplicación práctica.	Gráficas de Control
16	Yudalia Juana Dionisio Reyes	Tesis	2014	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3879/Dionisio_ry.pdf?sequence=3">http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3879/Dionisio_ry.pdf?sequence=3</a>	Control estadístico de la calidad aplicado al programa de extensión social de salud, caso: préstamos bancarios a sus trabajadores	Tormenta de Ideas ;Diagrama Causa – Efecto ; Diagrama de Pareto; Gráfico de Control Estadístico de Procesos
17	Hernán Darío Rendón C.	Libro	2013	<a href="file:///C:/Users/Patty/Documents/NOVENO/TRA%20BAJO%20GRADO%20I/bibliografia/17.Lbro%20CEC.pdf">file:///C:/Users/Patty/Documents/NOVENO/TRA%20BAJO%20GRADO%20I/bibliografia/17.Lbro%20CEC.pdf</a>	Control estadístico de la calidad	Graficas de control
18	Juan Carlos Herrera Vega; Germán Herrera Vidal; Bruno De Jesús Rahmer	Artículo	2017	<a href="http://ieomsociety.org/bogota2017/papers/228.pdf">http://ieomsociety.org/bogota2017/papers/228.pdf</a>	Control estadístico de procesos para datos correlacionados serial mente. un caso de estudio	Graficas de control
19	Victorino Juárez Rivera ; Ignacio Sánchez Bazán ; Erika Barojas Payán ; Consuelo Yasmín Palafox Merino; Ricardo Rojas Duran	Revista	2015	<a href="http://pag.org.mx/index.php/PAG/article/viewFile/24/270">http://pag.org.mx/index.php/PAG/article/viewFile/24/270</a>	Control estadístico de calidad en la fabricación de sacos de polipropileno. Proyectos de investigación académica	Graficas de Control
20	Jesús Barrera Cobo	Revista	2016	<a href="http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498853952008">http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498853952008</a>	Implementación de una carta de control para corridas cortas en la industria de autopartes	Cartas de control

### ANEXO. 3: CATÁLOGO DE MEZCLAS PARA LA MADERA PLÁSTICA

COMPUESTO	COMPOSICIÓN	CARACTERÍSTICAS
HDPE + TOTORA	70% - 30%	1) Rectangular simple Discontinuo -> Largo: 250mm Ancho: 25mm ± 1% Espesor: 2,5mm ± 4%
	80% - 20%	
	90% - 10%	
	70% - 30%	2) Rectangular simple Largo: 160mm Ancho: 13mm Espesor: 4mm
	80% - 20%	
	90% - 10%	
HDPE + CAÑA DE AZÚCAR	70% - 30%	1) Rectangular simple Discontinuo -> Largo: 250mm Ancho: 25mm ± 1% Espesor: 2,5mm ± 4%
	80% - 20%	
	90% - 10%	
	70% - 30%	2) Rectangular simple Largo: 160mm Ancho: 13mm Espesor: 4mm
	80% - 20%	
	90% - 10%	

Compuesto	Composición	Temperatura
HDPE + totora	70%-30%	1) 70°C 2) 108°C 3) 179°C 4) 228°C 5) 260°C 6) 273°C
	130 gr - HDPE 26,5 gr - totora	
Compuesto	Composición	Temperatura
HDPE + totora	80%-20%	1) 95°C 2) 150°C 3) 209°C 4) 239°C 5) 267°C 6) 279°C
	145 gr - HDPE 11 gr - totora	
Compuesto	Composición	Temperatura
HDPE + totora	90%-10%	1) 99°C 2) 148°C 3) 208°C 4) 223°C 5) 254°C 6) 275°C
	150 gr - HDPE 7,5 gr - totora	

Fuente: (Albán, 2019)

**ANEXO 5: PUNTOS DE CONTROL EN LA PRODUCCIÓN DE MADERA PLÁSTICA**



**ANEXO. 7: EJEMPLOS DE MADERA PLÁSTICA ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.**

ANTES	DESPUÉS
	