



“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA
MEJORA DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE
PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA.**

AUTOR: ESTEFANÍA POZO BENAVIDES

DIRECTOR: 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			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100351373-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	ESTEFANÍA POZO BENAVIDES		
DIRECCIÓN:	Ibarra / calles Rio Quinindé y Rocafuerte		
EMAIL:	epozob@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062 652-641	TELÉFONO MÓVIL:	0997228779

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA MEJORA DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA.
AUTOR (ES):	ESTEFANÍA POZO BENAVIDES
FECHA: DD/MM/AAAA	14/05/ 2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO INDUSTRIAL
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. ANDRÉS CRUZ HERRERA

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 14 días del mes de mayo de 2019

EL AUTOR:



.....
Estefanía Pozo Benavides



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, Estefanía Pozo Benavides con cédula de identidad Nro. 100351373-4, 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 autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA MEJORA DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO INDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor 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, 14 de mayo del 2019

AUTOR:

Estefanía Pozo Benavides

C.C: 1003513734-4



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

DECLARACIÓN

Yo, Estefanía Pozo Benavides, con cédula de identidad Nro. 100351373-4, declaro bajo juramento que el trabajo de grado con el tema **“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA MEJORA DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA”**, corresponde a mi autoría y que 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 mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Ibarra, 14 de mayo del 2019

AUTOR:

Estefanía Pozo Benavides

C.C: 100351373-4



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

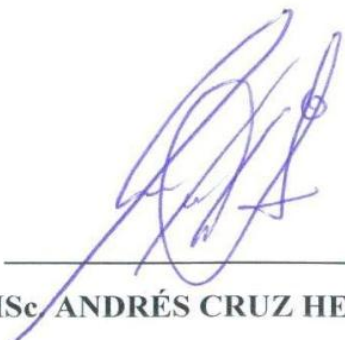
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

MSc. Andrés Cruz Herrera Director de Trabajo de Grado desarrollado por la señorita estudiante **ESTEFANÍA POZO BENAVIDES**.

CERTIFICA

Que, el Proyecto de Trabajo de grado titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA MEJORA DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA”**, ha sido elaborado en su totalidad por la señorita estudiante Estefanía Pozo Benavides, bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniero Industrial. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.

Ibarra, 14 de mayo del 2019



MSc. **ANDRÉS CRUZ HERRERA**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a todas y cada una de las personas que me acompañaron en esta larga trayectoria de mi vida, a todos los que a pesar de las circunstancias creyeron en mí y me dieron la oportunidad de demostrarme a mí misma y a todos los que estaban a mi alrededor de lo que soy capaz.

A todos ustedes quienes aportaron con ese granito de arena para ayudarme a crecer física y mentalmente.

Y en especial a mi familia, aunque no siempre estuvieron conmigo fueron mi mayor motivación para salir adelante y escribir mi propio destino.

Estefanía Lozo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en buenos y malos momentos. Estas palabras son para ustedes:

A la Universidad Técnica del Norte y a todas las autoridades en especial a mi tutor de tesis MSc. Andrés Cruz ya que gracias a su experiencia, conocimiento y motivación no solo me oriento a culminar con éxito esta investigación, sino también a desarrollarme como profesional y cultivar mis valores.

A mis amigos, con quienes compartí dentro y fuera de las aulas, gracias a ustedes porque no solo compartimos conocimiento, con ustedes compartí todas estas divertidas experiencias y mi vida.

A mi madre, por enseñarme que solo con trabajo duro y esfuerzo serás libre.

A mi padre, quien siempre me aconsejo para que siga un camino justo.

A ti David, mi querido y fiel compañero que has sido mi soporte en los momentos más difíciles.

Y finalmente al Eco. Winston Oviedo quien fue un excelente docente y amigo, gracias por los consejos y la confianza que depositó en mí.

Estefanía Lozo

RESUMEN

La presente investigación tiene la finalidad de incrementar la capacidad de producción de madera plástica reciclada a través de la implementación de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar y Controlar) en el Laboratorio de Procesos Físicos de la Universidad Técnica del Norte. En este laboratorio se simuló el proceso de producción de láminas de madera plástica reciclada, teniendo como problemática principal la falta de estrategias que ayuden a mejorar la capacidad de producción y partiendo de esto, se determinaron tres objetivos como metodología del proyecto en base a DMAIC.

El primer objetivo contempla dos fases de la metodología Definir y Medir, en la primera fase se desarrolló el diagnóstico inicial donde se identificó que el usuario tiene tiempos de producción excesivos que genera un bajo volumen de producción por día, luego se realizó el estudio de trabajo donde se obtuvo un resultado de $214,3 \text{ min} \pm 20$ como tiempo de producción actual. En la segunda fase se realizó el cálculo de los índices de capacidad obteniendo como resultado un $C_p = 0,91$, $C_{pk} = 0,46$ y $C_{pm} = 0,56$; combinados estos resultados significan que los tiempos de producción no son adecuados para el trabajo y no cumplen con las especificaciones debido al exceso de variabilidad en el tiempo de producción.

El segundo objetivo contempla las dos fases siguientes de la metodología que son: Analizar e Implementar; en la fase analizar se ejecutó el análisis causa-raíz mismo que establece que el bajo volumen de producción se debe a la falta de: mantenimiento, método de trabajo, capacitación y diseño (construcción de moldes de mayor capacidad); en la siguiente fase se realizó la planificación e implementación de las mejoras.

Para finalizar, el tercer objetivo contempla la última fase y esta es: Controlar; en esta fase se evaluó los resultados después de las mejoras implementadas, donde se obtuvo un

tiempo de producción de 173,4 *min*. Lo cual representa una mejora del 19% con respecto al tiempo de producción y un $Cp = 1,09$, $Cpk = 0,99$ y $Cpm = 1,04$. Estos indicadores significan que los tiempos de producción después de las mejoras son parcialmente adecuados para el trabajo y que la media del proceso ahora se encuentra dentro de la tercera parte central de la banda de las especificaciones.

ABSTRACT

The present investigation has the purpose of increasing the capacity of production of recycled plastic wood through the implementation of the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze and Control) in the Physical Processes Laboratory of the Universidad Técnica del Norte. In this laboratory the process of production of recycled plastic wood sheets was simulated, having as main problem the lack of strategies that help to improve the production capacity and starting from this, three objectives were determined as project methodology based on DMAIC.

The first objective contemplates two phases of the Define and Measure methodology, in the first phase the initial diagnosis is developed where it was identified that the user has excessive production times that generates a low volume of production per day, then the work study is carried out where a result of $14,3 \text{ min } +/ - 20$, as current production time. In the second phase the calculation of the capacity indexes is carried out, obtaining as a result a $Cp = 0,91$, $Cpk = 0,46$ y $Cpm = 0,56$; combined these results mean that the production times are not suitable for the job and do not meet the specifications due to the excess of variability in the production time.

The second objective contemplates the following two phases of the methodology that are: Analyze and Implement; in the analysis phase, the root-cause analysis is carried out, which establishes that the low volume of production is due to the lack of: maintenance, work method, training and design (construction of higher capacity molds); In the next phase, the planning and implementation of the improvements are carried out. Finally, the third objective contemplates the last phase and this is: Control; In this phase the results were evaluated after the improvements implemented, where a production time of $173,4 \text{ min}$. This represents an improvement of 19% with respect to the production time and a $Cp = 1,09$, $Cpk = 0,99$ y $Cpm = 1,04$. These indicators mean

times of production after improvements are partially adequate for the work and that in particular the mean of the process is within the central third band of the specifications.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	IV
DECLARACIÓN	V
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	VI
RESUMEN	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DEL CONTENIDO	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XX
ÍNDICE DE TABLAS	XXII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XXIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XXV
CAPÍTULO I.....	26
1. GENERALIDADES.....	26
1.1 INTRODUCCIÓN	26
1.2 PROBLEMA.....	26
1.3 OBJETIVOS	27
1.3.1 Objetivo general	27

1.3.2	Objetivos específicos.....	27
1.4	JUSTIFICACIÓN	27
1.5	ALCANCE.....	29
CAPÍTULO II.....		30
2.	MARCO TEÓRICO.....	30
2.1	CONTAMINACIÓN	30
2.2	RECICLAJE	30
2.2.1	CICLO DEL RECICLAJE	30
2.3	MADERA PLÁSTICA.....	32
2.3.1	Tipos de madera plástica	33
2.3.1.1	Plastic Lumber.....	33
2.3.1.2	Compuestos de madera plástica (WPC)	33
2.3.2	Madera plástica en el ecuador	34
2.4	FUNDAMENTOS DE SIX SIGMA.....	34
2.4.1	Introducción.....	34
2.4.2	¿Qué es SIGMA?.....	34
2.4.3	¿Qué es SIX SIGMA?	36
2.5	METODOLOGÍA DMAIC.....	36
2.5.1	Define (definir).....	37
2.5.2	Measure (medir)	37
2.5.2.1	Variables de entrada	37
2.5.3	Analyze (analizar)	37
2.5.3.1	Variables de salida.....	38
2.5.4	Improve (mejorar)	38
2.5.5	Control (controlar).....	38

2.6 HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA DMAIC	38
2.6.1 Fase definir	38
2.6.1.1 Despliegue de la voz del cliente	38
2.6.1.2 Diagrama SIPOC	39
2.6.1.3 Diagrama de flujo del proceso.....	39
2.6.1.4 Medición del trabajo.....	40
2.6.1.5 El estándar de los tiempos y sus componentes	40
2.6.1.6 Gráficas de corrida.....	40
2.6.1.7 Diagrama de GANTT	41
2.6.2 Fase medir	42
2.6.2.1 Capacidad de procesos.....	42
2.6.2.2 Medidas de tendencia central	42
2.6.2.3 Media muestral	42
2.6.2.4 Media poblacional o del proceso, μ	42
2.6.2.5 Mediana	42
2.6.2.6 Moda.....	43
2.6.2.7 Medidas de dispersión o variabilidad	43
2.6.2.8 Desviación estándar muestral	43
2.6.2.9 Desviación estándar poblacional o del proceso, σ	43
2.6.2.10 Rango.....	44
2.6.2.11 Índice de capacidad potencial.....	44
2.6.2.12 Interpretación del índice Cp	44
2.6.2.13 Índices C_{pi} , C_{ps} y C_{pk}	45
2.6.2.14 Índice C_{pm} (Índice Taguchi)	46
2.6.3 Fase analizar	47

2.6.3.1	5 W's?.....	47
2.6.3.2	Diagrama causa-efecto o ISHIKAWA	47
2.6.4	Fase mejorar	48
2.6.4.1	Lluvia de ideas.....	48
2.6.5	Fase controlar	48
2.6.5.1	Gráfica de control	48
CAPÍTULO III	49
3.	METODOLOGÍA	49
3.1	ELABORACIÓN DEL PROCESO QUE INTERVIENE EN LA TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS EN PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA.....	49
3.1.1	Fase 1.-Definir el problema.....	49
3.1.2	Fase 2.- Medición de la capacidad del proceso	51
3.2	MEJORA DE CAPACIDAD PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS EN PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA	52
3.2.1	Fase 3.- Análisis de la causa raíz.....	52
3.2.2	Fase 4.- Implementación de las mejoras	53
3.3	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC.	54
3.3.1	Fase 5.- Control de mejoras.....	54
CAPÍTULO IV	55
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55

4.1	ELABORACIÓN DEL PROCESO QUE INTERVIENE EN LA TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS EN PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA.....	55
4.1.1	Fase 1.-Definir el problema.....	55
4.1.1.1	Caracterización del proceso.....	56
4.1.1.2	Determinación del lote de producción y número de operarios.....	57
4.1.1.3	Descripción de las actividades.....	57
4.1.1.3.1	Actividad 1.- Selección polímeros y fibra vegetal.....	59
4.1.1.3.2	Actividad 2.- Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal.....	60
4.1.1.3.3	Actividad 3.- Mezcla de compuestos.....	60
4.1.1.3.4	Actividad 4.- Fundición de los compuestos.....	61
4.1.1.3.5	Actividad 5.- Prensado del material.....	62
4.1.1.4	Descripción de las tareas.....	62
4.1.1.4.1	Actividad 1.- Selección polímeros y fibra vegetal.....	62
4.1.1.4.1.1	Cálculo de tiempo estándar para la actividad 1.....	63
4.1.1.4.2	Actividad 2.- Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal.....	66
4.1.1.4.2.1	Cálculo de tiempo estándar para la actividad 2.....	67
4.1.1.4.3	Actividad 3.- Mezcla de compuestos.....	70
4.1.1.4.3.1	Cálculo de tiempo estándar para la actividad 3.....	71
4.1.1.4.4	Actividad 4.- Fundición de los compuestos.....	72
4.1.1.4.4.1	Cálculo de tiempo estándar para la actividad 4.....	74
4.1.1.4.5	Actividad 5.- Prensado del material.....	75
4.1.1.4.5.1	Cálculo de tiempo estándar para la actividad 5.....	77

4.1.1.5	Tiempo de producción	79
4.1.2	Fase 2.- Medición de la capacidad del proceso	80
4.1.2.1	Índices de capacidad.....	80
4.1.2.2	Capacidad actual del proceso	80
4.1.2.3	Indicadores obtenidos en el análisis del proceso en función de la variable tiempo de producción	85
4.2	MEJORA DE CAPACIDAD PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS EN PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA	85
4.2.1	Fase 3.- Análisis de la causa raíz.....	86
4.2.1.1	5W's y 1H.....	86
4.2.1.2	Diagrama causa-efecto	86
4.2.2	Fase 4.- Implementación de las mejoras	88
4.2.2.1	Planificación de la implementación.....	88
4.2.2.1.1	Descripción de las mejoras implementadas.....	89
4.3	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC.	91
4.3.1	Fase 5.- Control de mejoras.....	91
4.3.1.1	Diagrama de la actividad 1 Selección polímeros y fibra vegetal en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar	91
4.3.1.1.1	Diagrama de la actividad 2 Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar.....	94
4.3.1.1.2	Diagrama de la actividad 3 Mezcla de compuestos en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar	97

4.3.1.1.3 Diagrama de la actividad 4 Fundición de los compuestos en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar	98
4.3.1.1.4 Diagrama de la actividad 5 Prensado del material en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar	99
4.3.1.2 Tiempo de producción (mejorado)	102
4.3.1.3 Índices de capacidad.....	103
4.3.1.3.1 Capacidad del proceso (variable tiempo-mejorada).....	103
4.3.1.4 Graficas de control.....	108
4.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	109
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXOS.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.- Ciclo del reciclaje.....	31
Figura N° 2.- Fases de la metodología DMAIC	36
Figura N° 3.- Representación del tiempo tipo	40
Figura N° 4.- Diagrama de Gantt seguimiento y control de operaciones.....	41
Figura N° 5.- Formato para el diagrama de corrida	50
Figura N° 6.- Formato para la elaboración del diagrama causa-efecto	53
Figura N° 7.- Matriz SIPOC proceso de elaboración de madera plástica	56
Figura N° 8.- Diagrama de flujo del proceso de elaboración de prototipos de madera plástica	58
Figura N° 9.- Cálculo de tiempo estándar para la actividad 1	65
Figura N° 10.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 2.....	69
Figura N° 11.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 3.....	72
Figura N° 12.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 4.....	75
Figura N° 13.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 5.....	78
Figura N° 14.- Secuencia de tiempos estandarizados por actividades del proceso de producción.....	79
Figura N° 15.- Informe de Capacidad del proceso de madera plástica reciclada.....	83
Figura N° 16.- Informe del Capability Sixpack del proceso de madera plástica reciclada	84
Figura N° 17.- Diagrama causa-efecto del proceso de producción de madera plástica.	87
Figura N° 18.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 1 (mejorado).....	93
Figura N° 19.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 2 (mejorado).....	96
Figura N° 20.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 3 (mejorado).....	98
Figura N° 21.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 4 (mejorado).....	99

Figura N° 22.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 5 (mejorado).....	101
Figura N° 23.- Secuencia de tiempos estandarizados por actividades del proceso de elaboración después de las mejoras.	102
Figura N° 24.- Informe de Capacidad del proceso de Madera Plástica (mejorado)....	106
Figura N° 25.- Informe del Capability Sixpack del proceso de Madera plástica (mejorado).....	107
Figura N° 26.- Gráfico X_R del proceso de madera plástica	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.- Tabla de conversión Sigma.....	35
Tabla N° 2.- Valores de C_p y su interpretación.....	45
Tabla N° 3.- Matriz VOC del proceso de producción de madera plástica reciclada	55
Tabla N° 4.- Número de operarios en el proceso	57
Tabla N° 5.- Especificación de pesos para la composición de la mezcla	61
Tabla N° 6.- Factor de Valoración para la actividad 1	62
Tabla N° 7.- Cálculo de Suplementos para la actividad 1	63
Tabla N° 8.- Cálculo del número de observaciones para actividad 1	64
Tabla N° 9.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 2.....	66
Tabla N° 10.- Cálculo de suplementos para la actividad 2.....	67
Tabla N° 11.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 2.....	68
Tabla N° 12.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 3.....	70
Tabla N° 13.- Cálculo de suplementos para la actividad 3.....	71
Tabla N° 14.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 3.....	71
Tabla N° 15.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 4.....	73
Tabla N° 16.- Cálculo de suplementos para la actividad 4.....	73
Tabla N° 17.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 4.....	74
Tabla N° 18.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 5.....	76
Tabla N° 19.- Cálculo de suplementos para la actividad 5.....	76
Tabla N° 20.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 5.....	77
Tabla N° 21.- Índices de Capacidad de producción (Corto plazo)	80
Tabla N° 22.- Indicadores de capacidad del proceso de producción de madera plástica reciclada	85

Tabla N° 23.- Desarrollo de 5 W y 1 H en el proceso de producción de madera plástica reciclada	86
Tabla N° 24.- Causas raíces vs. planes de acción del proceso de madera plástica reciclada.	88
Tabla N° 25.- Matriz de planificación para la implementación de mejoras.	88
Tabla N° 26.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 1 (mejorado).....	92
Tabla N° 27.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 1(mejorado)	92
Tabla N° 28.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 2 (mejorado).....	94
Tabla N° 29.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 2 (mejorado) ...	95
Tabla N° 30.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 3 (mejorado) ...	97
Tabla N° 31.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 5 (mejorado).....	100
Tabla N° 32.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 5 (mejorado) .	100
Tabla N° 33.- Índices de Capacidad de producción (Corto plazo mejorado).....	103
Tabla N° 34.- Producción antes y después de las mejoras	109
Tabla N° 35.- Resumen total de indicadores del antes y después de las mejoras	110

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1.- Implementación de EPPs	89
Fotografía N° 2.- Mantenimiento de la máquina trituradora.....	89
Fotografía N° 3.- Cambio de moldes en el proceso	90
Fotografía N° 4.- Molde desmontable.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1.- Ficha para la actividad 1 Selección de materia prima.....	117
Anexo N° 2.- Ficha para la actividad 2 Triturado	117
Anexo N° 3.- Ficha para la actividad 3 Moldeado	118
Anexo N° 4.- Ficha para la actividad 4 Moldeado.....	118
Anexo N° 5.- Ficha para la actividad 5 Compactado.....	118
Anexo N° 6.- Método Westinghouse para el cálculo del Factor de Valoración.	119
Anexo N° 7.- Sistema de suplementos por descanso de tiempos normales	119
Anexo N° 8.- Ábaco de Lifson.....	121
Anexo N° 9.- Índices Cp, Cpi y Cps en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.....	122
Anexo N° 10.- Diagrama de Gantt actividad 1 Selección de materia prima.....	123
Anexo N° 11.- Diagrama de Gantt actividad 2 Triturado.	124
Anexo N° 12.- Diagrama de Gantt actividad 3 Mezcla.....	125
Anexo N° 13.- Diagrama de Gantt actividad 4 Moldeado.	125
Anexo N° 14.- Diagrama de Gantt actividad 5 Compactado.	126
Anexo N° 15.- Planos de los moldes implementados	127
Anexo N° 16.- Diagrama de Gantt para la actividad 3,4 y 5 (mejorado).....	129

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación nace con la finalidad de mejorar la capacidad de producción del proceso de elaboración de prototipos de madera plástica, mismo que se desarrolla en el Laboratorio de Simulación de Procesos Físicos de la Universidad Técnica del Norte a través de la implementación de la metodología DMAIC.

1.2 PROBLEMA

Actualmente la revolución tecnológica industrial y la sociedad han dado lugar a la mayor producción de residuos en la historia. Se estima que a nivel mundial se generan 1 billón de toneladas de desechos por año, siendo los Estados Unidos el país que más desechos genera, junto con Rusia y España con un aproximado de 120 millones de toneladas (Borrás, 2017).

En el Ecuador se genera 4,1 millones de toneladas al año de residuos sólidos aproximadamente, de los cuales el 25% es potencialmente reciclable (Ministerio del Ambiente, 2015). El área urbana se caracteriza por un 58% de residuos orgánicos y 42% de residuos inorgánicos. De este último, uno los residuos sólidos potencialmente reciclable es el plástico con un 10,7% (INEC, 2017). Estos residuos han provocado el desarrollo de nuevas industrias que mitigan el impacto ambiental y generan nuevos productos. Dentro de los cuales la madera plástica reciclada proporciona una gama de oportunidades y posibilidades. Porque sus propiedades físicas y mecánicas ofrecen numerosas ventajas frente a las condiciones climáticas, mantenimiento y ataque de plagas (Moya, Poblete, & Valenzuela, 2012).

Las empresas productoras de madera plástica en el Ecuador se encuentran ubicadas en las principales ciudades, Quito, Guayaquil y Cuenca. Estas, por lo general producen: pisos, pallets, cerramientos entre otros. Sin embargo, se ha identificado que no cuentan con estrategias que mejoren la capacidad de producción. Por lo cual, en el laboratorio de simulación de producción de prototipos de madera plástica de la Universidad Técnica del Norte. Se simuló las condiciones actuales de las empresas con el fin de mejorar la capacidad de producción mediante la metodología Six Sigma DMAIC.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Mejorar la capacidad de producción en la elaboración de prototipos de madera plástica reciclada a través de la implementación de la metodología DMAIC.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar el proceso que interviene en la transformación de polímeros reciclados en prototipos de madera plástica.
- Mejorar la capacidad del proceso de transformación de polímeros reciclados en prototipos de madera plástica.
- Analizar y evaluar los resultados obtenidos luego de la implementación de la metodología DMAIC a través del método deductivo.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La elaboración de prototipos de madera plástica reciclada es un gran aporte investigativo, social, tecnológico, económico y ecológico para la Universidad Técnica del Norte y la sociedad en general, como estudiante es de gran importancia poder aportar con la implementación de estrategias de mejora que ayuden a identificar y

corregir todas las posibles de fallas o pérdidas dentro del proceso, y en consecuencia obtener una mayor capacidad de producción.

Según el estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) junto con la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), se logró caracterizar los residuos sólidos producidos en el área urbana teniendo como resultado un 58% de residuos orgánicos y un 42% de residuos inorgánicos de los cuales 10,7% es plástico (INEC, 2017). El aporte ecológico que conlleva la elaboración de prototipos de madera plástica reciclada tendrá un gran efecto con la disminución de impactos ambientales generados por la producción de desechos plásticos y la deforestación.

Además, este proyecto está sustentado por el “Plan Nacional Toda una Vida” el mismo que en el objetivo 3 determina:

El desarrollo sostenible para alcanzar el Buen Vivir implica reestructurar nuestra economía mediante la disminución de la dependencia de actividades extractivas, y la orientación de su transición hacia una economía basada en el bioconocimiento, la cual posicione a la biodiversidad como una fuente de conocimiento y saber (INEC, 2017).

En base a este contexto podemos decir que los planes por parte del gobierno son impulsar al cambio productivo industrial dando prioridad a la preservación y restauración del ambiente.

Se menciona además en el objetivo 3; con la finalidad de reducir el cambio climático:

Desarrollaremos una política ambiental urbana, basada en el fortalecimiento de las capacidades de los gobiernos locales y organizaciones sociales, que implemente sistemas de prevención y control de la contaminación ambiental, como el impulso a programas de manejo integral de los desechos sólidos, descontaminación de ríos y

esteros, reciclaje de aguas municipales para usos de producción agrícola y, en general, sistemas de reciclaje que promuevan la economía comunitaria, así como medidas de bioseguridad orientadas a preservar la integridad biológica; con ello se minimiza los potenciales efectos negativos o los riesgos que la biotecnología eventualmente pudiera representar sobre el medio ambiente o la salud de las personas (INEC, 2017).

Por lo cual el presente proyecto de titulación aporta a este objetivo, ya que incentiva el reciclaje, reusando desechos y dando paso a la creación de nuevos productos que a su vez impulsen nuevas fuentes de empleo y eviten la deforestación ambiental.

1.5 ALCANCE

Mejorar la capacidad de producción mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la transformación de polímeros reciclados y solventar las oportunidades de mejora que se presenten en el estatus inicial. Todo esto en la elaboración de prototipos de madera plástica reciclada misma que se desarrolla en laboratorio de procesos físicos de la Universidad Técnica del Norte.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presenta el fundamento teórico para el desarrollo de la presente investigación:

2.1 CONTAMINACIÓN

Se define como contaminación a un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, agua o suelo que pueden afectar de manera adversa a la salud, a la supervivencia o a las distintas actividades de los humanos o de otros organismos vivos (Heinke, 1999, pág. 2).

2.2 RECICLAJE

Se define reciclaje a la operación de separar y clasificar residuos sólidos para reutilizarlos. Este término es usado cuando los residuos sólidos clasificados sufren una transformación para darles un nuevo uso (NTE INEN 2841, 2014, pág. 2).

Actualmente obtener materias primas derivadas de un producto final ya utilizado representa una fuente importante de renovación para muchos productos. Reciclar es un proceso que depende de tres factores principales:

- El valor del material como residuo.
- El costo del proceso de reciclaje.
- La aplicabilidad de la materia prima obtenida. (Livia, 2015)

2.2.1 CICLO DEL RECICLAJE

El reciclaje de plástico, a excepción del PET resulta demasiado complejo y costoso. La dificultad en esta actividad reside en una de sus características principales y es: la diversidad. Polietileno de alta densidad (PEAD), Polietileno de baja densidad (PEBD),

Polipropileno (PP), Policloruro de vinilo (PVC), Poliestireno (PS), Polibutileno (PB)... son algunas de las variedades reciclables existentes en el mercado y pueden proceder de rechazo industrial, post consumo y agrícola (Albán, 2019, pág. 15).

Los actores relacionados en el sistema del reciclaje son:

- Consumidor final.
- Reciclador primario.
- Centro de acopio.
- Reciclador final.
- Industria.

En la Figura N°1 se presenta el ciclo del reciclaje y a continuación se define cada uno de sus componentes.

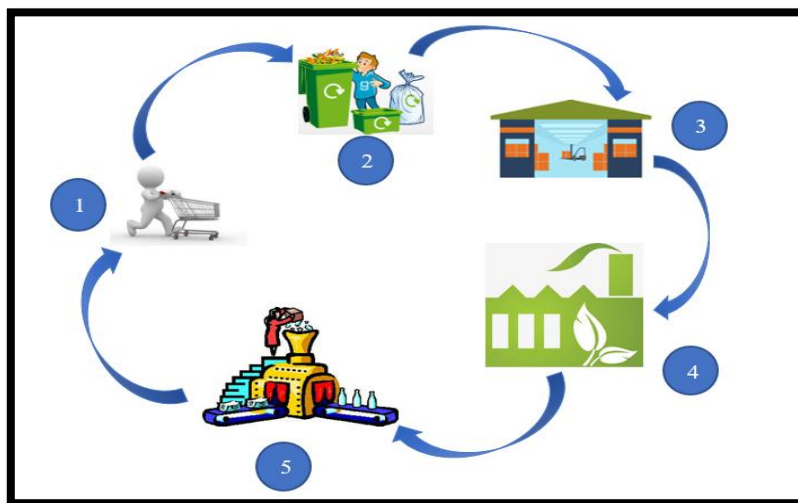


Figura N° 1.- Ciclo del reciclaje
Fuente: (Cruz, 2016, pág. 3)
Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Figura N°1 se puede observar la relación que existe entre los actores del ciclo del reciclaje y a continuación se definen:

- El consumidor final se encuentra representado con el número uno en la figura, debido a que es él quien genera residuos después de aprovechar un objeto y estos residuos son desechados ordinariamente en la basura.
- El reciclador primario se encuentra representado con el número dos en la figura, estos individuos se encargan de la recolección de materiales desechados entre estos se encuentran: papel, cartón, Polietileno, chatarra, entre otros, en hogares, escuelas, centros de diversión y más.
- Los centros de acopio poseen numeración tres en la figura, estas son bodegas que adquieren el material al reciclador primario, para ser transformado en materia prima por medio de la clasificación y compactado de materiales reciclados.
- El reciclador final es quien posee la numeración cuatro de la figura, y son todas las industrias que por medios mecánicos y químicos transforman las materias primas reciclables provenientes de los distintos centros de acopio. Las materias primas recicladas se convierten en nuevas materias primas o degradadas, mismas que son utilizadas para la elaboración de nuevos bienes de consumo.
- Para finalizar la industria es quien posee el número cinco en la figura, esta es quien relaciona a las fábricas y empresas. Ya que adquieren las materias primas al reciclador final para producir nuevos envases, electrodomésticos, telas y un sin número de bienes, que por medio del reciclaje no necesitan importar o generar nuevas extracciones en la naturaleza. (Cruz, 2016)

2.3 MADERA PLÁSTICA

La madera plástica es un producto elaborado 100% de compuestos plásticos, su nombre puede ser confuso debido a que no se trata de madera vegetal. Sin embargo, se lo proporciona debido a la similitud en las características de resistencia, maleabilidad y apariencia son idénticas a la madera vegetal. La madera plástica es un producto nuevo y

novedoso que tiene como objetivo principal evitar el uso de madera vegetal y de esta manera contribuir con la preservación del medio ambiente, evitando la tala de árboles y quitando de la tierra desperdicios (Cabrera, 2012, pág. 13).

Otra de sus principales ventajas es la durabilidad, la madera plástica; no es corrosiva, no es inflamable; tienen una alta resistencia a los rayos ultravioleta, a la humedad, a las diferentes temperaturas ambiente y a otras condiciones climáticas y como buen aglomerado se lo manipula como a la madera: con serrucho, martillo, clavos, taladro, etc. Además, cuando este producto cumple su ciclo de vida útil puede volver a ser reciclado y formar parte de un nuevo producto (Guzmán, 2018).

2.3.1 Tipos de madera plástica

2.3.1.1 Plastic Lumber

Este producto está constituido únicamente por plástico, sea proveniente de reciclaje o virgen; pudiendo ser solo material polimérico, o la mezcla de algunos materiales. De preferencia se utilizan materiales termoplásticos y se suele adicionar estabilizantes UV, lubricantes, agentes espumantes que facilitan la mezcla, mejoran las propiedades, permiten proteger al polímero y facilitan el moldeo, obteniendo piezas que llegan a parecer madera natural (Salme, 2015, pág. 2).

2.3.1.2 Compuestos de madera plástica (WPC)

Los compuestos de madera plástica o WPC (Word Plastic Composite) son materiales que están conformados por tres componentes principales: la matriz polimérica, partículas de refuerzo a base de celulosa y aditivos químicos. Estos componentes son mezclados a altas temperaturas, luego por medio de técnicas de exclusión, moldeo por inyección o calandrado, son utilizadas para conformar los productos finales (Albán, 2019).

2.3.2 Madera plástica en el Ecuador

En Ecuador existen tres grandes industrias dedicadas a la producción de madera plástica. Estas empresas producen varios elementos de construcción, desde inmobiliarios hasta proyectos de construcción y urbanismo, para los cuales en los últimos 4 años han logrado procesar un promedio de 120 toneladas de plástico reciclado, mismos que han sido utilizados en diversos sectores económicos como la acuicultura, agricultura y obras públicas como, por ejemplo: fabricar cercas, pisos, pallets o estibas, vallas, bancos de parque, materas, casas para mascotas y muebles (ASEPLAS, 2018).

2.4 FUNDAMENTOS DE SIX SIGMA.

2.4.1 Introducción.

Motorola fue la primera compañía en introducir la estrategia Six Sigma en sus procesos en el año de 1986, esta compañía buscaba reducir los defectos en sus productos electrónicos. Frente a esta situación, y partiendo de un trabajo elaborado por su directivo Mikel Harry, se puso en marcha un estudio del nivel de trabajo o reprocesos realizados durante la línea de producción. Como resultado de los distintos controles que manifestaron características que sobrepasaron los límites de tolerancia determinados. Por todo esto Motorola se orientó hacia la mejora de los procesos eliminando las causas que provocaban los defectos (Ponsa, 2015).

2.4.2 ¿Qué es SIGMA?

Sigma (σ) es la letra griega utilizada en estadística para expresar la desviación estándar de un proceso, que permite cuantificar la dispersión de los datos de una variable. El nivel de sigma indica que tan bien está la variación del proceso respecto a las especificaciones o requerimientos de los clientes, el nivel Seis Sigma indica 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO)(Gusmán, 2015).

A continuación, se presenta en la Tabla N°1 la conversión Sigma:

Tabla N° 1.- Tabla de conversión Sigma

RENDIMIENTO (%)	DPMO	SIGMA
6,68	933200	0
10,56	894400	0,25
15,87	841300	0,5
22,66	773400	0,75
30,85	691500	1
40,13	598700	1.25
50	500000	1,5
59,87	401300	1,75
69,15	308500	2
77,34	226600	2,25
84,13	158700	2,5
89,44	105600	2,75
93,32	66800	3
95,99	40100	3,25
97,73	22700	3,5
98,78	12200	3,75
99,38	6200	4
99,7	3000	4,25
99,87	1300	4,5
99,94	600	4,75
99,977	230	5
99,987	130	5,25
99,997	30	5,5
99,99833	16,7	5,75
99,99966	3,4	6

Fuente: (Carvanagh R, 2014, pág. 169)

Elaborado por: Estefanía Pozo

2.4.3 ¿Qué es SIX SIGMA?

Se la puede definir a Six Sigma como una estrategia que se enfoca en la mejora continua de las organizaciones, busca optimizar el desempeño de los procesos y reducir su variación. Podemos determinar a Six Sigma como un enfoque de gestión que mide y mejora la calidad, y para obtener este resultado se requiere eliminar las causas de error, defectos o retrasos en los procesos. Esta metodología es altamente sistemática y cuantitativa y se aplica a través de cinco fases o etapas abreviadas como metodología DMAIC (Ponsa, 2015).

2.5 METODOLOGÍA DMAIC

La metodología DMAIC es una serie de pasos que buscan establecer la fuente o el origen de la variación en un proceso (Gupta, Jain, Meena, & Dangayach, 2018). Y a continuación en la Figura N°2 se presentan las fases DMAIC.

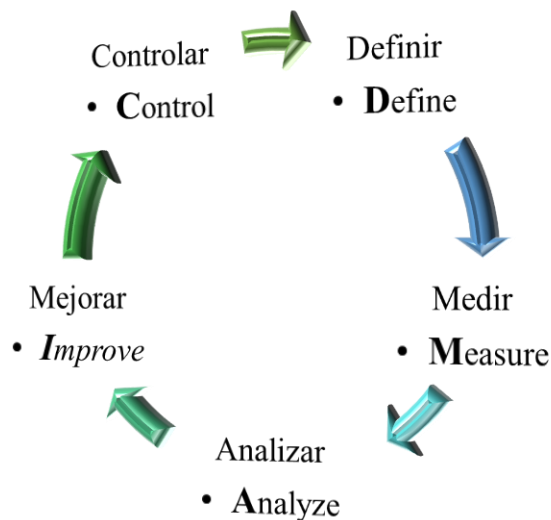


Figura N° 2.- Fases de la metodología DMAIC

Fuente: (Gusmán, 2015, págs. 1,2)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

2.5.1 Define (definir)

El primer paso para realizar la implementación de esta metodología consiste en abordar la determinación de los procesos, es decir reunir información sobre los requerimientos y necesidades de sus clientes, con la finalidad de identificar posibles oportunidades de mejora.

Para definir apropiadamente el problema deben responderse preguntas tales como: ¿Por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora? ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto? ¿Cómo sabrá que ya terminó el proyecto (criterio de finalización)? ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente? (Ocampo y Pavón, 2013, pág. 2).

2.5.2 Measure (medir)

En esta fase se debe identificar y validar las métricas que determinarán el desempeño actual del proceso. Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto. Que el cliente percibe como clave, y que parámetros (variables de entrada) son los que afectan este. (Gijo, Scaria, & Jiju, 2011).

2.5.2.1 Variables de entrada

Son aquellas variables que definen las características de los insumos y variables de operación y control en el proceso productivo (Gutiérrez y Salazar, 2013).

2.5.3 Analyze (analizar)

El propósito de esta fase es analizar los datos obtenidos con anterioridad y determinar las variables significativas o de salida. Además, se identifica las causas raíz de los defectos. Para tal efecto se seleccionan y aplican herramientas de análisis a los

datos recolectados en la etapa de Medir. Para estructurar un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso (Rana & Kaushik, 2018).

2.5.3.1 Variables de salida

Gutiérrez y Salazar (2013) afirman que “las variables de salida son aquellas características de calidad en las que se reflejan los resultados obtenidos por un proceso” (pág. 4).

2.5.4 Improve (mejorar)

Ponsa (2015) afirma “si en la fase analizar se determinó que un proceso no es capaz, se tendrá que optimizar para reducir su variación” (pág. 18). Para cumplir con este objetivo se procede a desarrollar y cuantificar las soluciones potenciales, mismas que nos llevarán a mejorar y optimizar el proceso, para luego evaluar y verificar la solución final.

2.5.5 Control (controlar)

En esta fase el proyecto busca incorporar y estandarizar los cambios realizados con anterioridad. En otras palabras, una vez encontrada la solución para mejorar el desempeño del sistema, es necesario asegurar que la solución se mantenga sobre un periodo de tiempo (Saeid, Seyed, & Jafri, 2018).

2.6 HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA DMAIC

2.6.1 Fase definir

2.6.1.1 Despliegue de la voz del cliente

Esta herramienta se encuentra relacionada con el despliegue de la calidad (QFD) ya que las dos buscan satisfacer las demandas del cliente. Además, esta herramienta se basa en técnicas de investigación cualitativa ya que su objetivo no es identificar un

conjunto completo de mejoras, sino identificar un completo rango de atributos que indica la satisfacción del cliente (Mazur, 2014).

2.6.1.2 Diagrama SIPOC

Se denomina diagrama SIPOC por sus siglas en inglés Supplier (Proveedor) – Inputs (Recursos) – Process (Proceso) - Outputs (Salidas) – Customer (Cliente), es una herramienta que permite visualizar los procesos de manera sencilla a través de la representación gráfica de un proceso de gestión (Bermudez y Millán, 2013) .

- **Proveedor “S”:** Son organizaciones o personas que proporcionan las entradas al proceso, estas entradas pueden ser: información, materiales y los diferentes recursos necesarios para la realización del proceso.
- **Recursos “I”:** Es la información, materiales y los diferentes recursos que son proporcionados por los proveedores.
- **Proceso “P”:** Es una secuencia de actividades que interactúan entre sí, para añadir valor a las entradas y generar las salidas del proceso.
- **Salidas “O”:** Es el servicio, producto, información o documentación resultante del proceso, mismo que será entregado al cliente.
- **Cliente “C”:** Organización o persona que hace uso de la salida del proceso.

2.6.1.3 Diagrama de flujo del proceso.

La elaboración de un diagrama de flujo del proceso es necesario para registrar las actividades que no generan valor en la actividad, por ejemplo: almacenamiento temporal, reprocesos, distancias recorridas, cuellos de botella y reprocesos (Gusmán, 2015).

2.6.1.4 Medición del trabajo

Medición del trabajo es un método de investigación que se basa en diversas técnicas que ayudan a determinar el contenido de una tarea definida, fijando el tiempo que un trabajador invierte en realizarla (Estudio del Trabajo, 2007, pág. 178).

2.6.1.5 El estándar de los tiempos y sus componentes

Según Criollo (2007) el objetivo final de la medición del trabajo es “obtener el tiempo tipo estándar de la operación o proceso objeto de estudio” (Criollo, 2007) y en la Figura N°3 se observa la representación del tiempo tipo donde se especifican los parámetros que se deben cumplir.

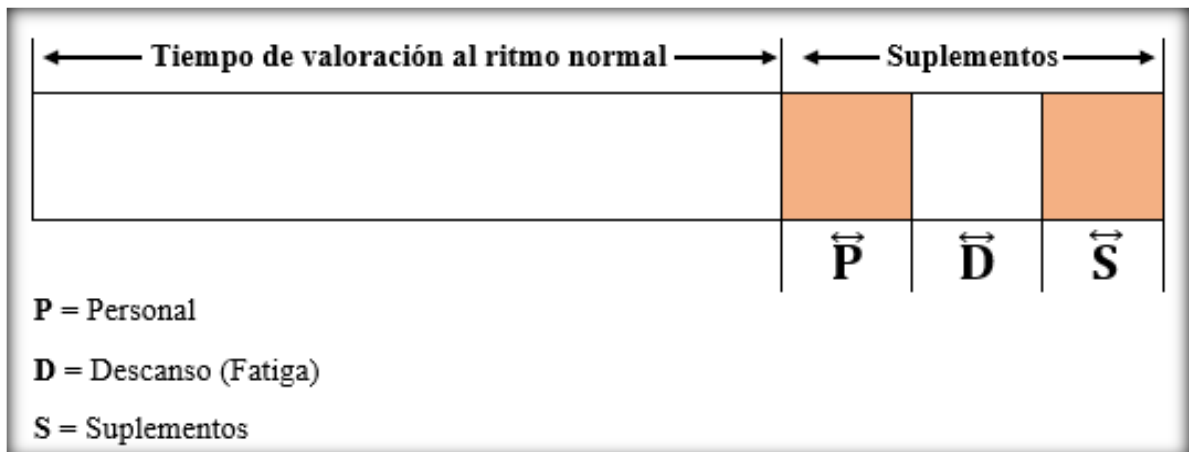


Figura N° 3.- Representación del tiempo tipo
Fuente: (Estudio del Trabajo, 2007, pág. 184)
Elaborado por: Estefanía Pozo.

2.6.1.6 Gráficas de corrida

“Las gráficas de corridas representan tendencias de los datos con el paso del tiempo y así contribuyen a entender la magnitud de un problema en la etapa definición. Por lo común grafican la mediana de un proceso” (Chase & Jacobs, 2014, pág. 289).

2.6.1.7 Diagrama de GANTT

Los diagramas de Gantt son sistemas gráficos que se ejecuta en dos dimensiones; en el eje de las abscisas se coloca el tiempo y en el eje de las ordenadas se colocan las actividades a desarrollar. Este diagrama se utiliza para mostrar la secuencia de ejecución de las operaciones de todo un paquete de trabajo y posee la característica de que se le puede dar uso como herramienta de planificación, así como una herramienta de seguimiento y control. En la Figura N°4 se presenta la estructura de un diagrama de Gantt de seguimiento y control de operaciones (Pastor, 2011, pág. 10).

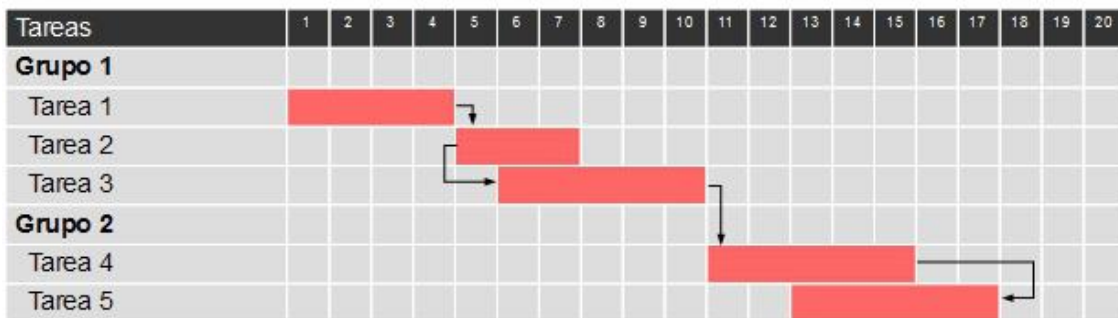


Figura N° 4.- Diagrama de Gantt seguimiento y control de operaciones

Fuente: (Pastor, 2011)

Los diagramas de Gantt pueden ser utilizados de manera apropiada en planificación de proyectos. Debido a que se puede realizar una lista previa de actividades a considerar, calcular los tiempos de ejecución, los tiempos de secuencia y los tiempos totales hasta su puesta en marcha. Todas las actividades se plantean en un calendario o cronograma de ejecución usando los diagramas de barras. Obteniendo un panorama de los posibles resultados que se obtendrían en un proyecto (Pastor, 2011, pág. 11).

2.6.2 Fase medir

2.6.2.1 Capacidad de procesos

Para realizar un estudio de capacidad es necesario tomar datos del proceso durante un periodo de tiempo considerable, ya que los datos deben reflejar el desempeño real del proceso (Chase & Jacobs, 2014).

2.6.2.2 Medidas de tendencia central

El primer aspecto por investigar en los datos de un proceso es la tendencia central, es decir, se identifica el valor en el que los datos comienzan a aglomerarse o concentrarse, con la finalidad de conocer si el proceso está centrado; es decir si la tendencia central de la variable de salida es igual o está muy próxima a un valor nominal deseado. A continuación, se muestran tres medidas de tendencia central: la media, la mediana y la moda (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 19).

2.6.2.3 Media muestral

La media muestral se calcula sumando todos los datos y el resultado de la suma se divide para el número de datos. (Gutiérrez y Salazar, 2013)

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Ecuación (1)}$$

2.6.2.4 Media poblacional o del proceso, μ

La media poblacional es aquella que se calcula a partir de todos los elementos de una población (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 20).

2.6.2.5 Mediana

La mediana \tilde{X} , es igual al valor que divide a la mitad los datos cuando son ordenados de manera ascendente. Para calcular la mediana cuando el número de datos es impar, se

ordenan de manera creciente y el que quede en el centro será la mediana. Sin embargo, cuando la mediana es par, se calcula sumando y dividiendo las dos cantidades que se encuentren en el centro del ordenamiento (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 20).

2.6.2.6 Moda

La moda es una medida de tendencia central y es la cantidad con mayor repetición en un conjunto de datos (Gutiérrez y Salazar, 2013).

2.6.2.7 Medidas de dispersión o variabilidad

Una vez realizado el análisis de tendencia central de un conjunto de datos es necesario saber que tan diferentes son estos datos entre sí, es decir, se debe determinar su variabilidad y dispersión, ya que esto es un elemento vital para el estudio de capacidad de un proceso (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 22).

2.6.2.8 Desviación estándar muestral

“La desviación estándar muestral es la medida que indica que tan esparcidos están los datos con respecto a la media; y se denota con la letra griega S y se calcula mediante la siguiente expresión.” (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 21)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}{n-1}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

2.6.2.9 Desviación estándar poblacional o del proceso, σ

Cuando se utilizan todos los datos de una población o proceso para realizar el cálculo de desviación estándar, entonces se obtiene la desviación estándar poblacional y se denota con la letra griega sigma (σ) (Gutiérrez y Salazar, 2013).

2.6.2.10 Rango

El rango mide la amplitud de la variación de un grupo de datos, y se calcula a través de la resta entre el dato mayor y el dato menor del conjunto (Gutiérrez y Salazar, 2013).

2.6.2.11 Índice de capacidad potencial

El indicador de capacidad potencial de un proceso, C_p , resulta de dividir el ancho variación tolerada, entre la amplitud de la variación natural de un proceso, es decir compara el ancho de especificaciones toleradas en el proceso con la amplitud de la variación real de este, y se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES-EI}{6\sigma} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

ES: Especificación Superior.

EI: Especificación Inferior.

σ : es la representación estándar de un proceso (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 99).

Además, Gutiérrez y Salazar (2013) mencionan que “el índice C_p compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación de este.” (pág. 99).

$$C_p = \frac{\text{Variación Tolerada}}{\text{Variación Real}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

2.6.2.12 Interpretación del índice C_p

Para determinar si un proceso es potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones, es necesario que la variación real siempre sea menor que la tolerada. Si el índice C_p es mayor que uno, evidencia de que el proceso cumple con las especificaciones, y si el proceso es menor que uno se interpreta como un proceso que no cumple con las especificaciones (Rana & Kaushik, 2017).

Hay una definición del índice **Cp** que es independiente de la distribución característica de calidad: y es el reporte técnico de ISO 12783 mismo que define al **Cp** de la siguiente manera : $\frac{ES-EI}{P_{0.99865}-P_{0.00135}}$ donde $P_{0.99865}$ es el percentil 99.865 de la distribución característica de calidad y $P_{0.00135}$ es el percentil 0,135. De esta manera, cualquiera que sea la distribución se encontrará el 99.73% de los valores de la característica de calidad y a continuación en la Tabla N°2 se presentan los valores de **Cp** y su interpretación (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 99).

Tabla N° 2.- Valores de Cp y su interpretación

Valor del índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Six sigma
$Cp > 1.33$	1	Adecuado
$1 < Cp < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere un control estricto
$0.67 < Cp < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$Cp < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones.

Fuente: (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 99)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

2.6.2.13 Índices Cpi, Cps y Cpk

Como se mencionó anteriormente el índice **Cp** es un indicador que no considera el centrado del proceso, y esto se debe a que la fórmula para calcularlo no incluye de ninguna manera la media del proceso μ . Una forma de corregir esto es evaluar individualmente el cumplimiento de las especificaciones inferior y superior, esto se realiza a través del índice de capacidad por la especificación inferior **Cpi** y el índice de capacidad por la especificación superior **Cps** y para calcularlos se presentan las siguientes fórmulas:

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \text{ Ecuación (5)}$$

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma} \text{ Ecuación (6)}$$

Estos índices si consideran el índice μ y los resultados representan la variación tolerada para el proceso de cada lado de la media. Por otra parte, el índice de capacidad real (**Cpk**) es igual al menor entre **Cpi** y **Cps** lo que significa que considera que es una versión corregida del **Cp** ya que este indicador si toma en cuenta el centrado del proceso (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 101).

$$C_{pk} = \text{Minimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right] \text{ Ecuación (7)}$$

2.6.2.14 Índice Cpm (Índice Taguchi)

Los índices **Cp** y **Cpk** están pensados a partir del objetivo que es disminuir la variabilidad de un proceso para cumplir con las especificaciones. Sin embargo, Taguchi, considera que la reducción de la variabilidad debe darse en torno al valor nominal N, y no solo para cumplir con las especificaciones. Por lo cual el índice **Cpm** se define por la siguiente fórmula:

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau} \text{ Ecuación (8)}$$

Donde τ (tau) está dada por:

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2} \text{ Ecuación (9)}$$

Interpretación:

- **Cpm** < 1 significa que el proceso no cumple con las especificaciones ya sea por centrado o por exceso de variabilidad.

- ***Cpm* > 1** significa que el proceso cumple con las especificaciones, y en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte central de la banda de las especificaciones.
- ***Cpm* > 1,33** significa que el proceso cumple con sus especificaciones, pero además la media del proceso está en la quinta parte central de del rango de especificaciones (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 103 y 104).

2.6.3 Fase analizar

2.6.3.1 5 W's?

Es una herramienta de análisis que apoya la identificación de los factores y condiciones que provocan problemas en los procesos de trabajo o la vida cotidiana, donde se requiere que se cuestione “por qué” por lo menos cinco veces de manera específica, para así poder determinar la causa principal del problema (Besterfield, 2009, pág. 494).

2.6.3.2 Diagrama causa-efecto o ISHIKAWA

La variación de una característica en un proceso u operación es un efecto o consecuencia de múltiples causas, y como su nombre lo dice, el diagrama causa-efecto por medio de un exhaustivo análisis y una investigación completa, nos permite identificar las posibles causas de los problemas (Matute, 2017).

Con el uso de esta herramienta se analizan las 6M:

- Mano de obra.
- Método de trabajo.
- Materia prima.
- Maquinaria.

- Medición.
- Medio ambiente.

Se realiza el estudio de estos factores ya que son quienes influyen directa e indirectamente en la variación del proceso.

2.6.4 Fase mejorar

2.6.4.1 Lluvia de ideas

También conocida como tormenta de ideas, es una herramienta creativa que estimula a los miembros de un grupo a desarrollar el ingenio. Esto se logra mediante la aportación de ideas sobre un determinado tema o problema, todo esto con la finalidad de generar mayor número de ideas y si es posible contribuir con la mejora de propuestas ya que, en base a lo expuesto, permite reflexionar y dialogar en términos de igualdad (Cruz, 2016).

2.6.5 Fase controlar

2.6.5.1 Gráfica de control

Es una herramienta gráfica que tiene como función visualizar indicadores de un proceso o determinada característica de calidad que se encuentra en condición estable (Gutiérrez y Salazar, 2013).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

Para desarrollo de la presente investigación se ha considerado las condiciones actuales del proceso de producción y estas son: falta de un proceso formalmente estructurado, falta de especificación del producto y falta de cálculo del tiempo de producción. Con lo cual se definió la siguiente metodología:

3.1 ELABORACIÓN DEL PROCESO QUE INTERVIENE EN LA TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS EN PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA.

En la primera etapa del presente estudio se desarrollan dos fases de la metodología DMAIC y estas son:

3.1.1 Fase 1.-Definir el problema

Para ejecutar la primera fase de la metodología se aplicará la herramienta voz del cliente (VOC) a los destinatarios del producto final, para esto, será necesario realizar entrevistas a los involucrados y así poder dar respuestas a las siguientes interrogantes: ¿Quién es el cliente?, ¿Qué es lo que hace el cliente?, ¿Qué es lo que dice el cliente?, ¿Qué es lo que el cliente necesita?, y ¿Cuáles son las acciones críticas que el cliente requiere?, al finalizar, se construirá una matriz VOC con la información obtenida para identificar el problema.

Luego se realizará la caracterización del proceso mediante la matriz SIPOC con el grupo de trabajo que integran: operarios, líderes de producción y responsable de áreas, donde se identificarán: actividades, entradas y salidas del proceso. Con lo cual se diagnosticará el número de operarios y lote de producción del proceso de madera plástica reciclada. Luego se realizará el levantamiento de información a través del

método de observación y para esto se ejecutarán corridas de producción, mismas que serán grabadas y registradas en los formatos presentados en los Anexos N°1, 2, 3, 4 y 5. La información obtenida será analizada y servirá como insumo para la elaboración del diagrama de flujo y de las gráficas de corrida donde se desarrollará el estudio de tiempo estándar en las distintas operaciones del proceso y a continuación en Figura N°5 se presenta el formato para el diagrama de corrida.

Símbolo	Tipo de Actividad	Sigla		Significado							
○	Operación	FV	To	S	TS	Factor de Valoración					
→	Transporte										
⏸	Demora	S		Tiempo Observado							
□	Inspección										
▽	Almacenamiento	TS		Suplementos							
Actividad	N° Lote	SIMBOLO					Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS
Tarea	Pasos	○	→	⏸	□	▽					

Figura N° 5.- Formato para el diagrama de corrida

Fuente: (Criollo, 2007, pág. 202)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

El cálculo de tiempo estándar será realizado a través de la siguiente fórmula:

$$Ts = FV * To * (1 + S) \text{ Ecuación (10)}$$

Donde:

Ts = Tiempo estándar.

FV = Factor de Valoración.

To = Tiempo observado.

S = Suplementos.

Y para determinar el número de observaciones se utilizará el ábaco de Lifson (Ver anexo N°8). Es importante mencionar que para realizar este método se requiere de 10

observaciones fijas, mientras que la desviación típica se sustituye por el factor B, el cual se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$B = \frac{S-I}{S+I} \text{ Ecuación (11)}$$

Adicional a esto se usará un riesgo de 2%, es decir, $R= 0.02$ y un error 4% (e) (Criollo, 2007, pág. 206).

El cálculo del factor de valoración (FV) se establecerá por medio de la metodología Westinghouse misma que se presenta en el Anexo N°6. Este método analiza la actuación del operador y dará ponderaciones en cuatro aspectos distintos estos son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Posteriormente se realizará el cálculo de suplementos, y para esto se usará del Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales, mismo que fue extraído del libro (Criollo, 2007, pág. 228) y se presenta en el Anexo N°7.

Para finalizar, se definirá el tiempo de producción a través de la construcción de diagramas de Gantt en cada una de las actividades donde se describirán los pasos de cada una de las actividades y sus predecesoras con sus respectivos tiempos estandarizados.

3.1.2 Fase 2.- Medición de la capacidad del proceso

Continuando con la implementación DMAIC, en la segunda fase será necesario recolectar una muestra de datos para realizar el cálculo de los índices de capacidad y para determinar el tamaño de la muestra, se considerará el argumento presentado en el libro (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 18), el cual indica que “cuando se trata de un proceso lento que produce pocos productos por día, es necesario completar una muestra de 50 productos”.

Cuando la muestra se complete, se elaborará el cálculo de índices de capacidad mismos que determinarán si el proceso es potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones planteadas o no, esto se definirá por medio del reporte técnico de ISO 12783. Además, con la finalidad de respaldar los cálculos realizados se construirán las gráficas de capacidad por medio de una herramienta de software que garanticen la fiabilidad de los cálculos realizados.

3.2 MEJORA DE CAPACIDAD PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS EN PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA

En la segunda etapa se desarrollarán las dos fases siguientes de la metodología DMAIC:

3.2.1 Fase 3.- Análisis de la causa raíz

en esta fase se usará la herramienta 5 W's y 1H misma que se realizará con la ayuda del grupo de trabajo que en este caso está conformado por líderes de equipo y responsable del proceso. Está considerará preguntas claves que ayuden a identificar la causa raíz del problema. Adicional a esto, con el grupo de trabajo se construirá un diagrama causa-efecto, donde se identificarán las causas raíces de los elementos del proceso. Al finalizar se construirá una matriz con las causas raíces identificadas en los 5 ¿por qué? y diagrama causa efecto versus los planes de acción definidos. En la Figura N° 6 se presenta el formato para la elaboración del diagrama.

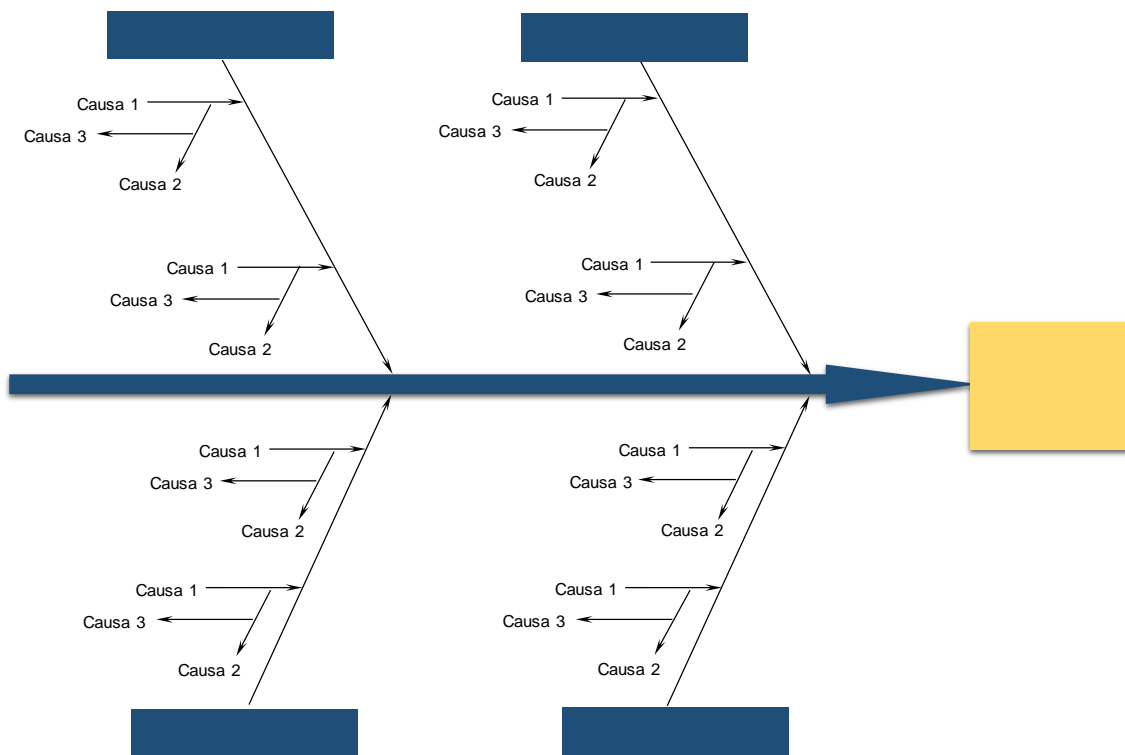


Figura N° 6.- Formato para la elaboración del diagrama causa-efecto

Fuente: (Six Sigma Training, 2018)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la figura presentada se observa un ejemplo del tipo de análisis que se realizará en el proceso por medio del diagrama causa-efecto considerando los siguientes parámetros: personas, proceso, equipo, materiales, medio ambiente, y administración.

3.2.2 Fase 4.- Implementación de las mejoras

En esta fase se define como y cuando se llevarán a cabo las mejoras propuestas. Para esto, se elaborará la matriz de planificación de los planes de acción, que registrará: planes de acción, tiempo de ejecución y responsables del cumplimiento. Luego de esto se ejecutará la planificación definida con el fin de evaluar los resultados.

3.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC.

En la tercera etapa se evidenciarán los resultados después de la implementación de mejora y se aplicará la última fase de la metodología DMAIC.

3.3.1 Fase 5.- Control de mejoras

En esta última etapa se desarrollará un nuevo estudio de tiempos de producción del proceso después de las mejoras. Luego de esto se realizará un nuevo análisis de capacidad de producción después de la mejora considerando los indicadores en la fase dos. Para finalizar, se dará seguimiento de los resultados mediante gráficas de control (\bar{X} -R). Con lo cual se evidenciará el cumplimiento del tiempo de producción o se definirán e implementarán ajustes al proceso si fuera el caso.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta el desarrollo de la metodología DMAIC en función de los objetivos planteados para mejorar la capacidad del proceso de producción de madera plástica:

4.1 ELABORACIÓN DEL PROCESO QUE INTERVIENE EN LA TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS EN PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA

Partiendo del primer objetivo; en la primera fase se realiza la definición del problema, caracterización del proceso y estudio de trabajo (tiempo de producción); y en la segunda fase se efectúa el cálculo de índices de capacidad:

4.1.1 Fase 1.-Definir el problema

En la Tabla N°3 se presenta la matriz VOC aplicada a los involucrados en el proceso de madera plástica reciclada, en la cual se detallan los requerimientos del cliente.

Tabla N° 3.- Matriz VOC del proceso de producción de madera plástica reciclada

N°	Parámetro	Resultado
1	Identificación del cliente.	<ul style="list-style-type: none">• Destinatarios del producto final.
2	Diagnóstico del cliente.	<ul style="list-style-type: none">• Se realizan pocos productos por día (3 láminas de madera plástica compuesta por 0,75 kg/ por jornada laboral).
3	Problema clave del cliente.	<ul style="list-style-type: none">• Excesivos tiempos de espera por el producto final.
4	Requerimientos críticos del cliente	<ul style="list-style-type: none">• Reducir los tiempos de espera por el producto final.• Incrementar la capacidad de producción (Número de unidades/día).

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la tabla se puede observar que el cliente identifica como problema el exceso de tiempos de espera por el producto final. Ya que el proceso de elaboración de madera plástica produce muy pocos productos por día. Por lo que el cliente solicita, reducir los tiempos de espera e

incrementar la capacidad de producción. Partiendo de estos requerimientos críticos se realiza la caracterización del proceso para entender la situación actual.

4.1.1.1 Caracterización del proceso

En la Figura N°7 se presenta la matriz SIPOC del proceso de producción de madera plástica, en el cual se muestran todas las actividades que se involucran en el proceso de transformación.

MATRIX SIPOC				
PROVEEDORES	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTE
Almacenamiento	Fibras vegetales Polímeros	Selección de polímeros y fibra vegetal	Fibras de madera seleccionadas Polímeros seleccionados	Triturado
Selección	Fibras de madera Polímeros seleccionados	Triturado de polímeros y pulverización de la fibra vegetal	Escama Fibra pulverizada	Formulación
Triturado	Escama Fibra	Mezcla de los compuestos de polímeros y fibra	Material compuesto	Moldeado
Formulación	Material compuesto	Fundición de los compuestos	Material compuesto fundido	Compactado
Moldeado	Material compuesto fundido	Prensado del material	Prototipos de madera plástica	Consumidor final

Figura N° 7.- Matriz SIPOC proceso de elaboración de madera plástica

Fuente: (Albán, 2019, pág. 57)

En la figura se puede observar que el proceso se encuentra dividido en cinco actividades y estas son: selección de polímeros y fibra vegetal, triturado de polímeros y pulverización de

fibra vegetal, mezcla de los compuestos, fundición de los compuestos y prensado del material.

4.1.1.2 Determinación del lote de producción y número de operarios

En la Tabla N°4 se presenta el número de operarios en el proceso y su distribución en cada una de las actividades que se realizan en el proceso.

Tabla N° 4.- Número de operarios en el proceso

Elaboración de prototipos de madera plástica.	
Número de unidades por lote 1	
Actividades/Subprocesos	Número de operarios
Selección polímeros y fibra vegetal	2
Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal	4
Mezcla de compuestos	2
Fundición de los compuestos	
Prensado del material	

Elaborado por: Estefanía Pozo.

La Tabla N°4 se presenta el número necesario de operarios en el proceso es 8. Estos se encuentran distribuidos de la siguiente manera: 2 operarios se encargan de la actividad de selección de polímeros y fibra vegetal, 4 operarios realizan el triturado de polímeros y pulverización de fibra y 2 se encargan de las tres últimas actividades mezcla de compuestos, fundición de los compuestos y prensado del material. El lote de producción es una lámina de madera plástica, que se transforma sistemáticamente en cada actividad del proceso.

4.1.1.3 Descripción de las actividades

A continuación, en la Figura N°8 se presenta el diagrama de flujo del proceso de elaboración de prototipos de madera plástica:

Proceso: Elaboración de Prototipos de Madera Plástica Reciclada

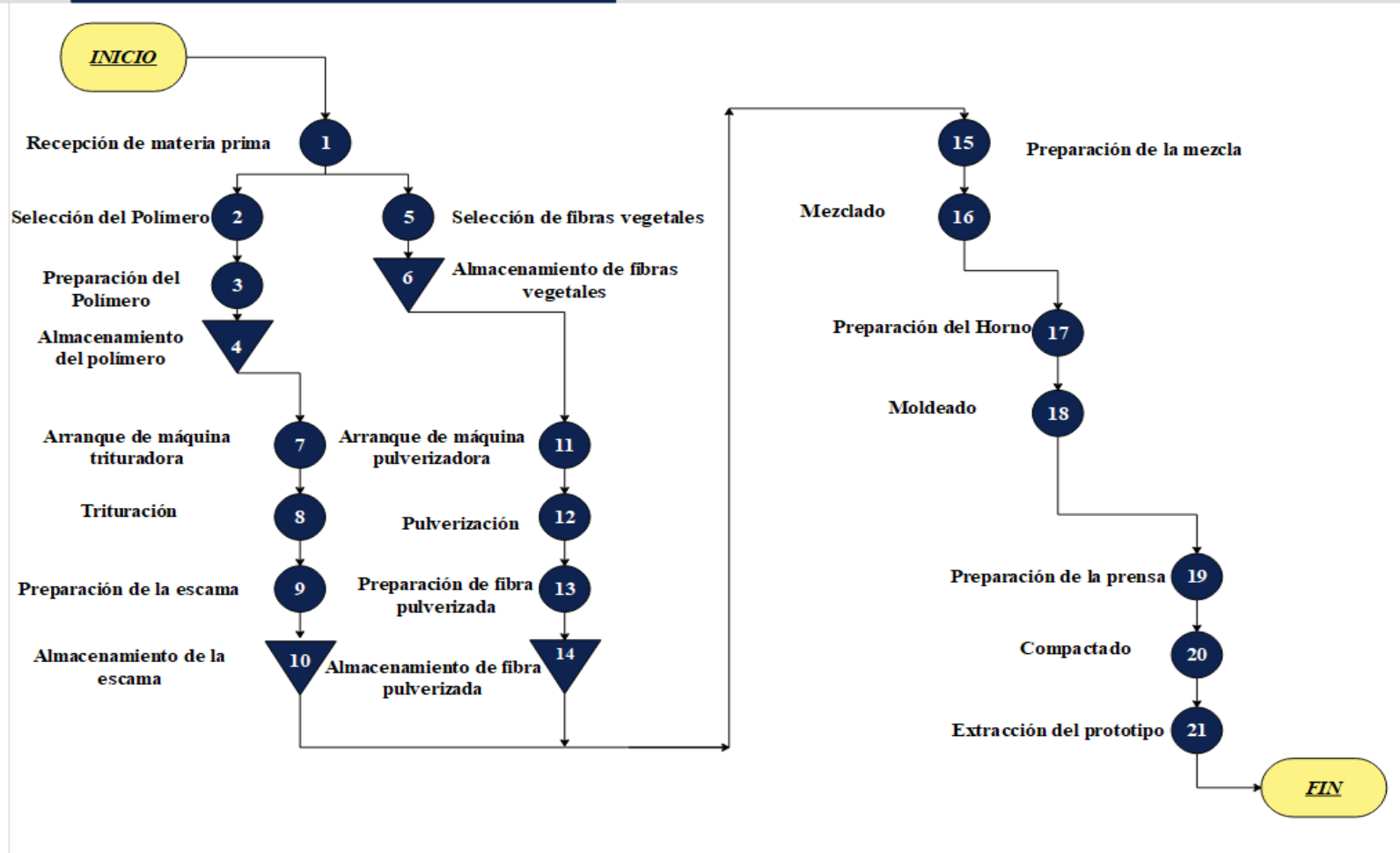


Figura N° 8.- Diagrama de flujo del proceso de elaboración de prototipos de madera plástica
Elaborado por: Estefanía Pozo.

4.1.1.3.1 Actividad 1.- Selección polímeros y fibra vegetal

- 1. Recepción de materia prima:** En esta tarea ingresa la materia prima al proceso, fibras vegetales y polímero para ser almacenados de manera temporal en un área específica.
- 2. Selección de polímero por color:** El polímero ingresado se transporta al área de selección donde posteriormente es ubicado en la banda transportadora y se clasifica por color, cuando la clasificación termina, se coloca el polímero en distintos contenedores para ser etiquetado como polímero clasificado y se transporta al área de almacenamiento temporal.
- 3. Preparación del polímero:** En esta tarea se toma el polímero clasificado del área de almacenamiento temporal y es transportado al área de preparación donde se verifica si el polímero es apto o no para el proceso. Luego se retiran las impurezas (Etiquetas, tapas, sustancias líquidas, basuras, etc.), se realizan cortes transversales en el polímero y se ubican en un contenedor.
- 4. Almacenamiento del polímero:** Una vez cumplidos los pasos anteriores se registra y etiqueta el peso del polímero para luego ser transportado al área de almacenamiento de materia prima seleccionada.
- 5. Selección de fibras vegetales:** Se toman las fibras vegetales del área de recepción de materia prima y se trasladan al área de selección, luego se colocan en la banda transportadora donde son clasificadas por tipo de fibra y se retiran los desechos mientras se ubican en distintos contenedores.
- 6. Almacenamiento de fibras:** Una vez terminados los pasos anteriores se trasladan los contenedores al área de almacenamiento, se pesan, se etiquetan y se registran las fibras almacenadas.

4.1.1.3.2 Actividad 2.- Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal

7. **Arranque de máquina trituradora:** Para esta tarea se enciende la máquina sin ingresar el polímero en la tolva (Vacío) y se abre el paso de agua para realizar el triturado húmedo.
8. **Trituración:** Se transporta el polímero previamente seleccionado y cortado al área de trituración. Luego se ingresa el polímero en la tolva y se tritura. Al terminar se retira la escama de la bandeja de recolección.
9. **Preparación de la escama:** La escama retirada de la bandeja de la máquina trituradora se traslada al área de secado (este proceso se realiza a temperatura ambiente).
10. **Almacenamiento de escama:** Cuando la escama esta seca es pesada para luego etiquetarla, registrarla y trasladarla al área de almacenamiento temporal.
11. **Arranque de máquina pulverizadora:** En esta tarea es necesario seleccionar la corriente trifásica en el tablero eléctrico y se enciende la máquina pulverizadora.
12. **Pulverizar:** Se trasladan las fibras vegetales seleccionadas desde el área de almacenamiento temporal, luego se las ingresa en la tolva de la máquina y se pulveriza, una vez terminado se retira la fibra pulverizada de la máquina.
13. **Preparación de fibras pulverizadas:** En esta tarea se toman las fibras pulverizadas para tamizarlas y ubicarlas en un contenedor.
14. **Almacenamiento de fibras pulverizadas:** Para almacenar las fibras pulverizadas es necesario calcular su peso neto, luego se registra y se transporta al área de almacenamiento temporal.

4.1.1.3.3 Actividad 3.- Mezcla de compuestos

15. **Preparación de la mezcla:** En esta tarea es necesario determinar la receta de acuerdo con la composición del prototipo que se va a realizar. El molde posee la siguiente

estructura: 28cm de largo, 18cm de ancho y 11cm de altura. Y como información del proceso se determina que la composición es de 80% polímero y 20% fibra pulverizada. En la Tabla N°5 se encuentra la especificación de pesos para la composición de la mezcla y en ella se puede observar los pesos de polímero y fibra para un prototipo de composición de 0,75 kg.

Tabla N° 5.- Especificación de pesos para la composición de la mezcla.

POLÍMERO SELECCIONADO	FIBRA SELECCIONADA	PESO	
		HDPE	FIBRA
Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	Maíz	0,6 kg	0,15 kg
	Cáscara de guaba	0,6 kg	0,15 kg
	Totora	0,6 kg	0,15 kg
	Caña de azúcar	0,6 kg	0,15 kg
	Cabuya	0,6 kg	0,15 kg
	Total	0,75 kg para cada compuesto	

Fuente: (Albán, 2019, pág. 71)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

16. Mezclado: Una vez determinada la receta se procede a trasladar del almacenamiento temporal al área de moldeado la fibra y polímero pesados y se coloca de manera uniforme dentro del molde.

4.1.1.3.4 Actividad 4.- Fundición de los compuestos

17. Preparación del horno: En esta tarea se enciende el horno y se controla la temperatura durante 5 minutos.

18. Moldeado: El molde es ingresado al horno y se realiza el control de temperatura cada 10 minutos hasta alcanzar $275^{\circ}\text{C} \pm 5$. Cuando la mezcla alcanza esta temperatura se apaga el horno para retirar el molde y transportarlo al área de prensado.

4.1.1.3.5 Actividad 5.- Prensado del material

19. Preparación de la prensa: Se la ubica el molde en la base de la prensa, se tapa y se coloca la gata hidráulica sobre el molde.

20. Compactado: Se aplica presión sobre el molde durante 45 minutos para compactar la mezcla, una vez cumplido con tiempo de prensado se baja la presión del molde y se retira la gata hidráulica.

21. Extracción del prototipo: Para finalizar se traslada el molde al área de extracción, se retira el prototipo luego se procede a pulir las rebabas o excesos y transportar al área de almacenamiento de producto terminado.

4.1.1.4 Descripción de las tareas

4.1.1.4.1 Actividad 1.- Selección polímeros y fibra vegetal

En la Tabla N°6 se muestra el factor valoración para la actividad 1. Cabe mencionar que al resultado que se obtenga se le sumará o restará 1 dependiendo del signo adquiera el resultado.

Tabla N° 6.- Factor de Valoración para la actividad 1

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad	E1	-0,05
Esfuerzo	C1	+0,05
Condiciones	C	+0,01
Consistencia	D	0,00
Total		0,01
Factor de Valoración		1,01

Elaborado por: Estefanía Pozo.

A partir de la Tabla N°6 se establece que el Factor de Valoración (**FV**) para esta actividad es 1,01. Se ha determinado categoría **E1** para el factor de habilidad debido a que los operadores se encuentran familiarizados superficialmente con el equipo, el factor de esfuerzo tiene categoría **C1** ya que existe interés al realizar el trabajo y el factor condición tiene

categoría C puesto que el área donde se desarrolla esta actividad se encuentra en buenas condiciones y no afectan al operador. Sin embargo, el factor de consistencia tiene categoría D ya que los tiempos tomados en la actividad tienen una alta variabilidad.

A continuación, en la Tabla N° 7 se presenta el cálculo de los suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.

Tabla N° 7.- Cálculo de Suplementos para la actividad 1

Suplementos (hombre)	
Factor	Porcentaje (%)
Base por fatiga	4
Trabajar de pie	2
Ruido	5
Tedio	2
Total	13

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°7 determinó que el resultado del cálculo de suplementos para esta actividad es 13% y está compuesto de cuatro factores que se describen a continuación: factor fatiga de 4% por ser un proceso constante, la operación se realiza de pie por lo cual tiene un factor de 2%, esta actividad no genera ruido sin embargo se encuentra muy cerca de la actividad 2 por lo cual se ha considerado un 5% de factor por ruido intermitente y muy fuerte y un factor por tedio de 2% debido a que es una actividad repetitiva de trabajo aburrido.

4.1.1.4.1.1 Cálculo de tiempo estándar para la actividad 1

En la Tabla N°8 se presenta el cálculo del número de observaciones necesarias para calcular el tiempo normal en la actividad 1.

Tabla N° 8.- Cálculo del número de observaciones para actividad 1

Tarea	Selección polímeros y fibra vegetal										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	Observaciones (Min)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Selección de polímero por color.	6	7	8	6	7	6	6	8	7	7	0,12	0,02	0,04	20
Preparación del polímero.	35	32	33	36	34	32	35	32	34	31	0,07	0,02	0,04	10
Almacenamiento del polímero.	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	0,10	0,02	0,04	10
Selección de fibras vegetales.	45	43	47	48	48	47	50	50	52	50	0,09	0,02	0,04	10
Almacenamiento de fibras seleccionadas.	89	86	93	96	96	93	101	100	103	101	0,09	0,02	0,04	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

La Tabla N°8 indica el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es de 10 a 20 (Ver anexo N°8).

A continuación, en la Figura N°9 se muestra el diagrama de corrida con el cálculo de tiempo estandarizado para las dos tareas que se realizan en la actividad 1 y el resultado de la sumatoria de tiempos en la tarea 1.1. es de 11,40 minutos con un recorrido de 22,1 metros para seleccionar 0,6 kg de polímero, mientras que la tarea 1.2. tiene un tiempo total de 2,73 minutos con un recorrido de 9,21 metros para seleccionar 0,15 kg de fibra vegetal. Además, en el Anexo N°10 se presenta el diagrama de Gantt con la secuencia de los pasos de esta actividad y sus predecesores por lo cual, se determina que el tiempo ciclo es de 11,40 minutos debido a que las dos tareas se realizan simultáneamente.

Símbolo	Tipo de Actividad	Sigla					Significado																	
○	Operación						Factor de Valoración																	
⇒	Transporte	FV					Tiempo Observado																	
▷	Demora	To					Suplementos																	
◻	Inspección	S					Tiempo estándar																	
▽	Almacenamiento	TS																						
Actividad 1.- Selección polímeros y fibra vegetal	N° Lote	SIMBOLO					Selección de polímeros por color					Actividad 1.- Selección polímeros y fibra vegetal	N° Lote	SIMBOLO					Selección de fibras por tipo					
Tarea 1.1. Selección polímeros	Pasos	○	⇒	▷	◻	▽	Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS	Tarea 1.2. Selección fibra vegetal	Pasos	○	⇒	▷	◻	▽	Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS	
1.1.1. Selección de polímero por color.	1.1.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.							1,01	0,28	1,13	0,32	1.2.1. Selección de fibras vegetales.	1.2.1.1. Encender banda transportadora.						2,61	1,01	0,13	1,13	0,15	
	1.1.1.2. Encender banda transportadora.						2,61	1,01	0,15	1,13	0,18		1.2.1.2. Transportar las fibras al área de selección						2,55	1,01	0,03	1,13	0,04	
	1.1.1.3. Transportar los polímeros al área de selección.						2,55	1,01	0,06	1,13	0,07		1.2.1.3. Colocar fibras vegetales en banda transportadora.						1,01	1,01	0,33	1,13	0,37	
	1.1.1.4. Colocar polímeros reciclados en banda transportadora.						1,01	1,01	0,27	1,13	0,30		1.2.1.4. Clasificar fibras vegetales.						1,01	1,01	1,47	1,13	1,68	
	1.1.1.5. Clasificar polímeros reciclados por color.						1,01	1,01	0,56	1,13	0,63		1.2.1.5. Ubicar en contenedor de fibras vegetales clasificadas.						1,01	1,01	0,03	1,13	0,04	
	1.1.1.6. Apagar la banda transportadora.						1,01	1,01	0,03	1,13	0,03		1.2.2.1. Calcular peso neto = peso bruto - peso del recipiente.						1,01	1,01	0,24	1,13	0,27	
	1.1.1.7. Almacenamiento temporal de polímero clasificado.						4	1,01	0,25	1,13	0,29		1.2.2.2. Registrar peso de fibras vegetales.						1,5	1,01	0,09	1,13	0,10	
1.1.2. Preparación del polímero.	1.1.2.1. Transportar los polímeros clasificados al área de corte.						7,5	1,01	0,09	1,13	0,10	1.2.2. Almacenamiento de fibras seleccionadas.	1.2.2.3. Transportar al área de almacenamiento.						2,55	1,01	0,02	1,13	0,02	
	1.1.2.2. Retirar impurezas del polímero. (Tapas, etiquetas, sustancias líquidas y basuras, etc.)						1,01	1,01	3,20	1,13	3,65		1.2.2.4. Etiquetar con el peso y el tipo de fibra vegetal.						1,01	1,01	0,04	1,13	0,05	
	1.1.2.3. Realizar cortes transversales en polímero.						1,01	1,01	4,55	1,13	5,20		1.2.2.5. Almacenamiento de fibras vegetales seleccionadas.						1,01	1,01	-	1,13	-	
1.1.3. Almacenamiento del polímero.	1.1.3.1. Calcular peso neto = peso bruto - peso del recipiente.						1,01	1,01	0,18	1,13	0,21		Total					6	2	1	1	9,21	2,39	2,73
	1.1.3.2. Registrar peso neto de polímeros cortados.						2,7	1,01	0,02	1,13	0,02													
	1.1.3.4. Etiquetar con peso y tipo de polímero.						2,7	1,01	0,05	1,13	0,06													
1.1.3.5. Ubicar en área de almacenamiento.						1,01	1,01	0,30	1,13	0,34														
Total		9	1	1	2	1	22,06	9,99	11,40															

Figura N° 9.- Cálculo de tiempo estándar para la actividad 1
Elaborado por: Estefanía Pozo.

4.1.1.4.2 Actividad 2.- Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal

En la Tabla N°9 se muestra el factor valoración para la actividad 2. Cabe mencionar que al resultado que se obtenga se le sumará o restará 1 dependiendo del signo adquiera el resultado.

Tabla N° 9.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 2

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad	F1	-0,15
Esfuerzo	B1	+0,10
Condiciones	E	-0,03
Consistencia	E	-0,02
Total		-0,04
Factor de Valoración		0,96

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°9 se establece que el Factor de Valoración (**FV**) para esta actividad es 0,96. Se ha determinado categoría **F1** para el factor de habilidad puesto que los operadores no están familiarizados con el equipo, el factor de esfuerzo tiene categoría **B1** ya que existe interés de parte de los operadores y trabajan con rapidez, el factor condición tiene categoría **E** debido a la máquina que se usa en esta actividad no se encuentra en buenas condiciones y existen fugas de agua que producen humedad en el ambiente y aumenta la posibilidad de accidentes afectando el desarrollo de la operación y el factor de consistencia tiene categoría **E** ya que los tiempos tomados en esta actividad tienen alta variabilidad.

A continuación, en la Tabla N° 10 se presenta el cálculo de los suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.

Tabla N° 10.- Cálculo de suplementos para la actividad 2

Suplementos (hombre)	
Factor	Porcentaje (%)
Base por fatiga	4
Trabajar de pie	2
Trabajos de precisión o fatigas	2
Ruido	5
Proceso complejo	4
Trabajo monótono	4
Tedio	2
Total	23

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la tabla se determina que el resultado del cálculo de suplementos para esta actividad es 23% y está compuesto de cuatro factores que se describen a continuación: por ser un proceso constante tiene un factor por fatiga de 4%, la operación se realiza de pie por lo cual tiene un factor de 2%, tiene un factor de 2% por ser una actividad que requiere de precisión al ingresar el polímero en la tolva, la maquina genera ruido estridente y fuerte por lo cual se ha considerado un factor de 5% , un factor de 4% por ser una actividad monótona ya que es bastante repetitiva y un factor 2% por tedio al ser una actividad de trabajo aburrido.

4.1.1.4.2.1 Cálculo de tiempo estándar para la actividad 2

En la Tabla N°11 se presenta el cálculo del número de observaciones necesarias para calcular el tiempo normal en la actividad 2.

Tabla N° 11.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 2

Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal														
Tarea	Observaciones (Min)										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Arranque de máquina trituradora.	7	7	6	7	8	7	8	8	8	7	0,1	0,02	0,04	15
Trituración.	33	33	34	37	35	35	33	33	34	34	0,1	0,02	0,04	10
Preparación de escama.	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	0,0	0,02	0,04	10
Almacenamiento de escama.	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	0,2	0,02	0,04	20
Arranque de máquina pulverizadora.	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	0,1	0,02	0,04	20
Pulverizar.	12	12	12	12	12	12	13	12	12	12	0,0	0,02	0,04	10
Preparación de fibras pulverizadas.	8	8	8	9	8	9	8	8	8	9	0,1	0,02	0,04	10
Almacenamiento de fibras pulverizadas	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	0,3	0,02	0,04	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la tabla se determinó que el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es de 10 a 20 (Ver anexo N°8).

A continuación, en la Figura N°10 se muestra el diagrama de corrida y el cálculo de tiempo estandarizado para las dos tareas que se realizan en la actividad 2 y el resultado de la sumatoria de los tiempos de la tarea 2.1. es de 47,8 minutos con un recorrido de 26,81 metros para triturar 0,60 kg de polímero, mientras que la tarea 2.2. tiene un tiempo total de 7,41 minutos con un recorrido de 19 metros para pulverizar 0,15 kg de fibra vegetal. Además, en el Anexo N°11 se presenta el diagrama de Gantt con la secuencia de pasos de esta actividad y sus predecesores por lo cual, se determina que el tiempo ciclo es de 47,8 minutos ya que las dos tareas se realizan simultáneamente.

Símbolo		Tipo de Actividad		Sigla					Significado																
○		Operación		FV					Factor de Valoración																
⇒		Transporte		To					Tiempo Observado																
□		Demora		S					Suplementos																
▽		Almacenamiento		TS					Tiempo estándar																
Actividad 2.- Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal		N° Lote		SIMBOLO		Triturado de polímeros					Actividad 2.-Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal		N° Lote		SIMBOLO		Pulverizado de Fibras								
Tarea 2.1. Triturado de polímeros		Pasos		○	⇒	□	▽	Distance (m)	FV	To (min)	S	TS	Tarea 2.2. Pulverización de fibra vegetal		Pasos		○	⇒	□	▽	Distance (m)	FV	To (min)	S	TS
2.1.1. Arranque de máquina trituradora.	2.1.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.		○										2.2.1. Arranque de máquina pulverizadora.	2.2.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.		○									
	2.1.1.2. Conectar a la red eléctrica máquina trituradora.		●		2,61	0,96	0,22	1,23	0,26	2.2.1.2. Seleccionar corriente trifásica en el tablero eléctrico.		●		4	0,96	0,45	1,23	0,53							
	2.1.1.3. Encender máquina trituradora sin cargar la tolva (Vacío).		●		4,2	0,96	1,25	1,23	1,48	2.1.1.2. Conectar enchufe a la red eléctrica y encender.		●			0,96	0,25	1,23	0,29							
	2.1.1.4. Abrir el paso de agua para el triturado húmedo.		●		2,5	0,96	0,01	1,23	0,01	2.2.2.1. Transportar desde el área de almacenamiento las fibras vegetales seleccionadas al área de pulverizado.		⇒		7,5	0,96	0,45	1,23	0,53							
2.1.2. Trituración.	2.1.2.1. Transportar desde el almacenamiento el polímero seleccionado al área de triturado.		⇒		2,5	0,96	0,60	1,23	0,70	2.2.2.2. Ingresar las fibras vegetales en tolva y pulverizar.		●			0,96	2,04	1,23	2,41							
	2.1.2.2. Ingresar polímero en la tolva de la máquina trituradora.		●			0,96	3,94	1,23	4,66	2.2.2.3. Apagar maquina pulverizadora.		●			0,96	0,02	1,23	0,03							
	2.1.2.3. Apagar la máquina trituradora.		●			0,96	0,11	1,23	0,13	2.2.2.4. Retirar fibras pulverizadas.		●		6	0,96	0,44	1,23	0,52							
	2.1.2.4. Desconectar la máquina trituradora.		●			0,96	0,01	1,23	0,01	2.2.3.1. Tamizar fibras pulverizadas.		●			0,96	1,50	1,23	1,77							
	2.1.2.5. Recolectar escama húmeda de la salida de la máquina trituradora.		●			0,96	3,52	1,23	4,16	2.2.3.2. Recolectar fibras vegetales pulverizadas en un contenedor.		●			0,96	0,51	1,23	0,61							
2.1.3. Preparación de escama.	2.1.3.1. Transportar escama al área de secado.		⇒		5	0,96	0,25	1,23	0,30	2.2.5.1. Calcular peso neto = peso bruto – peso del recipiente.		●			0,96	0,19	1,23	0,22							
	2.1.3.2. Secado de escama a temperatura ambiente.		□			0,96	43,20	1,23	51,0	2.2.5.2. Registrar peso neto de fibras pulverizadas.		●			0,96	0,09	1,23	0,11							
2.1.5. Almacenamiento de escama.	2.1.5.1. Calcular peso neto = peso bruto – peso del recipiente.		●			0,96	0,25	1,23	0,29	2.2.5.3. Etiquetar peso y tipo de fibra pulverizada.		●			0,96	0,04	1,23	0,05							
	2.1.5.2. Registrar peso neto de escama.		●			0,96	0,02	1,23	0,02	2.2.5.4. Transportar al área de almacenamiento.		●		1,5	0,96	0,02	1,23	0,02							
	2.1.5.3. Etiquetar peso y tipo de escama.		●			0,96	0,05	1,23	0,06	Total		13 1 2 1		19,00		6,28		7,41							
	2.1.5.4. Transportar al área de almacenamiento.		▽		10	0,96	0,02	1,23	0,03																
Total		16 2 2 1 1		26,81		53,7		63,4																	

Figura N° 10.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 2
Elaborado por: Estefanía Pozo.

4.1.1.4.3 Actividad 3.- Mezcla de compuestos

En la Tabla N°12 se muestra el factor valoración para la actividad 3. Cabe mencionar que al resultado que se obtenga se le sumará o restará 1 dependiendo del signo adquiera el resultado.

Tabla N° 12.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 3

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad	D	-0
Esfuerzo	C2	+0,02
Condiciones	C	+0,02
Consistencia	D	-0
Total		+0,04
Factor de Valoración		1,04

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°12 se establece que el Factor de Valoración (**FV**) para esta actividad es 1,04. Se ha determinado que el factor de habilidad tiene categoría **D** puesto que el operador trabaja con exactitud razonable, el factor de esfuerzo tiene categoría **C2** ya que existe interés de parte de los operarios, el factor condición tiene categoría **C** ya que el área de trabajo se encuentra en buenas condiciones y el factor de consistencia tiene categoría **D** ya que los tiempos tomados en la actividad tienen una variabilidad promedio.

A continuación, en la Tabla N° 13 se presenta el cálculo de los suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales donde se determina que el resultado del cálculo de suplementos para esta actividad es 10% y está compuesto de cuatro factores que se describen a continuación: factor de 4% por fatiga ya que es un proceso constante, la operación se realiza de pie por lo cual tiene un factor de 2%, esta actividad no genera ruido sin embargo la operación anterior genera ruido intermitente y fuerte en esta actividad por lo cual se ha considerado un factor de 2% y un factor de 4% por ser una actividad de trabajo aburrido.

Tabla N° 13.- Cálculo de suplementos para la actividad 3

Suplementos (hombre)	
Factor	Porcentaje (%)
Base por fatiga	4
Trabajar de pie	2
Ruido	2
Tedio	2
Total	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

4.1.1.4.3.1 Cálculo de tiempo estándar para la actividad 3

En la Tabla N°14 se presenta el cálculo del número de observaciones necesarias para calcular el tiempo normal en la actividad 3.

Tabla N° 14.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 3

Mezcla de compuestos														
Tarea	Observaciones (Min)										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Preparación de la mezcla.	25	23	25	25	24	24	25	23	26	24	0,06	0,02	0,04	10
Mezclado.	9	9	9	9	8	8	9	9	9	9	0,04	0,02	0,04	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

A partir de la Tabla N°14 se determinó que el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es 10 (Ver anexo N°8).

A continuación, en la Figura N°11 se muestra el diagrama de corrida para esta actividad y el cálculo de tiempo estandarizado.

Símbolo	Tipo de Actividad	Sigla		Significado	
○	Operación				
⇒	Transporte	FV		Factor de Valoración	
⏸	Demora	To		Tiempo Observado	
□	Inspección	S		Suplementos	
▽	Almacenamiento	TS		Tiempo estándar	

Actividad 3.- Mezcla de compuestos	N° Lote	SIMBOLO					Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS
Tarea	Pasos	○	⇒	⏸	□	▽					
3.1. Preparación de la mezcla.	3.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.							1,04	1,09	1,1	1,2
	3.1.2. Determinar el tipo de mezcla.	●					4,1	1,04	5,31	1,1	6,1
	3.1.3. Calcular los requerimientos en base al molde y espesor del prototipo que se desea realizar.							1,04	5,35	1,1	6,1
	3.1.4. Pesar la cantidad de escama de acuerdo con el requerimiento de la mezcla.	●					4,5	1,04	6,23	1,1	7,1
	3.1.5. Pesar la cantidad de fibras pulverizadas (aditivos) de acuerdo con el requerimiento de la mezcla.	●					5,7	1,04	6,25	1,1	7,1
3.2. Mezclado.	3.2.1. Transportar los componentes para la mezcla al área de moldeado.		⇒				7,5	1,04	0,09	1,1	0,1
	3.2.2. Colocar los componentes de manera uniforme dentro del molde.	●						1,04	8,38	1,1	9,6
Total		4	1	-	2	-	21,8		32,7		37,4

Figura N° 11.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 3
Elaborado por: Estefanía Pozo.

La figura muestra los tiempos estandarizados para cada paso de la actividad 3, y la sumatoria de tiempos es de 37,4 minutos con un recorrido de 21 metros para mezclar 0,75 kg de materia prima.

En el Anexo N°12 se presenta el diagrama de Gantt de esta actividad con la secuencia de pasos y sus predecesores obteniendo un resultado de 37,4 minutos en el tiempo de ciclo, cabe mencionar que esta actividad no tiene pasos simultáneos por cual el tiempo de ciclo no varía en relación con la sumatoria de tiempo que se realizó en la Figura N° 11.

4.1.1.4.4 Actividad 4.- Fundición de los compuestos

En la Tabla N°15 se muestra el factor valoración para la actividad 4. Cabe mencionar que al resultado que se obtenga se le sumará o restará 1 dependiendo del signo adquiera el resultado.

Tabla N° 15.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 4

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad	E2	-0,1
Esfuerzo	E1	-0,04
Condiciones	F	-0,07
Consistencia	C	+0,01
Total		-0,11
Factor de Valoración		0,89

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°15 se muestra el Factor de Valoración (**FV**) para la actividad 4 es 0,89. Se ha determinado que el factor de habilidad tiene categoría **E2** porque el operador no se encuentra adaptado con el proceso, el factor de esfuerzo tiene categoría **E1** ya que no existe interés de parte de los operarios, el factor condición tiene categoría **F** debido a que la temperatura y gases tóxicos que resultan en esta operación producen un ambiente pesado y molesto a pesar de las medidas de seguridad tomadas con anterioridad y el factor de consistencia tiene categoría **C** ya que los tiempos tomados en la actividad tienen baja variabilidad.

A continuación, en la Tabla N° 16 se presenta el cálculo de los suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.

Tabla N° 16.- Cálculo de suplementos para la actividad 4

Suplementos (hombre)	
Factor	Porcentaje (%)
Base por fatiga	4
Trabajar de pie	2
Postura anormal muy incomoda	7
Trabajos de precisión o fatigosa	3
Ruido	2
Muy complejo	8
Total	26

Elaborado por: Estefanía Pozo.

La Tabla N° 16 se presenta el resultado del cálculo de suplementos para esta actividad es 10% y está compuesto de cuatro factores que se describen a continuación: posee un factor de 2% por ser un proceso que se realiza de pie, en esta actividad se realizan posturas incómodas por lo cual tiene un factor de 3%, el ruido generado en esta actividad tiene un factor de 2% y un factor de 8% por ser una actividad compleja.

4.1.1.4.4.1 Cálculo de tiempo estándar para la actividad 4

En la Tabla N°17 se presenta el cálculo del número de observaciones necesarias para calcular el tiempo normal en la actividad 4.

Tabla N° 17.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 4

Fundición de los compuestos														
Tarea	Observaciones (Min)										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Preparación del horno.	8	9	8	9	8	9	10	9	8	9	0,09	0,02	0,04	10
Moldeado.	35	36	37	34	37	36	36	35	35	35	0,04	0,02	0,04	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la tabla se determina que el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es 10 (Ver anexo N°8).

A continuación, en la Figura N°12 se muestra el diagrama de corrida para esta actividad y el cálculo de tiempo estandarizado.

Símbolo	Tipo de Actividad	SIGBOLO					Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS
○	Operación	○	→	⏸	□	▽					
→	Transporte										
⏸	Demora										
□	Inspección										
▽	Almacenamiento										
Actividad 4.- Fundición de los compuestos	N° Lote										
Tarea	Pasos										
4.1. Preparación del horno.	4.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.	○						0,89	1,14	1,26	1,28
	4.1.2. Conectar la válvula del horno al cilindro de gas.	→					10,5	0,89	1,84	1,26	2,06
	4.1.3. Encender el horno.	⏸						0,89	0,38	1,26	0,43
	4.1.4. Regular la temperatura.	□						0,89	5,42	1,26	6,07
4.2. Moldeado.	4.2.1. Ingresar el molde.	○					1,5	0,89	2,37	1,26	2,66
	4.2.2. Cerrar todas las puertas del horno.	⏸						0,89	0,18	1,26	0,20
	4.2.3. Controlar la temperatura cada 5 min (hasta alcanzar 175°C +5).	⏸						0,89	30,00	1,26	33,64
	4.2.4. Apagar el horno.	⏸						0,89	0,09	1,26	0,10
	4.2.5. Retirar el molde.	○						0,89	5,42	1,26	6,07
	4.2.6. Transportar al área de prensado.	→					2	0,89	2,43	1,26	2,73
Total		6	1	1	2		14		49,26		55,24

Figura N° 12.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 4
Elaborado por: Estefanía Pozo.

La figura muestra los tiempos estandarizados para cada paso de la actividad 4, y la sumatoria es de 55,24 minutos con un recorrido de 14 metros para moldear un lote que comprende una unidad.

En el Anexo N°13 se presenta el diagrama de Gantt de esta actividad con la secuencia de pasos y sus predecesores obteniendo un resultado de 55,24 minutos en el tiempo de ciclo, cabe mencionar que esta actividad no tiene pasos simultáneos por cual el tiempo de ciclo no varía en relación con la sumatoria de tiempo que se realizó en la Figura N°12.

4.1.1.4.5 Actividad 5.- Prensado del material

En la Tabla N°18 se muestra el factor valoración para la actividad 5. Cabe mencionar que al resultado que se obtenga se le sumará o restará 1 dependiendo del signo adquiera el resultado.

Tabla N° 18.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 5

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad	E1	-0,05
Esfuerzo	C2	+0,02
Condiciones	D	0
Consistencia	D	0
Total		-0,03
Factor de Valoración		0,97

Elaborado por: Estefanía Pozo.

La Tabla N°18 establece que el Factor de Valoración (**FV**) para esta actividad es 0,97. Se ha determinado categoría **E1** para el factor de habilidad debido a que el operador no se encuentra adaptado con el proceso o es relativamente nuevo, el factor de esfuerzo tiene categoría **C2** ya que existe interés de parte de los operarios, el factor condición tiene categoría **D** debido a que las herramientas que se usan en esta actividad no son adecuadas, el factor de consistencia tiene categoría **D** ya que los tiempos tomados en la actividad tienen alta variabilidad.

A continuación, en la Tabla N°19 se presenta el cálculo de los suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.

Tabla N° 19.- Cálculo de suplementos para la actividad 5

Suplementos (hombre)	
Factor	Porcentaje (%)
Base por fatiga	4
Trabajar de pie	2
Postura anormal muy incomoda	7
Ruido	2
Total	15

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la tabla se puede observar que el resultado del cálculo de suplementos para esta actividad es 10% y está compuesto de cuatro factores que se describen a continuación: factor de fatiga de 4% por ser una actividad constante, esta actividad se realiza de pie por lo cual tiene un factor de 2%, para extraer el prototipo del molde se requiere de posturas muy incómodas por lo cual tiene un factor de 7% y un factor de 2% por ruido.

4.1.1.4.5.1 Cálculo de tiempo estándar para la actividad 5

En la Tabla N°20 se presenta el cálculo del número de observaciones necesarias para calcular el tiempo normal en la actividad 4.

Tabla N° 20.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 5

Prensado del material														
Tarea	Observaciones (Min)										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Preparación de la prensa	10	8	8	8	8	10	9	9	9	9	0,12	0,02	0,04	20
Compactado	46	46	45	45	45	45	46	45	45	45	0,00	0,02	0,04	10
Extracción del prototipo.	27	27	27	27	26	28	27	27	28	27	0,03	0,02	0,04	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°20 se determina que el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es 10 (Ver anexo N°8).

A continuación, en la Figura N°13 se muestra el diagrama de corrida para esta actividad y el cálculo de tiempo estandarizado.

Símbolo	Tipo de Actividad	Sigla	Significado			
○	Operación					
⇒	Transporte	FV	Factor de Valoración			
D	Demora	To	Tiempo Observado			
□	Inspección	S	Suplementos			
▽	Almacenamiento	TS	Tiempo estándar			

Actividad 5.- Prensado del material	N° Lote	SIMBOLO					Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS
Tarea	Pasos	○	⇒	D	□	▽					
5.1. Preparación de la prensa	5.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.							0,97	0,29	1,15	0,32
	5.1.2. Colocar el molde en la base de la prensa	●						0,97	0,58	1,15	0,65
	5.1.3. Tapar el molde	●						0,97	0,51	1,15	0,57
	5.1.4. Colocar la gata hidráulica sobre el molde	●					1	0,97	0,16	1,15	0,18
	5.1.5. Encajar la gata hidráulica con la prensa	●					1	0,97	0,59	1,15	0,66
5.2. Compactado	5.2.1. Aplicar presión sobre el molde	●						0,97	0,10	1,15	0,11
	5.2.2. Compactar							0,97	45,00	1,15	50,20
	5.2.3. Bajar la presión de la gata hidráulica	●						0,97	0,01	1,15	0,01
5.3. Extracción del prototipo.	5.3.1. Retirar la gata hidráulica.	●					1	0,97	0,02	1,15	0,02
	5.3.2. Retirar el molde de la prensa.	●					1	0,97	0,02	1,15	0,02
	5.3.3. Transportar el molde al área de descompactado.		⇒				11	0,97	0,02	1,15	0,02
	5.3.4. Retirar la tapa del molde.	●						0,97	3,43	1,15	3,83
	5.3.5. Retirar el prototipo del molde.	●						0,97	1,30	1,15	1,45
	5.3.6. Limpiar y retirar las rebabas del prototipo.	●					11	0,97	1,48	1,15	1,65
	5.3.7. Transportar al área de almacenamiento de producto terminado.						▽	1	0,97	0,11	1,15
Total		11	1	1	1	1	27		53,62		62,79

Figura N° 13.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 5
Elaborado por: Estefanía Pozo.

La figura se muestra los tiempos estandarizados para cada paso de la actividad 5, y la sumatoria es de 62,79 minutos con un recorrido de 27 metros para compactar un lote que comprende una unidad.

En el Anexo N°14 se presenta el diagrama de Gantt de esta actividad con la secuencia de pasos y sus predecesores obteniendo un resultado de 67,79 minutos en el tiempo de ciclo, cabe mencionar que esta actividad no tiene pasos simultáneos por cual el tiempo de ciclo no varía en relación con la sumatoria de tiempo que se realizó en la Figura N°12.

4.1.1.5 Tiempo de producción

En la Figura N° 14 se presentan la secuencia de tiempos estandarizados por actividades del proceso de elaboración, mediante diagrama de Gantt.

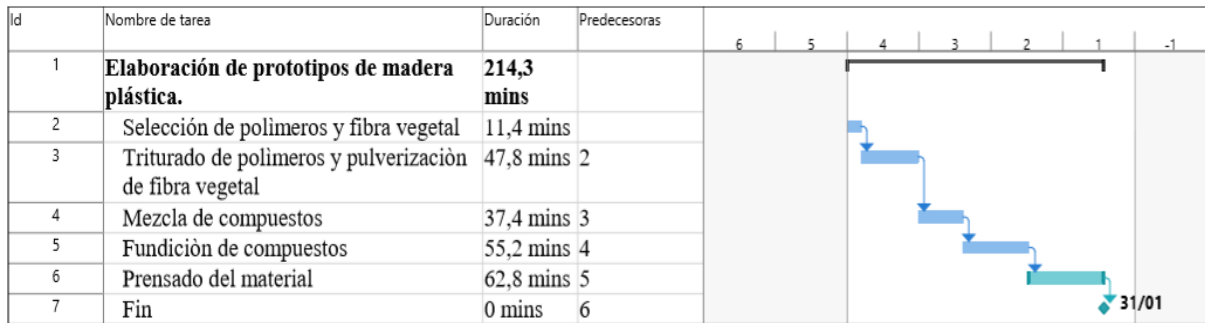


Figura N° 14.- Secuencia de tiempos estandarizados por actividades del proceso de producción.

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la figura se pueden observar todas las actividades que intervienen en el proceso y sus predecesoras, con el tiempo estándar calculado para cada una de ellas. Como resultado se obtiene un tiempo de producción de 214,3 minutos para producir una lámina de madera plástica. El tiempo de producción, se compone de: 11,1 minutos. para selección de materia prima (polímeros posconsumo y fibra vegetal), 47,8 minutos. para triturar la materia prima (polímeros posconsumo y fibra vegetal), 37,4 minutos. para mezclar elementos, 55,2 minutos. para moldear la mezcla, y para finalizar 62,8 minutos para compactar la masa fundida. En base a lo mencionado se puede concluir que las actividades de selección y triturado, procesan $8,14 \approx 8$ lotes con una lámina de madera plástica por un turno/día. Mientras que las tres actividades siguientes: mezcla, moldeado y compactado solo pueden procesar $3,08 \approx 3$ lotes con una lámina de madera plástica por un turno/día.

En la Tabla N° 21 índices de capacidad de producción, se presentan los datos tomados en el proceso y el cálculo de los índices de capacidad de producción.

4.1.2 Fase 2.- Medición de la capacidad del proceso

4.1.2.1 Índices de capacidad

4.1.2.2 Capacidad actual del proceso

Tabla N° 21.- Índices de Capacidad de producción (Corto plazo)

DATOS DE MUESTREO (variable tiempo de producción)	
N° de Muestra	Observaciones (Minutos)
1	216
2	224,6
3	228,8
4	222,3
5	232
2	223,9
7	211,5
8	212,8
9	219,8
10	211,4
11	211,8
12	220,9
13	215,3
14	231,2
15	226,2
16	214,5
17	215,1
18	218,4
19	219,7
20	219,2
21	217,4
22	205,2
23	207,9
24	225,2

25	217
26	218
27	229,2
28	229,7
29	222
30	229,9
31	214,7
32	209
33	219,7
34	223,1
35	205,9
36	225,6
37	223,9
38	221,4
39	228,4
40	228,2
41	213,2
42	229,8
43	209,9
44	206
45	219,7
46	203,6
47	229,5
48	229
49	217
50	210,3
SUMATORIA	10.964,80
MEDIA ($\bar{X}; \mu$)	219,30
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S)	7,80
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	7,73
LIMITES REALES DEL PROCESO	
$LRI = \mu - 3\sigma$ y $LRS = \mu + 3\sigma$ Indican de donde a donde varía la	

salida de un proceso (Gutiérrez y Salazar, 2013)	
LRI (Limite real inferior)	196,12
LRS (Limite real superior)	242,47
LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN	
Especificación inferior	190
Especificación superior	230
ÍNDICES DE CAPACIDAD (Corto plazo)	
<i>Cp</i>	0,91
<i>Cps</i>	0,49
<i>Cpi</i>	1,34
<i>Cpk</i>	0,49
<i>Cpm</i>	0,56

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°21 se muestra que el resultado obtenido en el índice de capacidad potencial (***Cp***) es <1 y en base a la Tabla N°1 valores de ***Cp*** y su interpretación, misma que fue extraída del libro (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 99), se determina que el ***Cp*** del proceso es de clase 3, lo que significa que no es adecuado para el trabajo y es necesario un análisis. Además, requiere de modificaciones serias para alcanzar una capacidad satisfactoria.

En cuanto al índice de capacidad real (***Cpk***) el cual toma en cuenta la variabilidad y el centrado del tiempo proceso se puede observar que es $<0,64$, este indicador define al proceso como clase 4, lo que significa que no es adecuado para el trabajo y requiere modificaciones.

El resultado del índice de Taguchi (***Cpm***) el cual considera la variabilidad del tiempo proceso en torno al valor nominal es <1 lo que significa que el proceso no cumple con las especificaciones ya sea por centrado o por exceso de variabilidad.

El resultado del índice de capacidad para la especificación superior (***Cps***) es menor a 1, lo que quiere decir que hay problemas en la parte superior (existen tiempos excesivos a lo

tolerado). Si se usa como referencia el Anexo N°9, dado que $Cps = 0,49$ entonces el porcentaje de tiempo mayor al estándar tolerado se encuentra entre 11,2070% y 6,6807%. En cuanto al índice de especificación inferior (Cpi) es importante destacar que no existen problemas ya que el $Cpi = 1,34$ es un número mayor a 1,25 se considera que el proceso cumple con el tiempo mínimo de producción.

A continuación, en la Figura N°15 informe de capacidad del proceso de madera plástica, se muestra la gráfica correspondiente al análisis de capacidad.

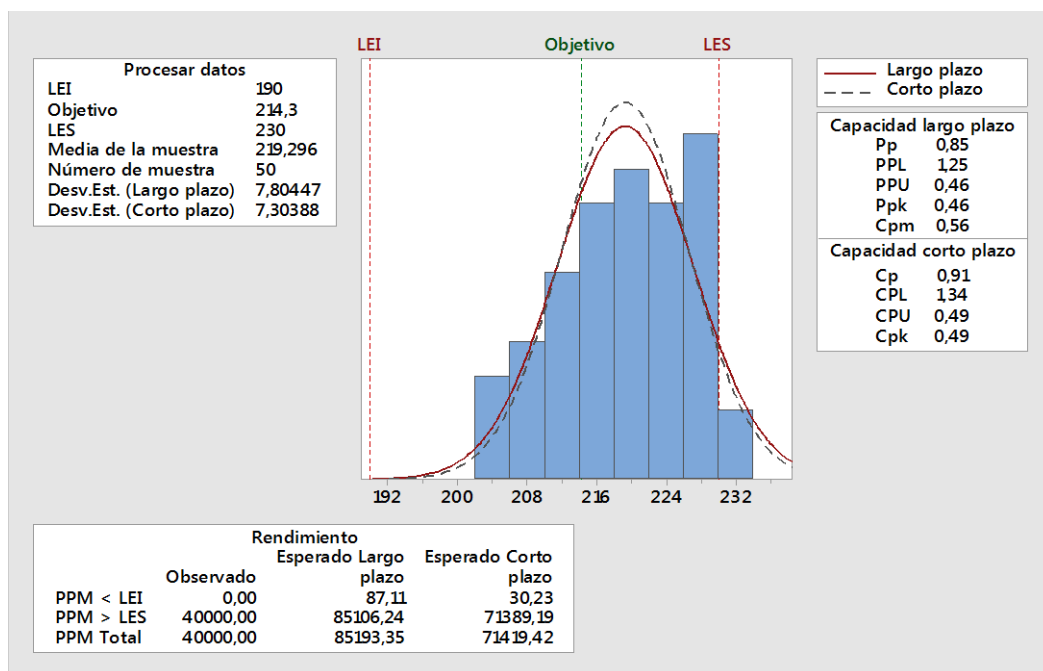


Figura N° 15.- Informe de Capacidad del proceso de madera plástica reciclada
Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la figura se puede observar que el proceso no es capaz ya que existen datos que se encuentran fuera de los límites tolerados. Además, indica que el proceso posee una capacidad general (Pp) de 0,85 el cual se encuentra por debajo de 1,33 lo que nos indica que no se está cumpliendo las especificaciones. Además, nos da como resultado de la capacidad potencial dentro del proceso (Ppk) un 0,46 que es menor a uno y nos indica que eventualmente se van a obtener datos fuera de la especificación del tiempo de producción.

Con la finalidad de respaldar toda la información presentada en la Figura N°16 informe del Capability Sixpack del proceso de madera plástica reciclada, se muestra las cartas de control (\bar{X} -R).

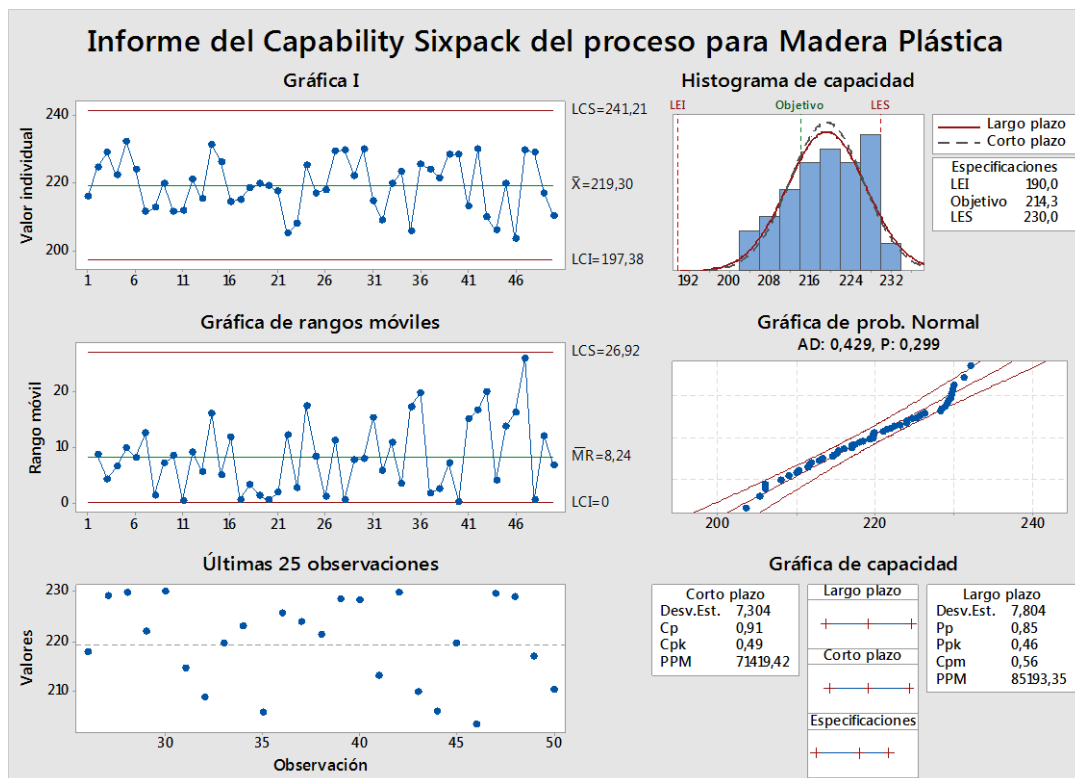


Figura N° 16.- Informe del Capability Sixpack del proceso de madera plástica reciclada
Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la figura se observan las cartas de control del proceso, además de la media y rango, mismos que indican la variación que existe en el proceso mas no la capacidad de respuesta a las especificaciones. El histograma que se encuentra al lado superior derecho es quien representa la capacidad del proceso el cual está ajustado a la curva de distribución normal donde se puede apreciar que el proceso está descentrado a la derecha del valor objetivo, por lo cual los índices de capacidad con respecto al límite de especificación superior son menores a uno.

4.1.2.3 Indicadores obtenidos en el análisis del proceso en función de la variable tiempo de producción

En la Tabla N°22 indicadores de capacidad inicial (variable tiempo de producción), se presenta el resumen de los indicadores de capacidad obtenidos en el proceso.

Tabla N° 22.- Indicadores de capacidad del proceso de producción de madera plástica reciclada

Capacidad actual del proceso	
Variable tiempo	
Indicador	Valor
<i>Cp</i>	0,91
<i>Cps</i>	0,49
<i>Cpi</i>	1,34
<i>Cpk</i>	0,49
<i>Cpm</i>	0,56

Elaborado por: Estefanía Pozo.

La Tabla N°22 muestra los resultados obtenidos en el proceso. A partir de esto, se puede determinar que la problemática radica en el índice *Cps* ya que al tener un valor menor a uno afecta directamente al índice *Cp, Cpk y Cpm* esto se debe a que existen tiempos en el proceso que sobrepasan el límite de especificación superior.

4.2 MEJORA DE CAPACIDAD PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS EN PROTOTIPOS DE MADERA PLÁSTICA

Partiendo del segundo objetivo a continuación, se desarrolla el análisis de la problemática mediante la aplicación de las herramientas 5W's y 1H y diagrama causa-efecto, luego se realiza la implementación de las mejoras de acuerdo a la planificación presentada y para finalizar se presenta las evidencias de cada una de las mejoras efectuadas.

4.2.1 Fase 3.- Análisis de la causa raíz

4.2.1.1 5W's y 1H

A continuación, en la Tabla N°23 se presenta el desarrollo de 5W's y 1H en el proceso de producción de madera plástica reciclada.

Tabla N° 23.- Desarrollo de 5 W y1 H en el proceso de producción de madera plástica reciclada

Nro.	5 W's y 1H	Respuesta
1	¿Por qué el tiempo estándar del proceso tiene alta variabilidad en el límite superior?	Porque, las actividades mezclado, moldeado y compactado no son capaces de responder a la capacidad de las actividades de selección y triturado de materia prima
2	¿Por qué las actividades de mezclado, moldeado y compactado tiene baja capacidad de respuesta?	Porque existe un molde no adecuado para las tres últimas actividades.
3	¿Por qué existe un molde no adecuado para las tres últimas actividades?	Porque no se cuenta con una cantidad adecuada de moldes, con alta capacidad de recepción.
4	¿Por qué no se cuenta con una cantidad adecuada de moldes, con alta capacidad de recepción?	Porque se mantiene el diseño y cantidad estándar del proceso.
5	¿Por se mantiene el diseño y cantidad estándar del proceso?	Porque falta rediseño y construcción de moldes adecuados.

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la tabla presentada se observa la identificación de la principal causa raíz del proceso de producción de madera plástica reciclada mediante 5 W's y 1H. Esta es que el tiempo estándar del proceso tiene alta variabilidad en el límite superior $Cps = 0,49$. Definiendo como causa raíz la falta rediseño y construcción de moldes adecuados. Esta causa se juntará con las causas raíces identificadas en el diagrama causa efecto.

4.2.1.2 Diagrama causa-efecto

En la Figura N°17 diagrama causa-efecto, se presentan las principales causas que generan los problemas de variabilidad e incumplimiento con la especificación de tiempo analizada.

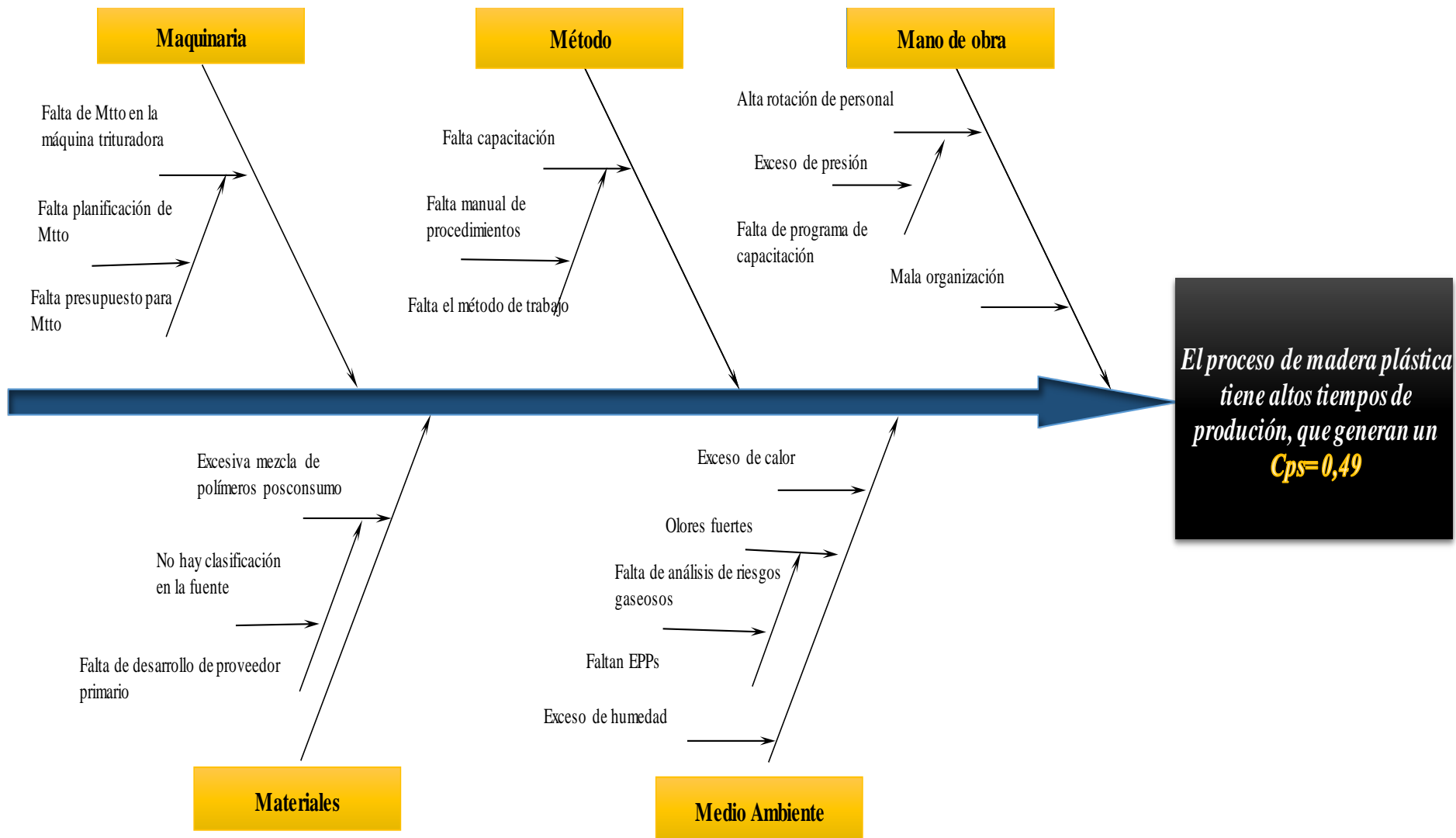


Figura N° 17.- Diagrama causa-efecto del proceso de producción de madera plástica.
Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la figura se pueden observar las principales causas que generan variabilidad, por ende, no cumplen con el tiempo de producción que se calculó en la fase 2. De las causas raíces identificadas, en la variabilidad de materiales tenemos la falta de desarrollo de proveedores primarios o de base. Esta no se resolverá en el proyecto, ya que esta por fuera de las fronteras de la organización. Por lo que se sugiere proyectos de desarrollo de proveedores para mitigarla. Las otras causas raíces incluida la del ejercicio 5 W's y 1H, con sus respectivos planes de acción se presenta en la tabla N°24.

Tabla N° 24.- Causas raíces vs. planes de acción del proceso de madera plástica reciclada.

Nro.	Causas Raíces	Planes de Acción
1	Falta presupuesto para Mantenimiento	Asignar presupuesto para mantenimiento Implementar mantenimiento
2	Falta método de trabajo	Elaborar procedimiento
3	Falta capacitación	Instruir procedimiento
4	Faltan EPPs	Comprar y dotar de EPPs
5	Falta rediseño y construcción de moldes adecuados.	Diseñar y construir nuevos moldes.

Elaborado por: Estefanía Pozo.

4.2.2 Fase 4.- Implementación de las mejoras

4.2.2.1 Planificación de la implementación

En la Tabla N°25 se presenta la matriz de planificación para la implementación de las mejoras. Que está definida dentro de tres meses donde los involucrados ejecutaron los planes de acción pertinentes.

Tabla N° 25.- Matriz de planificación para la implementación de mejoras.

Nro.	Planes de acción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Responsables
1	Asignar presupuesto para mantenimiento	X			Responsable de planta
2	Implementar mantenimiento	X	X		Responsables Mtto.
3	Elaborar procedimiento		X		Líder de grupo
4	Instruir procedimiento			X	Líder de grupo
5	Comprar EPPs	X			Responsable de planta
6	Dotar de EPPs		X		Líder de grupo
7	Diseño de nuevos moldes	X			Responsables Mtto.
8	Construcción de nuevos moldes		X		Responsables Mtto.

Elaborado por: Estefanía Pozo.

Partiendo de la tabla presentada se indica que se cumplieron los planes de acción planteados. Se implementó el mantenimiento en el molino húmedo, para mejorar su eficiencia en el triturado de polímeros posconsumo. Se elaboró e instruyó el procedimiento a todos lo involucrado del área de producción. Se dotó de EPPs adecuados para las actividades de moldeado y compactado. Y para finalizar se diseñaron y construyeron más moldes en base a la capacidad máxima tolerada del horno de moldeado. Con lo cual se logró incrementar 4 veces la capacidad de recepción de materia prima con respecto al anterior molde.

4.2.2.1.1 Descripción de las mejoras implementadas

A continuación, se presentan los cambios que se realizaron en la maquinaria y herramientas del proceso.

Fotografía N° 1.- Implementación de EPPs



Fotografía N° 2.- Mantenimiento de la máquina trituradora





Antes: Paso de agua y recubrimiento interno de la tolva dañados.



Después: paso de agua y recubrimiento interno de la tolva reparados.

Comentario: Antes la máquina trituradora de polímero tenía varios orificios por donde se filtraba el agua al momento de triturar, esto generaba humedad en ambiente y dificultaba el proceso.

Fotografía N° 3.- Cambio de moldes en el proceso



Antes

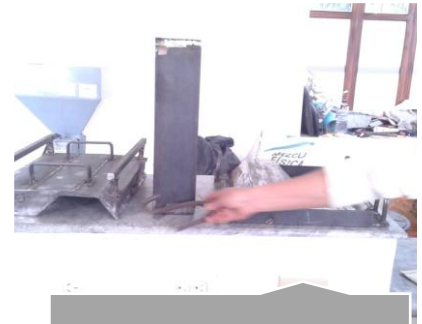
Fotografía N° 4.- Molde desmontable



Después: Base del molde 1.



Después: Tapa del molde 1.



Después: Cubierta del molde 1.

Comentario: El proceso contaba con un solo molde el cual generaba el cuello de botella en las actividades 3, 4 y 5 del proceso, además su estructura no era la adecuada, por lo cual la estructura de los nuevos moldes es desmontable, esto se realizó con la finalidad de facilitar la extracción del producto y los planos se encuentran en el Anexo N°15.

4.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC.

Para finalizar, en el tercer objetivo se ejecuta el control de las mejoras implementadas para esto se realiza un nuevo estudio trabajo, cálculo de índices de capacidad, grafica de control y la evaluación del antes y después de las mejoras implementadas.

4.3.1 Fase 5.- Control de mejoras

Y con la finalidad de identificar los efectos que han generado las mejoras implementadas en el proceso. A continuación, se presenta el estudio de tiempo de producción después de las respectivas modificaciones.

4.3.1.1 Diagrama de la actividad 1 Selección polímeros y fibra vegetal en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar

En la Tabla N°26 se muestra el cálculo del factor valoración para la actividad 1 (mejorado). Cabe mencionar que al resultado que se obtenga se le sumará o restará uno dependiendo del signo adquiera el resultado.

Tabla N° 26.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 1 (mejorado)

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad	B1	+0,11
Esfuerzo	C1	+0,05
Condiciones	C	+0,02
Consistencia	C	+0,01
Total		+0,19
Factor de Valoración		1,19

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°26 se establece que el Factor de Valoración (**FV**) después de las mejoras para esta actividad es 1,19. Este resultado se debe a que el factor de habilidad ahora tiene categoría **B1** ya que los operadores llevan tres meses realizando esta actividad y su trabajo se ha vuelto rítmico y coordinado, los factores de esfuerzo y condiciones se mantienen y el factor de consistencia pasó a tener categoría **C** ya que la variación de tiempo ha disminuido.

El cálculo de suplementos para esta actividad se mantiene y a continuación, en la Tabla N°27 se presenta el cálculo del número de observaciones para la actividad 1 (mejorado).

Tabla N° 27.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 1 (mejorado)

Selección polímeros y fibra vegetal														
Tarea	Observaciones (Min)										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Selección de polímero por color.	5,9	6,6	5,7	6,2	5,8	6,0	5,9	6,6	5,9	5,6	0,08	0,02	0,04	10
Preparación del polímero.	27,9	28,0	24,3	28,6	27,9	30,4	27,4	23,9	28,5	27,9	0,12	0,02	0,04	20
Almacenamiento del polímero.	2,4	2,4	2,1	2,7	2,1	2,3	2,1	2,5	2,3	2,2	0,13	0,02	0,04	10
Selección de fibras vegetales.	7,9	7,9	8,8	8,4	8,2	8,8	8,6	8,1	8,0	7,7	0,07	0,02	0,04	10
Almacenamiento de fibras seleccionadas.	1,5	1,5	1,4	1,9	1,6	1,5	1,8	1,6	2,0	1,7	0,18	0,02	0,04	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

A partir de la Tabla N°27 se determinó que el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es de 10 a 20 (Ver anexo N°8).

Símbolo	Tipo de Actividad	Sigla					Significado																
○	Operación	FV					Factor de Valoración																
⇒	Transporte	To					Tiempo Observado																
□	Demora	S					Suplementos																
▽	Inspección	TS					Tiempo estándar																
▽	Almacenamiento																						
Actividad 1.- Selección polímeros y fibra vegetal	N° Lote	SIMBOLO					Selección de polímeros por color					Actividad 1.- Selección polímeros y fibra vegetal	N° Lote	SIMBOLO					Selección de fibras por tipo				
Tarea 1.1. Selección de polímeros	Pasos	○	⇒	□	▽	Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS	Tarea 1.2. Selección de fibras	Pasos	○	⇒	□	▽	Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS		
1.1.1. Selección de polímero por color.	1.1.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.							1,19	1,02	1,13	1,37	1.2.1. Selección de fibras vegetales.	1.2.1.1. Encender banda transportadora.						2,61	1,19	0,59	1,13	0,79
	1.1.1.2. Encender banda transportadora.						2,61	1,19	0,72	1,13	0,96		1.2.1.2. Transportar las fibras al área de selección	2,55	1,19	0,14	1,13	0,18					
	1.1.1.3. Transportar los polímeros al área de selección.						2,55	1,19	0,20	1,13	0,27		1.2.1.3. Colocar fibras vegetales en banda transportadora.		1,19	1,44	1,13	1,93					
	1.1.1.4. Colocar polímeros reciclados en banda transportadora.							1,19	0,73	1,13	0,98		1.2.1.4. Clasificar fibras vegetales.		1,19	6,40	1,13	8,61					
	1.1.1.5. Clasificar polímeros reciclados por color.							1,19	2,50	1,13	3,36		1.2.1.5. Ubicar en contenedor de fibras vegetales clasificadas.		1,19	0,14	1,13	0,19					
	1.1.1.6. Apagar la banda transportadora.							1,19	0,10	1,13	0,13		1.2.2. Almacenamiento de fibras seleccionadas.	1.2.2.1. Calcular peso neto = peso bruto - peso del recipiente.		1,19	1,07	1,13	1,44				
	1.1.1.7. Almacenamiento temporal de polímero clasificado.						4	1,19	1,07	1,13	1,44			1.2.2.2. Registrar peso de fibras vegetales.	1,5	1,19	0,39	1,13	0,52				
1.1.2. Preparación del polímero.	1.1.2.1. Transportar los polímeros clasificados al área de corte.		7,5	1,19	0,46	1,13	0,62	1.2.2.3. Transportar al área de almacenamiento.	2,55	1,19	0,09	1,13	0,12										
	1.1.2.2. Retirar impurezas del polímero. (Tapas, etiquetas, sustancias líquidas y basuras, etc.)			1,19	13,37	1,13	17,98	1.2.2.4. Etiquetar con el peso y el tipo de fibra vegetal.		1,19	0,18	1,13	0,24										
	1.1.2.3. Realizar cortes transversales en polímero.			1,19	15,21	1,13	20,45	1.2.2.5. Almacenamiento de fibras vegetales seleccionadas.		1,19	-	1,13	-										
1.1.3. Almacenamiento del polímero.	1.1.3.1. Calcular peso neto = peso bruto - peso del recipiente.			1,19	0,83	1,13	1,12	Total					6	2	1	1	9,21	10,44	14,03				
	1.1.3.2. Registrar peso neto de polímeros cortados.		2,7	1,19	0,09	1,13	0,12																
	1.1.3.4. Etiquetar con peso y tipo de polímero.		2,7	1,19	0,22	1,13	0,30																
	1.1.3.5. Ubicar en área de almacenamiento.			1,19	1,29	1,13	1,73																
Total		9	1	1	2	1	22,06	37,8	50,86														

Figura N° 18.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 1 (mejorado)
Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Figura N°18 se muestra el diagrama de corrida y el cálculo de tiempo estandarizado en las dos tareas que se realizan en la actividad 1 y el resultado de la sumatoria de tiempos de la tarea 1.1. es de 58,86 minutos con un recorrido de 22,1 metros para seleccionar 2,64 kg de polímero, mientras que la tarea 1.2. tiene un tiempo total de 14,03 minutos con un recorrido de 9,21 metros para seleccionar 0,66 kg de fibra vegetal. En el Anexo N°10 se presenta el diagrama de Gantt con la secuencia de los pasos de esta actividad y sus predecesores por lo cual, se concluye que el tiempo ciclo es de 58,86 minutos debido a que las dos tareas se realizan simultáneamente. Cabe mencionar que el diagrama de Gantt para esta actividad se ha mantenido a pesar de las mejoras implementadas.

4.3.1.1.1 Diagrama de la actividad 2 Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar

En la Tabla N°28 se muestra el cálculo del factor valoración para la actividad 2 (mejorado). Cabe mencionar que al resultado que se obtenga se le sumará o restará uno dependiendo del signo adquiera el resultado.

Tabla N° 28.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 2 (mejorado)

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad	C1	+0,06
Esfuerzo	B1	+0,10
Condiciones	D	+0,02
Consistencia	C	+0,01
Total		+0,19
Factor de Valoración		1,19

Elaborado por: Estefanía Pozo.

La Tabla N°28 se muestra el Factor de Valoración (FV) después de las mejoras para esta actividad es 1,19. Este resultado se debe a que el factor de habilidad ahora tiene categoría **C1** ya que los operadores llevan tres meses realizando esta actividad y su trabajo es constante, el factor de esfuerzo se mantiene, el factor condición ahora tiene categoría **D** ya que el

mantenimiento realizado en la máquina trituradora de polímero disminuyó en gran parte la fuga de agua generando un ambiente adecuado y el factor de consistencia ha pasado de tener categoría C ya que la variación de tiempo ha disminuido.

El cálculo de suplementos para esta actividad se mantiene y a continuación, en la Tabla N°29 se presenta el cálculo del número de observaciones para la actividad 2 (mejorado).

Tabla N° 29.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 2 (mejorado)

Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal														
Tarea	Observaciones (Min)										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Arranque de máquina trituradora.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0,02	0,02	0,04	10
Trituración.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0,01	0,02	0,04	10
Preparación de escama.	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	0,00	0,02	0,04	10
Almacenamiento de escama.	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0,06	0,02	0,04	10
Arranque de máquina pulverizadora.	5	4	4	4	5	4	4	5	4	5	0,07	0,02	0,04	10
Pulverizar.	12	12	12	12	12	12	13	12	12	12	0,03	0,02	0,04	10
Preparación de fibras pulverizadas.	8	8	8	9	8	9	8	8	8	9	0,09	0,02	0,04	20
Almacenamiento de fibras pulverizadas	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0,11	0,02	0,04	

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°29 se determinó que el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es de 10 a 20 (Ver anexo N°8).

A continuación, en la Figura N°19 se muestra el diagrama de corrida y el cálculo de tiempo estandarizado para las dos tareas que se realizan en la actividad 2 y el resultado de la sumatoria de los tiempos de la tarea 2.1. es de 90,89 minutos con un recorrido de 26,81 metros para triturar 2,64 kg de polímero, mientras que la tarea 2.2. tiene un tiempo total de 18,5 minutos con un recorrido de 19 metros para pulverizar 0,66 kg de fibra vegetal. En el Anexo N°11 se presenta el diagrama de Gantt con la secuencia de pasos de esta actividad y sus predecesores con lo cual, se concluye que el tiempo ciclo es 90,89 minutos ya que las dos tareas se realizan simultáneamente. Cabe mencionar que el diagrama de Gantt para esta actividad se ha mantenido a pesar de las mejoras implementadas.

Símbolo		Tipo de Actividad		Sigla		Significado																											
○		Operación		FV		Factor de Valoración																											
⇒		Transporte		To		Tiempo Observado																											
D		Demora		S		Suplementos																											
□		Inspección		TS		Tiempo estándar																											
▽		Almacenamiento																															
Actividad 2.- Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal		N° Lote		SIMBOLO		Triturado de polimeros		Actividad 2.- Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal		N° Lote		SIMBOLO		Pulverizado de Fibras																			
Tarea 2.1. Triturado del polímeros		Pasos		○	⇒	D	□	▽	Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS	Tarea 2.2. Pulverizado de fibras vegetales		Pasos	○	⇒	D	□	▽	Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS							
2.1.1. Arranque de máquina trituradora.	2.1.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.			■							1,19	0,96	0,23	1,41	2.2.1. Arranque de máquina pulverizadora.	2.2.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.			■						1,19	0,40	1,23	1,06					
	2.1.1.2. Conectar a la red eléctrica máquina trituradora.															2.2.1.2. Seleccionar corriente trifásica en el tablero eléctrico.													4	1,19	0,48	1,23	1,27
	2.1.1.3. Encender máquina trituradora sin cargar la tolva (Vacío).															2.1.1.2. Conectar enchufe a la red eléctrica y encender.																	
	2.1.1.4. Abrir el paso de agua para el triturado húmedo.															2.2.2.1. Transportar desde el área de almacenamiento las fibras vegetales seleccionadas al área de pulverizado.													7,5	1,19	0,49	1,23	1,30
2.1.2. Trituración.	2.1.2.1. Transportar desde el almacenamiento el polímero seleccionado al área de triturado.			■						2,5	1,19	1,44	0,23	2,11	2.2.2. Pulverizar.	2.2.2.2. Ingresar las fibras vegetales en tolva y pulverizar.			■						1,19	2,25	1,23	5,97					
	2.1.2.2. Ingresar polímero en la tolva de la máquina trituradora.															2.2.2.3. Apagar maquina pulverizadora.													6	1,19	0,02	1,23	0,05
	2.1.2.3. Apagar la máquina trituradora.															2.2.2.4. Retirar fibras pulverizadas.																	
	2.1.2.4. Desconectar la máquina trituradora.															2.2.3.1. Tamizar fibras pulverizadas.													6	1,19	0,48	1,23	1,27
	2.1.2.5. Recolectar escama húmeda de la salida de la máquina trituradora.															2.2.3.2. Recolectar fibras vegetales pulverizadas en un contenedor.																	
2.1.3. Preparación de escama.	2.1.3.1. Transportar escama al área de secado.			■						5	1,19	1,08	0,23	1,58	2.2.5. Almacenamiento de fibras pulverizadas	2.2.5.1. Calcular peso neto = peso bruto - peso del recipiente.			■						1,19	0,17	1,23	0,45					
	2.1.3.2. Secado de escama a temperatura ambiente.															2.2.5.2. Registrar peso neto de fibras pulverizadas.														1,19	30,00	0,23	43,91
2.1.5.1. Calcular peso neto = peso bruto - peso del recipiente.		2.2.5.3. Etiquetar peso y tipo de fibra pulverizada.			1,19	1,25	0,23	1,83																									
2.1.5.2. Registrar peso neto de escama.		2.2.5.4. Transportar al área de almacenamiento.							1,5	1,19	0,12	0,23	0,18																				
2.1.5.3. Etiquetar peso y tipo de escama.		Total		13	1	2	1	19,00						6,97		18,5																	
2.1.5.4. Transportar al área de almacenamiento.		Total							16	2	2	1	1		26,81		62,12	90,93															

Figura N° 19.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 2 (mejorado)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

4.3.1.1.2 Diagrama de la actividad 3 Mezcla de compuestos en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar

En la actividad 3 el **FV** y suplementos se mantiene debido a que los cambios realizados no han modificado el ritmo de trabajo ni las condiciones en las que se desarrolla la actividad.

A continuación, en la Tabla N°30 se presenta el cálculo del número de observaciones para la actividad 3 (mejorado).

Tabla N° 30.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 3 (mejorado)

Mezcla de compuestos														
Tarea	Observaciones (Min)										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Preparación de la mezcla.	13,6	13,5	13,6	13,5	13,5	13,6	13,6	13,6	13,5	13,6	0,01	0,02	0,04	10
Mezclado.	8,4	8,5	8,5	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,5	8,5	0,00	0,02	0,04	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

A partir de la Tabla N°30 se determinó que el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es 10 (Ver anexo N°8).

A continuación, en la Figura N°20 se muestra el diagrama de corrida y el cálculo de tiempo estandarizado para cada paso de la actividad 3, y la sumatoria de tiempos es de 25,2 minutos con un recorrido de 21 metros en los cuales se realiza la mezcla para un molde, cabe mencionar que el tiempo de esta actividad no depende del tipo de prototipo a realizar, por lo cual el tiempo estandarizado para cualquiera de los dos prototipos es el mismo.

Al contrario de la actividad 1 y 2 en esta etapa se separa el proceso para los dos moldes debido a que ahora existen operaciones que se realizan simultáneamente con la actividad 4 y 5 por lo cual en el Anexo N°16 se presenta el diagrama de Gantt con los pasos de estas tres actividades y sus predecesores.

Símbolo	Tipo de Actividad	SIGLA					Significado				
○	Operación						FV				
→	Transporte						To				
D	Demora						S				
□	Inspección						TS				
▽	Almacenamiento										
Actividad 3.- Mezcla de compuestos	N° Lote	SIMBOLO					Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS
Tarea	Pasos	○	→	D	□	▽					
3.1. Preparación de la mezcla.	3.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.				■			1,04	0,96	1,1	1,1
	3.1.2. Determinar el tipo de mezcla.	●					4,1	1,04	1,64	1,1	1,9
	3.1.3. Calcular los requerimientos en base al molde y espesor del prototipo que se desea realizar.				■			1,04	1,64	1,1	1,9
	3.1.4. Pesar la cantidad de escama de acuerdo con el requerimiento de la mezcla.	●					4,5	1,04	4,66	1,1	5,3
	3.1.5. Pesar la cantidad de fibras pulverizadas (aditivos) de acuerdo con el requerimiento de la mezcla.	●					5,7	1,04	4,66	1,1	5,3
3.2. Mezclado.	3.2.1. Transportar los componentes para la mezcla al área de moldeado.		→				7,5	1,04	0,09	1,1	0,1
	3.2.2. Colocar los componentes de manera uniforme dentro del molde.	●						1,04	8,34	1,1	9,5
Total		4	1	-	2	-	21,8		22,0		25,2

Figura N° 20.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 3 (mejorado)
Elaborado por: Estefanía Pozo.

4.3.1.1.3 Diagrama de la actividad 4 Fundición de los compuestos en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar

En la actividad 4 el **FV** y suplementos se mantiene debido a que los cambios realizados no han modificado el ritmo de trabajo ni las condiciones en las que se desarrolla la actividad. Además, los datos tomados en la descripción del proceso actual indicaban que la variabilidad de los datos en esta actividad es considerablemente baja.

A continuación, en la Figura N°21 se muestra el diagrama de corrida para esta actividad y el cálculo de tiempo estandarizado para cada paso de la actividad 4, y la sumatoria de tiempos es de 49,64 minutos con un recorrido de 21 metros en los cuales se realiza un molde, cabe mencionar que el tiempo de esta actividad no depende del tipo de prototipo a realizar, por lo cual el tiempo estandarizado para cualquiera de los dos prototipos es el mismo.

Al igual que en la actividad 3, en esta etapa se separa el proceso para los dos moldes debido a que ahora existen pasos que se realizan simultáneamente con la actividad 3 y 5 por lo cual en el Anexo N°16 se presenta el diagrama de Gantt con los pasos de estas tres actividades y sus predecesores.

Símbolo	Tipo de Actividad	Sigla
○	Operación	
⇒	Transporte	FV
D	Demora	To
□	Inspección	S
▽	Almacenamiento	TS

Actividad 4.- Fundición de los compuestos	N° Lote	SIMBOLO					Distancia (m)
Tarea	Pasos	○	⇒	D	□	▽	
4.1. Preparación del horno.	4.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.						
	4.1.2. Conectar la válvula del horno al cilindro de gas.	●					10,5
	4.1.3. Encender el horno.	●					
	4.1.4. Regular la temperatura.						
4.2. Moldeado.	4.2.1. Ingresar el molde.	●					1,5
	4.2.2. Cerrar todas las puertas del horno.	●					
	4.2.3. Controlar la temperatura cada 5 min (hasta alcanzar 175°C +5).						
	4.2.4. Apagar el horno.	●					
	4.2.5. Retirar el molde.	●					
	4.2.6. Transportar al área de prensado.		⇒				2
Total		6	1	1	2		14

Figura N° 21.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 4 (mejorado)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

4.3.1.1.4 Diagrama de la actividad 5 Prensado del material en función de las actividades y cálculo del tiempo estándar

En la Tabla N°31 se muestra el cálculo del factor valoración para la actividad 5 (mejorado). Cabe mencionar que al resultado que se obtenga se le sumará o restará uno dependiendo del signo adquiera el resultado.

Tabla N° 31.- Cálculo del factor de valoración para la actividad 5 (mejorado)

Factor	Categoría	Porcentaje
Habilidad	C2	+0,03
Esfuerzo	C2	+0,02
Condiciones	C	+0,02
Consistencia	C	+0,01
Total		+0,08
Factor de Valoración		1,08

Elaborado por: Estefanía Pozo.

El **FV** obtenido en la Tabla N°31 después de las mejoras para esta actividad es de 1,08. Esto es debido a que el factor de habilidad ahora tiene categoría **C2** gracias a que la estructura de los nuevos moldes es adecuada para el proceso ya no existen problemas al realizar esta actividad, el factor de esfuerzo se mantiene en categoría **C2**, el factor condición tiene categoría **C** ya la implementación de los nuevos moldes han logrado mejorar el desarrollo de esta actividad y el factor de consistencia tiene categoría **C** ya que la variabilidad de tiempos en esta actividad ha disminuido.

El cálculo de suplementos para esta actividad se mantiene y a continuación, en la Tabla N°32 se presenta el cálculo del número de observaciones para la actividad 5 (mejorado).

Tabla N° 32.- Cálculo del número de observaciones para la actividad 5 (mejorado)

Prensado del material														
Tarea	Observaciones (Min)										B	Riesgo	Error	Observaciones necesarias
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Preparación de la prensa	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6	1,6	1,9	2,0	0,11	0,02	0,04	20
Compactado	45,1	45,1	45,2	45,1	45,3	45,2	45,3	45,1	45,2	45,2	0,00	0,02	0,04	10
Extracción del prototipo.	12,2	12,3	12,1	12,4	12,8	12,6	13,4	12,4	12,4	13,3	0,05	0,02	0,04	10

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°32 se muestra el número de observaciones necesarias para realizar el cálculo de tiempo normal en esta actividad es de 10 a 20 mediciones (Ver anexo N°8).

A continuación, en la Figura N°22 se muestra el diagrama de corrida para esta actividad y el cálculo de tiempo estandarizado.

Símbolo		Tipo de Actividad		Sigla		Significado					
○		Operación		FV		Factor de Valoración					
→		Transporte		To		Tiempo Observado					
D		Demora		S		Suplementos					
□		Inspección		TS		Tiempo estandar					
▽		Almacenamiento									
Actividad 5.- Prensado del material	N° Lote	SIMBOLO					Distancia (m)	FV	To (min)	S	TS
Tarea	Pasos	○	→	D	□	▽					
5.1. Preparación de la prensa	5.1.1. Verificar que todo el personal tenga el EPP.							1,08	0,29	1,15	0,36
	5.1.2. Colocar el molde en la base de la prensa	●						1,08	0,58	1,15	0,72
	5.1.3. Tapar el molde	●						1,08	0,51	1,15	0,64
	5.1.4. Colocar la gata hidráulica sobre el molde	●					1	1,08	0,16	1,15	0,20
	5.1.5. Encajar la gata hidráulica con la prensa	●					1	1,08	0,59	1,15	0,73
5.2. Compactado	5.2.1. Aplicar presión sobre el molde	●						1,08	0,10	1,15	0,12
	5.2.2. Compactar			■				1,08	40,50	1,15	50,30
	5.2.3. Bajar la presión de la gata hidráulica	●						1,08	0,01	1,15	0,02
5.3. Extracción del prototipo.	5.3.1. Retirar la gata hidráulica.	●					1	1,08	0,02	1,15	3,00
	5.3.2. Retirar el molde de la prensa.	●					1	1,08	0,02	1,15	0,02
	5.3.3. Transportar el molde al área de descompactado.		→				11	1,08	0,02	1,15	0,02
	5.3.4. Retirar la tapa del molde.	●						1,08	3,43	1,15	4,26
	5.3.5. Retirar el prototipo del molde.	●						1,08	1,30	1,15	1,61
	5.3.6. Limpiar y retirar las rebabas del prototipo.	●					11	1,08	1,48	1,15	1,84
	5.3.7. Transportar al área de almacenamiento de producto terminado.					▽	1	1,08	0,11	1,15	0,13
Total		11	1	1	1	1	27		49,12		69,57

Figura N° 22.- Cálculo del tiempo estándar para la actividad 5 (mejorado)
Elaborado por: Estefanía Pozo.

El diagrama presentado en la figura muestra los tiempos estandarizados para cada paso de la actividad 5, y la sumatoria de tiempos es de 69,57 minutos con un recorrido de 27 metros en los cuales se realiza el compactado para un molde, cabe mencionar que el tiempo de esta actividad no depende del tipo de prototipo a realizar, por lo cual el tiempo estandarizado para cualquiera de los dos prototipos es el mismo.

Al igual que en la actividad 4, en esta etapa se separa el proceso para los dos moldes debido a que ahora existen pasos que se realizan simultáneamente con la actividad 3 y 4 por lo cual en el AnexoN°16 se presenta el diagrama de Gantt con los pasos de estas tres actividades y sus predecesores.

4.3.1.2 Tiempo de producción (mejorado)

En la Figura N°23 se presentan el tiempo de producción después de la implementación de las mejoras. En la secuencia de tiempos estandarizados por actividades del proceso de elaboración, mediante diagrama de Gantt.

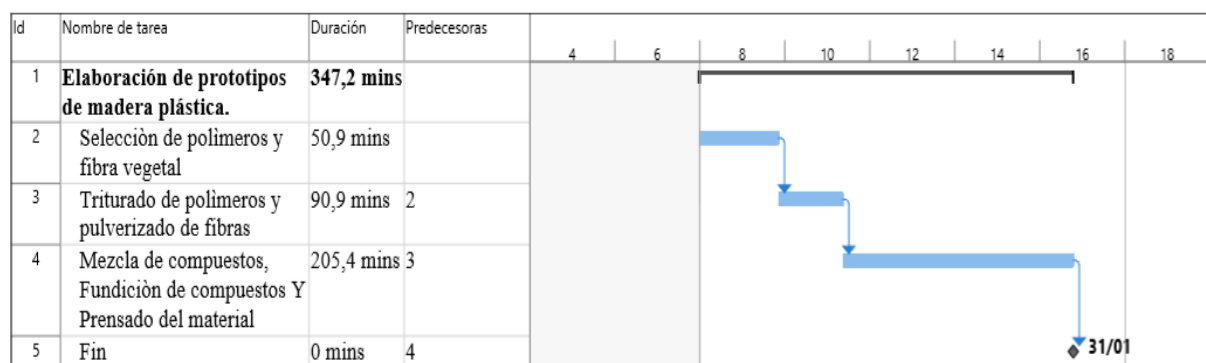


Figura N° 23.- Secuencia de tiempos estandarizados por actividades del proceso de elaboración después de las mejoras.

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la figura se muestra que el nuevo tiempo de producción del proceso es de 347,2 min para producir dos láminas de madera plástica. Este nuevo tiempo se compone de: 50,9 min. para selección de materia prima (polímeros y fibra vegetal), 99,9 min. para triturado y pulverizado y 205,4 min. para mezcla, fundición y prensado de compuestos. En las últimas actividades radica la mejora ya que al disponer mayor cantidad de moldes disminuye el tiempo de espera. Y las tres últimas actividades actúan secuencialmente produciendo dos láminas de madera plástica, 63% más grandes que la anterior. Esto se traduce en una mejora del 19% en tiempo de producción. En base a los nuevos tiempos de producción se puede decir que las actividades de selección y trituración elaboran $3,38 \approx 3$ lotes de producción con 2 láminas de madera plástica por un turno/día. Mientras que las tres actividades siguientes;

mezcla, fundición y prensado procesan $2,33 \approx 2$ lotes de producción con 2 láminas de madera plástica por un turno/día.

4.3.1.3 Índices de capacidad

4.3.1.3.1 Capacidad del proceso (variable tiempo-mejorada)

En la Tabla N°33 índices de capacidad de producción (Corto Plazo mejorado), se presentan los datos tomados en el proceso y el cálculo de los índices de capacidad de producción.

Tabla N° 33.- Índices de Capacidad de producción (Corto plazo mejorado)

DATOS DE MUESTREO (variable tiempo de producción)	
N° de Muestra	Observaciones (Minutos)
1	362,9
2	353,4
3	351,8
4	349,3
5	343,2
6	356
7	344,5
8	346,3
9	345,3
10	343,4
11	333,8
12	357,9
13	355,8
14	349,9
15	340,5
16	356,5
17	355
18	348,4
19	345,7
20	346,2

21	348,7
22	353,1
23	338,9
24	348,1
25	348,2
26	337
27	352,2
28	344,7
29	351
30	352,9
31	351,7
32	343,2
33	346,7
34	350,1
35	341
36	349,5
37	345
38	341,4
39	350,7
40	353,2
41	357,3
42	359,8
43	344,9
44	354,3
45	340,7
46	353,2
47	349,5
48	357,5
49	346,4
50	350,3
SUMATORIA	17.447,00
MEDIA ($\bar{X}; \mu$)	348,94

DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S)	6,12
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	6,05
LIMITES REALES DEL PROCESO	
$LRI = \mu - 3\sigma$ y $LRS = \mu + 3\sigma$ Indican de donde a donde varía la salida de un proceso (Gutiérrez y Salazar, 2013).	
LRI (Limite real inferior)	330,78
LRS (Limite real superior)	367,10
LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN	
Especificación inferior	327
Especificación superior	367
ÍNDICES DE CAPACIDAD (Corto plazo)	
Cp	1,09
Cps	0,99
Cpi	1,20
Cpk	0,99
Cpm	1,04

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°33 se muestra que el resultado obtenido en el índice de capacidad potencial (Cp) es >1 y en base a la Tabla N°1 valores de Cp y su interpretación, misma que fue extraída del libro (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 99), se determina que el índice Cp del proceso ahora es clase 2, lo que significa que es parcialmente adecuado y requiere de control estricto.

En cuanto a la capacidad real del proceso (Cpk) el cual toma en cuenta la variabilidad y el centrado del tiempo proceso se puede observar que es <1 , lo que define que el proceso como clase 3.

El resultado del índice de Taguchi (Cpm) el cual considera la variabilidad del tiempo proceso en torno al valor nominal es >1 lo que significa que el proceso cumple con las

especificaciones y la media se encuentra dentro de la tercera parte central de la banda de especificaciones.

El resultado obtenido en el índice de capacidad para la especificación superior (**Cps**) mejoró, sin embargo, sigue siendo menor que 1, lo que quiere decir que aun ocurren problemas en la parte superior (existen tiempos excesivos a lo tolerado). Si se usa como referencia el Anexo N°9, dado que **Cps = 0,99** entonces el porcentaje de tiempo mayor al estándar tolerado se encuentra entre 03467% y 0,1350%. En cuanto al índice de especificación inferior (**Cpi**) es importante destacar que a pesar de haber disminuido sigue cumpliendo con la especificación de tiempo mínimo.

A continuación, en la Figura N°24 informe de capacidad del proceso de madera plástica (mejorado), se muestra la gráfica correspondiente al análisis de capacidad.

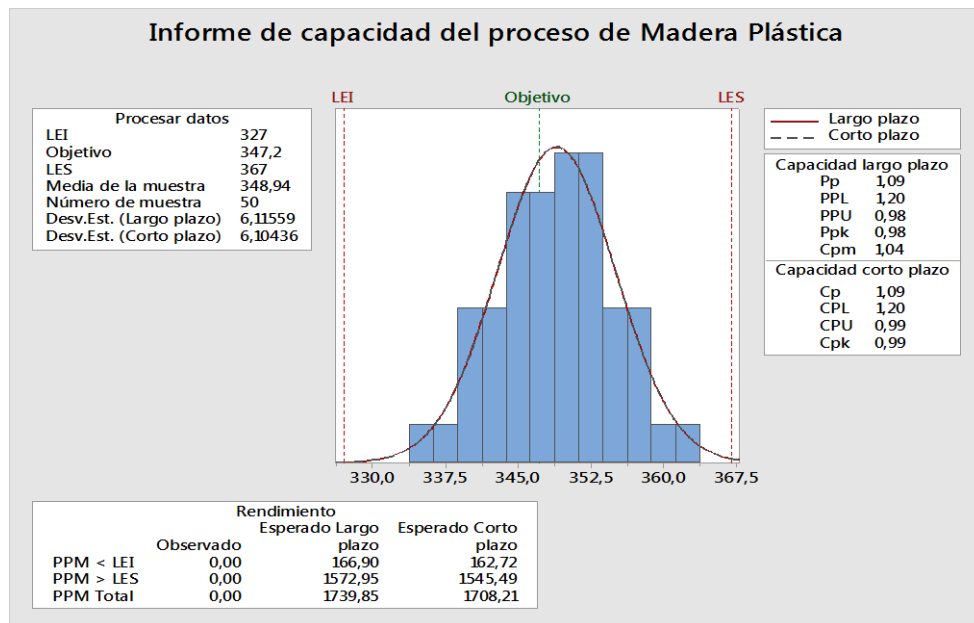


Figura N° 24.- Informe de Capacidad del proceso de Madera Plástica (mejorado)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

A partir de la Figura N° 24 se determina que el proceso no es capaz ya que existen datos que no se encuentran dentro de los límites de especificación. Además, indica que el proceso

ahora posee una capacidad general (Pp) de 1,09 el cual se ha mejorado, sin embargo, aún se encuentra por debajo de 1,33 lo que nos indica que no se está cumpliendo las especificaciones. Además, el resultado de la capacidad potencial dentro del proceso (Ppk) es de 0,98 que es menor a uno y nos indica que eventualmente se van a obtener datos fuera de las especificaciones del proceso.

Con la finalidad de respaldar toda la información presentada en la Figura N°25 informe del Capability Sixpack del proceso para Madera plástica (mejorado), se muestra las cartas de control de la capacidad del proceso.

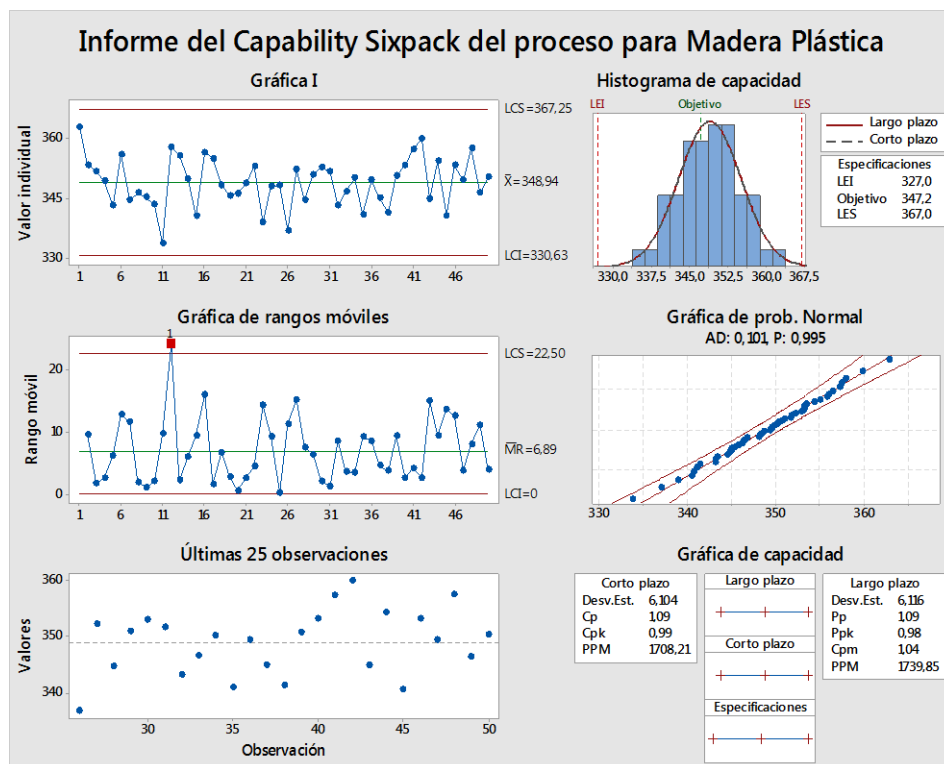


Figura N° 25.- Informe del Capability Sixpack del proceso de Madera plástica (mejorado)
Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la gráfica se observan las cartas de control del proceso, además de la media y rango, mismos que indican la variación que existe en el proceso mas no la capacidad de respuesta a las especificaciones.

El histograma que se encuentra al lado superior derecho es quien representa la capacidad del proceso el cual está ajustado a la curva de distribución normal donde se puede apreciar

que el proceso ha mejorado, pero aún está descentrado a la derecha del valor objetivo, por lo cual los índices de capacidad con respecto al límite de especificación superior son menores a uno.

4.3.1.4 Gráficas de control

Con la finalidad de mantener las mejoras implementadas se aplicará un monitoreo al proceso cada mes y acorde a los resultados obtenidos se identificarán posibles oportunidades de mejora. A continuación, en la Figura N°26 se presenta el Gráfico X_R del proceso de madera plástica, ya que por medio de esta herramienta el proceso será monitoreado para las posibles variaciones en el tiempo de producción.

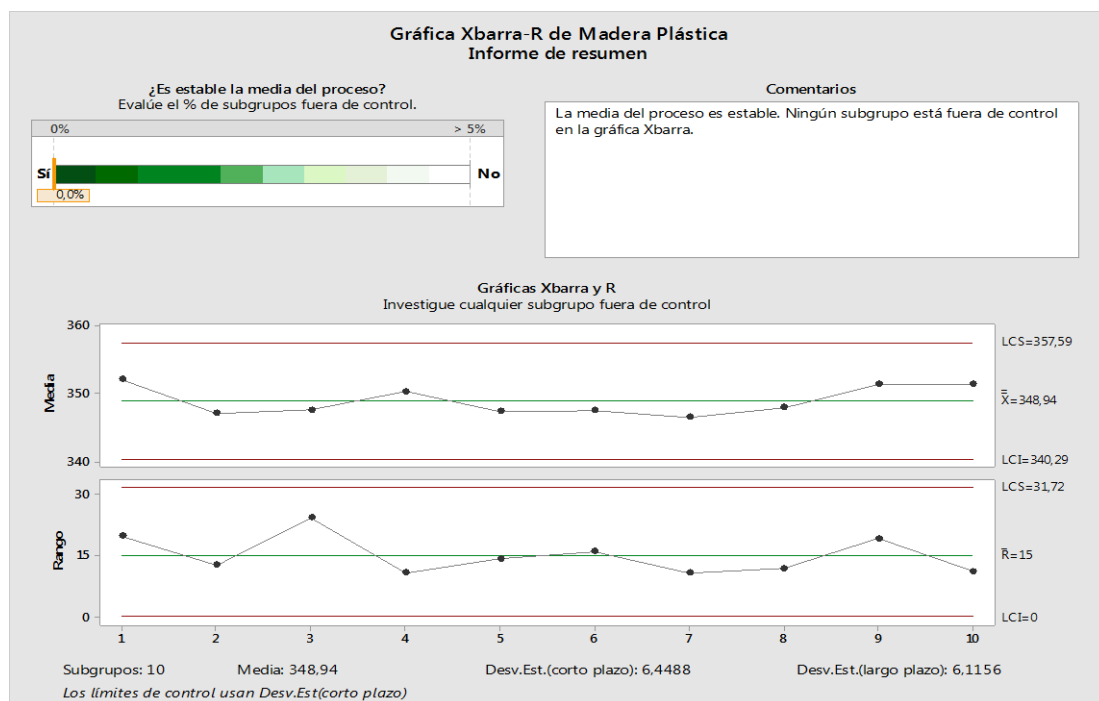


Figura N° 26.- Gráfico X_R del proceso de madera plástica
Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la figura se muestran los datos obtenidos después de las mejoras, y se puede observar que el tiempo de producción se encuentra dentro de $LCS = 357,59$; $LCI = 440,29$ con una media de 348,94, lo que significa que los tiempos en la producción se mantienen relativamente similares con el objetivo planteado que es de 347,2 por ende la media del

proceso es estable. Si estos parámetros llegaran a variar el uso de esta herramienta permitirá identificar cuando y porque se generaron los cambios en el proceso.

4.3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El análisis y discusión de las mejoras, se realizará a partir de cuadros comparativos del antes y después de la implementación de la metodología DMAIC.

A continuación, en la Tabla N°34 se presentan los factores del antes y después de las mejoras en el proceso de producción de madera plástica.

Tabla N° 34.- Producción antes y después de las mejoras

Factores	Antes	Después
Tiempo de producción (min)	214,3	173,6
Unidades/Lote	1	2 (63% más grande)
Producción / Turno	3	4
Molde	1	2 (63% más grandes)
Falta de mantenimiento	—	Mantenimiento realizado
Falta de procedimientos	—	Procedimientos definidos
Falta de capacitación	—	Capacitación
Falta EPPs	—	Dotación de EPPs

Elaborado por: Estefanía Pozo.

Partiendo de la tabla presentada se pueden concluir los resultados después de la implementación de mejoras y estos son:

- El tiempo de producción disminuyó de 214,3 minutos a 173,4 minutos por cada unidad.
- El lote de producción ahora está compuesto de dos unidades.
- La capacidad de producción durante un turno/día paso de 3 a 4 láminas de madera plástica reciclada con un tamaño 63% mayor a la anterior

- Se realizó mantenimiento en la máquina trituradora
- Ahora los procedimientos del proceso se encuentran definidos
- Se cumple con la capacitación a los involucrados.

Con respecto a los índices de capacidad del proceso en la Tabla N° 35 se presenta el resumen de indicadores del antes y después de las mejoras.

Tabla N° 35.- Resumen total de indicadores del antes y después de las mejoras

Capacidad del proceso antes de las mejoras		Capacidad del proceso después de las mejoras	
Variable tiempo		Variable tiempo	
Indicador	Valor	Indicador	Valor
<i>Cp</i>	0,91	<i>Cp</i>	1,09
<i>Cps</i>	0,49	<i>Cps</i>	0,99
<i>Cpi</i>	1,34	<i>Cpi</i>	1,20
<i>Cpk</i>	0,49	<i>Cpk</i>	0,99
<i>Cpm</i>	0,56	<i>Cpm</i>	1,04

Elaborado por: Estefanía Pozo.

En la Tabla N°35 se indica que gracias a la aplicación de la metodología Six Sigma DMAIC el índice ***Cp*** aumento un 0,18 y ahora este indicador posee un valor >1. El cual determina que el proceso ahora es capaz de realizar su producción en el tiempo de producción establecido. Sin embargo, para lograrlo se requiere de un control estricto ya que aún existe variabilidad en los datos obtenidos. Con respecto al índice ***Cpk*** también existe una mejora ya que se incrementó 0,50 lo que indica que la variabilidad y centrado del proceso ha mejorado. El índice ***Cpm*** el cual considera las condiciones del proceso para cumplir con el objetivo planteado mejoro 0,48 y el resultado del índice ***Cps*** aún se encuentra < 1. Sin embargo, es importante mencionar que este indicador pasó de 0,49 a 0,99 lo que indica que la variabilidad en el límite de especificación superior disminuyó considerablemente. El índice de especificación inferior ***Cpi*** a pesar de haber disminuido aún se mantiene >1 lo que indica que el proceso cumple con el de tiempo mínimo de producción.

CONCLUSIONES

- La elaboración del proceso que interviene en la transformación de polímeros reciclados en prototipos de madera plástica determinó 5 macro actividades y estas son: selección de polímeros y fibra vegetal, triturado de polímeros y pulverización de la fibra vegetal, mezcla de los compuestos y fibra, fundición de los compuestos y prensado del material; esto ayudó con el desarrollo del estudio de trabajo mismo que aportó con el tiempo de producción y el cálculo de los índices de capacidad.
- El análisis de los resultados obtenidos del antes y después del proceso concluye que el índice de capacidad superior mejoró pasando de 0,49 a 0,99. Sin embargo, no se encuentra dentro de los límites establecidos ya que es menor <1 . Esto se debe a que aún existe desconocimiento del método de trabajo y en la operación de la maquinaria por parte de operarios nuevos.
- El estudio de tiempo realizado antes de la implementación de la metodología DMAIC determinó un tiempo de producción de 214,3 minutos para realizar una lámina de madera plástica con capacidad de 0,75 kg de materia prima, debido a esto que solo se podía elaborar 3 productos durante una jornada laboral. Con la implementación de DMAIC el tiempo de producción es de 347,2 minutos para realizar dos láminas con capacidad de 3,3 kg (63% más grande), lo que indica que el tiempo de proceso disminuyó un 19% y ahora se realizan 4 productos durante la jornada laboral indicando un incremento del 25% en su volumen de producción.

RECOMENDACIONES

- Con la elaboración del proceso de producción se logró identificar que no existe ningún control de calidad en dentro del proceso por lo cual se generan varios reprocesos en la actividad de triturado y fundición de compuestos. Se recomienda implementar puestos de control en estas dos actividades con la finalidad de que los tiempos no excedan lo establecido y se puedan mantener las mejoras.
- Además, se recomienda que en el proceso exista un supervisor que controle el cumplimiento de los procedimientos.
- Para evitar la variabilidad excesiva con respecto al tiempo de producción y se mantengan los índices de capacidad después de las mejoras implementadas, se recomienda capacitar e informar a los usuarios del proceso de los beneficios de realizar una producción ordenada y siguiendo la metodología ya que esto evitara reprocesos y garantizara el cumplimiento del tiempo objetivo establecido.
- Es recomendable elaborar cartas de control periódicamente que registren los cambios en la media y rango del proceso, para así identificar donde y cuando existen variaciones.
- La aplicación de la metodología DMAIC para cualquier tipo de organización es de gran utilidad ya que permite realizar un análisis exhaustivo del proceso y de esta manera poder identificar posibles oportunidades de mejora.

BIBLIOGRAFÍA

- Albán, A. (18 de Enero de 2019). *Elaoración de madera plástica a partir de polímeros post-consumo*. Obtenido de Repositorio Digital UTN: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8868/1/04%20IND%20144%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- ASEPLAS. (27 de Febrero de 2018). *Clúser Plástico JM*. Obtenido de <http://plastico.ebizzor.com/madera-plastica-en-ecuador/>
- Bermudez y Millán, A. R. (Agosto de 2013). *Repository EAN*. Obtenido de <http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/5825/BermudezAngelica2013.pdf?jsessionid=AF318AFD9D9D8815B6CC72AA30782004?sequence=1>
- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad*. Mexico: PEARSON.
- Borrás, C. (2017). *Ecologia Verde* . Obtenido de [//www.ecologiaverde.com/cuanto-se-recicla-en-el-mundo-590.html](http://www.ecologiaverde.com/cuanto-se-recicla-en-el-mundo-590.html)
- Cabrera, O. A. (25 de Octubre de 2012). *Repositorio Universidad Nacional de Loja*. Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20482/1/JAIME%20TIGRE-ilovepdf-compressed.pdf>
- Carvanagh R, N. R. (2014). *Las Claves Practicas de Seis Sigma* . España: MacGrawhill.
- Chase & Jacobs, R. B. (2014). *Administración de Operaciones (Produccion y cadena de suministros)*. México: F.T.S.A de C.V.
- Criollo, R. G. (2007). *Estudio del Trabajo*. México: Mc Gran Hill.
- Cruz, A. (Agosto de 2016). *Repositorio Digital EPN*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16609/1/CD-7242.pdf>
- Gijo, E. V., Scaria, J., & Jiju, A. (May de 2011). Application of Six Sigma Methodology to Reduce Defects of a Grinding Process. *Quality and Reliability Engineering International*, 1221-1234.
- Gupta, V., Jain, R., Meena, M. L., & Dangayach, G. S. (2018). Six-sigma application in tire-manufacturing company: a case study. *CrossMark*, 511-520.

- Gusmán, E. A. (20 de Marzo de 2015). *Repositorio Digital*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4340>
- Gutiérrez y Salazar, H. P. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México: Mexicana.
- Guzmán, J. T. (10 de Junio de 2018). *La madera plástica es una futura opción para las construcciones*. Obtenido de <https://www.itelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/madera-plastica-construccion-ecuador>
- Heinke, H. G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. (P. E. Vázquez, Editor, & I. Zucker, Productor) Obtenido de Books: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ToQmAKnPpzIC&oi=fnd&pg=PR16&dq=contaminación+ambiental&ots=Gu8bB2K9wL&sig=WyZ39M3FZEtxnuAXorBhpTPCGOM#v=onepage&q=contaminación%20ambiental&f=false>
- INEC. (2017). *Estadística de Información*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Presentacion%20Residuos%20Solidos%202016%20F.pdf
- INEC. (2017). *Estadística de Información*. Recuperado el 2018, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Presentacion%20Residuos%20Solidos%202016%20F.pdf
- Livia, W. P. (07 de 2015). *Ecoediciones*. Obtenido de <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/07/Estrategias-ambientales-de-las-3R-a-las-10-R-1ra-Edición.pdf>
- Matute, C. R. (8 de Febrero de 2017). *Repositorio Digital*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6148>
- Mazur, G. H. (2014). *QFD Institute*. Obtenido de Adelco: <https://www.aiteco.com/despliegue-de-la-voz-del-cliente-qfd/>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Análisis de la industria y Demanda de plástico PET. *Reciclaje Inclusivo y Recicladores de Base en el Ecuador*, 1(1), 29-69.

- Moya, C., Poblete, H., & Valenzuela, L. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de compuestos de polietileno reciclado y harina de corteza y madera de *Pinus radiata* fabricados mediante moldeo por inyección. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 14 (1), 13-29.
- NTE INEN 2841. (03 de 2014). *NTE INEN*. Obtenido de DOCPLAYER: <https://docplayer.es/5755214-Nte-inen-2841-2014-03.html>
- Ocampo y Pavón, J. R. (23 de Julio de 2013). *Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexim*. Obtenido de LACCEI: <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>
- Pastor, R. t. (2011). *Scielo*. Obtenido de Revista Perspectivas: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rp/n28/n28a02.pdf>
- Ponsa, X. P. (Junio de 2015). *Repositorio UVIC*. Obtenido de Escuela Politécnica Superior : http://repositori.uvic.cat/bitstream/handle/10854/4096/trealu_a2015_pellegero_xavier_aplicacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Purnama, D. A., Shinta, R. C., & Helia, V. N. (2018). Quality improvements on creative industry by using Six Sigma: a study case. *MATEC Web of Conferences*, 1-6.
- Rana, P., & Kaushik, P. (November de 2017). Manufacturing Productivity Improvement through DMAIC Methodology: A Case Study of Automotive Ancillary Unit. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8, 635-648.
- Rana, P., & Kaushik, P. (2018). Six-sigma derivatives: A case study. *Management Science Letters*, 8 (8), 849-858.
- Saeid, H., Seyed, M. Z., & Jafri, M. R. (June de 2018). Application of Six-Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2-18.
- Salme, M. V. (Diciembre de 2015). *Repositorio EPN*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12652/1/CD-6673.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, S. (22 de Septiembre de 2017). *Plan Nacional Todo uan Vida*. Obtenido de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

Six Sigma Training. (2018). *What is Six Sigma*. Obtenido de <https://www.whatissixsigma.net/ishikawa-diagram/>

ANEXOS

Anexo N° 1.- Ficha para la actividad 1 Selección polímeros y fibra vegetal

Proceso: Elaboración de prototipos de madera plástica					Ficha N° 1	
Actividad: Selección polímeros y fibra vegetal						
Fecha	Materia prima		Hora inicio	Hora fin	Firma	Observaciones
	Cantidad de Polímero (kg)	Cantidad de Fibras V. (kg)				

Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 2.- Ficha para la actividad 2 Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal

Proceso: Elaboración de prototipos de madera plástica					Ficha N° 2	
Actividad: Triturado de polímeros y pulverización de fibra vegetal						
Fecha	Materia prima		Hora inicio	Hora fin	Firma	Observaciones
	Cantidad de Polímero (kg)	Cantidad de Fibras V. (kg)				

Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 3.- Ficha para la actividad 3 Mezcla de compuestos

Proceso: Elaboración de prototipos de madera plástica					Ficha N° 3	
Actividad: Mezcla de compuestos						
Fecha	Materia prima		Hora inicio	Hora fin	Firma	Observaciones
	Cantidad de Polímero (kg)	Cantidad de Fibras V. (kg)				

Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 4.- Ficha para la actividad 4 Fundición de los compuestos

Proceso: Elaboración de prototipos de madera plástica					Ficha N° 4	
Actividad: Fundición de los compuestos						
Fecha	Tipo de Molde	Hora inicio	Hora fin	Firma	Observaciones	

Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 5.- Ficha para la actividad 5 Prensado del material.

Proceso: Elaboración de prototipos de madera plástica					Ficha N° 5	
Actividad: Prensado del material						
Fecha	Tipo de Molde	Hora inicio	Hora fin	Firma	Observaciones	

Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 6.- Método Westinghouse para el cálculo del Factor de Valoración.

HABILIDAD			ESFUERZO			Habilidad. Es toda eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador
A	HABILÍSIMO	+0,15	A	EXCESIVO	+0,15	
B	EXCELENTE	+0,10	B	EXCELENTE	+0,10	Esfuerzo. Es la voluntad de trabajar, controlable por el trabajador dentro de los límites impuestos por habilidad.
C	BUENO	+0,05	C	BUENO	+0,05	
D	MEDIO	0,00	D	MEDIO	0,00	
E	REGULAR	-0,05	E	REGULAR	-0,05	Condiciones. Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no a aquellas que afecten la operación.
F	MALO	-0,10	F	MALO	-0,10	
G	TORPE	-0,15	G	TORPE	-0,15	
CONDICIONES			CONSISTENCIA			Consistencia. Son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.
A	BUENA	+0,05	A	BUENA	+0,05	
B	MEDIA	0,00	B	MEDIA	0,00	
C	MALA	-0,05	C	MALA	-0,05	

Fuente: (Criollo, 2007, pág. 210)

Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 7.- Sistema de suplementos por descanso de tiempos normales

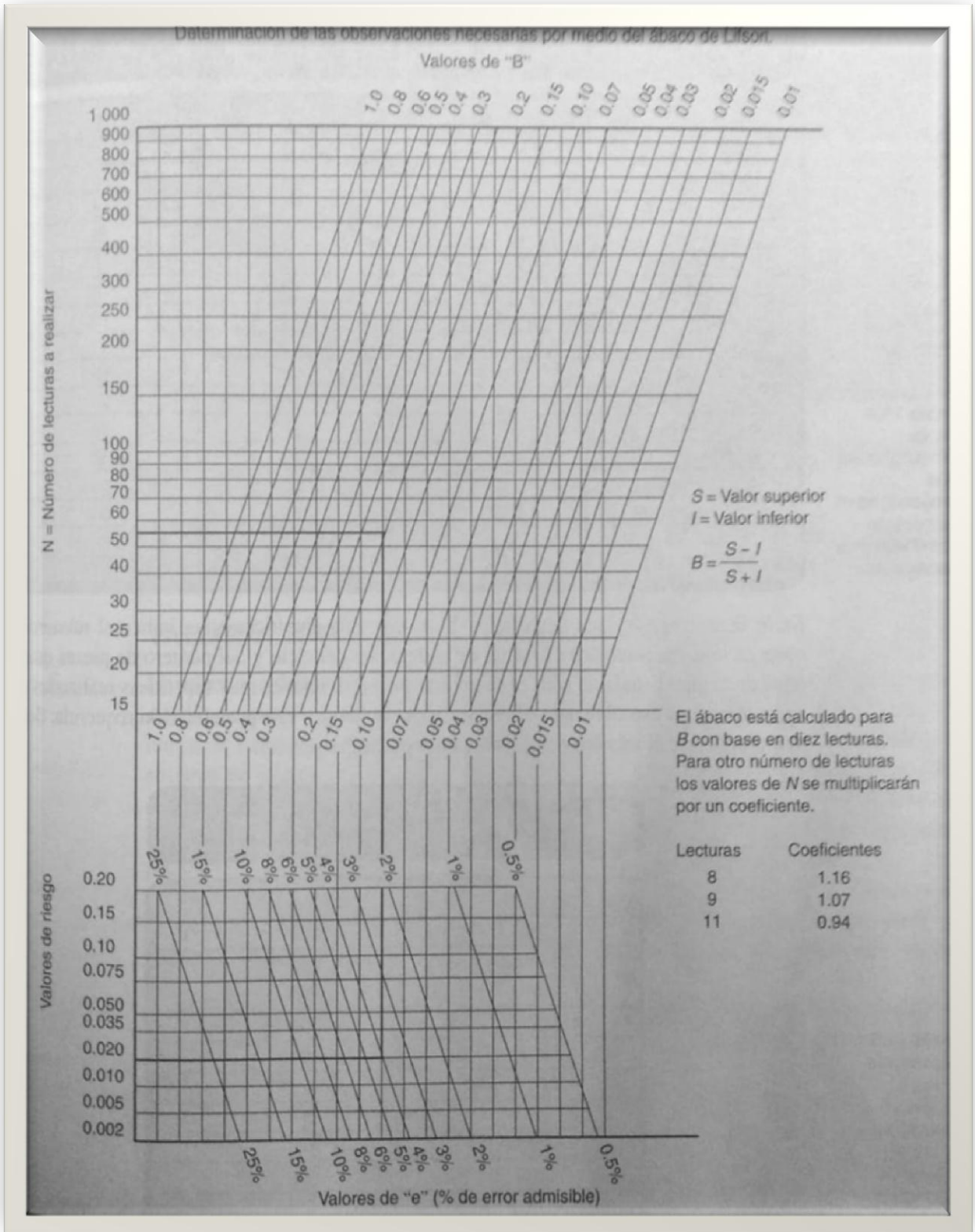
Instituto de Administración Científica de las Empresas					
Curso de "Técnicas de organización"					
1. Suplementos constantes	Hombres	Mujeres	E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)		
Suplementos por necesidades personales	5	7	Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo - Suplemento		
Suplementos base por fatiga	4	4			
2. Suplementos variables			Kata (mili calorías/cm2/segundo)		
	Hombres	Mujeres	16	0	
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	14	0	
B. Suplemento por postura anormal			12	0	
Ligeramente incomoda	0	1	10	3	
incomoda (inclinado)	2	3	8	10	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	6	21	

			5	31	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			4	45	
Peso levantado por kilogramo			3	64	
			2	100	
2.5	0	1			
5	1	2	F. Concentración intensa	Hombres	Mujeres
7.5	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
10	3	4	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
12.5	4	5	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
15	5	6			
17.5	6	7	G. Ruido		
20	7	8	Continuo	0	0
22.5	8	10	Intermitente y fuerte	2	2
25	9	13	Intermitente y muy fuerte	5	5
30	11	16	Estridente y fuerte		
33.5	13	20 (Max)			
	17		H. Tensión mental		
	22		Proceso bastante complejo	1	1
			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
D. Mala iluminación			Muy complejo	8	8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	I. Monotonía		
Bastante por debajo	2	2	Trabajo monótono	0	0
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo bastante monótono	1	1
			Trabajo muy monótono	4	4
			J. Tedio		
			Trajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: (Criollo, 2007, pág. 228)

Elaborado por: Estefanía Pozo

Anexo N° 8.- Ábaco de Lifson.



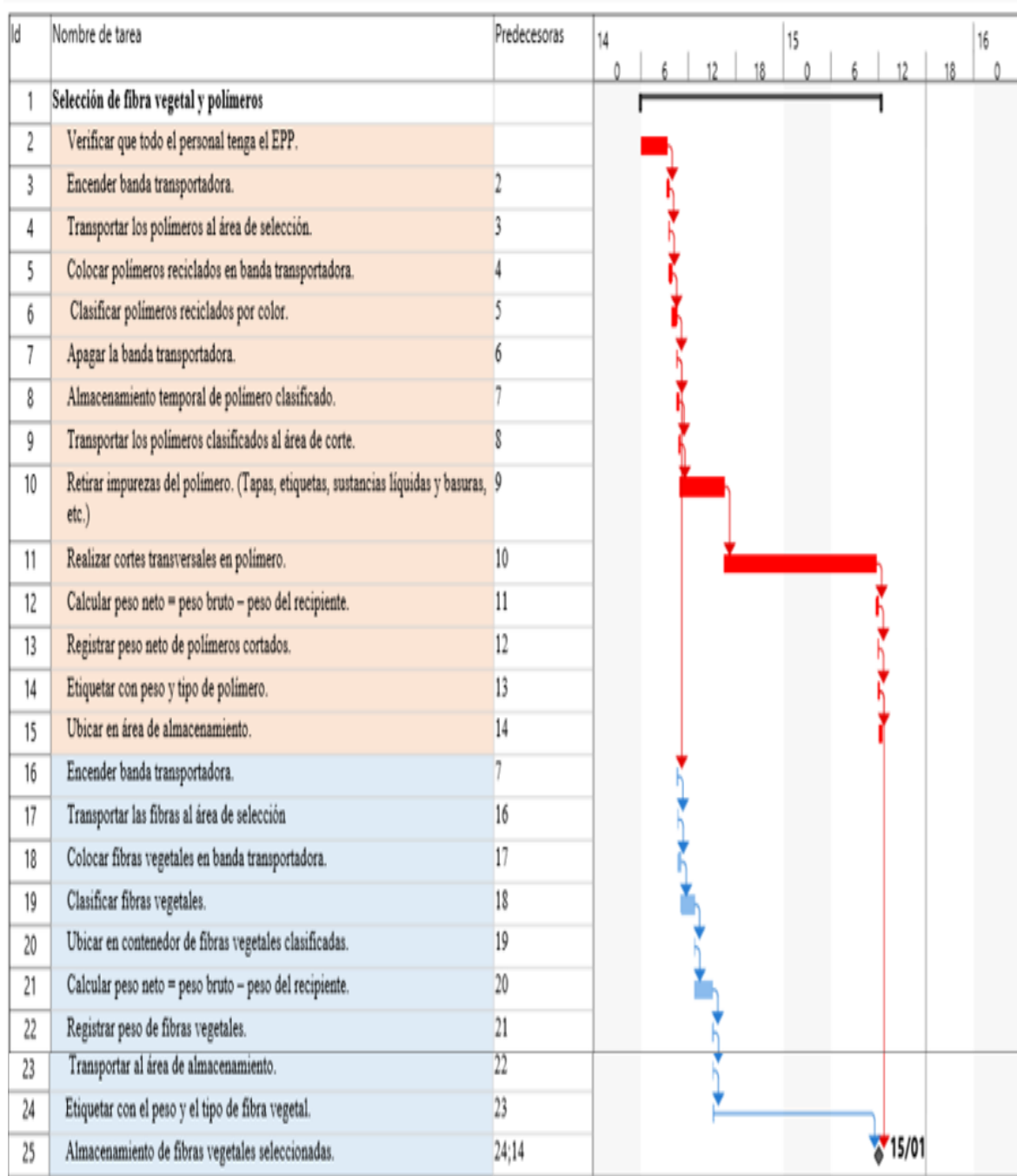
Fuente: (Criollo, 2007, pág. 207)

Anexo N° 9.- Índices Cp., Cpi y Cps en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.

Valor del índice (corto plazo)	Proceso con doble especificación (índice C_p)		Con referencia a una sola especificación (C_{pu} , C_{pl} , C_{ps})	
	% fuera de las dos especificaciones	Partes por millón fuera (PPM)	% fuera de una especificación	Partes por millón fuera (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	27.4253%	274 253.065
0.3	36.8120%	368 120.183	18.4060%	184 060.092
0.4	23.0139%	230 139.463	11.5070%	115 069.732
0.5	13.3614%	133 614.458	6.6807%	66 807.229
0.6	7.1861%	71 860.531	3.5930%	35 930.266
0.7	3.5729%	35 728.715	1.7864%	17 864.357
0.8	1.6395%	16 395.058	0.8198%	8 197.529
0.9	0.6934%	6 934.046	0.3467%	3 467.023
1.0	0.2700%	2 699.934	0.1350%	1 349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001

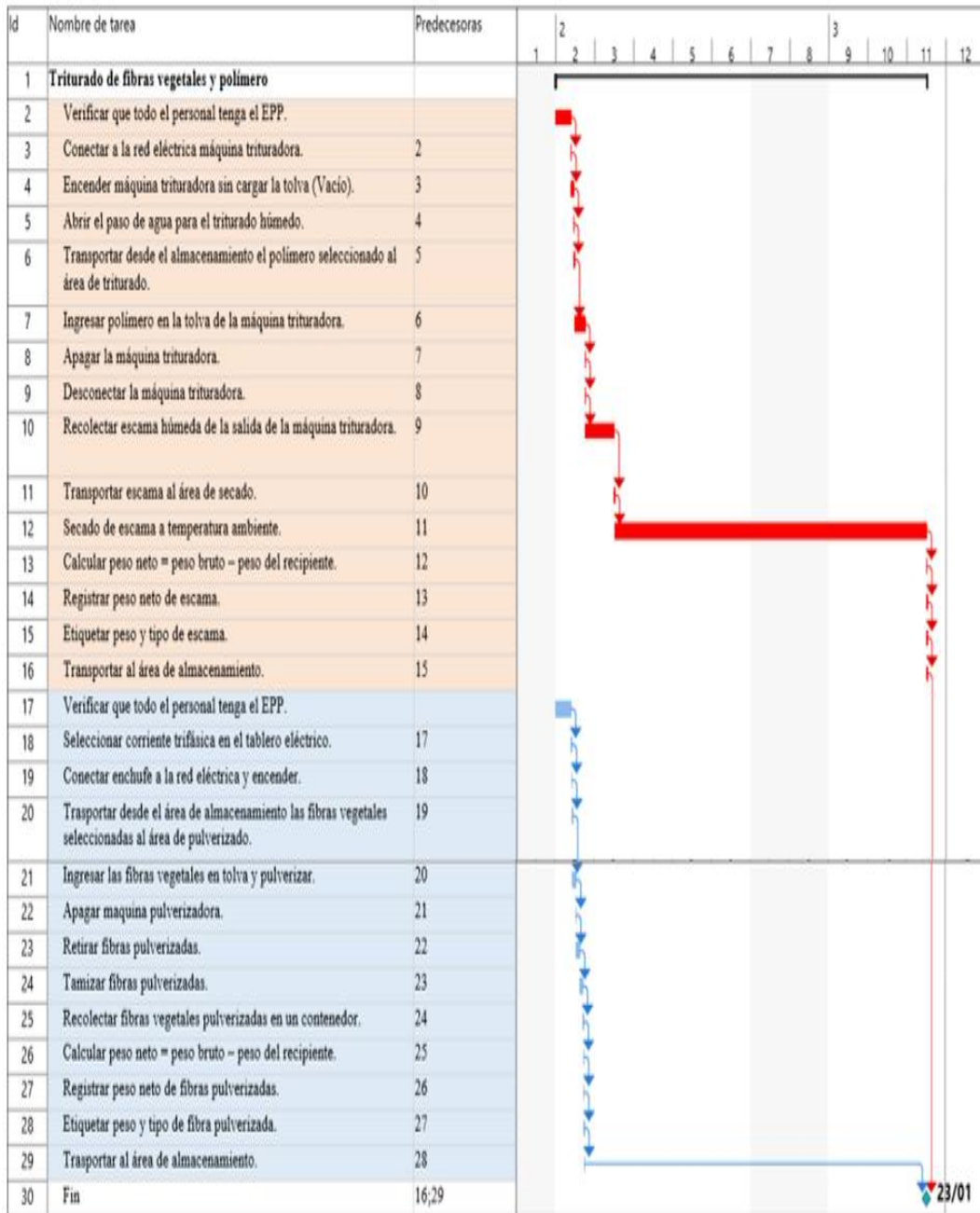
Fuente: (Gutiérrez y Salazar, 2013, pág. 100)

Anexo N° 10.- Diagrama de Gantt actividad 1 Selección de materia prima.



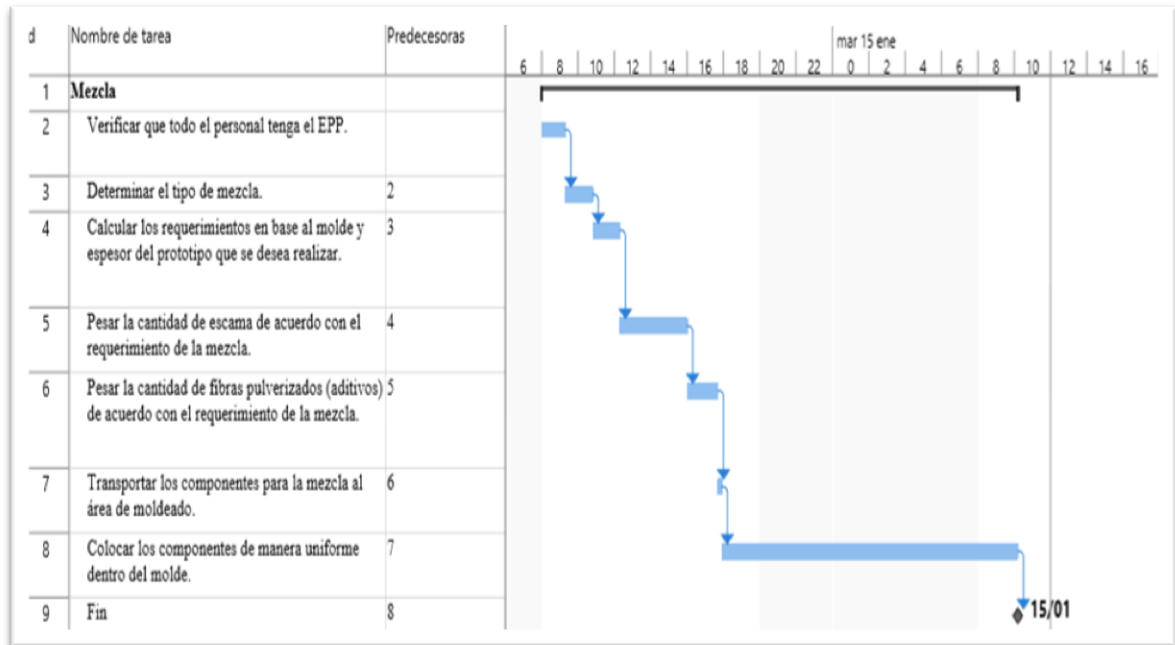
Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 11.- Diagrama de Gantt actividad 2 Triturado.



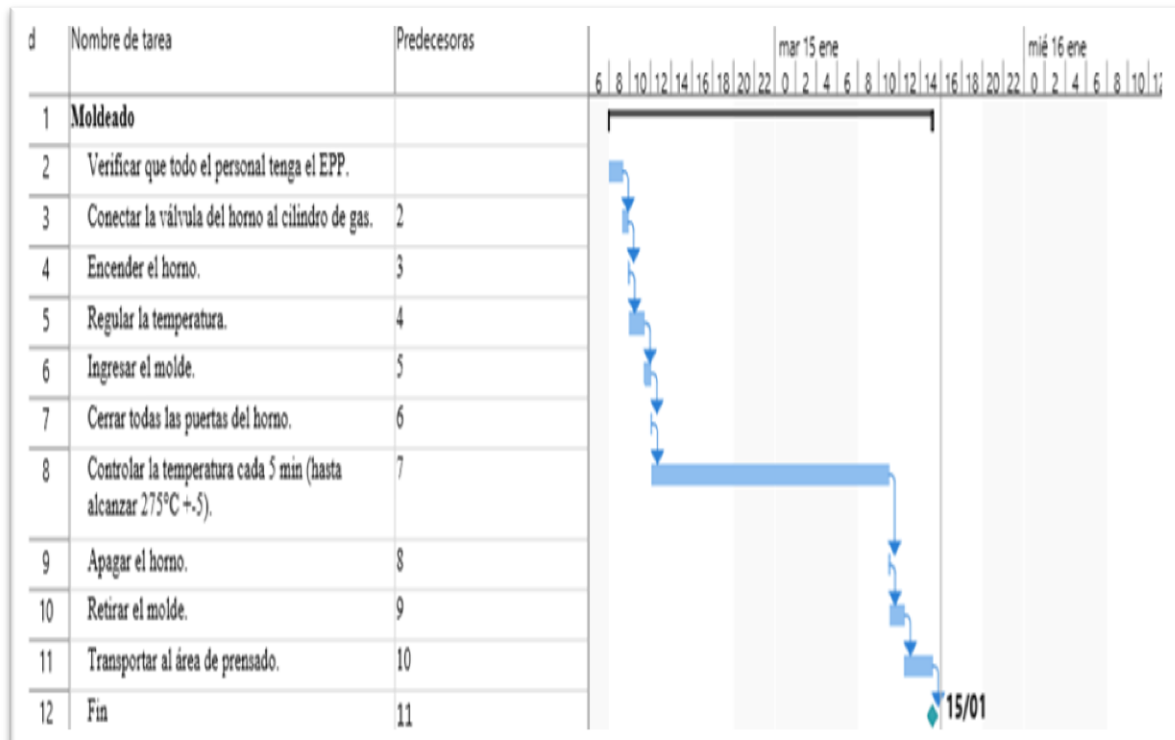
Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 12.- Diagrama de Gantt actividad 3 Mezcla.



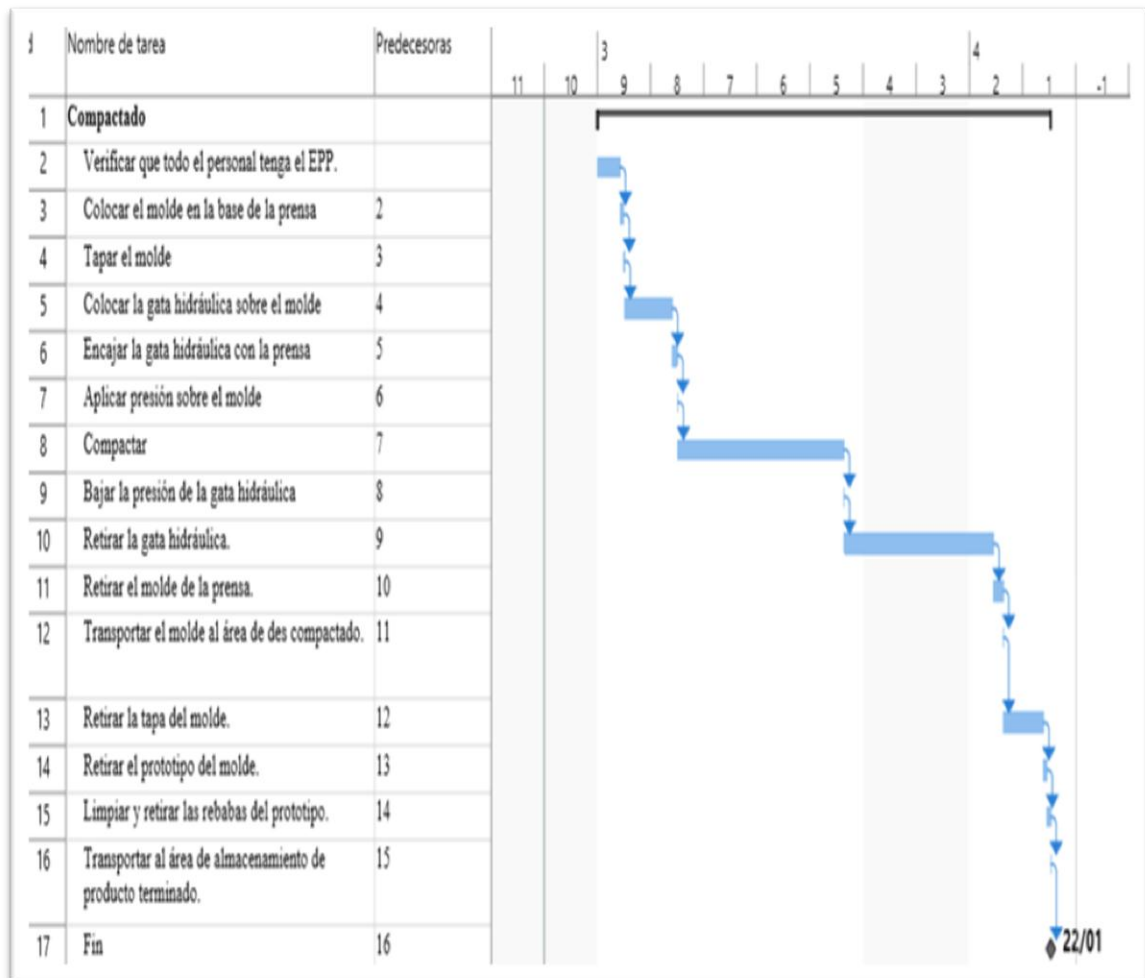
Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 13.- Diagrama de Gantt actividad 4 Moldeo.



Elaborado por: Estefanía Pozo.

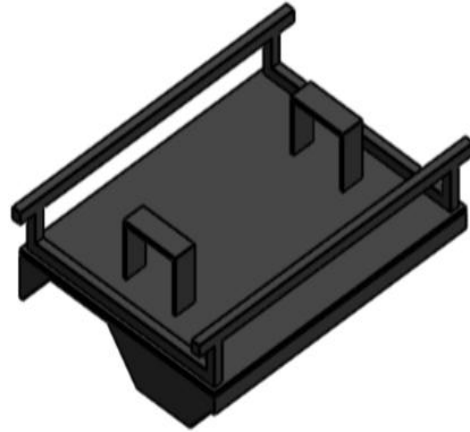
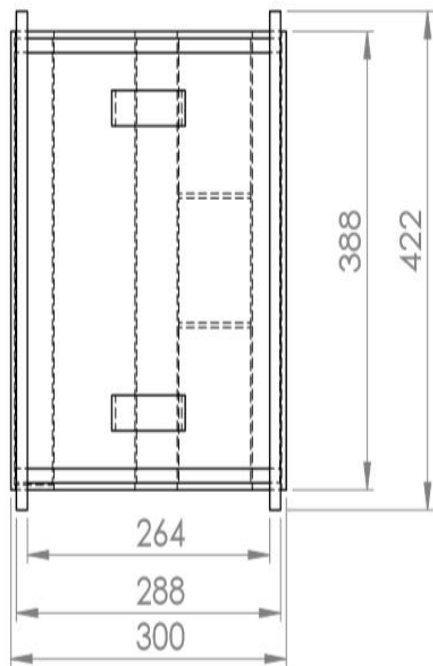
Anexo N° 14.- Diagrama de Gantt actividad 5 Compactado.



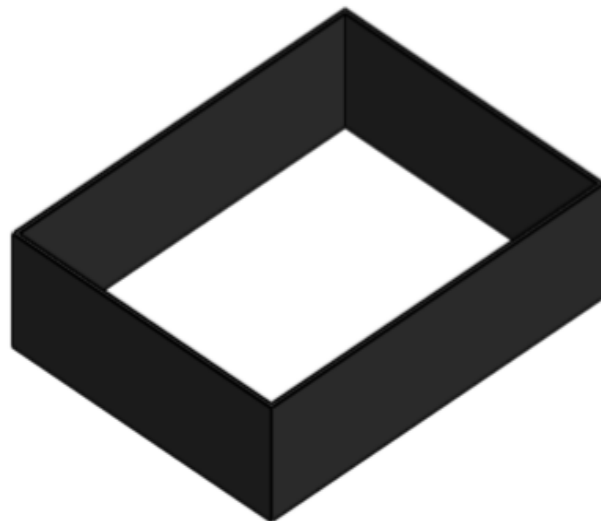
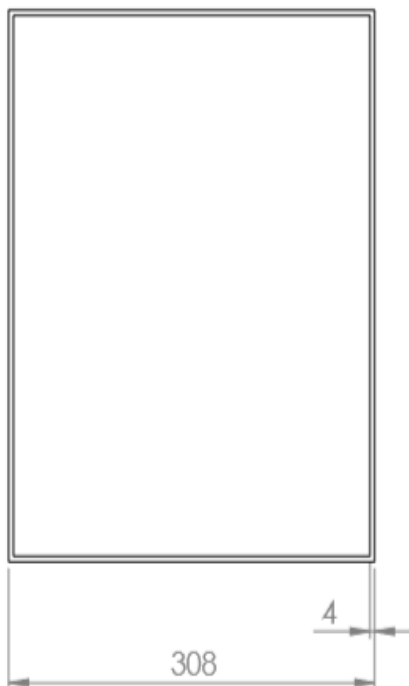
Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 15.- Planos de los moldes implementados

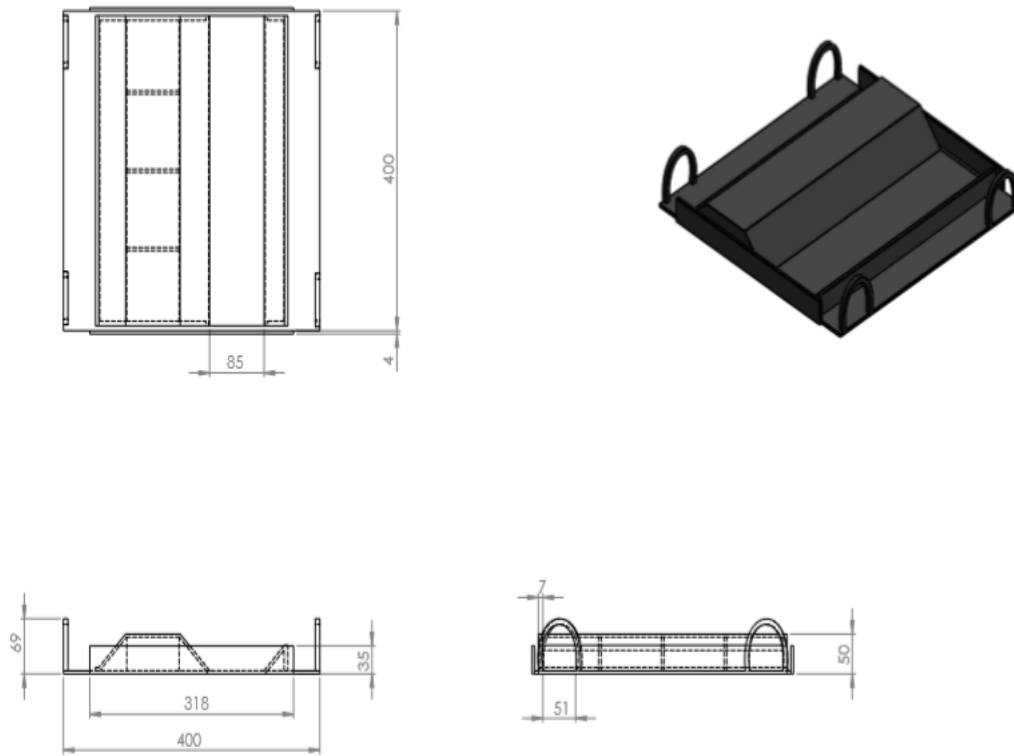
Parte superior



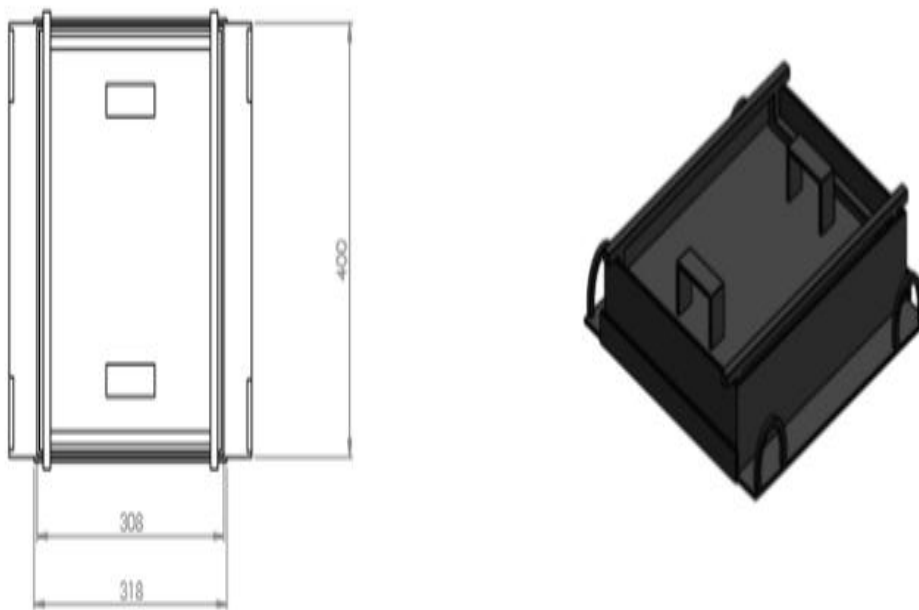
Marco



Parte baja sin el marco

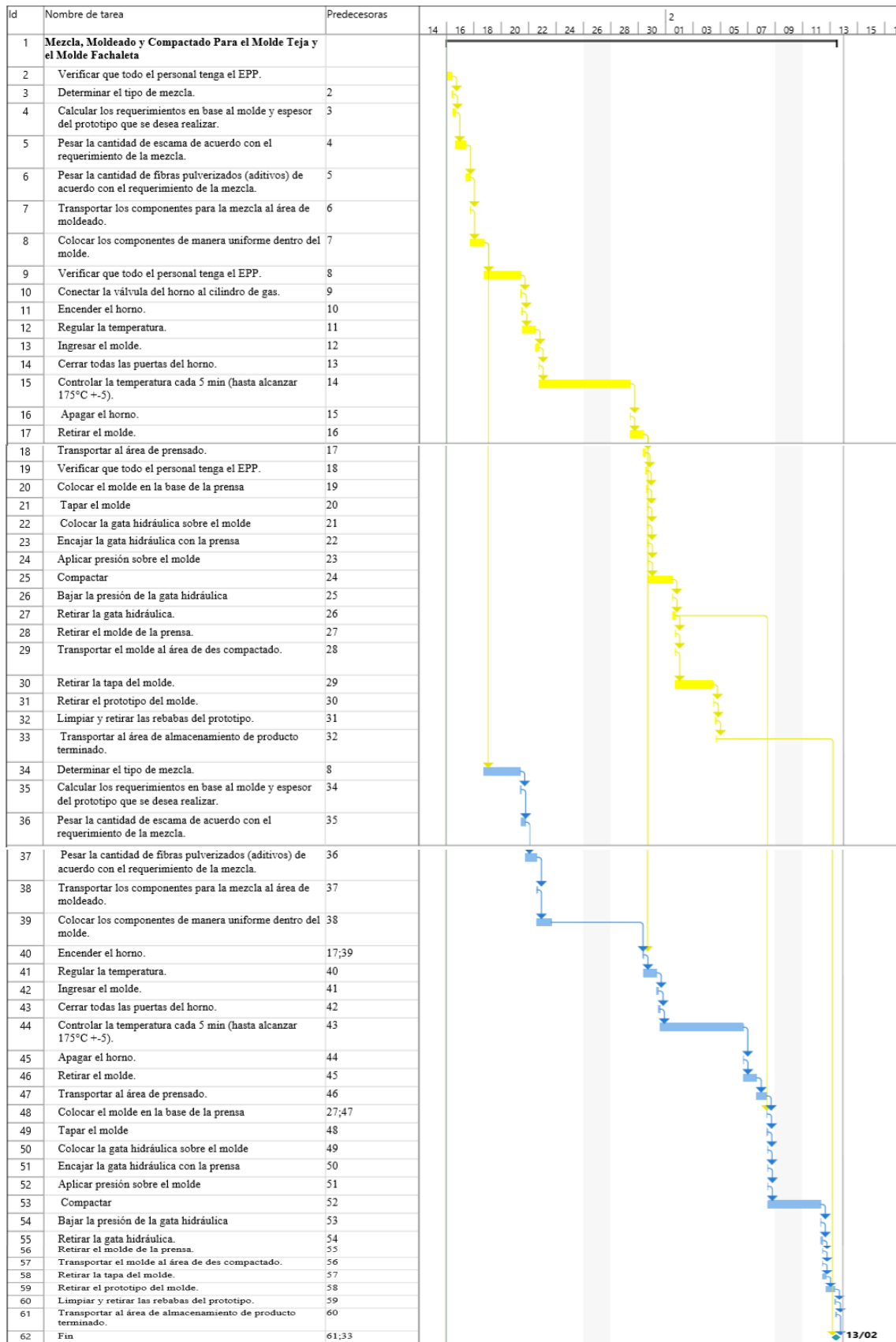


Estructura completa



Elaborado por: Estefanía Pozo.

Anexo N° 16.- Diagrama de Gantt para la actividad 3,4 y 5 (mejorado).



Elaborado por: Estefanía Pozo.