



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

**Estandarización de la producción de películas
BOPP del área de Acabado empleando un
estudio de tiempos y medición de trabajo**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA
P.I.Q. Brenda Trujillo Huante

Asesor: Dr. Roberto Guerra González

Co-Asesor: M.C. Mario Alberto Pérez Méndez

Morelia, Michoacán, Marzo de 2021.

Dedicatoria

Dentro de mi recorrido por la vida y especialmente por la Facultad de Ingeniería Química, me pude dar cuenta de que hay muchas cosas para las que soy buena, encontré destrezas y habilidades que jamás pensé, se desarrollasen en mí; pero lo realmente importante es que pude descubrir que por más que disfrute trabajar sola, siempre obtendré un mejor resultado si lo realizo con la ayuda y compañía perfecta.

Por esto mismo, quiero dedicar principalmente esta tesis a mis padres Gustavo y Leticia, quienes en todo momento fueron mi soporte para seguir adelante, quienes mediante sacrificios y esfuerzos impresionantes me dieron la oportunidad de lograr uno de mis más grandes sueños.

A mis hermanos Gus y Lety, por ser parte del sacrificio que implicó lograr llegar hasta este momento y darme las ganas de seguir adelante para cuidarlos y protegerlos como su hermana mayor.

A mi abuelita Aurora, por siempre darme las bendiciones que me abrigan y protegen y a mis abuelos Moisés, Juan y Guadalupe, quienes desde el cielo me han guiado y cuidado en todo momento.

A Lennyn, por ser mi compañero día a día en los buenos, pero sobre todo en los malos momentos, por formar parte de mi camino, por siempre mostrarme una buena cara a pesar de mis malos ratos y apoyarme incondicionalmente en todo momento.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia a pesar de los difíciles momentos en los que nos encontramos, ahora más que nunca valorando cada momento a su lado.

A la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por ser el lugar de muchas experiencias tanto buenas como malas, pero siempre llevándome un aprendizaje de mi bella alma máter.

A mis profesores, porque gran parte de los conocimientos que hoy poseo y que me guían en mis decisiones como profesional, los he adquirido gracias a la dedicación y al esfuerzo que ellos hicieron en mis días de estudiante.

A mis amigos, Lucia, Pedro, Tania, América y Lucy por siempre estar a lo largo de la carrera, porque juntos llegamos y juntos nos vamos.

Al Dr. Roberto Guerra González y M.C. Mario Alberto Pérez Méndez, por su apoyo clave e incondicional para desarrollar esta tesis, así como al Dr. Rafael Maya Yescas, Dra. Mercedes Gabriela Tellez Arias e Ing. Marco Antonio Vilchis García por su tiempo y colaboración.

A la empresa “In.F.”, por haberme dado la oportunidad de experimentar el ámbito laboral y ayudarme a formar mi camino como profesional.

Al Ing. Mariano Guillen Palomares, por confiar en mí y ayudarme en todo momento, por compartirme sus conocimientos y experiencias sin esperar nada a cambio.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes y su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta ha sido amena. Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
<i>Palabras clave:</i>	x
ABSTRACT	XI
<i>Key words:</i>	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. ANTECEDENTES	14
1.2. JUSTIFICACIÓN	16
1.3. HIPÓTESIS	16
1.4. OBJETIVOS	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.4.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	17
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Película BOPP en el área de corte.....	17
2.2. Aplicaciones	18
2.2.1. EMPAQUE PARA ALIMENTOS.....	18
2.2.2. ETIQUETAS	19
2.3. Características del producto en proceso	20
2.4. “In.F.”.....	21
2.5. Programas especializados para la gestión de proyectos.....	21
2.5.1. MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (CPM)	22
2.5.2. Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT).....	22

2.5.3. ACTIVIDAD EN LOS NODOS (AEN)	23
2.5.4. ACTIVIDAD EN LAS FLECHAS (AEF)	23
<u>3. METODOLOGÍA.....</u>	<u>26</u>
3.1. Descripción del proceso de Fabricación	26
3.2. Análisis proceso BOPP mediante Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT)	28
3.3. Descripción del área de corte	30
3.4. Análisis del proceso actual en el área de corte.....	30
3.5. Descripción de las diferentes tajadoras del área	33
3.6. Análisis actual del proceso de empaque	34
3.7. Análisis estadístico en movimientos.....	35
3.8. Puntos por evaluar	36
<u>4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</u>	<u>37</u>
4.2. Relación de mediciones en la Tajadora 15	38
4.3. Tajadora 16.....	40
4.4. Tajadora 20.....	43
4.5. Tajadora 21.....	46
4.6. Tajadora 14.....	50
4.7. Tajadora 34.....	53
4.8. Determinación de tiempo estándar	55
4.9 Determinar tiempo de corrida y número de corridas por turno.....	58
<u>4.10. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE TAJADORAS</u>	<u>61</u>
4.10.1 TAJADORA 14.....	61
4.10.2. TAJADORAS 15 Y 16.....	63
4.10.3. TAJADORAS 20 Y 21.....	63
4.10.4. TAJADORA 34.....	64
4.11. Comparativa gráfica entre tajadoras	66
4.11.1. COMPARATIVA GENERAL	66
4.11.2 COMPARATIVA POR IGUALDAD DE TAJADORAS	66

4.12. Determinación de incremento de producción	69
4.13. Demostración gráfica	71
<u>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>75</u>
<u>5.1. CONCLUSIONES</u>	<u>75</u>
<u>5.2. SUGERENCIAS PARA TRABAJO FUTURO</u>	<u>76</u>
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	<u>77</u>
<u>APÉNDICE: NORMAS Y CERTIFICACIONES</u>	<u>78</u>
<u>ANEXO 1. DIAGRAMA PRINCIPIO MÁQUINAS CORTADORAS</u>	<u>80</u>

ÍNDICE DE TABLAS

SECCIÓN	NOMBRE TABLAS	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	Tablas 1.1. Tablas comparativas agosto, septiembre y octubre 2019.	14
3.- MARCO TEÓRICO	Tabla 3.1. Actividades y duración de fabricación de película BOPP	28
	Tablas 3.2. Símbolos estándares para diagramas de proceso.	31
	Tabla 3.3. Diagrama del proceso de corte.	32
4.-ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	Tabla 4.1. Datos registrados MT15	38
	Tabla 4.2. Análisis estadístico MT15	39
	Tabla 4.3. Datos registrados MT16	41
	Tabla 4.4. Análisis estadístico MT16	42
	Tabla 4.5. Datos registrados MT20	44
	Tabla 4.6. Análisis estadístico MT20	45
	Tabla 4.7. Datos registrados MT21	47
	Tabla 4.8. Análisis estadístico MT21	48
	Tabla 4.9. Datos registrados MT14	50
	Tabla 4.10. Análisis estadístico MT14	51
	Tabla 4.11. Datos registrados MT34	53
	Tabla 4.12. Análisis estadístico MT34	54
	Tabla 4.13: Valor de actuación.	56
	Tabla 4.14: Tolerancias.	56
	Tabla 4.15: Tipos de película fabricadas.	58
	4.16. Distribución del horario laboral.	60
	4.17. Tiempos de corrida por tipo y longitud: MT14	62
	4.18. Tiempos de corrida por tipo y longitud: MT15 y 16	63
	4.19. Tiempos de corrida por tipo y longitud: MT20 y 21	64
	4.20. Tiempos de corrida por tipo y longitud: MT34	65
	4.21. Corridas óptimas.	68
	4.22. Número de corridas trimestre anterior.	69
	4.23. Número de corridas reales.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

SECCIÓN	NOMBRE FIGURA	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	Figura 1.1. Gráficas comparativas agosto, septiembre y octubre 2019.	15
2.- MARCO TEÓRICO	Figura 2.1. Película BOPP	18
	Figura 2.2. Empaque confitería.	18
	Figura 2.3. Empaque snacks.	19
	Figura 2.4. Empaque repostería.	19
	Figura 2.5. Etiquetas Wrap Around.	20
	Figura 2.6. Etiquetas In Mold	20
	Figura 2.7. Etiquetas Adheribles.	23
	Figura 2.8. Diagrama AEN, de actividades de nodos.	23
	Figura 2.9. Diagrama AEF, de actividades con ficticias.	26
3.- METODOLOGÍA	Figura 3.1. Áreas de producción.	27
	Figura 3.2. Proceso BOPP-Stender	29
	Figura 3.3. Diagrama AEN BOPP	30
	Figura 3.4. Organigrama Acabado.	33
	Figura 3.5. Máquina A1, corte primario	33
	Figura 3.6. Máquina K2, corte secundario	34
	Figura 3.7. Máquina KA2, corte secundario	35
	Figura 3.8. Proceso de empaque	40
4.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	Figura 4.1. Gráfico de control: Velocidad MT15.	43
	Figura 4.2. Gráfico de control: Velocidad MT16.	46
	Figura 4.3. Gráfico de control: Velocidad MT20.	49
	Figura 4.4. Gráfico de control: Velocidad MT21.	52
	Figura 4.5. Gráfico de control: Velocidad MT14.	55
	Figura 4.7. Gráfica comparativa entre tajadoras con el tipo de película AH 9.0 (3)	66
	Figura 4.8. Gráfica comparativa entre MT15 y MT16.	67

	Figura 4.9. Gráfica comparativa entre MT20 y MT21.	67
	Figura 4.10. Gráfica comparativa entre MT14 y MT34.	68
	Figura 4.11. Gráfica comparativa MT14.	72
	Figura 4.12. Gráfica comparativa MT15.	72
	Figura 4.13. Gráfica comparativa MT16.	73
	Figura 4.14. Gráfica comparativa MT20.	73
	Figura 4.15. Gráfica comparativa MT21.	74
	Figura 4.16. Gráfica comparativa MT34.	74
ANEXO 1	Figura Anexo 1. Máquina cortadora de película plástica.	80

GLOSARIO

Adiestramiento: entrenamiento dirigido a desarrollar habilidades.

Calidad: Grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requerimientos.

Capacitación: Entrenamiento dirigido a incrementar conocimientos y habilidades para ser competente.

Desempeño ambiental: Desempeño relacionado con la gestión de aspectos ambientales.

Dispositivo: Equipo de medición.

Edición: Emisión, publicación.

Indicador: Parámetro que sirve como referencia para, medir el grado de satisfacción de un proceso.

Inocuidad en los alimentos: Concepto que implica que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparan y/o consumen de acuerdo con el uso previsto.

Información documentada: Información que la organización tiene que controlar y mantener, y el medio que la contiene.

Organización: Personas o grupo de personas que tienen sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos.

Película BOPP: Película de Polipropileno Biorientado.

Producto fuera de especificación (PFE): Producto no conforme.

Procesos: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto.

Producto: Es todo aquello que puede ser utilizado con un fin en específico. Es el resultado de una serie de procedimientos para armar, construir, fabricar y elaborar algún objeto con una función útil para las personas. Producto es una palabra netamente genérica la cual describe el logro de una cadena de pasos de fabricación.

Partes interesadas: Persona u organización que puede afectar, verse afectada o percibirse como afectada por una decisión o actividad.

Rastreabilidad: Trazabilidad, capacidad de seguir el histórico, la aplicación o localización de un objeto.

Revisión: Edición, impresión, verificación.

Riesgo: Efecto de la incertidumbre. Un efecto es la desviación de lo esperado ya sea positivo o negativo.

Tajadora: Máquina cortadora de película BOPP.

MT: Máquina tajadora

Resumen

Un factor muy importante de cualquier empresa es la relación hombre-máquina, es por ello que se realiza el análisis del cual trató el desarrollo de este proyecto.

Un proceso básicamente representa las actividades importantes que integran la cadena de valor de una empresa generando un número dinámico de subprocesos los cuales se diseñan y variarán según la complejidad de las operaciones, madurez de los procesos, estrategias en curso, estructura y cultura organizacional de la empresa que lo establece. Este proceso, busca efectividad en la cadena y que sus productos se conviertan en herramientas que satisfagan las necesidades de sus consumidores y mejoren su calidad de vida.

El polipropileno biorientado (BOPP) es un polímero termoplástico parcialmente cristalino, perteneciente al grupo de las poliolefinas, se obtiene a partir de los monómeros de propileno. La diferencia entre el BOPP y el polipropileno monorientado es que el primero está formado por dos capas rotadas en 90°, mientras que el primero consiste en una única capa orientada en una sola dirección.

Se realizó una evaluación de tiempos y medición de trabajo en la empresa “In.F.”, productora de película BOPP (Polipropileno biorientado) en las áreas de Corte primario (Tajadora 65), Corte secundario y Empaque; en conjunto denominada “Acabado”. Dicha evaluación consta principalmente del reconocimiento de las actividades realizadas por los operadores del área para así después iniciar con el estudio de tiempos y medición del trabajo.

La propuesta del análisis pretende determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según un procedimiento definido. Con esto se pretende lograr, principalmente, estandarizar la producción de estas áreas, así como investigar, minimizar y eliminar el tiempo muerto, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado.

Los resultados obtenidos fueron comparados con la base de datos de la producción de meses anteriores para tener la certeza de unos resultados confiables y poder aportar distintas estrategias para la mejora de dicho proceso. En este análisis realizado se evidencia que existe un aumento en la producción, ya que todos los resultados obtenidos presentan un incremento por arriba del 30% de la producción actual, cumpliendo a cabalidad con todos los objetivos planteados. Se espera que con estos resultados se mejore la producción, dejar establecida la cantidad mínima

de corridas, y así los operadores intenten lograr o mejorar ese objetivo, y si no es posible lograrlo, tengan bases para justificar el porqué de ello.

Palabras clave:

Películas BOPP, evaluación de tiempos, tajadora, medición de trabajo, valor agregado.

Abstract

An especially important factor of any company is the man-machine relationship, which is why the analysis of the development of this project is carried out.

A process basically represents the important activities that make up the value chain of a company generating a dynamic number of sub-processes which are designed and will vary according to the complexity of operations, maturity of the processes, ongoing strategies, structure, and organizational culture of the company. company that establishes it. This process seeks effectiveness in the chain and that its products become tools that satisfy the needs of its consumers and improve their quality of life.

Bioriented polypropylene (BOPP) is a partially crystalline thermoplastic polymer, belonging to the group of polyolefins, it is obtained from propylene monomers. The difference between BOPP and monoriented polypropylene is that the former consists of two layers rotated by 90°, while the former consists of a single layer oriented in a single direction.

An evaluation of times and work measurement was carried out in the company “In.F.”, a producer of BOPP film (bioriented Polypropylene) in the areas of “Corte Primario (Tajadora 65)”, “Corte Secundario” and “Empaque; collectively referred to as "Acabado". This evaluation consists mainly of the recognition of the activities carried out by the operators of the area and then start with the study of times and measurement of work.

The analysis proposal aims to determine the time that a skilled worker spends in carrying out a defined task by performing it according to a defined procedure. This is to achieve, mainly, standardize the production of these areas, as well as investigate, minimize, and eliminate downtime, that is, the time during which added value is not generated.

The results obtained were compared with the database of the production of previous months to have the certainty of reliable results and to be able to contribute different strategies for the improvement of said process. In this analysis carried out, it is evident that there is an increase in production, since all the results obtained show an increase of over 30% of the current production, fully complying with all the objectives set. It is expected that these results will improve production, establish the minimum number of runs, and thus the operators try to

achieve or improve that objective, and if it is not possible to achieve it, they will have bases to justify the reason for this.

Key words:

BOPP films, time evaluation, sewing/slicer machine, work measurement, added value.

1. INTRODUCCIÓN

Los polímeros son un tipo de macromoléculas constituidas por cadenas de unidades más simples, llamadas monómeros, unidas entre sí mediante enlaces covalentes.

Dentro de sus clasificaciones encontramos el Polipropileno, referido en siglas como PP, es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino y elaborado a partir del propileno o propeno. Es empleado en empaques de alimentos, equipos de laboratorio y películas transparentes.

Enfocándonos en las películas transparentes, encontramos el tipo BOPP por sus siglas en inglés (Biaxially Oriented Polypropylene), definida como el tipo de película extruida tanto en la dirección longitudinal como transversal. La orientación biaxial aumenta la fuerza y la claridad. Esta película es ampliamente utilizada como un material de embalaje para el envasado de productos tales como productos de botanas, productos frescos y productos de confitería. Se produce normalmente en grandes rollos que son cortados de forma longitudinal en máquinas periféricas en pequeños rollos para su uso en máquinas de envasado o en otras aplicaciones.

El mercado del empaque de productos siempre ha presentado una fuerte competencia a nivel mundial, esto debido a la gran demanda que este sector posee. Por esto es indispensable que empresas como “In.F.”, ubicada en Michoacán, México, entren en un proceso de estandarización y análisis de sus procesos productivos buscando la solución a los posibles problemas que se puedan presentar, para con ello obtener sostenibilidad y posicionamiento en un mercado altamente competitivo.

El proceso de fabricación de películas BOPP de la empresa “In.F.” consta de las áreas de Extrusión, Corte primario, Corte secundario, Metalizado, Empaque y Reciclado. El departamento conocido como “ACABADO” consta de la Tajadora 65 (corte primario), Corte secundario y empaque. Área dedicada a cumplir las necesidades particulares de cada uno de sus clientes, desde una medida de corte específica hasta el diseño y características del empaque.

Los responsables del departamento de ACABADO presentan la incertidumbre del nivel de producción, debido a las exigencias que el mercado ha presentado, es por ello por lo que se realiza una evaluación de tiempos y medición de trabajo. Se inicia con el aprendizaje y familiarización del funcionamiento de todas las tajadoras que contiene el área, conocimiento del personal que las opera y el ambiente de trabajo. Posteriormente se procede con el análisis del proceso productivo de la Tajadora 65, correspondiente a corte primario, de las Tajadoras 14, 15,

16, 20, 21 y 34, correspondientes a corte secundario, donde se realizan los estudios de tiempos para implementar la estandarización del proceso basándose en métodos estadísticos.

Con los resultados adquiridos se realiza una comparación con la base de datos de producción de meses anteriores para con ello apreciar, corregir y determinar que los resultados sean confiables, considerando todas las posibles situaciones por las cuales no se pueda cumplir con la producción óptima. Una vez teniéndose resultados, se proponen estrategias para llevar a cabo el seguimiento al análisis realizado; se dan a conocer las posibles razones de tiempo muerto y se fija una producción estándar por tajadora y por turno. Los resultados obtenidos se digitalizan en una base de datos, los cuales estarán a disposición de todo el personal de confianza del área.

1.1. ANTECEDENTES

El proceso de fabricación está dividido en diferentes áreas como lo son: Extrusión, Corte primario, Corte secundario, Empaque de producto y Reciclado. La empresa Innovia Films ha presentado los datos correspondientes a corte secundario y tajadora 65 (corte primario), la relación corresponde a el número de corridas por tajadora y turno (técnica utilizada para medir la producción) en 3 meses (Tabla 1.1). La empresa maneja la información por Máquina tajadora (MT) y turnos primero, segundo y tercero (T1, T2 y T3).

Tabla 1.1. Tablas comparativas agosto, septiembre y octubre 2019 (Datos proporcionados por la empresa en estudio).

AGOSTO 2019							
	MT14	MT15	MT16	MT20	MT21	MT34	MT65
T1	109	524	547	684	620	131	145
T2	109	540	524	699	666	114	132
T3	104	510	506	691	681	106	134
SEPTIEMBRE 2019							
	MT14	MT15	MT16	MT20	MT21	MT34	MT65
T1	115	297	371	628	730	88	159
T2	102	325	352	581	763	86	181
T3	106	288	280	606	654	91	143
OCTUBRE (2019)							
	MT14	MT15	MT16	MT20	MT21	MT34	MT65
T1	130	314	344	568	624	110	135
T2	144	289	321	551	588	96	161
T3	140	252	302	549	615	102	144

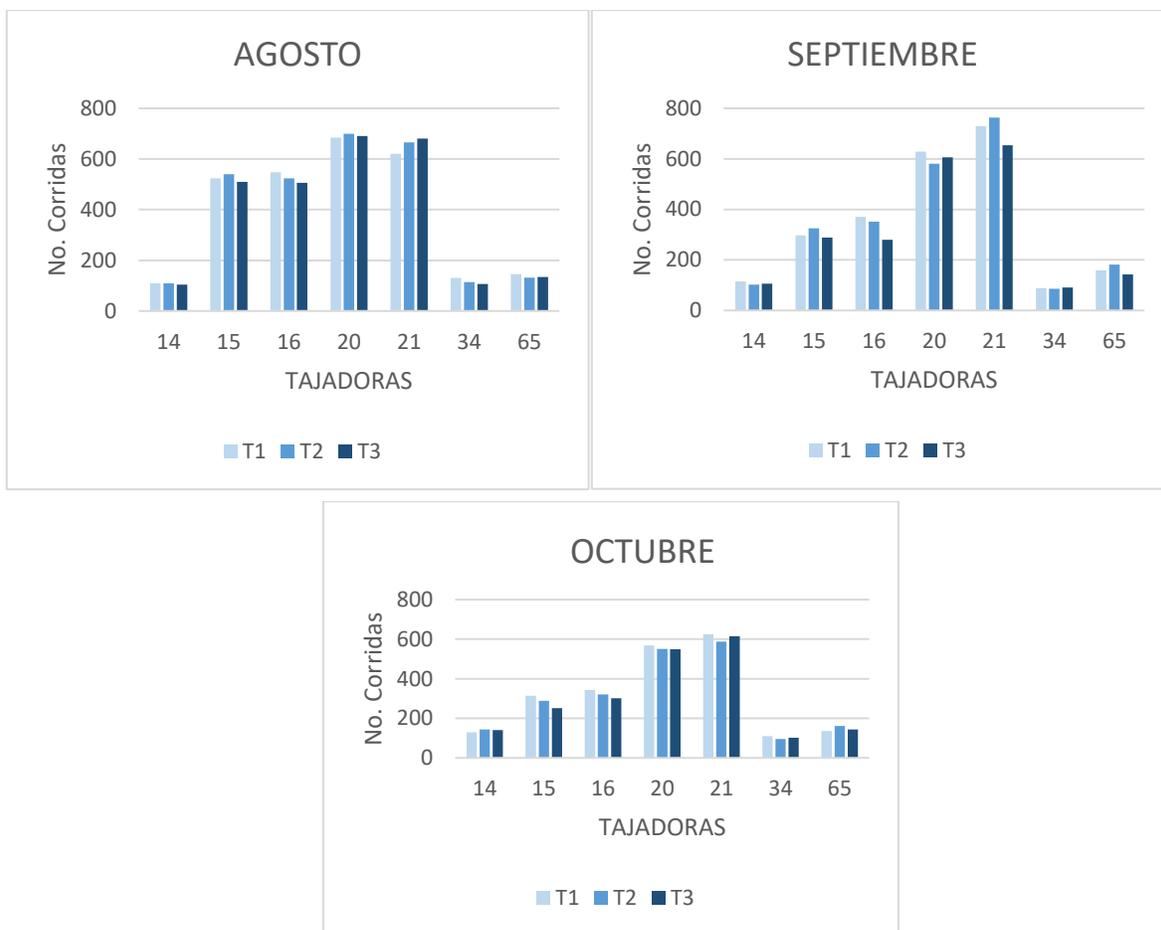


Figura 1.1. Gráficas comparativas trimestre anterior.

Es importante mencionar que derivado a la naturaleza y capacidad de las máquinas tajadoras, no es posible comparar el comportamiento de una con todas.

La máquina tajadora 65 pertenece al proceso de corte primario, por lo que su comportamiento no puede ser comparado con ninguna de las ejemplares mencionadas (MT 14, 15, 16, 20, 21 y 34) ya que el proceso de éstas corresponde a corte secundario.

En cuanto a corte secundario, se encuentran tres clasificaciones de máquinas:

- Máquinas cigarreras: MT15 y MT16
- Máquinas cigarreras: MT 20 y MT21
- Máquinas de recuperación: MT14 y MT34

Siguiendo la relación anterior, podemos hacer una comparativa entre ellas con los datos recabados, observando un comportamiento muy similar por mes, pero se tiene una producción variable de mes a mes en esta área (Figura 1.1), es por ello por lo que se optó por realizar un análisis de medición de trabajo para determinar un monto producción estándar y lograr mejor rendimiento en la relación hombre-producción.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales retos de los Ingenieros Químicos con la sociedad, es contribuir al mejor aprovechamiento de los recursos con los que contamos, haciendo conciencia de su valor y de que algunos son no renovables. Por ejemplo, el agua en su momento era un recurso al que no se le otorgaba mucha importancia; sin embargo, con el paso del tiempo y el crecimiento demográfico, su cuidado, reúso y protección se han vuelto parte de la cultura.

La fortaleza de la industria de películas BOPP se desprende de los altos volúmenes utilizados en empaques, particularmente por parte de las industrias de alimentos que no cuentan con un reemplazo que lo supere en bajos costos. El crecimiento en los mercados de productos comestibles empacados en todo el mundo continuará siendo un factor impulsor de la demanda de este tipo de materiales, soportado por factores como el crecimiento de las poblaciones, la urbanización y los aumentos en la capacidad adquisitiva de los consumidores.

Debido a la gran demanda que tiene la empresa y al elevado nivel de competencia del mercado, es necesario reducir los tiempos y los costos de producción; en este contexto, se ha visto la necesidad de optimizar sus métodos y procesos de trabajo para incrementar su productividad, obteniendo pautas necesarias para conseguir mejoras visibles, con la combinación más eficiente de la relación hombre-máquina y condiciones de trabajo.

1.3. HIPÓTESIS

La estandarización del proceso “Acabado” permitirá identificar las fallas o puntos débiles que actualmente presenta el proceso y las áreas involucradas en los procedimientos herrados o no muy claros que se llevan a cabo actualmente y que generan problemas en el control y planeación de la producción; con ello se podrían identificar áreas de oportunidad de incremento en la entrega de rollos de primera, aumentando la capacidad del proceso de fabricación, lo cual generaría importantes ganancias económicas para la empresa.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Estandarizar el proceso de corte secundario y empaque de la empresa “In.F”. mediante el estudio y el análisis, utilizando métodos estadísticos, de tiempos y movimientos realizados en cada tajadora del área.

1.4.2. Objetivos Particulares

- Recabar conocimiento de todas las operaciones que involucra el proceso de corte secundario y empaque, mediante una estancia constante en cada una de las tajadoras involucradas para con ello proceder a mediciones directas de tiempo de cada actividad con el apoyo de un cronómetro.
- Reconciliar los datos obtenidos con los reportes diarios, a fin de abstraer información confiable y fundamentada.
- Determinar los tiempos muertos de operación, cuáles son y cuánto tiempo duran.
- Proponer una distribución de material más adecuado de acuerdo con las diferencias entre áreas de trabajo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Película BOPP en el área de corte

El polipropileno biorientado (BOPP) es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, perteneciente al grupo de las poliolefinas, se obtiene a partir de monómeros de propileno (Figura 2.1). El polipropileno biorientado posee dos capas de polipropileno estirados biaxialmente, esto significa que una capa es puesta en forma transversal sobre una capa de OPP y otra capa es estirada en forma longitudinal en la otra cara del OPP.

El BOPP, se ha convertido en el film más requerido por la industria de envases flexibles y está ganando terreno al plástico rígido dada su versatilidad, economía y sustentabilidad.

Es una película de polipropileno con un revestimiento que permite que sea termosellado. Su característica principal es la barrera de protección que ofrece para evitar la entrada o salida de humedad. Por lo que sus aplicaciones se orientan principalmente al mercado masivo de galletas, snaks, chocolates, alfajores, caramelos y también etiquetas.



Figura 2.1. Película BOPP.

2.2. Aplicaciones

Las películas BOPP tienen gran variedad de aplicaciones, cubriendo primordialmente diversos segmentos del mercado, tanto en el uso generalizado, así como en las especialidades de elaboración de materiales de empaque para alimentos y etiquetas.

2.2.1. Empaque para alimentos

Dentro de esta clasificación podemos encontrar empaques para:

Confitería: Las estructuras más usadas para este tipo de productos son laminaciones de BOPP/BOPP y BOPP/PE (Figura 2.2); su importancia es que, por su contenido de azúcar, estos productos se deben proteger de la humedad.



Figura 2.2. Empaque confitería.

Botanas o Snacks: La estructura típica usada como empaque para este tipo de productos consiste en laminaciones de BOPP/BOPP metalizado (Figura 2.3), cuya finalidad es proporcionar buena transmisión de la humedad y de la luz.



Figura 2.3. Empaque Snacks.

Repostería: La estructura más usada consiste en laminaciones de BOPP, en distintos espesores, y en combinaciones con BOPP blanco o metalizado (Figura 2.4).



Figura 2.4. Empaque Repostería.

2.2.2. Etiquetas

Wrap Around: Película BOPP laminada de rigidez alta, para gaseosas, aguas y otros productos embotellados. (Figura 2.5).



Figura 2.5. Etiquetas Wrap Around.

In Mold: Etiquetas de rigidez y resistencia altas (Figura 2.6), ideales para botes de polipropileno de helados, margarinas, entre otras.



Figura 2.6. Etiquetas In Mold.

Adheribles: Película autoadhesiva, monocapa, de alto rendimiento y buenas propiedades mecánicas (Figura 2.7).



Figura 2.7. Etiquetas Adheribles.

2.3. Características del producto en proceso

Entre las propiedades físicas y mecánicas de las películas BOPP, se encuentra que su superficie es brillante y tiene alto grado de transparencia. Conforman un material fácilmente reciclable, ya que únicamente debe ser triturado para regresar al proceso productivo. Exhiben alta resistencia a roturas, ralladuras, golpes y perforaciones.

Por otro lado, el BOPP es un material considerado por la FDA (Food and Drug Administration) como inocuo, no transmite olores ni sabores. Una característica importante es que sirve de base para impresión, lo cual permite el ahorro de material adicional al etiquetar o imprimir. La película BOPP de “In.F.” cuenta con diferentes certificaciones que nos pueden garantizar que

su producto cumple con los parámetros de calidad establecidos en dichas normas (**Ver Apéndice A**).

2.4. “In.F.”

“In.F.” es una empresa que combina el talento de trabajadores y ejecutivos mexicanos para adoptar, integrar y mejorar las tecnologías de punta, lo cual la hace líder en la fabricación de películas co-extruidas de BOPP (Polipropileno Biorientado) desarrolladas para satisfacer las necesidades y aplicaciones de la industria del Empaque Flexible en segmentos de mercado tales como tabaco, etiquetas y empaque.

Cada película que se fabrica en la planta está diseñada “a la medida” (tailor made) del cliente, esto, para satisfacer necesidades específicas. Con una presencia del 35% de sus ventas en el mercado doméstico, altamente competido, “In.F.” es reconocida como una empresa con altos estándares en el área de Innovación, calidad y servicio a sus clientes.

La industria de películas BOPP cubre primordialmente los siguientes segmentos de mercado, tanto en el uso generalizado (commodities); así como, en las especialidades empaque, tabaco y etiquetas.

Las películas que se ofertan en la industria son primordialmente Transparentes, Opacas y Metalizadas:

- Películas Transparentes.
- Películas Opacas.
- Películas Metalizadas.
-

2.5. Programas especializados para la gestión de proyectos

Para la gestión de proyectos, en particular aquellos de mediana o gran complejidad, se suelen utilizar dos métodos fundamentales: la Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT: Program Evaluation and Review Technique) y el Método del Camino Crítico o de la Ruta Crítica (CPM: Critical Path Method). El primero de ellos está orientado a identificar las actividades necesarias para la concreción de un proyecto y los tiempos asociados. CPM hace mayor énfasis en los tiempos, suponiendo que estos se conocen con mayor certeza, con el objetivo de determinar el menor tiempo posible en el que se puede finalizar el proyecto. Ambos surgieron durante la década de los 50s, aunque de manera separada. PERT fue desarrollado por la marina

estadounidense y CPM por un centro de investigación a pedido de la firma DuPont. Poseen muchos puntos en común, y algunas características específicas. El objetivo de esta sección es conocer brevemente a cada uno, y a sus aplicaciones durante la gestión de proyectos.

2.5.1. Método de la Ruta Crítica (CPM)

El objetivo principal de este método es el de representar de manera gráfica la secuencia de elementos principales de un proyecto y el tiempo que transcurre entre ellos. Esto permite contar un mapa en el que se puede determinar cuál es la "ruta" más corta para completar el proyecto global. Pueden existir rutas paralelas, necesariamente más cortas, a las que se denomina "sub-rutas". Este mapa, además, permite ver la dependencia de recursos. Los tiempos utilizados en esta técnica son determinísticos, es decir, deben estar especificados previamente y de manera precisa.

2.5.2. Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT)

PERT también permite analizar de manera gráfica las tareas necesarias para seguimiento y concreción de un proyecto, y su duración individual; esto permite estimar la duración total del proyecto. Las tareas forman redes, conocidas como Redes PERT o Mallas PERT en las que, a diferencia de CPM, los tiempos utilizados en esta técnica se estiman estadísticamente.

Para comenzar a diseñar la Red PERT, se deben definir claramente cuáles son las actividades que componen al proyecto, y cuál es su precedencia (la dependencia de una con la otra, cuál debe concretarse antes de iniciar la siguiente). La determinación de las actividades generalmente es realizada por un grupo multidisciplinario, con amplios conocimientos y experiencia en la gestión de proyectos.

Existen dos maneras, o dos convenciones, sobre la representación de las actividades en una Red PERT. En la primera, las actividades son representadas en los nodos, y las flechas representan la precedencia; a esta manera se la conoce como Actividad en el Nodo (AEN). Por otro lado, muchos utilizan otra convención que consiste en colocar las actividades en las flechas (Actividad en la Flecha, AEF). En este caso, los nodos son instantes de tiempo y representan tiempos de inicio y finalización; a estos instantes se los conoce como eventos. La mayor parte del software que existe en el mercado para la gestión de proyectos, incluido Microsoft Project™, trabaja con el criterio de la actividad en el nodo (AEN). A continuación, veremos cómo se arma una Red PERT bajo cada uno de los criterios.

2.5.3. Actividad en los Nodos (AEN)

Como se mencionó, en AEN cada nodo representa una actividad; la primera actividad es la que representa el punto de partida del proyecto. es el nodo inicial, o vértice inicial, y debe ser único. Luego se van graficando otros nodos, actividades que compone al proyecto, relacionados mediante flechas de acuerdo con su precedencia. El sentido de lectura de la gráfica PERT es de izquierda a derecha y no existen retornos, siempre la secuencia se debe desarrollar hacia la derecha. Por ejemplo, en el gráfico (Figura 2.8), “A” es la actividad de inicio, que puede no ser una actividad propiamente sino un comienzo representado por una actividad ficticia; “B” se debe realizar después de “A”; después de “B” se pueden “C” y/o “D” si y solo si se ha finalizado “B”; “C” y “D” no son precedentes, por lo que no dependen una de otra; “E” es la actividad final, la que también puede ser ficticia, y se realiza después de haber finalizado “C” y “D”.

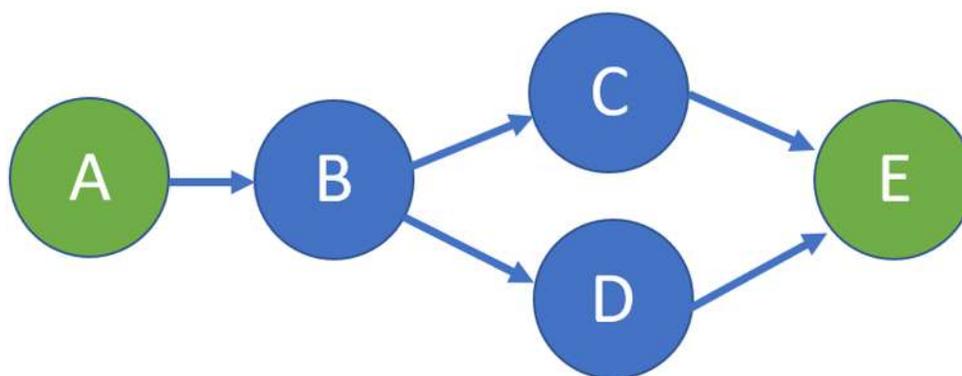


Figura 2.8. Diagrama AEN, de actividades en nodos.

2.5.4. Actividad en las Flechas (AEF)

Si se quisiera representar la anterior Red PERT, pero bajo el criterio de AEF y su formato, incluyendo como en el ejemplo algunas actividades ficticias representadas con flechas de línea punteada, se obtendrá el siguiente diagrama (Figura 2.9).

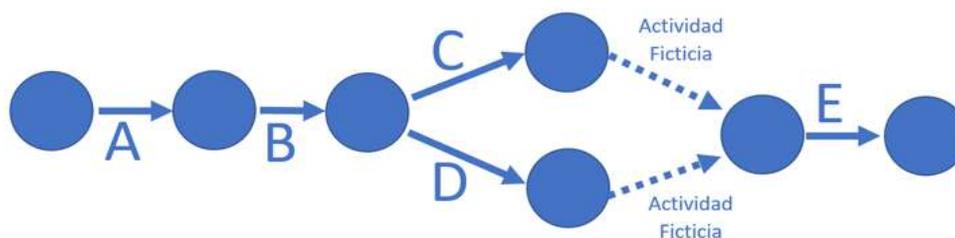


Figura 2.9. Diagrama AEF con actividades ficticias.

Hasta el momento, no se ha contemplado la duración de cada actividad. La Red PERT precisa de esta información, que es fundamental para su análisis y que permite estimar la duración del proyecto en su totalidad y tomar decisiones (como la asignación de recursos, alguna inversión, alguna reingeniería del proyecto, etc.). La forma correcta de realizar un diagrama PERT es detallar para cada actividad una serie de datos de importancia, además de su nombre, estos son:

1. Duración esperada de la actividad (t): cuánto estimamos que durará la actividad (para el caso de PERT, en CPM conocemos este valor con certeza).
2. Tiempo de inicio más temprano (ES = Earliest Start): el tiempo más cercano en que puede empezar una actividad, suponiendo que todas las actividades precedentes han sido completadas.
3. Tiempo de término más temprano (EF = Earliest Finish): el tiempo más cercano en que una actividad puede terminar.
4. Tiempo de inicio más tardío (LS = Latest Start): el tiempo más lejano en que puede empezar una actividad, sin retrasar el tiempo de finalización del proyecto completo.
5. Tiempo de término más tardío (LF = Latest Finish): el tiempo más lejano en que puede terminar una actividad, sin retrasar el tiempo de finalización del proyecto completo.
6. Holgura de la Actividad (H): la holgura de una actividad es el tiempo con el que contamos para retrasar el inicio de una actividad o para alargar su ejecución, sin que esto afecte al tiempo de finalización del proyecto. Es decir, es el margen de tiempo que está disponible por cualquier retraso o demora en la ejecución de la actividad. Las actividades críticas suelen poseer holgura nula, no pueden demorarse en su inicio ni extenderse más de lo previsto, sino provocarán indefectiblemente un retraso en el proyecto.

Existen cuatro reglas que se deben tener en cuenta para el cálculo de los parámetros.

Regla 1 (del inicio más temprano)

Al iniciar una actividad, todos los precedentes deben haber terminado. Para calcular ES, puede haber dos situaciones:

- Si una actividad tiene sólo un precedente, su ES es igual al EF de su precedente.
- Si tiene más de un precedente, su ES es el máximo de todos los valores EF de sus precedentes (Ecuación 2.1).

$$ES = \text{máx. } \{EF \text{ de los precedentes inmediatos} \} \quad (2.1)$$

Regla 2 (del término más temprano)

El valor de EF es la suma de ES más el tiempo de duración de la actividad (Ecuación 2.2).

$$EF = ES + t \quad (2.2)$$

A las ecuaciones (2.1, 2.2) se les conoce, generalmente, como pasada hacia adelante. La gráfica se recorre de izquierda a derecha (inicio a fin) para el cálculo de tiempos.

Regla 3 (del inicio más tardío)

Para calcular LF, puede haber dos situaciones:

- Si una actividad es precedente sólo de una actividad posterior, su LF es igual al LS de la actividad siguiente.
- Si tiene más de un sucesor, su LF es el mínimo de todos los valores LS de sus sucesores (Ecuación 2.3).

$$LF = \text{mín}\{\text{LS de los sucesores inmediatos}\} \quad (2.3)$$

Regla 4 (del término más tardío)

El valor de LS es la diferencia entre LF y el tiempo de duración de la actividad (Ecuación 2.4).

$$LS = LF - t \quad (2.4)$$

A las ecuaciones (2.3, 2.4) se les conoce generalmente como pasada hacia atrás. La gráfica se recorre de derecha a izquierda (fin a inicio) para el cálculo de tiempos.

3. METODOLOGÍA

El éste proyecto está enfocado al área denominada “ACABADO”, que comprende las áreas de corte primario (Tajadora 65), corte secundario y empaque. A continuación se describen estas áreas del proceso, su forma de operar y sus particularidades.

3.1. Descripción del proceso de Fabricación

El proceso de fabricación de películas BOPP, en Innovia Films, consta de diferentes áreas para lograr el objetivo de entrega puntual al cliente, considerando una entrega de calidad para así satisfacer sus necesidades.



Figura 3.1. Áreas de producción.

Iniciando con el área de Entradas, Planeación es el encargado de determinar y administrar todas las campañas de producción, apoyándose un software. Abastecimientos mantiene la logística correcta suministrar la materia prima y el material necesario para llevar a cabo el proceso de fabricación. Desarrollo de productos tiene como objetivo buscar e innovar materiales y técnicas nuevas. Finalmente se encuentra Extrusión, que es el proceso de manufactura de las películas BOPP, el cual consiste en 16 pasos (Figura 3.2); este proceso abastece de “Rollos maestros” los cuales deben cumplir un tiempo de maduración específico para cada tipo de película.



Figura 3.2. Proceso BOPP-Stender.

Ya liberados los Rollos maestros, son trasladados al área de corte primario, tajadoras 51, 61, 62, 64 y 65, donde se cortan y embobinan en rollos de dimensiones superiores. En esta etapa se clasifican como rollos de primera calidad, rollos de proceso, rollos PFE (Producto Fuera de Especificación), base para metalizado y tirilla (sobrante de corridas). Estos rollos pasan a empaque de corte primario, donde se empacan para cliente o se envían a proceso.

La base para metalizar pasa al área de metalizado, los rollos metalizados y los rollos de proceso producidos en corte primario son trasladados al área de corte secundario, tajadoras 14, 15, 16, 20, 21, 34 y 97, donde se cortan y embobinan en menor dimensión; también es un área de Reembobinado para corregir defectos de calidad. Esta área produce rollos de primera calidad, PFE y tirilla, los cuales son enviados al área de empaque de corte secundario, donde solamente se empacan rollos a cliente.

Una parte de los rollos de PFE son enviados a reciclado para mediante un procedimiento específico integrar este desperdicio a el proceso de manufactura. La otra parte de PFE es entregada a las áreas de distribución y gestión comercial junto con los rollos a cliente producidos en corte secundario para su venta y entrega a clientes.

3.2. Análisis proceso BOPP mediante Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT)

Considerando el proceso de fabricación de película BOPP, cuyas duraciones y nodos se concentran en la **Tabla 3.1**. Actividades y duración de fabricación de película BOPP. La programación de actividades usando AEN se aprecia en la **Figura 3.3** Diagrama AEN BOPP, el camino más corto se muestra con líneas de color rojo.

Tabla 3.1 Actividades y duración de fabricación de película BOPP

Actividad	Nodo	Duración(min)
Materia prima en planta	A	Inicio
Llenado de tolvas de alimentación	B	50
Alimentación Extrusor	C	30
Paso por boquilla/chill roll	D	5
Estiramiento longitudinal	E	17
Estiramiento transversal	F	8
Embobinado	G	120
Reposo RM	H	480
Montaje Corte Primario	I	20
Corrida corte primario	J	120
Empaque corte primario	K	20
Montaje corte secundario	L	10
Corrida corte secundario MT15	M	10
Corrida corte secundario MT16	N	10
Corrida corte secundario MT20	O	8
Corrida corte secundario MT21	P	6
Corrida corte secundario MT14	Q	33
Corrida corte secundario MT34	R	14
Empaque corte secundario	S	30
Embarque	T	40

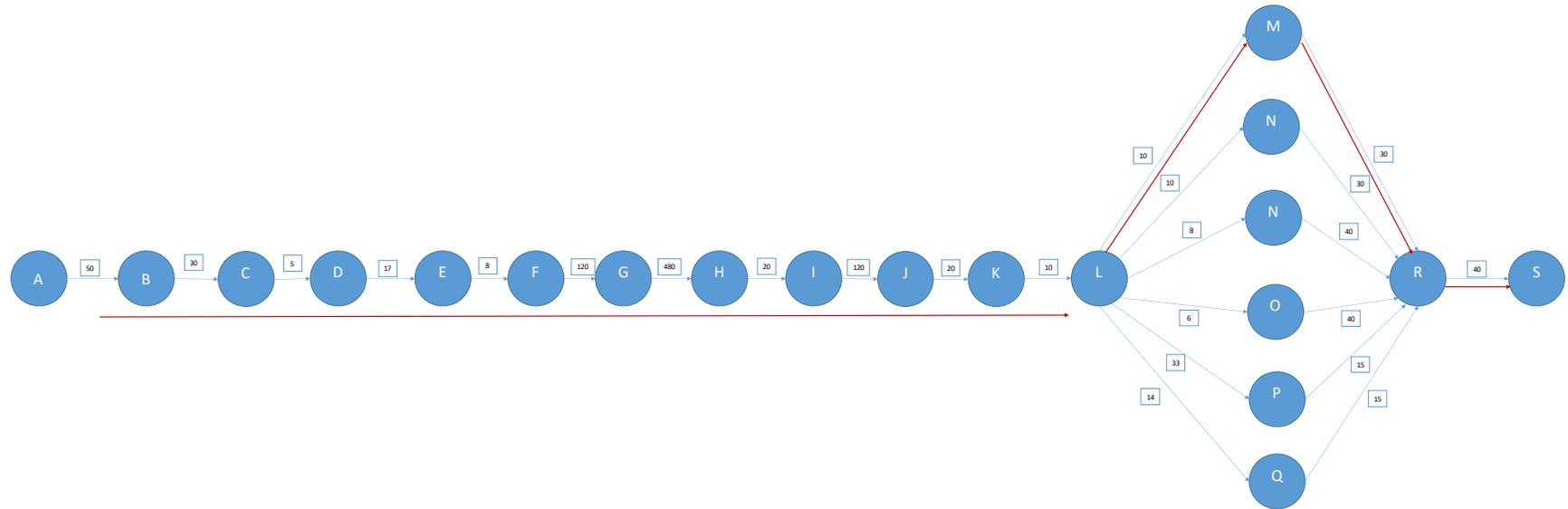


Figura 3.3: Diagrama AEN BOPP

Siendo la ruta más corta la siguiente: A → B → C → D → E → F → G → H → I → J → K → L → M → R → S, ruta dependiente del paso por MT15 , con un tiempo total de 979min.

3.3. Descripción del área de corte

El organigrama del área de acabado posee una estructura de 3 niveles (Figura 3.3).

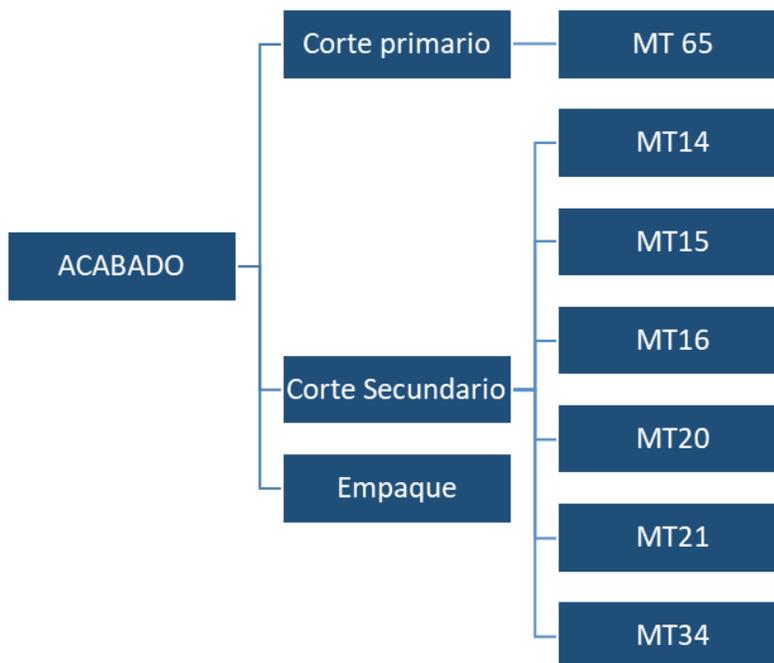


Figura 3.4. Organigrama del área de acabado.

El área de acabado cuenta con 103 personas, con 3 turnos de trabajo; teniendo así cada sub-área 3 grupos de trabajo rotativos.

- 1° turno: 6:00 am – 2:30 pm
- 2° turno: 2:30 pm – 10:30 pm
- 3° turno: 10:30 pm – 6:00 am

3.4. Análisis del proceso actual en el área de corte

A fin de realizar el análisis del proceso, se hará uso del Diagrama de Proceso. Esta representación hará uso de la simbología estándar (Tabla 3.1), a fin de facilitar su explicación, entendimiento e interpretación.

Tabla 3.2. Símbolos estándar para diagramas de proceso (Baca, 2014).

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.
	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas.

El Diagrama del Proceso de Corte se define como la representación gráfica de la secuencia de las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante la Etapa de “Acabado” de las películas de BOPP. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis, por ejemplo, el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para visualizar secuencias de producto, operación, entrega, etc. Este diagrama permite lograr una mejor distribución de movimientos en planta al ahorrar distancias y, por tanto, tiempos. Es evidente que el diagrama de recorrido es un complemento valioso del diagrama de proceso, pues en él puede trazarse el recorrido inverso y encontrar las áreas de posible congestión de tránsito, y facilitar así el poder lograr una mejor distribución en la planta.

En el diagrama del proceso de corte (Tabla 3.2) se puede apreciar que el proceso de corte cuenta con 42 diferentes actividades que, resumiendo los tiempos, se pueden clasificar en los siguientes grupos:

1. Revisar el charting (configuración en software de los pedidos).
2. Ajustar navajas y medidas.
3. Colocar los cores en tajadora.
4. Ingresar una longitud y velocidad en el tablero.
5. Iniciar corrida.
6. Descargar.
7. Etiquetar y registrar.
8. Pre-paletizar.
9. Enviar a empaque.

Tabla 3.3. Diagrama del proceso de corte.

ACTIVIDADES						
1. Jefe de turno informa a operadores acerca del charting (configuración) al que van a cambiar						
2. Personal de planeación deberá reservar los rollos de proceso para esa configuración						
3. El operador revisa las especificaciones y requisitos del cliente de acuerdo a la configuración						
4. Tener listo junto a la cortadora los accesorios que se vayan a utilizar (cores, brazos, flechas, engranes, coples, navajas)						
5. Revisar que el rollo a montar esté reservado						
6. Montar rollo en el desenrollador						
7. Retirar de la cortadora los accesorios que no se ocupen. Si sobró material cortado de una configuración anterior, hacer despeje del área en ese momento.						
8. Acomodar configuración en TMS						
9. Hacer el cambio en la cortadora						
10. Seleccionar ADP						
11. Ajustar navajas						
12. Revisar el estado del filo de las navajas de acuerdo a frecuencia definida						
13. Montar los cores en los brazos o barras de embobinado						
14. Activar transmisión de brazos de embobinado						
15. Juntar posición (brazo y core) con el rodillo exprimidor						
16. Hilar la máquina y a marcha lenta cortar 3 o 4 metros de película para revisar el corte						
17. Centrar película respecto al core						
18. Detener marcha lenta						
19. Quitar la película mal embobinada, cintas, goma, accesorios, entre otros.						
20. Pegar las puntas de la películas en los cores						
21. Activar la transmisión de brazos de embobinado						
22. Pegar los brazos de embobinado con el rodillo exprimidor						
23. Pulsar el botón de arranque						
24. Vigilar los aspectos de calidad						
25. Al terminar la longitud de la corrida y la máquina se detenga, oprimir botón de descarga para quitar tracción de los brazos						
26. Cortar película en rollos terminados						
27. Pegar con cinta la punta de la película en el lomo de la bobina						
28. Liberar bobinas						
29. Asegurar hacer la rutina de aseguramiento de calidad						
30. En los rollos terminados colocar la etiqueta correspondiente, según el perfil del cliente en cuestión						
31. Colocar tarima donde se arma la reja						
32. Colocar uno o dos separadores troquelado según lo especifique el cliente en sus notas						
33. Colocar en los orificios del separador troquelado insertos inferiores						
34. Colocar sobre los insertos separador circular de cartón						
35. Colocar las bobinas del nivel. Si el cliente lo solicita, las bobinas se meterán en bolsa de polietileno antes de colocarlas en el pallet						
36. Colocar el separador troquelado que corresponda y sobre este colocar los insertos inferiores						
37. Colocar en cada orificio un inserto doble de plástico del diámetro correspondiente para preparar la base del siguiente nivel						
38. Repetir los pasos 35,36 y 37 hasta completar los niveles solicitados						
39. En el último nivel colocar sobre las bobinas los separadores circulares que correspondan						
40. Colocar centrado un separador troquelado						
41. Colocar sobre el separador troquelado insertos superiores						
42. Trasladar el pallet al área de empaque						

3.5. Descripción de las diferentes tajadoras del área

MT 65: Máquina del tipo A1, cada grupo de trabajo esta integrado por 3 operadores; uno encargado del tablero, otro del montaje de los rollos maestros y el restante de la preparación de la corrida. Cuando uno de ellos acaba su tarea principal, es responsable de ayudar a preparación y descarga de las corridas. En conjunto, se encargan de abastecer el material que necesitan cuando la máquina está trabajando. La tajadora trabaja los 7 días de la semana.



Figura 3.5. Máquina A1, corte primario.

MT15 y MT16: Máquinas del tipo K2, trabajan con un operador por turno, los 7 días de la semana. Cortan películas conocidas como “Cigarreras”. Los rollos producidos son pre-paletizados por el operador. El operador en turno es responsable de todos los movimientos realizados aquí.



Figura 3.6. Máquina K2, corte secundario.

MT14: Máquina del tipo KA2, esta tajadora trabaja con un operador por turno, 6 días de la semana, parada los domingos, en caso de requerir trabajarla, se encomienda un operador en turno para manejarla. Es una tajadora utilizada en su mayor parte como recuperación; es decir, tratar de corregir los defectos de calidad de embobinado por otras tajadoras. El operador en turno es responsable de todos los movimientos aquí realizados.

MT20 y MT21: Máquinas del tipo KA2, trabajan con dos operadores por turno, los 7 días de la semana. Cortan películas conocidas como “Cigarreras”. Los rollos producidos son pre-paletizados por el operador. Estas tajadoras se integran de dos lados de carga; interno y externo. Cada operador prepara un lado para su ejecución, descarga y pre-empaque.

MT34: Máquina del tipo KA2, trabaja con un operador por turno, los 7 días de la semana. Es una tajadora utilizada en su mayor parte como recuperación; es decir, tratar de corregir los defectos de calidad de embobinado por otras tajadoras. El operador en turno es responsable de todos los movimientos aquí realizados.



Figura 3.7. Máquina KA2, corte secundario.

Teniendo ya los rollos preparados, se envían al área de empaque apoyándose de vías mecánicas conectadas a las tajadoras 65, 14 y 34. Los pallets realizados en las tajadoras 15,16,20 y 21 son trasladados con ayuda de un montacargas.

El área de empaque cuenta con 4 operadores por turno; operador de tablero, operador de empaque, operador de entrega y cortador de cores.

3.6. Análisis actual del proceso de empaque

Diagrama de flujo de procesos. El diagrama de flujo del proceso representamos cada una de las actividades del proceso de empaque, el cual mostramos la secuencialidad de actividades desarrolladas y una visión en conjunto del trabajo efectuado.



Figura 3.8. Proceso de empaque.

3.7. Análisis estadístico en movimientos

En el área de corte se aprecian diferentes movimientos; aquellos que suman impacto, se resumen los siguientes puntos, los cuales son muestreados para así proceder al análisis estadístico por máquina tajadora:

- Velocidad
- Corrida
- Descarga
- Etiquetado
- Pre-empaque/ envío

3.8. Puntos por evaluar

Número de clase

$$K = \sqrt{n}$$

Dónde: K= Número de clase
n= Número de datos

Ancho de la clase (AC)

$$AC = \frac{H-L}{K}$$

Dónde: K= Número de clase
H= Valor más alto
L= Valor más bajo

Frecuencia absoluta: Es la cantidad de elementos del total de datos que contiene cada clase.

Desviación estándar muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

Media muestral

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.4)$$

Dónde: X= Observaciones de la variable de interés
n= Tamaño de la muestra

Límite superior

$$L.S. = \bar{x} + S \quad (3.5)$$

Límite inferior

$$L.I. = \bar{x} - S \quad (3.6)$$

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio de métodos junto con la medición del trabajo son subconjuntos de la ingeniería de métodos y debido al papel central que la medición del trabajo ha desempeñado en el campo de la ingeniería industrial perteneciente al concepto de control del trabajo, constituye un área de considerable desarrollo teórico y práctico con el paso de los años. Representa un importante acervo de tecnología desarrollada en el campo de la ingeniería industrial y ha sido y será importante como un elemento para la obtención del objetivo general principal de la ingeniería industrial: la productividad.

El tiempo siempre ha sido una de las variables más importantes en la ingeniería y la ciencia, así como en la manufactura. Un reloj es un instrumento que, mediante engranajes activados por un resorte a través de un mecanismo de escape, hace girar manecillas que registran y muestran el tiempo transcurrido, como un reloj mide el tiempo y nada más, es comprensible que el estudio de tiempos con cronómetro fuera la primera técnica de medición del trabajo.

Para poder llevar a cabo este monitoreo del trabajo es necesario realizar un estudio de movimientos, el objetivo sería eliminar aquellos movimientos innecesarios y ordenar de una mejor manera los movimientos útiles, obteniendo así la eficiencia máxima. Para desplegar un estudio de movimientos es necesario monitorear y medir las actividades para identificar aquellas que requieren mayor tiempo y determinar su incidencia, por lo tanto, la medición es indispensable para reconocer la causa principal del retraso del tiempo, mano de obra, disposición de materiales, disposición de herramientas o método de trabajo, a su vez se cuantifica el tiempo y dinero perdido en cada actividad mal realizada.

A continuación, se enlistan los datos muestreados en las diferentes máquinas tajadoras.

4.2. Relación de mediciones en la Tajadora 15

La Tajadora 15 se considera una máquina “Cigarrera” por cortar este tipo de películas, con bobinas de dimensiones pequeñas. Dentro de los datos registrados, se pueden observar diferentes tipos de películas con sus respectivas longitudes estándar. Se registraron 30 corridas en diferentes días y turnos (Tabla 4.1), para con ello proceder al análisis estadístico de esta máquina.

Tabla 4.1. Datos registrados MT15.

			TAJADORA 15						
Operador	Tipo película	Tipo longitud	Posiciones	Velocidad	Corrida	Descarga	Etiquetado	Pre-empaque	Montaje rollo
A	AM 20.0	0	2	350	7.11	1.58	1.04	0.2	4.14
A	AM 20.0	0	2	350	6.54	1.27	0.49	0.18	/
A	AM 20.0	0	2	350	6.57	1.57	1.08	0.17	/
A	AM 20.0	0	2	350	7.01	2.04	0.54	0.14	/
A	AH 10.0	1	2	85	35.43	2.02	1.05	1.17	/
A	AH 10.0	1	2	85	36.36	2.12	0.53	3.15	/
A	CA 74.0	1	8	300	11.38	5.16	0.51	0.73	/
A	CA 74.0	1	8	445	9.04	8.1	0.4	1.19	/
A	CA 74.0	1	8	500	8.58	5.09	0.3	1.13	8.18
A	CA 74.0	1	8	399	14.13	4.39	0.51	1.21	/
B	AM 20.0	0	2	350	7.3	2.3	1.27	0.58	/
B	AM 20.0	0	2	300	8.25	2.53	1.51	0.42	/
B	AM 20.0	0	2	300	8.25	3.03	1.05	0.25	/
B	AM 20.0	0	2	300	8.24	2.1	1.25	0.15	/
B	AJ 15.0	0	2	300	8.28	3.04	4.5	0.18	5.54
B	AJ 15.0	1	10	300	18.47	4.52	1.34	1.22	/
B	AJ 15.0	1	10	350	15.57	4.17	3.57	1.52	/
B	AJ 15.0	1	10	350	15.06	2.56	1.06	1.08	/
B	BR 63.0	1	10	350	15.32	3.22	2.21	1.12	/
B	AH 10.0	1	16	250	10.58	2.52	1.36	1.05	/
C	AH 10.0	1	3	350	9.53	6.09	1.26	17.08	/
C	AH 10.0	1	3	350	9.06	3.49	1.3	4.03	/
C	AH 10.0	1	3	350	8.28	3.21	0.53	2.33	/
C	AH 10.0	1	3	350	10.39	8.39	0.54	2.14	/
C	AH 10.0	1	3	350	9.35	4.2	2.01	2.48	/
C	AH 10.0	1	3	350	9.25	10.1	2.39	3.42	/
C	AH 10.0	1	3	300	10.3	4.07	1.09	1.35	10.2
C	BR 63.0	1	16	200	14.09	10.14	2.22	2.4	/
C	BR 63.0	1	16	200	13.47	9.31	4.14	3.05	/
C	BR 63.0	1	16	200	14.5	9.27	1.43	6.56	/

Fuente. “In.F.”

Resumen del análisis estadístico en Tajadora 15 empleando las fórmulas especificadas en las ecuaciones (3.1-3.6), especificadas con anterioridad:

Tabla 4.2. Análisis estadístico MT15

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MT15							
VELOCIDAD	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	320.47
	6	69.17	1	85-154.17	2	D.E.M.	83.19
			2	154.17-223.33	1	T.E.	320.47
			3	223.33-292.49	1	L. Max	403.66
			4	292.49-361.65	24	L.Min	237.27
			5	361.65-430.81	0		
			6	430.81-500	2		
CORRIDA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	12.41
	4	4.97	1	6.54-11.51	20	T.E.	12.41
			2	11.51-16.48	6	D.E.M.	7.27
			3	16.48-21.45	2	L. Max	19.68
			4	21.45-26.42	0	L.Min	5.15
			5	26.42-31.39	0		
			6	31.39-36.36	2		
DESCARGA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	4.43
	4	1.48	1	1.27-2.75	10	T.E.	4.43
			2	2.75-4.23	8	D.E.M.	2.63
			3	4.23-5.71	5	L. Max	7.06
			4	5.71-7.19	1	L.Min	1.80
			5	7.19-8.67	3		
			6	8.67-10.14	3		
ETIQUETADO	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	1.41
	4	0.7	1	0.3-1	9	T.E.	1.41
			2	1-1.7	4	D.E.M.	1.07
			3	1.7-2.4	11	L. Max	2.47
			4	2.4-3.1	3	L.Min	0.34
			5	3.1-3.8	1		
			6	3.8-4.5	2		
PRE EMPAQUE	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	1.27
	4	0.55	1	0.14-0.69	9	T.E.	1.27
			2	0.69-1.24	11	D.E.M.	0.97
			3	1.24-1.79	1	L. Max	2.24
			4	1.79-2.34	3	L.Min	0.30
			5	2.34-2.89	2		
			6	2.89-3.44	4		

Fuente. Autor

De los resultados obtenidos, se aprecian la media y desviación estándar de las diferentes actividades. Se hace énfasis en el análisis de la desviación estándar de la velocidad, ya que el tiempo requerido para realizar una corrida es proporcional a la velocidad establecida en la tajadora; esto se puede observar gráficamente (Figura 4.1).

Un punto importante es el tiempo estimado para lo denominado “Corrida” ya que, por medio de análisis estadísticos de los valores capturados, se estima un tiempo de 12.41min, con un máximo de 19.58min, lo cual es considerado muy elevado para esta máquina.

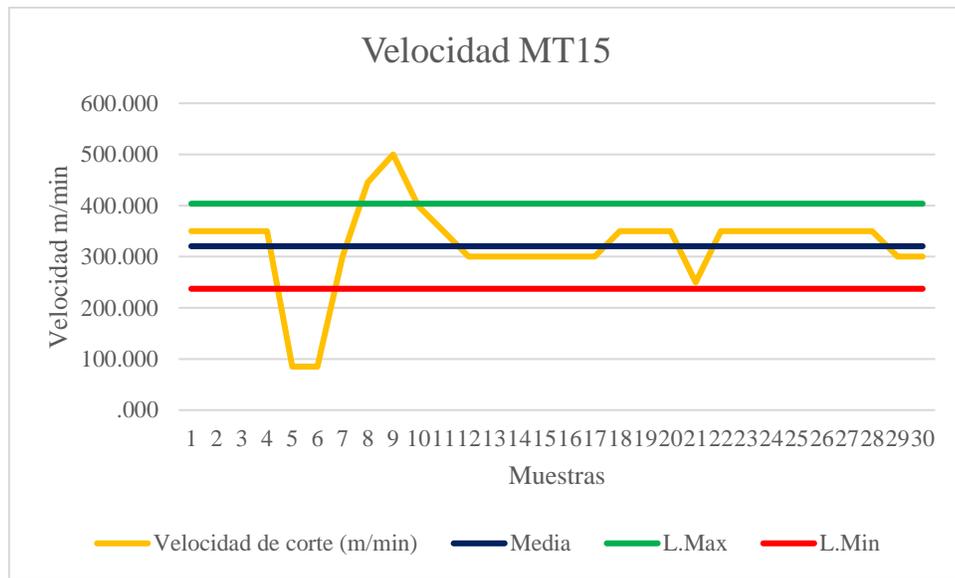


Figura 4.1. Gráfico de control: Velocidad MT15.

De acuerdo con el gráfico de control, Figura 4.1, podemos apreciar que nuestro análisis será confiable utilizando como **velocidad estándar 320.47 m/min**, ya que el 86.6% de los datos analizados están dentro del intervalo de velocidad mínima de 237.23 m/min y velocidad máxima de 403.66 m/min. Esta máquina tajadora cuenta con la capacidad para lograr los mínimos y máximos establecidos y los operarios estudiados se manejan relativamente cerca del nivel estándar.

4.3. Tajadora 16

Relación de mediciones en Tajadora 16 se aprecian en la Tabla 4.3.

Se registraron 30 corridas en diferentes días y turnos, para con ello proceder al análisis estadístico de dicha máquina tajadora. Dentro de los datos registrados, podemos observar diferentes tipos de películas con sus respectivas longitudes estándar. La Tajadora 16 se considera una máquina “Cigarrera” por cortar este tipo de películas, con bobinas de dimensiones pequeñas. En esta máquina se pueden observar tiempos muy prolongados en la descarga y etiquetado.

Tabla 4.3. Datos registrados MT16.

			TAJADORA 16						
Operador	Tipo película	Tipo longitud	Posiciones	Velocidad	Corrida	Descarga	Etiquetado	Pre-empaque	Montaje rollo
A	BU 67.0	1	15	600	8.05	23.08	1.59	1.53	/
A	BU 67.0	1	15	600	7.58	6.43	1.57	2.09	/
A	BU 67.0	1	15	600	7.57	3.49	2.06	2.23	/
A	BU 67.0	1	15	600	8.02	6.38	1.14	2.34	/
A	BU 67.0	1	15	600	8.08	3.21	2.16	1.49	/
A	BU 67.0	1	15	600	21.43	3.26	2.23	2.01	12.37
A	BU 67.0	1	15	600	8.09	5.16	2.09	3.51	/
A	BU 67.0	1	15	600	7.59	3.22	3.34	1.47	/
A	BU 67.0	1	15	600	8.11	4.07	2.45	3.56	/
A	BL 55.0	0	8	150	9.51	3.21	23.01	2.27	/
B	CB 76.0	1	12	500	10.23	3.13	1.01	1.58	/
B	CB 76.0	1	12	500	10.27	4.04	0.56	2.03	/
B	CB 76.0	1	12	500	9.56	3.45	1.29	4.24	/
B	CB 76.0	1	12	500	9.58	4.21	1.15	3.28	/
B	CB 76.0	1	12	500	13.46	4.58	1.02	3	/
B	CB 76.0	1	12	500	10.03	3.49	0.82	2.31	8.51
B	CB 76.0	1	12	500	14.34	3.33	0.64	3.38	/
B	CB 76.0	1	12	500	10.11	4.31	1.25	4.35	/
B	CB 76.0	1	12	500	9.28	4.15	1.44	3.05	/
B	CB 76.0	1	12	450	11.26	4.25	1.25	3.14	/
C	AH 10.0	1	6	200	12.01	3.19	0.44	1.39	/
C	AH 10.0	1	6	250	10.47	2.49	0.34	1.4	/
C	AH 10.0	1	6	300	9.06	2.13	0.67	1.52	/
C	AH 10.0	1	6	320	8.21	2.23	0.66	1.11	/
C	AH 10.0	1	6	320	8.32	2.47	0.19	1.06	/
C	AH 10.0	1	6	320	8.05	2.18	0.37	1.09	9.19
C	AH 10.0	1	6	300	9.26	2.36	0.52	1.19	/
C	AH 10.0	1	6	320	8.53	2.53	0.42	1.58	/
C	AH 10.0	1	6	320	9.07	2.34	0.43	2	/
C	AH 10.0	1	6	320	9.04	3.46	0.56	1.1	/

Fuente. "In.F."

Resumen del análisis estadístico en Tajadora 16.

Tabla 4.4. Análisis estadístico MT16.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MT16							
VELOCIDAD	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	449.00
	6	75.00	1	150-225	1	T.E.	449.00
			2	225-300	4	D.E.M.	139.44
			3	300-375	6	L. Max	588.44
			4	375-450	1	L.Min	309.56
			5	450-525	9		
			6	525-600	9		
CORRIDA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	9.81
	4	2.31	1	7.57-9.88	20	T.E.	9.81
			2	9.88-12.19	7	D.E.M.	2.75
			3	12.19-14.5	1	L. Max	12.55
			4	14.5-16.81	1	L.Min	7.06
			5	16.81-19.12	0		
			6	19.12-21.43	1		
DESCARGA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	3.53
	4	1.48	1	2.13-2.84	8	T.E.	3.53
			2	2.84-3.56	12	D.E.M.	1.10
			3	3.56-4.28	5	L. Max	4.63
			4	4.28-4.99	2	L.Min	2.42
			5	4.99-5.71	1		
			6	5.71-6.43	2		
ETIQUETADO	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	1.22
	4	0.5250	1	0.19-0.715	12	T.E.	1.22
			2	0.715-1.24	5	D.E.M.	0.83
			3	1.24-1.765	6	L. Max	2.05
			4	1.765-2.29	4	L.Min	0.39
			5	2.29-2.815	1		
			6	2.815-3.34	2		
PRE EMPAQUE	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	2.21
	4	0.55	1	1.06-1.60	13	T.E.	2.21
			2	1.60-2.15	4	D.E.M.	0.97
			3	2.15-2.70	4	L. Max	3.18
			4	2.70-3.25	3	L.Min	1.24
			5	3.25-3.80	4		
			6	3.80-4.35	2		

Fuente. Autor

Con los resultados obtenidos, podemos apreciar la media y desviación estándar de las diferentes actividades. Haciendo un énfasis en el análisis de la velocidad ya que el tiempo requerido para

realizar una corrida es proporcional a la velocidad establecida en la tajadora. Para lo cual se realiza una gráfica de apoyo.

De acuerdo con el apartado “Corrida” se aprecia un Tiempo estándar (¿por qué T.E. por qué no mejor poner completo?) de 10.21min con un máximo de 12.55min. Estos valores se consideran dentro de lo esperado

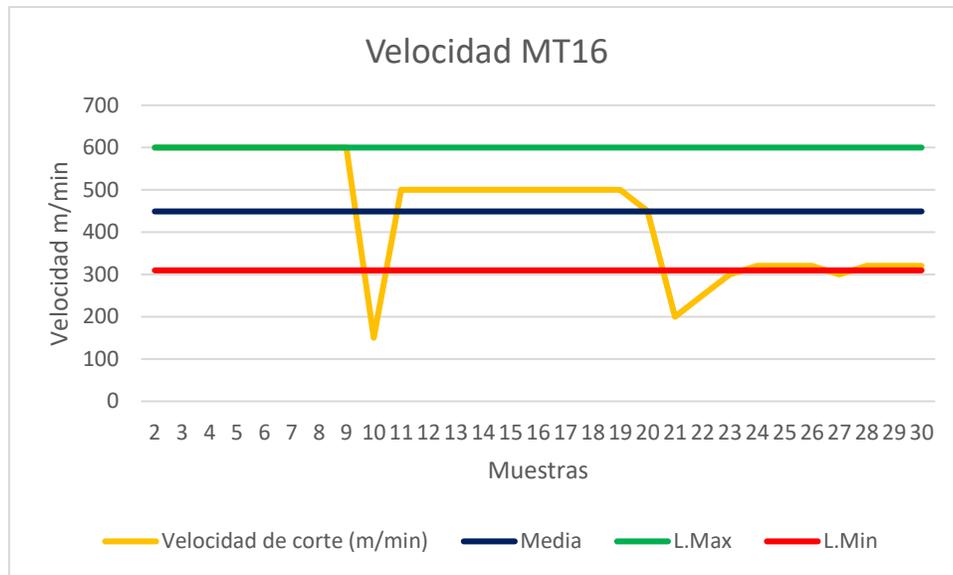


Figura 4.2. Gráfico de control: Velocidad MT16.

De acuerdo con el gráfico de control, Figura 4.2, se determinó una **velocidad estándar de 449 m/min**, los operarios analizados no se manejan cerca de esta velocidad, el 46% de ellos opera por los límites mínimo y máximo, lo cual permite apreciar un nivel de control menos eficiente en esta máquina. Afortunadamente, el 90% de los datos quedan dentro de los límites, por lo que el análisis será confiable estableciendo la velocidad estándar.

4.4. Tajadora 20

Relación de mediciones en Tajadora 20 se aprecian en la Tabla 4.5.

Se registraron 30 corridas en diferentes días y turnos, para con ello proceder al análisis estadístico de dicha máquina tajadora. Dentro de los datos registrados, podemos observar diferentes tipos de películas con sus respectivas longitudes estándar. La Tajadora 20 corta material de todo tipo, predominando el “Cigarrero” con la capacidad de más posiciones de bobinas que las tajadoras 15 y 16.

Tabla 4.5. Datos registrados MT20.

			TAJADORA 20						
Operador	Tipo película	Tipo longitud	Posiciones	Velocidad	Corrida	Descarga	Etiquetado	Pre-empaque	Montaje rollo
A	AM 20.0	1	9	482	8.09	4.15	1	1.17	/
A	AM 20.0	1	9	482	8.1	2.05	0.29	1.17	/
A	AM 20.0	1	9	438	8.52	2.44	1.44	0.58	/
A	AM 20.0	1	9	515	8.39	3.05	1.24	3.05	9.07
A	AM 20.0	1	9	539	7.4	2.54	1.11	1.01	/
A	AM 20.0	1	9	539	7.42	2.1	1.04	1.35	/
A	AM 20.0	1	9	510	8.3	2.21	0.56	1.45	/
A	AM 20.0	1	9	260	13.11	2.19	1.09	1.06	/
A	AM 20.0	1	9	260	13.02	2.33	1.45	1.36	/
A	AM 20.0	1	9	260	13.07	2.41	1.02	3.18	27.39
B	BT 66.0	1	18	401	13.33	3.1	1.39	3.58	/
B	BT 66.0	1	18	402	13.28	3.05	1.3	2.67	/
B	BT 66.0	1	18	407	13.34	2.08	1.2	2.23	/
B	BT 66.0	1	18	466	12.18	2.37	1.15	2.45	/
B	BT 66.0	1	18	401	13.3	4.03	1.25	3.27	9.55
B	BT 66.0	1	18	400	14.19	3.2	1.36	3.3	/
B	BT 66.0	1	18	397	13.28	2.45	1.14	2.17	/
B	BT 66.0	1	18	412	13.21	4.12	1.06	3.51	/
B	BT 66.0	1	18	410	13.17	2.28	1.25	2.28	/
B	BT 66.0	1	18	403	14.18	2.13	1.47	2.25	/
C	BU 67.0	1	17	400	11.07	1.49	1.26	2.46	7.16
C	BU 67.0	1	17	400	11.15	1.55	1.23	3.02	/
C	BU 67.0	1	17	400	11.04	1.57	1.12	2.32	/
C	BU 67.0	1	17	497	9.47	2.44	0.56	2.19	/
C	BU 67.0	1	17	496	10.41	2.3	0.54	2.45	13.22
C	BU 67.0	1	17	500	8.57	2.04	1.21	2.2	/
C	BU 67.0	1	17	500	9.11	1.5	2.06	2.19	/
C	BU 67.0	1	17	500	9.07	2.01	1.37	2.51	/
C	BU 67.0	1	17	500	9.04	2.17	1.52	2.45	/
C	BU 67.0	1	17	500	9.13	2.29	1.38	2.37	/

Fuente: "In.F."

Resumen del análisis estadístico en Tajadora 20.

Tabla 4.6. Análisis estadístico MT20.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MT20							
VELOCIDAD	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	474.90
	6	46.50	1	260-306.5	3	D.E.M	139.44
			2	306.5-353	0	T. E.	474.90
			3	353-399.5	1	L. Max	614.34
			4	399.5-446	12	L.Min	335.46
			5	446-492.5	3		
			6	492.5-539	11		
CORRIDA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	10.90
	4	1.13	1	7.4-8.53	7	T.E.	10.90
			2	8.53-9.66	6	D.E.M.	2.32
			3	9.66-10.79	1	L. Max	13.22
			4	10.79-11.92	3	L.Min	8.57
			5	11.92-13.05	2		
			6	13.05-14.19	11		
DESCARGA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	2.45
	4	0.44	1	1.49-1.93	4	T.E.	2.45
			2	1.93-2.37	14	D.E.M.	0.71
			3	2.37-2.81	5	L. Max	3.16
			4	2.81-3.25	4	L.Min	1.75
			5	3.25-3.69	0		
			6	3.69-4.15	3		
ETIQUETADO	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	1.17
	4	0.2950	1	0.29-0.59	4	T.E.	1.17
			2	0.59-0.89	0	D.E.M.	0.34
			3	0.89-1.19	9	L. Max	1.51
			4	1.19-1.49	15	L.Min	0.83
			5	1.49-1.79	1		
			6	1.79-2.06	1		
PRE EMPAQUE	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	2.24
	4	0.50	1	0.58-1.08	3	T.E.	2.24
			2	1.08-1.58	5	D.E.M.	0.80
			3	1.58-2.08	0	L. Max	3.04
			4	2.08-2.58	14	L.Min	1.45
			5	2.58-3.08	3		
			6	3.08-3.58	5		

Fuente. Autor

Con los resultados obtenidos, podemos apreciar la media y desviación estándar de las diferentes actividades. Haciendo un énfasis en el análisis de la velocidad ya que el tiempo requerido para

realizar una corrida es proporcional a la velocidad establecida en la tajadora. Para lo cual se realiza una gráfica de apoyo.

Evaluando el nivel de tiempo de Corrida, se aprecian valores dentro de lo estimado para llevar a cabo esta acción.

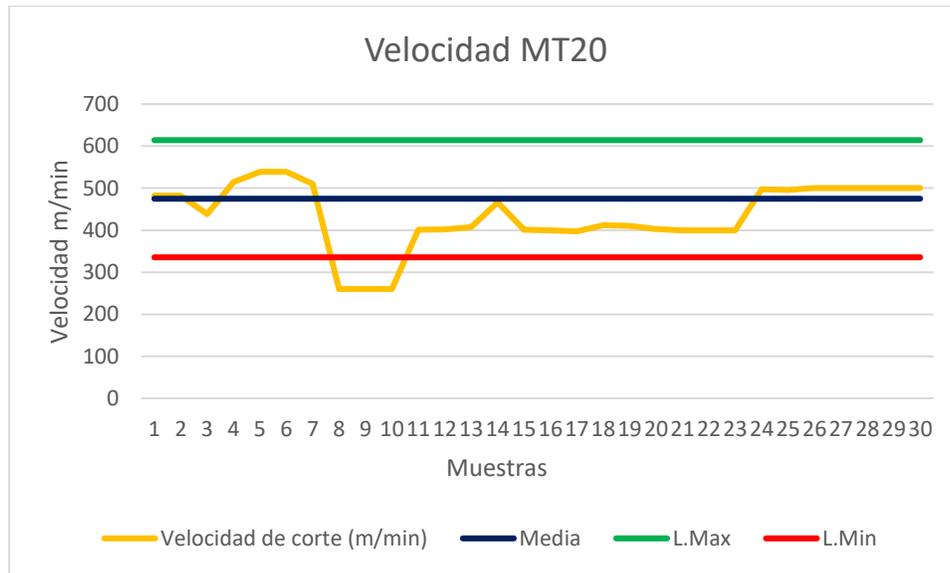


Figura 4.3. Gráfico de control: Velocidad MT20.

De acuerdo con la Figura 4.3, podemos apreciar que la velocidad de corte que utiliza un 53% los operarios están por debajo de la velocidad estándar establecida de 449 m/min, lo cual permite apreciar que en la máquina tajadora 20 podría reflejarse un incremento de producción considerable tomando en cuenta el estándar determinado, con una posibilidad de operar hasta una velocidad de 588.44 m/min.

4.5. Tajadora 21

Relación de mediciones en Tajadora 21 se aprecian en la Tabla 4.7.

Se registraron 30 corridas en diferentes días y turnos, para con ello proceder al análisis estadístico de dicha máquina tajadora. Dentro de los datos registrados, podemos observar diferentes tipos de películas con sus respectivas longitudes estándar. La Tajadora 20 corta material de todo tipo, predominando el “Cigarrero” con la capacidad de más posiciones de bobinas que las tajadoras 15 y 16. Esta tajadora obtuvo tiempos muy pequeños en cuanto a descarga, etiquetado y pre-empaque.

Tabla 4.7. Datos registrados MT21.

			TAJADORA 21						
Operador	Tipo película	Tipo longitud	Posiciones	Velocidad	Corrida	Descarga	Etiquetado	Pre-empaque	Montaje rollo
A	AH 10.0	0	5	215	5.51	3.09	0.6	0.48	/
A	AH 10.0	0	5	186	6.56	2.56	0.47	0.28	/
A	AH 10.0	0	5	196	6.15	1.48	0.77	0.41	/
A	AH 10.0	0	5	175	7.62	1.51	0.75	0.55	/
A	AH 10.0	0	5	186	6.43	2.2	0.58	0.33	/
A	AH 10.0	0	5	186	6.4	1.56	0.57	0.29	/
A	AH 10.0	0	5	194	6.25	2.1	0.6	0.23	/
A	AH 10.0	0	5	190	6.4	2.21	0.62	0.33	/
A	AH 10.0	0	5	197	6.09	2.02	0.59	2.08	/
A	AH 10.0	0	5	197	5.52	2.21	0.34	0.71	9.22
B	BT 66.0	1	17	405	10.12	2.12	1.03	1.13	/
B	BT 66.0	1	17	403	9.35	1.4	0.46	1.15	/
B	BT 66.0	1	17	450	9.2	1.16	0.33	1.01	/
B	BT 66.0	1	17	454	9.18	1.35	0.39	1.35	/
B	BT 66.0	1	17	458	9.21	1.24	0.43	1.28	/
B	BT 66.0	1	17	456	9.22	1.15	0.42	1.25	/
B	BT 66.0	1	17	453	9.3	1.43	0.4	1.21	/
B	BT 66.0	1	17	430	12.26	6.07	0.51	1.23	/
B	BT 66.0	1	17	451	12.15	1.26	0.48	1.41	/
B	BT 66.0	1	17	448	12.12	1.5	1.4	1.11	/
C	AG 8.0	1	9	118	12.53	3.3	0.31	2.01	/
C	AG 8.0	1	9	171	8.3	3.28	0.57	2.15	6.02
C	AG 8.0	1	9	203	9.4	2.24	0.49	1.4	/
C	AG 8.0	1	9	200	9.03	2.01	0.46	1.43	/
C	BT 66.0	1	17	402	13.13	2.07	1.06	1.46	/
C	BT 66.0	1	17	404	12.58	1.36	0.56	2.27	/
C	BT 66.0	1	17	402	13.14	3.43	1.12	1.57	/
C	BT 66.0	1	17	410	13.12	3.57	1.51	1.5	/
C	BT 66.0	1	17	410	13.56	3.22	1	3.1	/
C	BT 66.0	1	17	400	13.25	3.11	0.44	2.29	/

Fuente. "In.F."

Resumen del análisis estadístico en Tajadora 21.

Tabla 4.8. Análisis estadístico MT21.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MT21							
VELOCIDAD	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	315.00
	6	56.67	1	118-174.67	2	T.E.	315.00
			2	174.67-231.34	12	D.E.M.	124.24
			3	231.34-288.01	0	L. Max	439.24
			4	288.01-344.68	0	L.Min	190.76
			5	344.68-401.35	1		
			6	401.35-458	15		
CORRIDA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	9.42
	4	1.29	1	5.51-6.80	9	T.E.	9.42
			2	6.80-8.09	1	D.E.M.	2.72
			3	8.09-9.38	8	L. Max	12.14
			4	9.38-10.67	2	L.Min	6.70
			5	10.67-11.96	0		
			6	11.96-13.25	10		
DESCARGA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	2.24
	4	0.82	1	1.15-1.97	12	T.E.	2.24
			2	1.97-2.79	10	D.E.M.	1.05
			3	2.79-3.61	7	L. Max	3.29
			4	3.61-4.43	0	L.Min	1.19
			5	4.43-5.25	0		
			6	5.25-6.07	1		
ETIQUETADO	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	0.64
	4	0.20	1	0.31-0.51	14	T.E.	0.64
			2	0.51-0.71	8	D.E.M.	0.31
			3	0.71-0.91	2	L. Max	0.95
			4	0.91-1.11	3	L.Min	0.33
			5	1.11-1.31	2		
			6	1.31-1.51	1		
PRE EMPAQUE	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	1.23
	4	0.48	1	0.23-0.71	9	T.E.	1.23
			2	0.71-1.19	4	D.E.M.	0.71
			3	1.19-1.67	11	L. Max	1.95
			4	1.67-2.15	3	L.Min	0.52
			5	2.15-2.63	2		
			6	2.63-3.11	1		

Fuente: Autor

Con los resultados obtenidos, podemos apreciar la media y desviación estándar de las diferentes actividades. Haciendo un énfasis en el análisis de la velocidad ya que el tiempo requerido para

realizar una corrida es proporcional a la velocidad establecida en la tajadora. Para lo cual se realiza una gráfica de apoyo.

De los puntos importantes a evaluar es el tiempo estándar de una corrida, con respecto a MT21, los valores obtenidos se consideran dentro de lo esperado, siendo menor comparándolo con MT20.

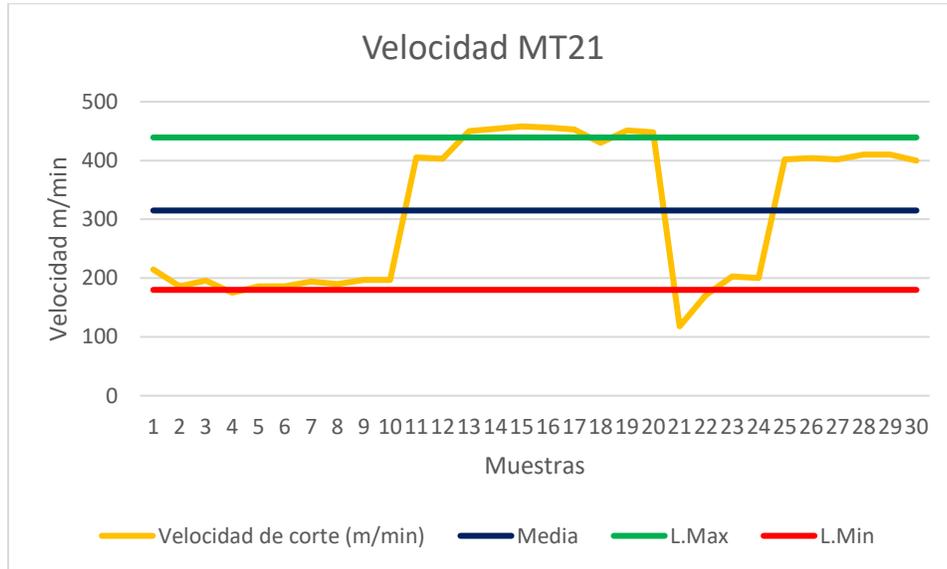


Figura 4.4. Gráfico de control: Velocidad MT21.

Considerando la **Figura 4.4.** se aprecia un nivel de control escaso. El comportamiento observado, se debe posiblemente a la mala administración de charting, ya que, de estar en una corrida de 5 posiciones, se cambia a una de 17 de menor longitud. Los operadores manipulan la máquina por los límites, pero solo un 20% queda fuera de especificación con una velocidad estándar de 315 m/min, con una mínima de 190.76 m/min y una máxima de 439.25 m/min.

4.6. Tajadora 14

Relación de mediciones en Tajadora 14 se aprecian en la Tabla 4.9.

Esta tajadora es considerada de recuperación es por ello que solo se registraron 10 corridas en diferentes días y turnos, para con ello proceder al análisis estadístico de dicha máquina tajadora. Dentro de los datos registrados, podemos observar diferentes tipos de películas con sus respectivas longitudes estándar. La Tajadora 14 es de las máquinas más nuevas de la planta con una capacidad de velocidad de hasta 500 m/min, las corridas son largas y las bobinas producidas son grandes y pesadas, la mayoría de las corridas implica un montaje de rollo original.

Tabla 4.9. Datos registrados MT14.

			TAJADORA 14						
Operador	Tipo película	Tipo longitud	Posiciones	Velocidad	Corrida	Descarga	Etiquetado	Envío	Montaje rollo
A	AJ 14.0	6	1	310	92	15.21	2.31	5.37	19.55
A	BJ 52.0	6	1	280	36.52	20.28	1.12	7.45	27.28
A	BJ 52.0	6	1	280	72	13.14	1.45	5.26	21.28
B	BG 49.0	6	6	400	81	40.55	4.05	7.08	15.28
B	BG 49.0	6	5	400	76	17.43	3.32	3.53	8.49
B	BG 49.0	6	5	400	81	21.13	3.25	3.43	/
B	BG 49.0	6	5	400	76	17.46	4.12	4.06	/
C	AH 11.0	3	3	500	14.1	5.25	3.25	6.46	/
C	AH 11.0	3	3	500	17.53	11.35	2.47	3.17	17.25
C	AH 11.0	3	3	500	15.25	5.2	2.38	3.25	/

Fuente. “In.F.”

Resumen del análisis estadístico en Tajadora 14.

Tabla 4.10. Análisis estadístico MT14.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MT14							
VELOCIDAD	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	397.00
	4	55	1	280-335	3	T.E.	397.00
			2	335-390	0	D.E.M.	86.16
			3	390-445	4	L. Max	483.16
			4	445-500	3	L.Min	310.84
CORRIDA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	56.14
	4	19.48	1	14.1-33.58	3	T.E.	56.14
			2	33.58-53.06	1	D.E.M.	31.41
			3	53.06-72.54	1	L. Max	87.55
			4	72.54-92	5	L.Min	24.73
DESCARGA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	16.70
	4	8.8375	1	5.2-14.04	4	T.E.	16.70
			2	14.04-22.88	5	D.E.M.	10.05
			3	22.88-31.72	0	L. Max	26.75
			4	31.72-40.55	1	L.Min	6.65
ETIQUETADO	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	2.77
	4	0.75	1	1.12-1.87	2	T.E.	2.27
			2	1.87-2.62	3	D.E.M.	1.01
			3	2.62-3.37	3	L. Max	3.78
			4	3.37-4.12	2	L.Min	1.76
ENVIO	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	4.91
	4	1.07	1	3.17-4.24	5	T.E.	4.91
			2	4.24-5.31	1	D.E.M.	1.65
			3	5.31-6.38	1	L. Max	6.56
			4	6.38-7.45	3	L.Min	3.26

Fuente. Autor

Con los resultados obtenidos, podemos apreciar la media y desviación estándar de las diferentes actividades. Haciendo un énfasis en el análisis de la velocidad ya que el tiempo requerido para realizar una corrida es proporcional a la velocidad establecida en la tajadora. Para lo cual se realiza una gráfica de apoyo.

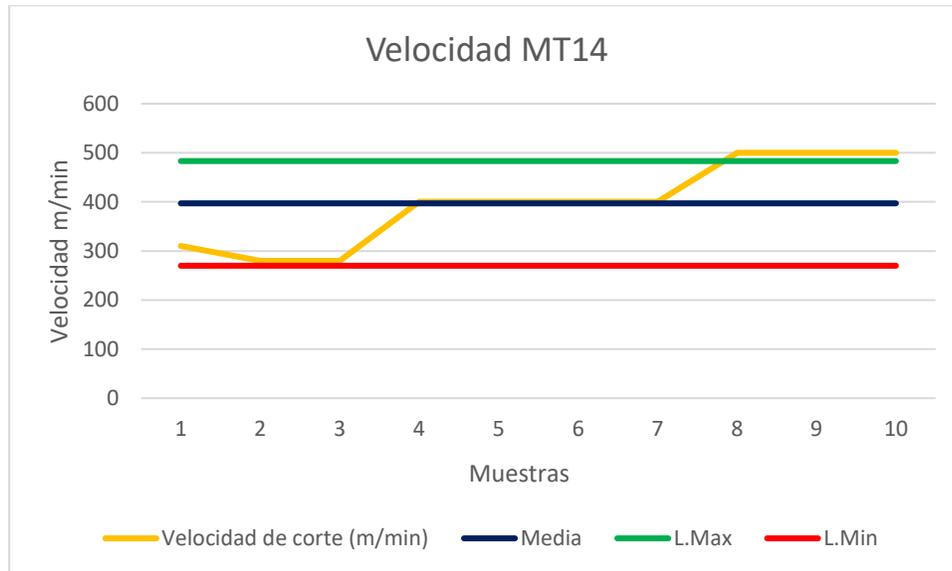


Figura 4.5. Gráfico de control: Velocidad MT14.

Mediante la estancia se apreció una idea limitada e individualista en operadores, es decir, cada uno tienen sus intervalos de operación los cuales son muy diferentes entre sí, por lo que al apreciar la **Figura 4.5**, se observa un nivel de control medio, el nivel de operadores que labora por el valor estándar es equivalente a los que se manejan por los límites mínimo y máximo. Se determina una velocidad estándar de 397.0 m/min con una mínima de 310.84 m/min y una máxima de 483.16 m/min

4.7. Tajadora 34

Relación de mediciones en Tajadora 34 se aprecian en la Tabla 4.11.

Esta tajadora es considerada de recuperación, es por ello por lo que solo se registraron 10 corridas en diferentes días y turnos, para con ello proceder al análisis estadístico de dicha máquina tajadora. Dentro de los datos registrados, podemos observar diferentes tipos de películas con sus respectivas longitudes estándar. En esta Tajadora las corridas son tardadas, la descarga implica mayor esfuerzo por ser bobinas grandes y pesadas, aquí no se pre-palletiza y por los regular cada corrida implica montaje de rollo original. En los datos registrados a en la tabla 4.11 se aprecia que los tiempos son proporcionales a las características antes mencionadas.

Tabla 4.11. Datos registrados MT34.

			TAJADORA 34						
Operador	Tipo película	Tipo longitud	Posiciones	Velocidad	Corrida	Descarga	Etiquetado	Envío	Montaje rollo
A	AJ 14.0	6	1	330	98	5.26	2.49	1.23	18.17
A	AJ 14.0	6	1	261	90	8.36	3.36	1.46	11.22
A	AJ 14.0	6	1	370	85	7.46	3.14	2.13	14.23
B	AS 34.0	1	2	340	35.21	4.33	2.16	2.03	/
B	AS 34.0	1	2	300	39.06	5.18	2.5	2.28	/
B	AS 34.0	1	2	200	50	7.22	2.45	2.31	15.36
C	AP 23.0	3	1	300	40.28	3.52	2.35	1.34	8.44
C	AP 23.0	3	1	300	41.05	4.1	2.46	0.56	8.58
C	AP 23.0	3	1	300	41.25	5.05	9.24	1.57	8.24
C	AP 23.0	3	1	350	37.05	4.12	2.15	1.16	12.31

Fuente. “In.F.”

Resumen del análisis estadístico en Tajadora 34.

Tabla 4.12. Análisis estadístico MT34.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MT34							
VELOCIDAD	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	305.10
	4	42.5	1	200-242.50	1	V.E.	305.10
			2	242.50-285	1	D.E.M.	48.49
			3	285-327.50	4	L. Max	353.59
			4	327.50-370	4	L.Min	256.61
CORRIDA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	55.69
	4	15.70	1	35.21-50.91	7	T.E.	55.69
			2	50.91-66.61	0	D.E.M.	24.86
			3	66.61-82.31	0	L. Max	80.55
			4	82.31-98	3	L.Min	30.83
DESCARGA	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	5.46
	4	1.21	1	3.52-4.73	4	T.E.	5.46
			2	4.73-5.94	3	D.E.M.	1.65
			3	5.94-7.15	0	L. Max	7.11
			4	7.15-8.36	3	L.Min	3.81
ETIQUETADO	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	3.23
	4	1.7725	1	2.15-3.92	9	T.E.	3.23
			2	3.92-5.69	0	D.E.M.	2.15
			3	5.69-7.46	0	L. Max	5.38
			4	7.46-9.424	1	L.Min	1.08
ENVIO	No. Clases	Ancho de clase	No. Clase	clases	Frec. Absoluta	MEDIA	1.61
	4	0.4375	1	0.56-1	1	T.E.	1.61
			2	1-1.44	3	D.E.M.	0.57
			3	1.44-1.88	2	L. Max	2.18
			4	1.88-2.31	4	L.Min	1.04

Fuente: Autor

Con los resultados obtenidos, podemos apreciar la media y desviación estándar de las diferentes actividades. Haciendo un énfasis en el análisis de la velocidad ya que el tiempo requerido para realizar una corrida es proporcional a la velocidad establecida en la tajadora. Para lo cual se realiza una gráfica de apoyo.

También es importante observar el tiempo requerido para realizar una corrida, en el caso de MT34 se estima un tiempo de 56min, siendo un tiempo elevado causando incertidumbre.

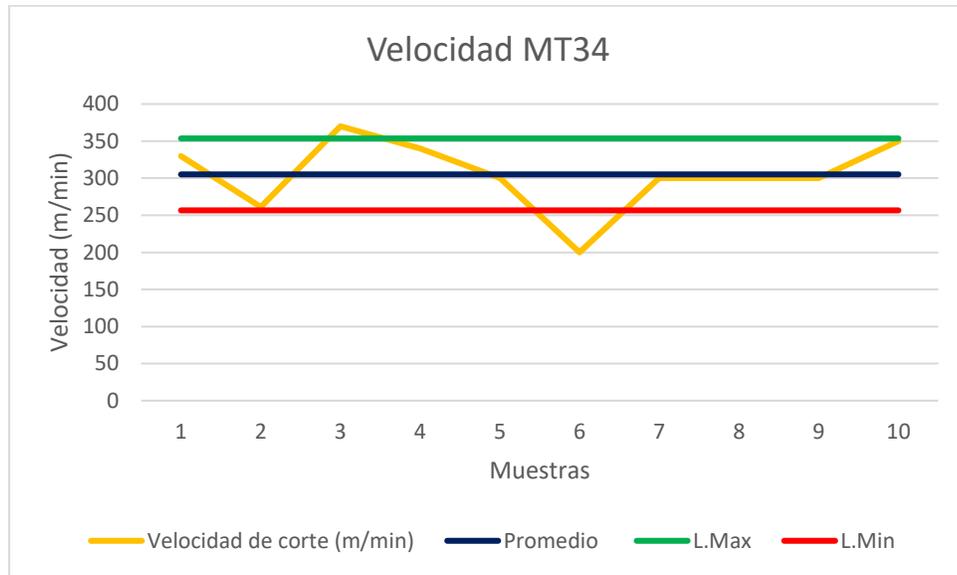


Figura 4.6. Gráfico de control: Velocidad MT34.

De acuerdo con la **Figura 4.6.** podemos apreciar que el mayor porcentaje de los operadores trabaja al nivel estándar determinado, solo con un 20% fuera de especificación, se considera que la máquina tajadora 34 opera con un nivel de control bueno. Se determina una velocidad estándar 305.10 m/min, como mínima 256.61 m/min, y máxima 353.59 m/min.

4.8. Determinación de tiempo estándar

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tiempo medio, plenamente calificado y adiestrado, trabajando a un ritmo normal, realice la operación. Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos.

$$TE = T_N + (T_N)(Tolerancias) \quad (4.1)$$

$$T_N = (T_P)(V.A.) \quad (4.2)$$

Donde: $TE =$ Tiempo estándar

$T_N =$ Tiempo normal

$V.A. =$ Valor de actuación

Tabla 4.13: Valor de actuación.

VALOR DE ACTUACIÓN	
Si el operador trabaja muy rápido (110%) >1	
Si el operador trabaja normal (100%) =1	
Si el operador trabaja muy lento (90%) <1	

Los movimientos no mencionados en el análisis estadístico son considerados no constantes por lo cual se realizó una estimación en porcentaje:

Tabla 4.14: Tolerancias.

TOLERANCIAS	
Montaje de Rollo maestro/original	3%
Sanitario	3%
Cambio Turno	3%
Cambio de medidas	21%
Hilado por rotura	5%
Otros	2%
Total	37%

Se determina que los operadores trabajan a una velocidad normal, ni muy lento ni muy rápido, ya que se tiene por objetivo llevar el ritmo a un 100% (valor establecido por el departamento), por ende, se les asigna un valor de actuación de 1.

Las actividades por evaluar son **Descarga, etiquetado y pre-empaque**, ya que estas actividades son las únicas que involucran una actividad del operario.

MT15

$$T_N = (4.43 + 1.41 + 1.27)(1) = 7.11$$

$$TE = 7.11 + (7.11 * 0.37) \approx \mathbf{10min}$$

Se determina un Tiempo estándar de 10 minutos, tiempo considerado adecuado para realizar las operaciones indicadas ya que esta máquina trabaja con un ritmo acelerado por las dimensiones que taja.

MT16

$$T_N = (3.53 + 1.22 + 2.21)(1) = 6.96$$

$$TE = 6.96 + (6.96 * 0.37) \approx \mathbf{10min}$$

Se determina un Tiempo estándar de 10 minutos, es el tiempo esperado, ya que la máquina es de la misma gama que la MT15.

MT20

$$T_N = (2.45 + 1.17 + 2.24)(1) = 5.86$$

$$TE = 5.86 + (5.86 * 0.37) \approx \mathbf{8min}$$

Para MT20, se determina un tiempo estándar de 8min, tiempo esperado ya que el tipo de máquina opera a un nivel rápido por las longitudes de películas tajadas.

MT21

$$T_N = (2.24 + 0.64 + 1.23)(1) = 4.11$$

$$TE = 4.11 + (4.11 * 0.37) \approx \mathbf{6min}$$

El tiempo estándar determinado se considera apropiado, ya que esta máquina es de la misma gama que la MT20.

MT14

$$T_N = (16.70 + 2.27 + 4.91)(1) = 23.89$$

$$TE = 23.89 + (23.89 * 0.37) \approx \mathbf{33min}$$

Evaluando MT34, se observa un tiempo estándar de 33min, tiempo elevado, ya que, por la naturaleza de la máquina, el operador requiere de más esfuerzo y trabajo para realizar sus actividades.

MT34

$$T_N = (5.46 + 3.23 + 1.61)(1) = 10.3$$

$$TE = 10.3 + (10.3 * 0.37) \approx \mathbf{14min}$$

Con lo cual, determinamos el tiempo estándar de las actividades realizadas por un operador, en cada una de las tajadoras, es decir, un operador considerado que trabaja con un ritmo *normal* (ritmo establecido por el departamento ya que es al cuál se quiere llegar), en MT14 tardará un tiempo de 33 min en realizar sus actividades como lo son descarga, etiquetado y pre empaque, tiempo que será sumado a el tiempo estándar ejecutado por la máquina para con ello determinar el tiempo total de una corrida.

4.9 Determinar tiempo de corrida y número de corridas por turno

La empresa produce diferentes tipos de película con distintos tipos de longitudes (1, 3, 6, 9, 12 y 0) dadas en metros, enlistadas en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Tipos de película fabricadas.

Tipo de película	Tipo de longitud					
	1	3	6	9	12	0
AB 1.0			8100	12150	16200	
AC 2.0			7800	11700	15600	
AD 3.0			6546			
AE 4.0		3225	6450	9675		
AF 5.0		2850	5700	8550	11400	
AG 6.0			7800	11700	15600	
AG 7.0		3750	7500	11250	15000	
AG 8.0		3225	6450	9675	12900	
AH 9.0	3000	9000	18000	27000		
AH 10.0	2500	7500	15000	22500		
AH 11.0	2200	6600	13200	19800		
AH 12.0	1875	5625	11250			
AH 13.0		4650	9300	13950		
AJ 14.0		12900	25800	38700		
AJ 15.0	5000	15000	30000	45000		
AJ 16.0		12900	25800	38700		
AJ 17.0	3750	11250	22500	33750		
AK 18.0		12900	25800	38700		
AL 19.0				19350		
AM 20.0	3213	9639	19278			2418
AN 21.0	5360	16080				
AO 22.0	1975	5925	11850	17775		
AP 23.0	1975		11850	17775		
AQ 24.0		9000	18000	27000		
AQ 25.0		5925	11850	17775		
AQ 26.0		4620	9240	13860		
AQ 27.0		9000	18000	27000		
AQ 28.0		4620	9240	13860		
AR 29.0					15000	
AR 30.0			6450	9675	12900	8500
AR 31.0		2850	5700	8550	11400	
AS 32.0	5000	15000	30000	45000		
AS 33.0		12900	25800	38700		

AS 34.0	3750	11250	22500	33750		
AS 35.0	3000	9000	18000	27000		
AS 36.0	2500	7500	15000	22500		
AS 37.0	2200	6600	13200	19800		
AS 38.0	1875	5625	11250			
AS 39.0		4650	9300	13950		
AT 40.0		8040	16080			5360
AV 41.0		5925	11850	17775	23700	
AW 42.0		5925	11850			
AX 43.0			30000	45000		
AZ 44.0		15000	30000	45000		
BC 45.0			25800	38700		
BD 46.0			25800	38700		
BE 47.0			25800	38700		
BF 48.0		15000	30000	45000		
BG 49.0		15000	30000	45000		
BH 50.0		15000	30000			
BI 51.0			18000	27000		
BJ 52.0					12504	12500
BK 53.0		8040	16080	24120		
BK 54.0		5925	11850	17775		
BK 54.0		4620	9240	13860		
BL 55.0	1750	5250	10500	15750		1450
BM 56.0	1750	5250	10500	15750		
BN 57.0	2680	8040	16080	24120		
BN 58.0	2275	6825	13650			
BN 59.0	1750	5250	10500	15750		
BO 60.0		9000	18000	27000		
BP 61.0						2370
BQ 62.0				13950		
BR 63.0	2500	7500	15000			1250
BR 64.0		5625	11250	16875		
BS 65.0			18000			
BT 66.0	3560					4750
BU 67.0	4267					3200
BV 68.0	4266					3200
BW 69.0	4267					3200
BX 70.0	3375					
BX 71.0	4267					3200
BX 72.0	3400					2550
BZ 73.0	3100					3400

CA 74.0	4267					3200
CA 75.0	3400					2550
CB 76.0	3375					4500

Fuente: "In.F."

Para determinar el tiempo de corrida, utilizamos la siguiente ecuación, se considera el tiempo que la tajadora tardará en realizar su operación por tipo y longitud ya que estas variables modifican cualquier valor obtenido, y el tiempo estándar de los movimientos o actividades realizadas por el operador.

$$\text{Tiempo de corrida} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Velocidad}} + TE \text{ movimientos} \quad (4.3)$$

$$\text{No. Corridas} = \frac{\text{Jornada laboral}}{\text{Tiempo corrida}} \quad (4.4)$$

Los operadores de la empresa se distribuyen en 3 turnos, y se les otorgan 40 min para comida intermedia en el turno, dando diferentes minutos laborados (Tabla 4.16).

Tabla 4.16. Distribución del horario laboral.

Turno	Horario	Minutos laborados
Primero	6:00 am – 2:30 pm	470
Segundo	2:30 pm – 10:30 pm	440
Tercero	10:30 pm – 6:00 am	410

Ejemplo determinación de tiempo en efectuar una corrida por tipo de película en tajadora 14:

$$\text{Tiempo corrida AH 9.0 (1)} = \frac{3000m}{397 \text{ m/min}} + 33min \approx 41min$$

$$\text{No. Corridas T1} = \frac{470min}{41min} \approx 12corridas$$

$$\text{No. Corridas T2} = \frac{440min}{41min} \approx 11corridas$$

$$\text{No. Corridas T3} = \frac{410min}{41min} \approx 10corridas$$

4.10. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE TAJADORAS

El tiempo total de una corrida, se ve afectado por dos factores, tajadora-operador, esto quiere decir que el tiempo total se considerará por el tiempo que la tajadora tarde en realizar su ciclo de corte (afectado por la velocidad asignada) y el tiempo en el cual el operador realiza las actividades descritas con anterioridad.

Realizando el análisis anterior podemos determinar los siguientes resultados por tipo de película y longitud estándar. Las unidades enlistadas se encuentran en MINUTOS.

4.10.1 TAJADORA 14

La Tabla 4.17 enlista el tiempo que tardaría una corrida con su respectivo tipo y longitud, manejando la velocidad estándar igual a 397 m/min. También se muestra el tiempo en caso de usar una velocidad mínima (310.84 m/min) o máxima (483.16 m/min).

Tabla 4.17. Tiempos de corrida por tipo y longitud: MT14

TAJADORA 14																														
Velocidad (m/min)			Mínima			310.84			Tiempo estándar en realizar otros movimientos												33 min									
			Estándar			397																								
			Máxima			483.16																								
Tipo	1x			3x			6x			9x			12x																	
	Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/turno								
	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3
AB 1.0													59	53	49	9	8	8	72	64	57	7	7	6	85	74	65	6	6	6
AC 2.0													58	53	49	9	8	8	71	62	56	8	7	7	83	72	64	7	6	6
AD 3.0													54	49	46	9	9	8												
AE 4.0							43	41	39	11	11	10	54	49	46	20	9	8	64	57	52	8	8	7						
AF 5.0							42	40	39	12	11	10	51	47	44	10	9	9	61	55	50	9	8	8	70	62	56	8	7	7
AG 6.0													58	53	49	9	8	8	71	62	56	8	7	7	83	72	64	7	6	6
AG 7.0							45	42	41	11	10	10	57	52	48	9	8	8	69	61	56	8	7	7	81	71	63	7	6	7
AG 8.0							43	41	39	11	11	10	54	49	46	10	9	8	64	57	52	8	8	7	75	65	59	7	7	7
AH 9.0	43	41	39	12	11	10	62	56	51	8	8	7	91	78	69	6	6	5	120	101	87	5	4	4						
AH 10.0	41	39	38	12	11	10	57	52	48	9	8	8	81	71	63	7	6	6	106	90	78	5	5	5						
AH 11.0	40	39	37	12	11	11	54	50	46	9	9	8	76	66	59	7	7	6	97	83	73	6	5	5						
AH 12.0	39	38	37	12	12	11	51	47	44	10	9	9	69	61	56	8	7	7												
AH 13.0							48	45	42	11	10	9	63	56	52	8	8	7	78	68	61	7	6	6						
AJ 14.0							75	65	59	7	7	6	116	98	85	5	4	4	158	130	110	4	3	3						
AJ 15.0	49	46	43	10	10	9	81	71	63	7	6	6	130	109	93	4	4	4	178	146	123	3	3	3						
AJ 16.0							75	65	59	7	7	6	116	98	85	5	4	4	158	130	110	4	3	3						
AJ 17.0	45	42	41	11	10	10	69	61	56	8	7	7	106	90	78	5	5	5	142	118	101	4	4	3						
AK 18.0							75	65	59	7	7	6	116	98	85	5	4	4	158	130	110	4	3	3						
AL 19.0																			95	82	72	6	5	5						
AM 20.0	43	41	39	11	11	10	64	57	52	8	8	7	95	82	72	6	5	5												
AN 21.0	50	47	44	10	9	9	85	74	65	6	6	6																		
AO 22.0	39	38	37	12	12	11	52	48	45	10	9	9	71	63	57	7	7	7	90	78	69	6	6	5						
AP 23.0	39	38	37	12	12	11							71	63	57	7	7	7	90	78	69	6	6	5						
AQ 24.0							62	56	51	8	8	7	91	78	69	6	6	5	120	101	87	5	4	4						
AQ 25.0							52	48	45	10	9	9	71	63	57	7	7	7	90	78	69	6	6	5						
AQ 26.0							48	45	42	11	10	9	63	56	51	8	8	7	78	68	61	7	6	6						
AQ 27.0							62	56	51	8	8	7	91	78	69	6	6	4	120	101	87	5	4	4						
AQ 28.0							48	45	42	11	10	9	63	56	51	8	8	7	78	68	61	7	6	6						
AR 29.0																									81	71	63	7	6	7
AR 30.0													54	49	46	10	9	8	64	57	52	8	8	7	75	65	59	7	7	7
AR 31.0							42	40	39	12	11	10	51	47	44	10	9	9	61	55	5	9	8	8	70	62	56	8	7	7
AS 32.0	49	46	43	10	10	9	81	71	63	7	6	6	130	109	93	4	4	4	178	146	123	3	3	3						
AS 33.0							75	65	59	7	7	6	116	98	85	5	4	4	158	130	110	4	3	3						
AS 34.0	45	42	41	11	10	10	69	61	56	8	7	7	106	90	78	5	5	5	142	118	101	4	4	3						
AS 35.0	43	41	39	12	11	10	62	56	51	8	8	7	91	78	69	6	6	5	120	101	87	5	4	4						
AS 36.0	41	39	38	12	11	10	57	52	48	9	8	8	81	71	63	7	6	6	106	90	78	5	5	5						
AS 37.0	40	39	37	12	11	11	54	50	46	9	9	8	76	66	59	7	7	6	97	83	73	6	5	5						
AS 38.0	39	38	37	12	12	11	51	47	44	10	9	9	69	61	56	8	7	7												
AS 39.0							48	45	42	11	10	9	63	56	52	8	8	7	78	68	61	7	6	6						
AT 40.0							59	53	49	9	8	8	85	74	65	6	6	6												
AV 41.0							52	48	45	10	9	9	71	63	57	7	7	7	90	78	69	6	6	5	109	93	80	5	5	5
AW 42.0							52	48	45	10	9	9	71	63	57	7	7	7												
AX 43.0													130	109	93	4	4	4	178	146	123	3	3	3						
AZ 44.0							81	71	63	7	6	6	130	109	93	4	4	4	178	146	123	3	3	3						
BC 45.0													116	98	85	5	4	4	158	130	110	4	3	3						
BD 46.0													116	98	85	5	4	4	158	130	110	4	3	3						
BE 47.0													116	98	85	5	4	4	158	130	110	4	3	3						
BF 48.0							81	71	63	7	6	6	130	109	93	4	4	4	178	146	123	3	3	3						
BG 49.0							81	71	63	7	6	6	130	109	93	4	4	4	178	146	123	3	3	3						
BH 50.0							81	71	63	7	6	6	130	109	93	4	4	4												
BI 51.0													91	78	69	6	6	5	120	101	87	5	4	4						
BJ 52.0																			33	33	33	14	13	12	73	64	58	7	7	7
BK 53.0							59	53	49	9	8	8	85	74	65	6	6	6	111	94	81	5	5	4						
BK 54.0							52	48	45	10	9	9	71	63	57	7	7	7	90	78	69	6	6	5						
BK 54.0							48	45	42	11	10	9	63	56	51	8	8	7	78	68	61	7	6	6						
BL 55.0	39	37	37	13	12	11	50	46	44	10	10	9	67	59	54	8	7	7	84	73	65	6	6	6						
BM 56.0	39	37	37	12	12	11	50	46	44	10	10	9	67	59	54	8	7	7	84	73	65	6	6	6						
BN 57.0	42	40	38	12	11	10	59	53	49	9	8	8	85	74	65	6	6	6	111	94	81	5	5	4						
BN 58.0	40	39	38	12	11	11	55	50	47	9	9	8	77	67	60	7	7	6												
BN 59.0	39	37	37	13	12	11	50	46	44	10	10	9	67	59	54	8	7	7	84	73	65	6	6	6						
BO 60.0							62	56	51	8	8	7	91	78	69	6	6	5	120	101	87	5	4	4						
BP 61.0																														
BQ 62.0																			78	68	61	7	6	6						
BR 63.0	41	39	38	12	11																									

4.10.2. TAJADORAS 15 Y 16

La Tabla 4.18 enlista el tiempo que tardaría una corrida con su respectivo tipo y longitud, manejando la velocidad estándar igual a 320.77m/min. También se muestra el tiempo en caso de usar como velocidad mínima 237.27 m/min y como máxima (403.66 m/min) para Tajadora 15. En cuanto a Tajadora 16, se tiene velocidad estándar de 449 m/min, con mínima de 309.56 m/min y máxima de 588.44 m/min.

Tabla 4.18. Tiempos de corrida por tipo y longitud: MT15 y MT16

TAJADORA 15												
Velocidad (m/min)	Mínima			237.27			Tiempo estándar en realizar otros movimientos			10 min		
	Estándar			320.47								
	Máxima			403.66								
Tipo	1x						S					
	Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno		
	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3
AH 10.0	39	18	15	26	25	23						
AH 11.0	36	17	14	28	26	24						
AH 12.0	32	16	14	30	28	26						
AJ 15.0	69	26	20	18	17	16						
AJ 17.0	54	22	18	22	20	19						
AM 20.0	48	20	16	23	22	20	38	18	15	27	25	23
AO 22.0	33	16	14	29	27	25						
AS 34.0	54	22	18	22	20	19						
BM 56.0	31	15	14	30	28	27	27	15	13	32	30	28
BM 45.0	31	15	14	30	28	27						
BN 57.0	42	18	15	26	24	22						
BN 58.0	37	17	15	28	26	24						
BN 59.0	31	15	14	30	28	27						
BP 61.0							38	17	15	27	25	24
BR 63.0	39	18	15	26	25	23	25	14	13	34	32	30
BT 66.0	52	21	17	22	21	19	66	25	20	19	18	17
BU 67.0	60	23	19	20	19	18	48	20	16	24	22	21
BV 68.0	60	23	19	20	19	18	48	20	16	24	22	21
BW 69.0	60	23	19	20	19	18	48	20	16	24	22	21
BX 70.0	50	21	17	23	21	20						
BX 71.0	60	23	19	20	19	18	48	20	16	24	22	21
BX 72.0	50	21	17	23	21	20	40	18	14	26	25	23
BZ 73.0	46	20	16	24	22	21	50	21	17	23	21	20
CA 74.0	60	23	19	20	19	18	48	20	16	24	22	21
CA 75.0	50	21	17	23	21	20	40	18	15	26	25	23
CB 76.0	50	21	17	23	21	20	63	24	19	20	18	17

TAJADORA 16												
Velocidad (m/min)	Mínima			309.56			Tiempo estándar en realizar otros movimientos			10 min		
	Estándar			449								
	Máxima			588.44								
Tipo	1x						S					
	Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno		
	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3
AH 10.0	27	16	14	30	28	26						
AH 11.0	25	15	15	31	29	27						
AH 12.0	23	14	13	33	31	29						
AJ 15.0	43	21	18	22	21	19						
AJ 17.0	35	18	16	26	24	22						
AM 20.0	31	17	15	27	26	24	26	15	14	31	29	29
AO 22.0	23	14	13	33	31	28						
AS 34.0	35	18	16	26	24	22						
BM 56.0	22	14	13	33	31	29	20	13	12	36	33	34
BM 45.0	21	14	13	33	31	29						
BN 57.0	29	16	14	29	27	25						
BN 58.0	25	15	14	31	29	27						
BN 59.0	22	14	13	33	31	29						
BP 61.0							26	15	14	31	29	29
BR 63.0	27	16	14	30	28	26	18	13	12	36	33	34
BT 66.0	35	18	16	26	24	22	42	21	18	23	21	22
BU 67.0	38	20	17	24	23	21	31	17	15	27	26	27
BV 68.0	38	20	17	24	23	21	31	17	15	27	26	27
BW 69.0	38	20	17	24	23	21	31	17	15	27	26	27
BX 70.0	33	18	16	27	25	23						
BX 71.0	38	20	17	24	23	21	31	17	15	27	26	27
BX 72.0	33	18	16	27	25	23	27	16	14	29	27	29
BZ 73.0	31	17	15	27	25	24	33	18	16	27	25	25
CA 74.0	38	20	17	24	23	21	31	17	15	27	26	27
CA 75.0	33	18	16	27	25	23	27	16	14	29	27	29
CB 76.0	33	18	16	27	25	23	40	20	18	23	22	23

Fuente: “In.F.”

4.10.3. TAJADORAS 20 Y 21

Las Tablas 4.19 enlista el tiempo que tardaría una corrida con su respectivo tipo y longitud, manejando la velocidad estándar igual a 474.90 m/min. También se muestra el tiempo en caso de usar como velocidad mínima (335.46 m/min) y como máxima (614.34 m/min) para Tajadora 20. En cuanto a Tajadora 21, se tiene velocidad estándar de 315 m/min, mínima de 190.76 m/min y máxima de 439.24 m/min.

Tabla 4.19. Tiempos de corrida por tipo y longitud: MT20 y MT21.

TAJADORA 20													
Velocidad (m/min)	Mínima			335.46			Tiempo estándar en realizar otros movimientos			8 min			
	Estándar			479.9									
	Máxima			614.34									
Tipo	1x						S						
	Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno			
	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	
AH 9.0	21	15	15	31	29	27							
AH 10.0	19	14	15	33	31	29							
AH 11.0	17	14	13	33	31	29							
AH 12.0	16	13	12	35	33	31							
AJ 15.0	28	20	18	24	23	21							
AJ 17.0	23	17	16	27	25	24							
AM 20.0	21	16	15	29	27	25	18	14	13	33	31	29	
AO 22.0	17	13	13	36	33	31							
AS 34.0	23	17	16	27	25	24							
BM 56.0	16	13	12	36	34	31	15	12	12	39	37	34	
BM 45.0	16	13	12	36	34	31							
BN 57.0	19	15	14	31	29	27							
BN 58.0	18	14	13	33	31	29							
BN 59.0	16	13	12	36	34	31							
BP 61.0							18	14	13	34	31	29	
BR 63.0	19	14	14	33	31	29	14	12	11	39	36	34	
BT 66.0	23	16	16	28	27	25	27	19	18	25	23	22	
BU 67.0	25	18	17	26	24	23	21	16	15	29	27	25	
BV 68.0	25	18	17	26	24	23	21	16	15	29	27	25	
BW 69.0	25	18	17	26	24	23	21	16	15	29	27	25	
BX 70.0	22	16	15	29	27	25							
BX 71.0	25	18	17	26	24	23	21	16	15	29	27	25	
BX 72.0	22	16	15	29	27	25	19	14	14	33	31	29	
BZ 73.0	21	16	15	30	28	26	22	16	15	29	27	25	
CA 74.0	25	18	17	26	24	23	21	16	15	29	27	25	
CA 75.0	22	16	15	29	27	25	19	14	14	33	31	29	
CB 76.0	22	16	15	29	27	25	26	18	17	25	24	22	

TAJADORA 21															
Velocidad (m/min)	Mínima			190.76			Tiempo estándar en realizar otros movimientos			6 min					
	Estándar			315											
	Máxima			439.34											
Tipo	1x						S								
	Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno					
	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3			
AH 9.0	30	15	12	32	30	28									
AH 10.0	26	13	10	35	33	31									
AH 11.0	24	12	10	39	37	34									
AH 12.0	21	11	9	43	40	37									
AJ 15.0	47	21	16	22	21	19									
AJ 17.0	27	17	13	27	25	24									
AM 20.0	32	15	12	31	29	27	25	13	10	36	34	31			
AO 22.0	22	11	9	42	39	36									
AS 34.0	37	17	13	27	25	24									
BM 56.0	20	11	9	43	40	37	17	10	8	47	44	41			
BM 45.0	20	11	9	43	40	37									
BN 57.0	28	14	11	35	33	30									
BN 58.0	24	12	10	38	36	34									
BN 59.0	20	11	9	43	40	37									
BP 61.0										25	13	10	38	35	33
BR 63.0	26	13	10	35	33	31	16	9	8	52	49	46			
BT 66.0	35	16	13	29	27	25	45	20	15	23	22	20			
BU 67.0	41	19	14	25	24	22	32	15	12	31	29	27			
BV 68.0	41	19	14	25	24	22	32	15	12	31	29	27			
BW 69.0	41	19	14	25	24	22	32	15	12	31	29	27			
BX 70.0	34	16	12	29	27	25									
BX 71.0	41	19	14	25	24	22	32	15	12	31	29	27			
BX 72.0	34	16	12	29	27	25	27	13	11	36	34	31			
BZ 73.0	31	15	14	31	29	27	34	16	12	29	27	25			
CA 74.0	41	19	14	25	24	22	32	15	12	31	29	27			
CA 75.0	34	16	12	29	27	25	27	13	11	36	34	31			
CB 76.0	34	16	12	29	27	25	43	19	15	24	23	21			

Fuente: "In.F."

4.10.4. TAJADORA 34

La Tabla 4.20 enlista el tiempo que tardaría una corrida con su respectivo tipo y longitud, manejando la velocidad estándar igual a 305.10 m/min. También se muestra el tiempo en caso de usar una velocidad mínima (256.61 m/min) o máxima (353.59 m/min).

Tabla 4.20. Tiempos de corrida por tipo y longitud: MT34.

TAJADORA 34																														
Velocidad (m/min)			Mínima			256.61			Tiempo estándar en realizar otros movimientos									14 min												
			Estándar			305.1																								
			Máxima			353.59																								
Tipo	1x			3x			6x			9x			12x																	
	Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno			Tiempo por corrida (min)			No. Corridas/ turno								
Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	Min	Estándar	Max	T1	T2	T3	
AB 1.0												61	47	42	10	9	9	81	60	53	8	7	7	101	73	64	6	6	6	
AC 2.0												59	46	41	10	10	9	79	58	52	8	8	7	98	71	62	7	6	6	
AD 3.0												53	41	38	11	11	10													
AE 4.0						36	31	29	15	14	14	52	41	37	11	11	10	68	52	46	9	9	8							
AF 5.0						34	29	28	16	15	15	49	39	35	12	11	11	63	48	43	10	9	9	77	57	51	8	8	7	
AG 6.0												59	46	41	10	10	9	79	58	52	8	8	7	98	71	62	7	6	6	
AG 7.0						39	32	30	15	14	14	58	45	40	11	10	9	76	57	50	8	8	7	95	69	61	7	6	6	
AG 8.0						36	31	29	15	14	14	52	41	37	11	11	10	68	52	46	9	9	8	85	62	55	8	7	7	
AH 9.0	35	30	28	16	15	14	65	50	44	9	9	110	79	69	6	6	5	155	109	93	4	4	4							
AH 10.0	33	28	27	17	16	15	58	45	40	10	10	10	95	69	61	7	6	6	133	94	81	5	5	4						
AH 11.0	31	27	26	17	16	15	53	42	38	11	11	11	86	63	56	7	7	6	119	85	74	6	5	5						
AH 12.0	29	26	25	18	17	16	48	38	35	12	11	12	76	57	50	8	8	7												
AH 13.0							43	35	33	13	12	12	67	50	45	9	9	8	90	66	58	7	7	6						
AJ 14.0							85	62	55	8	7	7	149	105	90	4	4	4	214	147	125	3	3	3						
AJ 15.0	45	36	34	13	12	11	95	69	61	7	6	7	170	118	101	4	4	3	245	168	142	3	3	2						
AJ 16.0							85	62	55	8	7	7	149	105	90	4	4	4	214	147	125	3	3	3						
AJ 17.0	39	32	30	15	14	13	76	57	50	8	8	8	133	94	81	5	5	4	189	131	111	4	3	3						
AK 18.0							85	62	55	8	7	7	149	105	90	4	4	4	214	147	125	3	3	3						
AL 19.0																		117	83	72	6	5	5							
AM 20.0	36	31	29	15	14	13	68	62	46	9	8	9	116	83	72	6	5	5												
AN 21.0	47	38	34	12	12	11	100	73	63	6	6	6																		
AO 22.0	30	26	25	18	17	15	50	39	36	12	11	11	79	59	52	8	7	7	109	78	68	6	6	5						
AP 23.0	30	26	25	18	17	15						79	59	52	8	7	7	109	78	68	6	6	5							
AQ 24.0							65	50	44	9	9	9	110	79	69	6	6	5	155	109	93	4	4	4						
AQ 25.0							50	39	36	12	11	11	79	59	52	8	7	7	109	78	69	6	6	5						
AQ 26.0							43	35	32	13	13	13	66	50	45	9	9	8	89	65	57	7	7	6						
AQ 27.0							65	50	44	9	9	9	110	79	69	6	6	5	155	109	93	4	4	4						
AQ 28.0							43	35	32	13	13	13	66	50	45	9	9	8	89	65	57	7	7	6						
AR 29.0																														
AR 30.0												52	41	37	11	11	10	68	52	46	9	9	8	85	62	55	8	7	7	
AR 31.0							34	29	28	16	15	15	49	39	35	12	11	11	63	48	43	10	9	9	77	57	51	8	8	7
AS 32.0	45	36	34	13	12	11	95	69	61	7	6	7	170	118	101	4	4	3	245	168	142	3	3	2						
AS 33.0							85	62	55	8	7	7	149	105	90	4	4	4	214	147	125	3	3	3						
AS 34.0	39	32	30	15	14	13	76	57	50	8	8	8	133	94	81	5	5	4	189	131	111	4	3	3						
AS 35.0	35	30	28	16	15	14	65	50	44	9	9	9	110	79	69	6	6	5	155	109	93	4	4	4						
AS 36.0	33	28	27	17	16	15	58	45	40	10	10	10	95	69	61	7	6	6	133	94	81	5	5	4						
AS 37.0	31	27	26	17	16	15	53	42	38	11	10	11	86	63	56	7	7	6	119	85	74	6	5	5						
AS 38.0	29	26	25	18	17	16	48	38	35	12	11	12	76	57	50	8	8	7												
AS 39.0							43	35	33	13	12	12	67	50	45	9	9	8	90	66	58	7	7	6						
AT 40.0							60	46	42	10	9	10	100	73	63	6	6	6												
AV 41.0							50	39	36	12	11	11	79	59	52	8	7	7	109	78	68	6	6	5	139	98	84	5	5	4
AW 42.0							50	39	36	12	11	11	79	59	52	8	7	7												
AX 43.0												170	118	101	4	4	3	245	168	142	3	3	2							
AZ 44.0							95	69	61	7	6	7	170	118	101	4	4	3	245	168	142	3	3	2						
BC 45.0												149	105	90	4	4	4	214	147	125	3	3	3							
BD 46.0												149	105	90	4	4	4	214	147	125	3	3	3							
BE 47.0												149	105	90	4	4	4	214	147	125	3	3	3							
BF 48.0							95	69	61	7	6	7	170	118	101	4	4	3	245	168	142	3	3	2						
BG 49.0							95	69	61	7	6	7	170	118	101	4	4	3	245	168	142	3	3	2						
BH 50.0							95	69	61	7	6	7	170	118	101	4	4	3												
BI 51.0												110	79	69	6	6	5	155	109	93	4	4	4							
BJ 52.0																								83	61	54	8	7	7	
BK 53.0							60	46	42	10	9	10	100	73	63	6	6	6	141	99	85	5	4	4						
BK 54.0							50	39	36	12	11	11	79	59	52	8	7	7	109	78	68	6	6	5						
BK 54.0							43	35	32	13	13	13	66	50	45	9	9	8	89	65	57	7	7	6						
BL 55.0	29	26	25	18	17	16	46	37	34	13	12	12	73	54	48	9	8	8	99	72	63	7	6	6						
BM 56.0	29	26	25	18	17	16	46	37	34	13	12	12	73	54	48	9	8	8	99	72	63	7	6	6						
BN 57.0	33	29	27	16	15	14	60	46	42	10	9	10	100	73	63	6	6	6	141	99	85	5	4	4						
BN 58.0	31	27	26	17	16	15	54	42	38	11	10	11	88	65	57	7	7	6												
BN 59.0	29	26	25	18	17	16	46	37	34	13	12	12	73	54	48	9	8	8	99	72	63	7	6	6						
BO 60.0							65	50	44	9	9	9	110	79	69	6	6	5	155	109	93	4	4	4						
BP 61.0																		90	66	58	7	7	6							
BQ 62.0	33	28	27	17	16	15	58	45	40	10	10	10	95	69	61	7	6	6												
BR 63.0							48	38	35	12	11	12	76	57	50	8	8	7	104	75	66	6	6	5						

4.11. Comparativa gráfica entre tajadoras

4.11.1. Comparativa general

Se realiza una comparativa entre todas las tajadoras del área, MT14, MT15, MT16, MT20, MT21 y MT34, usando como referencia el tipo de película AH 9.0 con longitud de 3, ya que este material puede ser cortado en todas las máquinas.



Figura 4.7. Gráfica comparativa entre tajadoras con el tipo de película AH 9.0 (3)

De acuerdo con la **Figura 4.7**, se aprecia que la tajadora con menor tiempo en realizar una corrida de AH 9.0 (3) es la MT20, con 28.3 min/corrida, en cuanto a MT15, MT16 y MT21 exhiben tiempos similares a ésta. Las MT14 y MT34 exhiben tiempos más prolongados; por tanto, este tipo de longitud estándar no se recomienda cortar en estas máquinas, a menos de tener demanda alta de producción y/o haber necesidad.

4.11.2 Comparativa por igualdad de tajadoras

Las **MT15** y **MT16** son tajadoras que trabajan de igual manera, con las mismas dimensiones y posiciones de embobinado; es por ello por lo que se comparan entre ellas. Haciendo uso del tipo de película BT 66.0 con longitud de 1, se obtuvieron los siguientes resultados:

De acuerdo con la **Figura 4.8**, se aprecia que la MT16 requiere menos tiempo, 17.9 min/corrida a velocidad estándar, contra el que requiere la MT15 de 21.1 min/corrida; por lo que se considera a MT16 como base para las sugerencias posteriores.

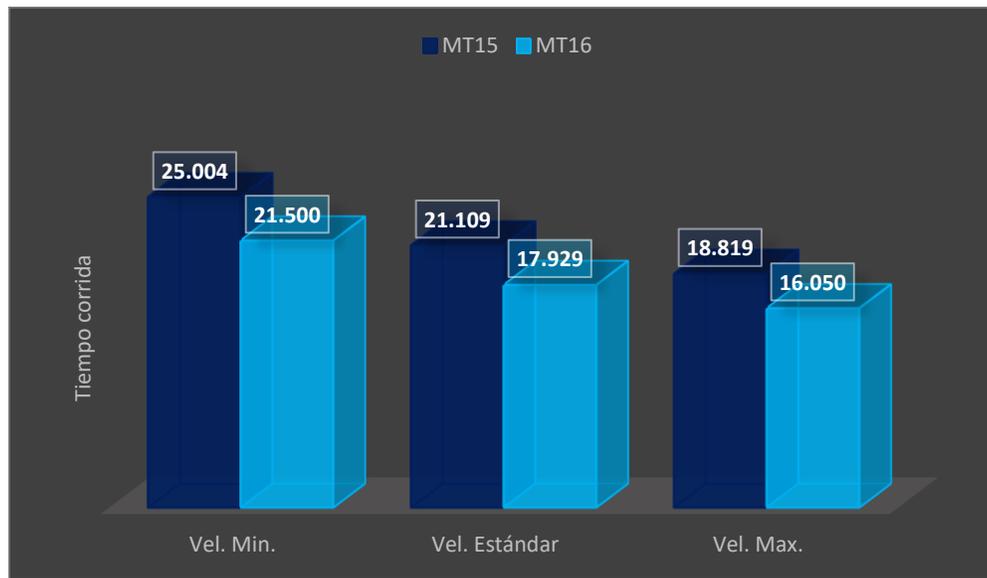


Figura 4.8. Gráfica comparativa entre MT15 y MT16.

Las **MT20** y **MT21** son tajadoras que trabajan de igual manera, con las mismas dimensiones y posiciones de embobinado; por tanto, se comparan entre ellas. Haciendo uso del tipo de película BT 66.0 con longitud de 1, se obtuvieron los siguientes mostrados en la Figura 4.9. De acuerdo con esos resultados, se aprecia que la MT20 requiere menor tiempo, 15.5 min/corrída a velocidad estándar en comparación con la MT21 que requiere 17.3 min/corrída. Por lo que se considera a MT20 como base para las sugerencias posteriores.

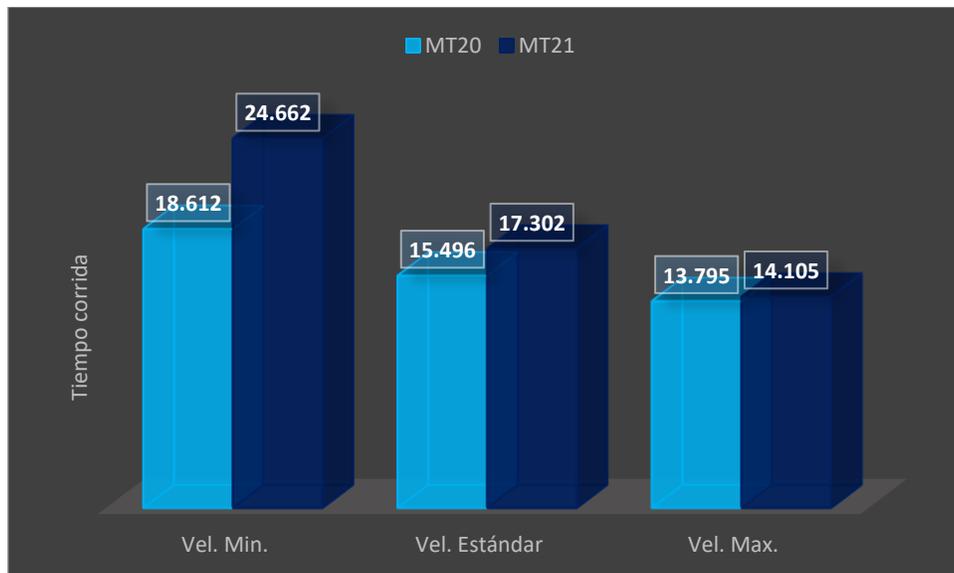


Figura 4.9. Gráfica comparativa entre MT20 y MT21.

Las **MT14** y **MT34** son tajadoras que trabajan de igual manera, a pesar de que su capacidad de posiciones de embobinado es diferente. Estas máquinas son consideradas de “recuperación”, o sea, encargadas de realizar reprocesos para corregir defectos de embobinado de otras máquinas; es por ello que se comparan entre ellas. Haciendo uso del tipo de película AJ 14.0 con longitud de 6, obtuvimos los resultados mostrados en la Figura 4.10. De estos resultados se aprecia que los tiempos requeridos por corrida son muy similares en ambas tajadoras trabajando a la velocidad estándar. Al ser la diferencia prácticamente nula, se asevera que cualquier recomendación dada beneficiará de igual manera al desempeño de ambas máquinas.

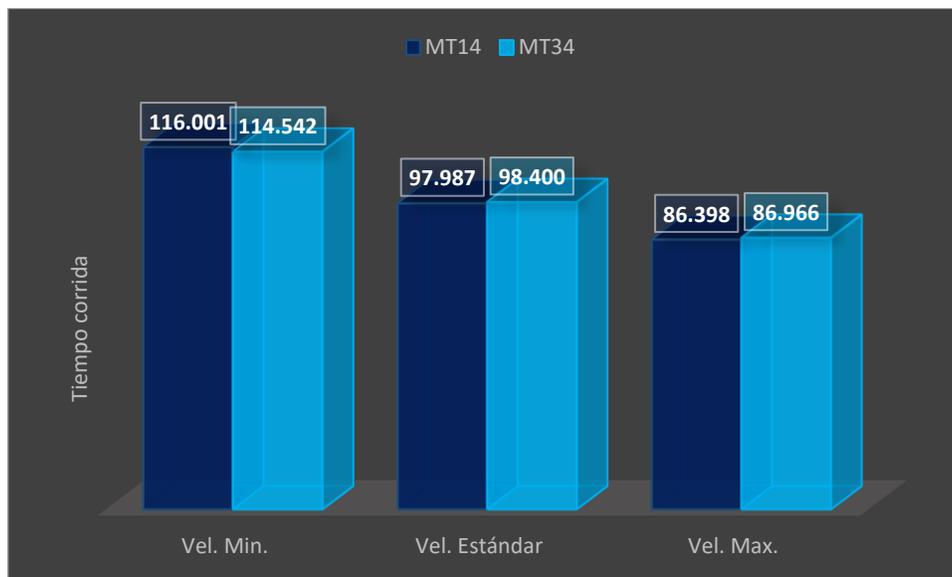


Figura 4.10. Gráfica comparativa entre MT14 y MT34.

Ya teniendo en cuenta el tiempo estándar que tardaría un operador en realizar una corrida, independientemente del tipo de película, podemos determinar el número de corridas óptimas por turno.

Tabla 4.21. Corridas óptimas.

TURNO	CORRIDAS ÓPTIMAS					
	MT14	MT15	MT16	MT20	MT21	MT34
T1	7	25	28	31	33	9
T2	7	23	26	29	31	9
T3	6	22	26	27	29	8

Número de corridas efectuadas en los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2019.

Tabla 4.22. Número de corridas trimestre anterior.

TURNO	AGOSTO						SEPTIEMBRE						OCTUBRE					
	MT14	MT15	MT16	MT20	MT21	MT34	MT14	MT15	MT16	MT20	MT21	MT34	MT14	MT15	MT16	MT20	MT21	MT34
T1	4	17	18	22	21	5	5	13	15	22	25	4	5	13	14	21	22	4
T2	4	17	17	23	21	4	4	15	14	19	25	3	5	13	13	20	20	4
T3	4	16	16	22	22	4	4	13	11	20	22	4	5	11	12	20	24	4

Número de corridas promedio efectuadas en la actualidad por turno:

4.23 Número de corridas reales.

TURNO	CORRIDAS PROMEDIO REALES					
	MT14	MT15	MT16	MT20	MT21	MT34
T1	5	14	16	22	23	4
T2	4	15	15	21	22	4
T3	4	13	13	21	23	4

4.12. Determinación de incremento de producción

En la actualidad, se tiene un registro de las corridas reales promedio que realizan los operadores por tajadora, al realizar el análisis se detectan actividades que afectan al proceso y en las cuales pueden reducir sus tiempos de ejecución.

Realizando todo el estudio de tiempos, mediante análisis estadísticos, se determinó el número de **corridas óptimas** por tajadora, el cual es de gran interés compararlo con los **registros actuales** y así evaluar si es posible aumentar la producción y en qué porcentaje sería posible.

MT14

$$\%T1 = \frac{(7 - 5)}{7} * 100 = 28.57\%$$

$$\%T2 = \frac{(7 - 4)}{7} * 100 = 42.85\%$$

$$\%T3 = \frac{(6 - 4)}{6} * 100 = 33.33\%$$

Para la máquina tajadora 14, el turno con mayor rendimiento es el primero, esto probablemente se deba a que en ese turno se encuentran los líderes del área y cuentan con una supervisión

mayor, el turno que concentrará la mayor de la atención evidentemente será el segundo, con un porcentaje de mejora muy atractivo.

MT15

$$\begin{aligned} \%T1 &= \frac{(25 - 14)}{25} * 100 = 44\% \\ \%T2 &= \frac{(23 - 15)}{23} * 100 = 34.78\% \\ \%T3 &= \frac{(22 - 13)}{22} * 100 = 40.90\% \end{aligned}$$

De acuerdo con los porcentajes obtenidos para MT15, se aprecia un posible crecimiento en producción más alto en el primer turno, sin embargo, los porcentajes son muy similares en los 3 turnos, dando un promedio de 39.9%. En esta máquina se apreció un ritmo de trabajo muy similar entre sus operadores, razón a la cual se adjudican los resultados.

MT16

$$\begin{aligned} \%T1 &= \frac{(28 - 16)}{28} * 100 = 42.85\% \\ \%T2 &= \frac{(26 - 15)}{26} * 100 = 42.30\% \\ \%T3 &= \frac{(26 - 13)}{26} * 100 = 50\% \end{aligned}$$

Comparando MT16 con MT15, podemos apreciar un nivel de mejora más alto en MT16 con un promedio de 45.05%, a diferencia de MT15, en esta máquina el turno menos eficiente es el tercero, lo cual no se considera fuera de lo común ya que en ese turno no se cuenta con una supervisión adecuada y el rendimiento de los operadores es menor.

MT20

$$\begin{aligned} \%T1 &= \frac{(31 - 22)}{31} * 100 = 40.90\% \\ \%T2 &= \frac{(29 - 21)}{29} * 100 = 27.58\% \\ \%T3 &= \frac{(27 - 21)}{21} * 100 = 28.57\% \end{aligned}$$

Evaluando los resultados de MT20, podemos apreciar que el turno con mayor posibilidad de crecimiento es el primero con un 40.90% ya que actualmente se realizan 22 de las posibles 31 corridas estimadas en el análisis. Dicho comportamiento se atribuye a el nivel de velocidad que utilizan los operadores en el primer turno, siendo por debajo de lo estándar.

MT21

$$\%T1 = \frac{(33 - 23)}{33} * 100 = 33.33\%$$

$$\%T2 = \frac{(31 - 22)}{31} * 100 = 29.03\%$$

$$\%T3 = \frac{(29 - 23)}{29} * 100 = 20.68\%$$

Comparando MT21 con MT20, se aprecia un nivel más homogéneo en MT21, coincidiendo en el turno con menor eficiencia. La MT21 cuenta con operadores considerados del mismo nivel, razón por la cual el nivel de exigencia a esta máquina.

MT34

$$\%T1 = \frac{(9 - 4)}{9} * 100 = 55.55\%$$

$$\%T2 = \frac{(9 - 4)}{9} * 100 = 55.55\%$$

$$\%T3 = \frac{(8 - 4)}{8} * 100 = 50\%$$

Evaluando MT34, se observa que es la máquina menos eficiente, trabaja al 50% promedio de lo establecido. La MT34 no concentra la atención adecuada del personal, ya que, al considerarse de recuperación, se deja en segundo plano ocasionando el comportamiento observado.

4.13. Demostración gráfica

El área de Acabado constantemente busca la mejora de sus procesos. Analizando el número de corridas efectuadas actualmente, crean la incertidumbre de saber si es posible incrementar las corridas.

Realizando el trabajo anterior, se comprueba que el incremento es posible. A continuación, se muestra gráficamente el porcentaje de incremento posible por Tajadoras.

En la **Figura 4.11** podemos apreciar el incremento de producción que podríamos tener si seguimos los valores estándar determinados. En MT14 una velocidad de 397 m/min y un tiempo de 33min para realizar las diferentes actividades del proceso (descarga, etiquetado, pre-empaque/envío, MRO, etc).

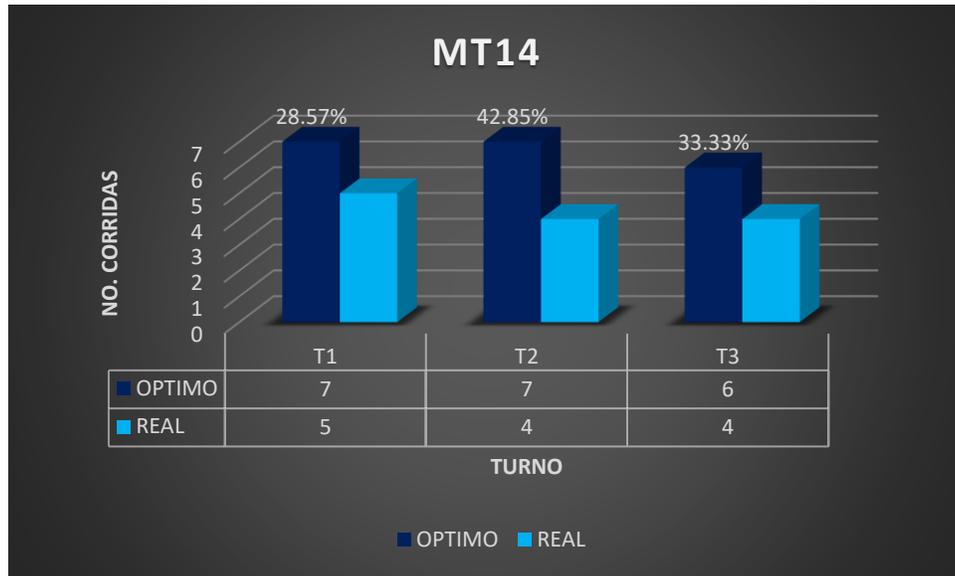


Figura 4.11. Gráfica comparativa MT14.

En la **Figura 4.12** se aprecia el incremento de producción que podríamos tener si seguimos los valores estándar determinados. En MT15 una velocidad de 321 m/min y un tiempo de 10min para realizar las diferentes actividades del proceso (descarga, etiquetado, pre-empaque/envío, MRO, etc).

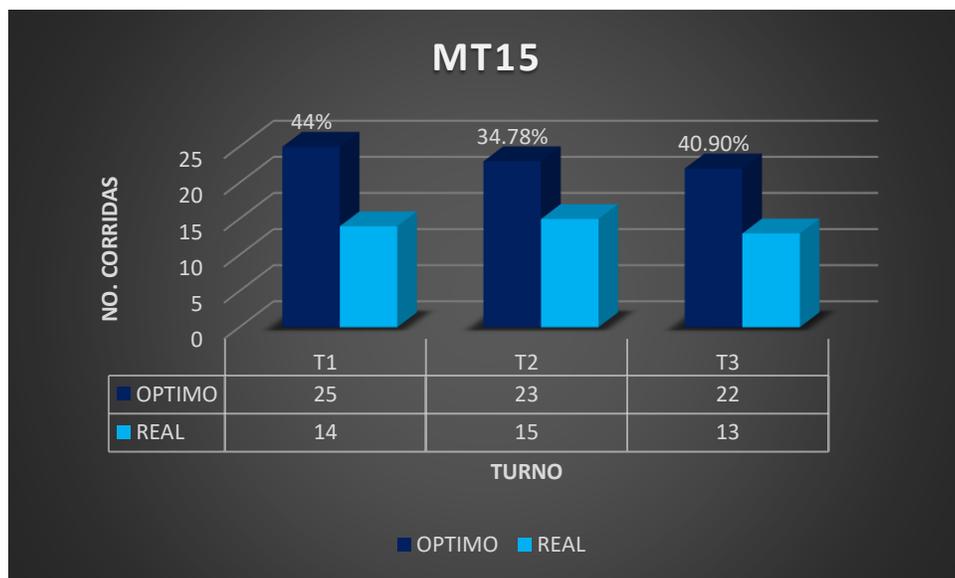


Figura 4.12. Gráfica comparativa MT15.

En la **Figura 4.13** se aprecia el incremento de producción que podríamos tener si seguimos los valores estándar determinados. En MT16 una velocidad de 449 m/min y un tiempo de 10min para realizar las diferentes actividades del proceso (descarga, etiquetado, pre-empaque/envío, MRO, etc).

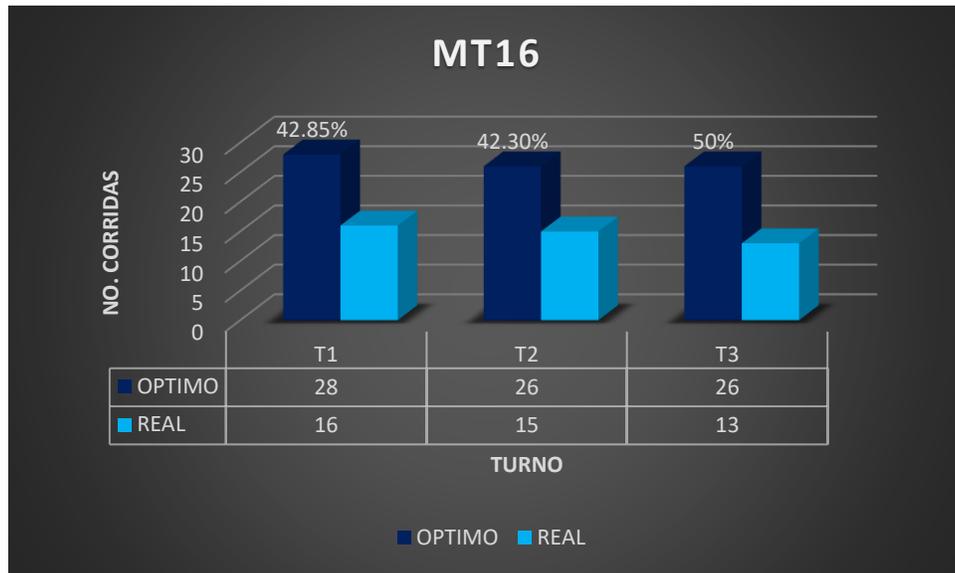


Figura 4.13. Gráfica comparativa MT16.

En la **Figura 4.14** se aprecia el incremento de producción que podríamos tener si seguimos los valores estándar determinados. En MT20 una velocidad de 475 m/min y un tiempo de 8 min para realizar las diferentes actividades del proceso (descarga, etiquetado, pre-empaque/envío, MRO, etc).

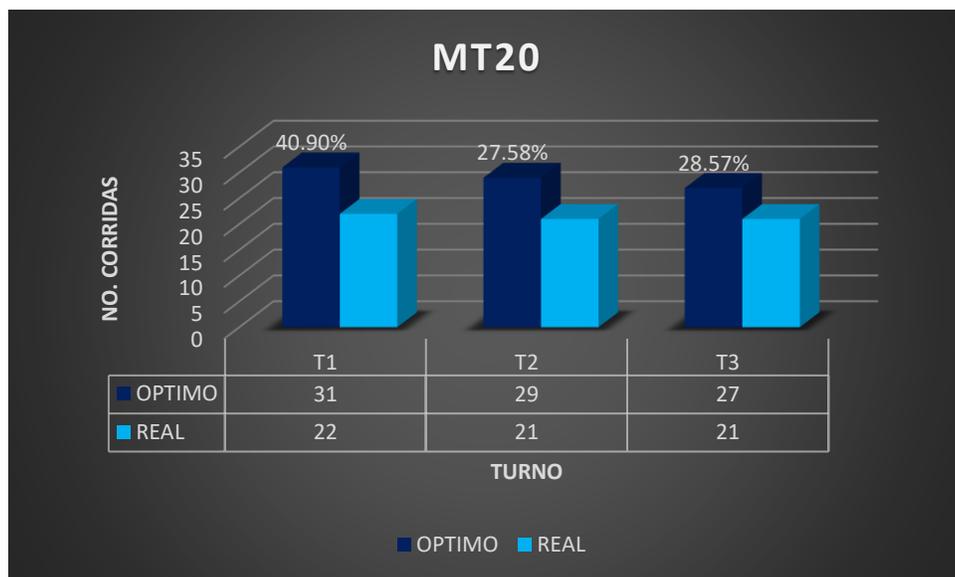


Figura 4.14. Gráfica comparativa MT20.

En la **Figura 4.15** se aprecia el incremento de producción que podríamos tener si seguimos los valores estándar determinados. En MT21 una velocidad de 315 m/min y un tiempo de 6min para realizar las diferentes actividades del proceso (descarga, etiquetado, pre-empaque/envío, MRO, etc).

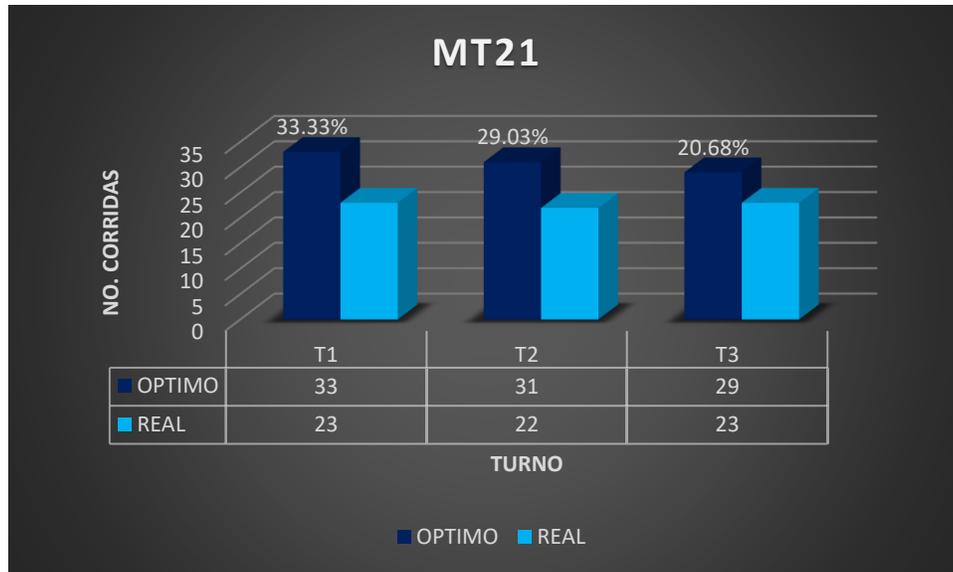


Figura 4.15. Gráfica comparativa MT21

En la **Figura 4.16** se aprecia el incremento de producción que podríamos tener si seguimos los valores estándar determinados. En MT16 una velocidad de 305 m/min y un tiempo de 14 min para realizar las diferentes actividades del proceso (descarga, etiquetado, pre-empaque/envío, MRO, etc).

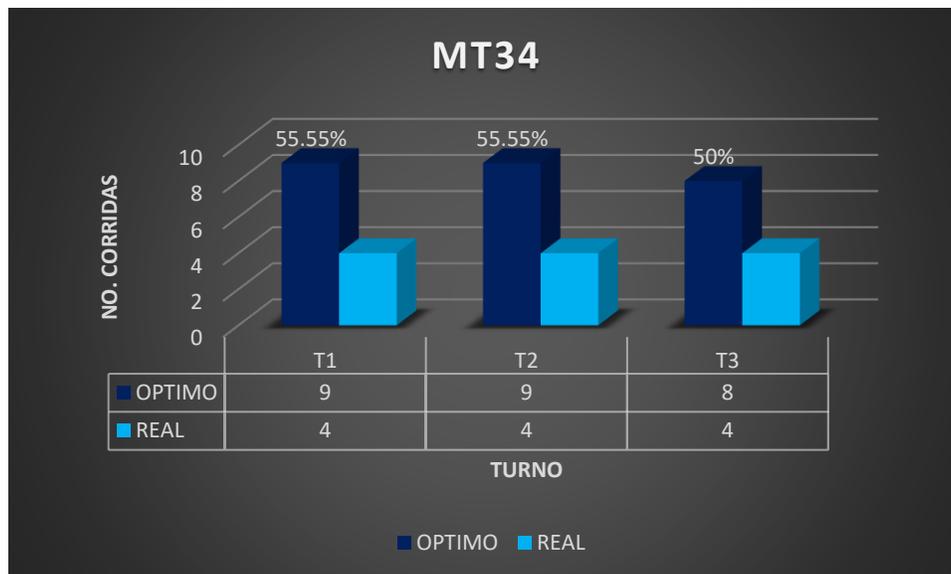


Figura 4.16. Gráfica comparativa MT34.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Después del análisis de la situación actual del área de corte de la empresa, utilizando diagramas de flujo, de procesos, de recorridos y el estudio técnico de tiempos y movimientos, se obtuvieron los avances siguientes:

- Se logró conocer a detalle el proceso de corte y empaque de la empresa, saber cuántas y cuáles máquinas se trabajan, conocer a los operadores, sus necesidades, fortalezas y debilidades.
- Se identificó que la actividad “cambio de medidas” es el que causa un tiempo alargado en el proceso completo
- Implementación de “Cambios rápidos” considerando el método y barras estáticas con los porta-navajas ya en su posición
- Se tienen problemas por el abastecimiento de material de empaque, que hace que el proceso de corte pare completamente
- Los paros de mantenimiento mal diseñados hacen una planeación errónea y demoran los charting programados. Una reubicación del rack que contienen los rodillos de las máquinas. Las planeaciones de los charting de corte no ayudan por los constantes cambios de medidas y material que involucran. La ubicación del material de apoyo entorpece el proceso
- El rol de personal de las máquinas 15 y 16 perjudica la producción, hacer un reacomodo
- Si se lleva a cabo la propuesta de ejecución del proceso podemos tener incrementos promedios de producción en las diferentes máquinas cortadoras:

- | | |
|------------------|-----------------|
| ▪ MT14 → 34.91 % | ▪ MT20 → 32.35% |
| ▪ MT15 → 39.89% | ▪ MT21 → 27.68% |
| ▪ MT16 → 45.05% | ▪ MT34 → 53.7% |

Mediante el trabajo realizado, se logra estimar los tiempos estándar que involucran el proceso de corte y empaque en todas las máquinas cortadoras, con esto, se calcula el número de corridas óptimas por tipo, longitud y turno, dando la oportunidad de comparar con la producción actual y confirmar que el proceso tiene posibilidades de incrementar sus números.

5.2. Sugerencias para trabajo futuro

Para lograr mejor rendimiento en la producción de películas BOPP en el área de corte secundario y empaque se sugiere:

- Hacer mención en el área el número de corridas óptimas por turno y establecerlas como objetivo.
- Establecer un procedimiento oficial del cambio de medidas, ya que esta actividad ocupa un porcentaje considerable de la jornada laboral.
- Planear los equipos de trabajo estratégicamente, por cada máquina cortadora tener un elemento que se considere bueno para ser líder del equipo.
- La Implementación de llenado de bitácora de operación/tiempos muertos. La cual consiste en enlistar todos aquellos movimientos que causen un decline en la producción. El objetivo de esto es que el operador considere dicha bitácora para así evitar realice otras actividades que no pertenezcan al procedimiento de sus labores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Baca, U. Introducción a la Ingeniería Industrial, 2da ed., México D.F., 2014.
- ❖ Montgomery D. & Runger G., (2012) *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. Limusa Wiley.
- ❖ Palacios L., (2013). *Ingeniería de métodos movimientos y tiempos*. México: ECOE Ediciones.
- ❖ Velasco J. (2013). *Organización de la producción: distribución en planta y mejora de los métodos y los tiempos*. Madrid: Pirámide.
- ❖ ISO 9000 SGC FUNDAMENTOS Y VOCABULARIO
- ❖ <https://www.gob.mx/stps>
- ❖ <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia-2/estudios-metodostiempos-trabajo.htm>
- ❖ Acervo de la planta.

APÉNDICE: Normas y Certificaciones

ISO 9000 SGC FUNDAMENTOS Y VOCABULARIO: Describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología para los sistemas de gestión de la calidad.

ISO 9001-2015 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD REQUISITOS: especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación, y su objetivo es aumentar la satisfacción del cliente.

AIB (American Institute of Baking); Define los estándares contra los cuales debe asegurarse un alto nivel sanitario. La salubridad, la inocuidad y la calidad de los alimentos producidos deben estar regulados y sujetos a estándares de calidad.

C-TPAT: CERTIFICACIÓN anti-terrorista de la Aduana de Estados Unidos de Norte América que OBLIGA a la industria a tomar medidas conjuntas a fin de evitar que la carga comercial sea contaminada con sustancias ilegales o no manifestadas, tales como armas, drogas o explosivos.

ISO 14001-2015 SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL REQUISITOS: El propósito de esta Norma Internacional es proporcionar a las organizaciones un marco de referencia para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas. Esta norma específica requisitos que permitan que una organización logre los resultados previstos que ha establecido para su sistema de gestión ambiental.

ISO 22000-2005 SISTEMA DE INOCUIDAD DE ALIMENTOS: La inocuidad de los alimentos se refiere a la existencia de peligros asociados a los alimentos en el momento de su consumo (ingestión por los consumidores). Como la introducción de peligros para la inocuidad de los alimentos puede ocurrir en cualquier punto de la cadena alimentaria, es esencial un control adecuado a través de toda la cadena alimentaria. Así, la inocuidad de los alimentos está asegurada a través de la combinación de esfuerzos de todas las partes que participan en la cadena alimentaria.

OHSAS 18001-2007 SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO: Permite a las empresas gestionar los riesgos operativos y mejorar el rendimiento. El estándar ofrece orientación sobre la evaluación de la salud y la seguridad, y sobre cómo gestionar más eficazmente estos aspectos de sus actividades empresariales, teniendo en cuenta minuciosamente la prevención de accidentes, la reducción de riesgos y el bienestar de sus empleados.

- NOM-001-STPS-2008**; Edificios, locales e instalaciones: Establecer las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores.
- NOM-002-STPS-2010** ; Prevención y protección contra incendios: Brigada contra incendio: El grupo de trabajadores organizados en una Unidad interna de protección civil, capacitados y adiestrados en operaciones básicas de prevención y protección contra incendio y atención de emergencias de incendio, tales como identificación de los riesgos de la situación de emergencia por incendio; manejo de equipos o sistemas contra incendio, al igual que en acciones de evacuación, comunicación y primeros auxilios, entre otras.
- NOM-004-STPS-1999**; Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria: Establecer las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.
- NOM-005-STPS-1998**; Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas: Establecer las condiciones de seguridad e higiene para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y evitar daños al centro de trabajo.
- NOM-009-STPS-2011**; Trabajos en altura: Establecer los requerimientos mínimos de seguridad para la prevención de riesgos laborales por la realización de trabajos en altura.
- NOM-011-STPS-2001**; Ruido: Establecer las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que, por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición.
- NOM-017-STPS-2008**; Equipo de protección personal: Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.
- NOM-025-STPS-2008**; Iluminación: Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.
- NOM-033-STPS-2015**; Trabajos en espacios confinados: Establecer las condiciones de seguridad para proteger la integridad física y la vida de los trabajadores que realizan trabajos en espacios confinados, así como prevenir alteraciones a su salud.

ANEXO 1. Diagrama principio máquinas cortadoras

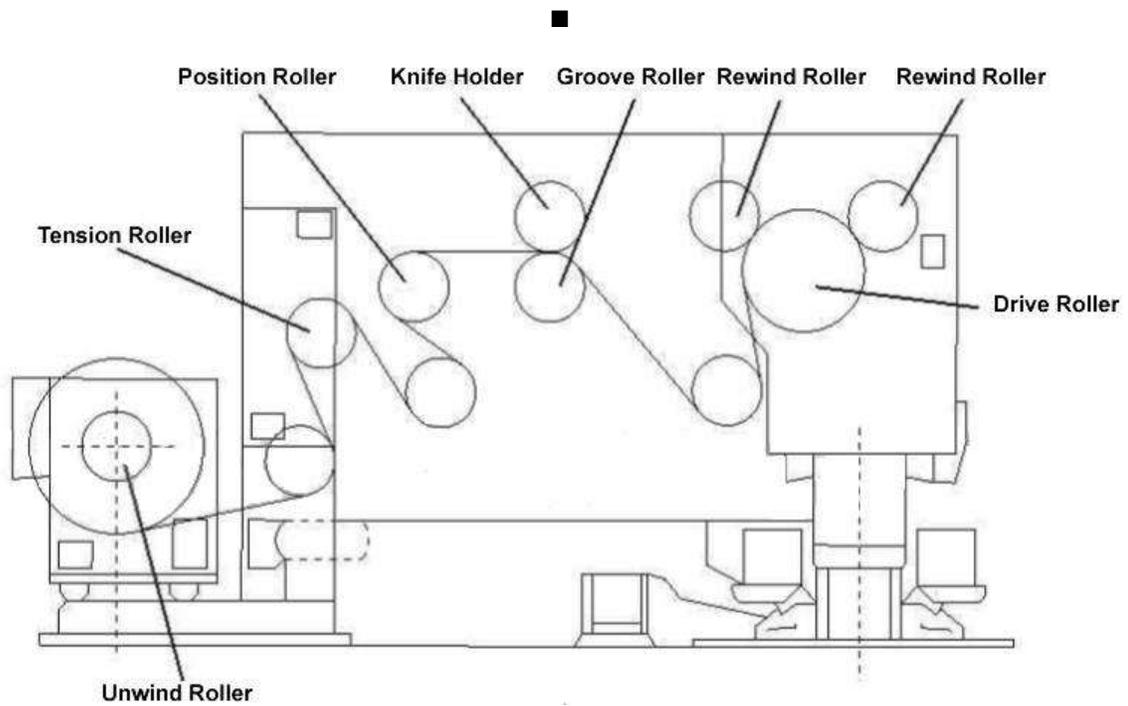


Figura Anexo 1: Máquina cortadora de película plástica.