



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

**AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE LAZO
POLIPROPILENO, BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA MAQUINARIA**

LUIS FERNANDO VALDÉZ MORÁN
Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, Noviembre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE LAZO
POLIPROPILENO, BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA MAQUINARIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

LUIS FERNANDO VALDÉZ MORÁN

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

Guatemala, Noviembre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Angel Dávila
VOCAL IV:	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V:	Agr. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR:	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR:	Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE LAZO
POLIPROPILENO, BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA MAQUINARIA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el de 27 de julio de 2009.

LUIS FERNANDO VALDÉZ MORÁN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 10 de Noviembre de 2009

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela de Mecánica Industrial

Estimado Ingeniero:

Es un gusto para mi saludarle, soy el ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, asesor del trabajo de graduación titulado AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN UNA LINEA DE FABRICACIÓN DE LAZO POLIPROPILENO BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA MAQUINARIA, de él estudiante Luis Fernando Valdéz Morán, a dicho trabajo de graduación ya se le realizó la respectiva revisión aprobándolo con fecha 10 de Noviembre de 2009.

Sin mas que agregar y agradeciendo de antemano su atención, me despido.



Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Atte.

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Colegiado 3071

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE LAZO POLIPROPILENO, BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA MAQUINARIA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Valdez Moran**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del Sr. Byron Estuardo Ixpatá Reyes.

Ing. Byron Estuardo Ixpatá Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2010.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



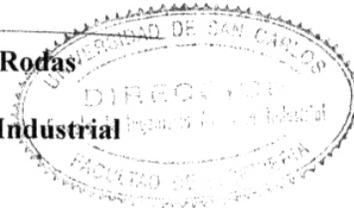
FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE LAZO POLIPROPILENO, BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA MAQUINARIA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Valdéz Morán**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2010.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.273.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **AUMENTO DE PRODUCCIÓN EN UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE LAZO POLIPROPILENO, BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA MAQUINARIA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Valdéz Morán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, which appears to be "Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos".

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, julio de 2010

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- | | |
|-----------------------|---|
| Dios | Que si no fuera por Él, toda realidad sería inútil. |
| Mis padres | Por ser el inicio de todas mis metas. |
| Mis hermanos | Quienes han ayudado en gran parte de mi camino por la vida. |
| Mis sobrinos | De quienes espero cosas mayores de las que yo pueda realizar. |
| Mis compañeros | Que de forma incondicional han colaborado. |

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
SUMARY	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y CONCEPTOS GENERALES	
 SOBRE EL PROCESO	1
1.1 Descripción general de la empresa	1
1.1.1 Ubicación	2
1.1.2 Historia de la empresa	2
1.1.3 Innovaciones de la empresa	3
1.2 Organización administrativa de la empresa	3
1.2.1 Misión	4
1.2.2 Visión	5
1.2.3 Valores	5
1.2.4 Organigrama	5
1.2.5 Productos	7
1.2.6 Mercados	8
1.3 Descripción general del producto	8
1.3.1 Medidas de lazo por fabricar	9
1.3.2 Características del lazo	9
1.3.3 Principales usos del lazo	11

1.4	Sistemas de lubricación	12
1.4.1	Tipos de lubricación	13
1.4.2	Tipos de lubricantes	15
1.4.3	Importancia de la lubricación	15
1.5	Sistemas de embrague	16
1.5.1	Concepto de embrague	17
1.5.2	Tipos de embrague	17
2	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	19
2.1	Descripción del proceso de fabricación de lazo	19
2.1.1	Área de extrusión	19
2.1.2	Área de retorcedora	20
2.1.3	Área de formadora	20
2.1.4	Área de cableadora	21
2.2	Estudio de tiempos y movimientos	21
2.2.1	Selección de operación	22
2.2.2	Actitud ante el trabajador	23
2.2.3	Método de calificación	24
2.2.4	Asignación de suplementos	27
2.2.5	Proceso de extrusión	30
2.2.6	Proceso de retorcedora	32
2.2.7	Proceso de formadora	34
2.2.8	Proceso de cableadora	39
2.3	Diagrama de procesos	44
2.3.1	Diagrama de operaciones	45
2.3.2	Diagrama de flujo	48
2.3.3	Diagrama de recorrido	49
2.3.4	Análisis de capacidad de producción de lazo	50

3. PROPUESTA PARA LA REPARACIÓN DE LA MAQUINARIA Y AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE LAZO POLIPROPILENO	53
3.1 Descripción de lo que se pretende lograr	53
3.2 Evaluación técnica de la maquinaria	53
3.3 Determinar los principales fallos que tiene la maquinaria	54
3.3.1 Especificación de las piezas	56
3.3.2 Lubricación de la maquinaria	58
3.3.3 Diseño de piezas	58
3.4 Análisis del aumento de la capacidad de producción de la maquinaria	61
3.4.1 Proceso de extrusión	62
3.4.2 Proceso de retorcedora	62
3.4.3 Proceso de formadora	65
3.4.4 Proceso de cableadora	67
3.4.5 Reducción de tiempos muertos	69
3.5 Diagrama de procesos mejorados	70
3.5.1 Diagrama de operaciones mejorados	71
3.5.2 Diagrama de flujo mejorado	73
3.5.3 Diagrama de recorrido mejorado	74
3.5.4 Análisis de la capacidad en la línea de producción con la reparación de maquinaria	75
3.5.5 Otros diagramas	78
3.6 Análisis financiero	86
3.6.1 Costo de reparación de maquinaria	86
3.6.1.1 Elementos por considerar	87
3.6.2 Mejora en la producción	87
3.6.3 Análisis costo beneficio del proyecto	92

4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA REPARACIÓN DE MAQUINARIA Y AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LAZO POLIPROPILENO	95
4.1	Características de la implementación de reparación de maquinaria	95
4.1.1	Definición	95
4.1.2	Metas por alcanzar	96
4.1.3	Resultados esperados	96
4.2	Personal designado	96
4.2.1	Personal técnico	97
4.2.2	Personal administrativo	97
4.3	Procedimiento para el montaje de las piezas	97
4.3.1	Procedimiento para el montaje de fajas	98
4.3.2	Procedimiento para la instalación de los embragues	99
4.3.3	Calibración de embragues	100
4.3.4	Instalación del sistema de lubricación	101
	4.3.4.1 Tipo de sistema de lubricación	101
	4.3.4.2 Tipo de lubricante	102
4.3.5	Procedimiento para inspeccionar el sistema de rodamiento	102
	4.3.5.1 Tipos de sistema de rodamiento	102
5.	MEJORA CONTINUA	105
5.1	Establecer las bases para el programa de mantenimiento	105
5.2	Elaboración de ficha técnica de la máquina	105
5.2.1	Puntos de lubricación	106
5.2.2	Partes por revisar constantemente	106
5.2.3	Ficha para inspecciones de rutina	107
5.2.4	Ficha para visita de rutina	107

5.2.5	Ficha de informe de estado de maquinaria reportado por el operario	108
5.3	Realización de rutinas	109
5.3.1	Visitas	110
5.3.2	Inspecciones	110
5.3.3	Orden de trabajo	110
5.4	Revisión periódica de tiempos, diagramas de proceso y sus respectivas actualizaciones	111
5.4.1	Cambios en la línea de producción	112
5.4.2	Nuevo producto	112
5.4.3	Aumento de denier	113
5.4.4	Verificación de tiempos normalizado	113
CONCLUSIONES		115
RECOMENDACIONES		117
BIBLIOGRAFÍA		119
ANEXOS		121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Ubicación de Polyproductos	2
2	Organigrama de Polyproductos	6
3	Sub-organigrama departamento de lazo	6
4	Lazos que se fabrican	7
5	Partes de un lazo	10
6	Tipos de embrague	18
7	Diagrama de operaciones	46
8	Diagrama de operaciones simplificado	47
9	Diagrama de flujo	48
10	Diagrama de recorrido	49
11	Partes del husillo	55
12	Bomba eléctrica de lubricación de aceite	58
13	Medidas de embrague	59
14	Medidas de acople de carrizo	60
15	Medidas de engranaje	61
16	Diagrama de operaciones mejorado	71
17	Diagrama de operaciones mejorado simplificado	72
18	Diagrama de flujo mejorado	73
19	Diagrama de recorrido mejorado	74
20	Diagrama de procesos para retorcedora	79
21	Diagrama Hombre-máquina de formadora X	80
22	Diagrama Hombre-máquina de formadora Y	81
23	Diagrama Hombre-máquina de formadora Z	82
24	Diagrama Hombre-máquina de cableadora Y	83
25	Diagrama Hombre-máquina de cableadora Z	84

26	Diagrama Hombre-máquina de cableadora X	85
27	Distribución actual del personal	89
28	Nueva distribución del personal	89
29	Flujo de efectivo en el tiempo	93
30	Ubicación de faja	98
31	Proceso para la instalación de embrague	99
32	Proceso para la calibración de embrague	100
33	Calibración de embrague	101
34	Ficha para inspección de rutina	107
35	Ficha para visita de rutina	107
36	Ficha de reporte del operario	109

TABLAS

I	Lazos de mayor demanda	7
II	Lazos que se fabrican	9
III	Número de sub-cabos y número de hilos por lazo	11
IV	Gruesos, longitudes, pesos de lazo y carrete	26
V	Tiempos por carrete de formadora	26
VI	Calificación para la línea de producción	27
VII	Fórmula para los tiempos normales	27
VIII	Asignación de suplementos para línea de producción lazo	29
IX	Fórmula para la asignación de suplementos	29
X	Tiempos estándar para movimientos de retorcedora	33
XI	Distribución en retorcedora para carrizos de 15 y 30 hilos	34
XII	Tiempos estándar para formadora X	35
XIII	Tiempos estándar para formadora Y	36
XIV	Tiempos estándar para formadora Z	38
XV	Resumen de capacidades de formadoras	39

XXVI	Tiempos estándar para cableadora X	39
XXVII	Tiempos estándar para cableadora Y	41
XXVIII	Tiempos estándar para cableadora Z	43
XIX	Resumen de capacidades de cableadoras	44
XX	Capacidad actual en rollos por día de trabajo	52
XXI	Piezas en mal estado	57
XXII	Nueva capacidad de formadoras	67
XXIII	Nueva capacidad de cableadoras	69
XXIV	Nueva capacidad de rollos por día en el área	77
XXV	Costo de reparación de maquinaria	86
XXVI	Gasto actual en energía eléctrica	88
XXVII	Gasto en energía eléctrica con las reparaciones	88
XXVIII	Mejora en horas extras con la reparación	91
XXIX	Ahorro total con la mejora	91

GLOSARIO

Bobina	Tubo de metal en el cual se enrolla el hilo monofilamento a la salida del extrusor.
Cableadora	Máquina que les da la torsión a tres cabos para formar el lazo; es la tercera y última torsión.
Cabo	Es la unión de una cantidad de sub-cabos, la cual dependerá principalmente del grosor de lazo por fabricar.
Carrete	Cilindro que sirve para almacenar un cabo producido en la formadora.
Carrizo	Cilindro que sirve para almacenar un sub-cabo producido en la retorcedora y que posteriormente se utilizará en la formadora.
Cuello de botella	Es la operación más lenta en una línea de producción.
Denier	Unidad de medida que indica el peso en gramos de 9000 metros o el peso en libras de 21.679 yardas.
Extrusor	Máquina que transforma la materia prima (resina, polietileno, polipropileno, entre otros materiales) en hilo monofilamento.

Formadora	Máquina que proporciona una torsión adecuada al cabo; es la segunda torsión para formar el lazo.
Hilo monofilamento	Producto extruido, el cual tiene un denier 575 y que es el componente básico del lazo.
Husillo	Uno de los espacios de la máquina retorcedora en los cuales se le da la torsión al sub-cabo.
Retorcedora	Máquina que proporciona una torsión adecuado al sub-cabo; es la primera torsión que se le da al lazo.
Sub-cabo	Cantidad de hilos monofilamento que puede ser de 15 o 30 hilos, dependiendo del grueso de lazo por producir.
Tiempo cronometrado	Tiempo que se toma con la ayuda de un cronómetro.
Tiempo estándar	Es el tiempo normal multiplicado por un factor de uno más los suplementos.
Tiempo normal	Es el tiempo cronometrado multiplicado por un factor de calificación.

RESUMEN

La crisis que se vive en la actualidad, hace que toda empresa se interese por mejoras en sus procesos, se trata de reducir costos para poder seguir operando adecuadamente. De ahí surge en el departamento de lazo la inquietud por encontrar la manera de reducir costos, principalmente en la línea de producción de lazo polipropileno. Inicialmente se conocerán algunos datos importantes tanto de la empresa como del lazo por fabricar, incluyendo algunos conceptos básicos aplicables al tema propuesto.

En seguida se conocerán datos más relevantes para tratar de dejar en claro cómo y cuál es el proceso, para luego hacer el estudio de tiempos el cual es fundamental para el presente trabajo porque da a conocer la situación actual de la línea de producción, específicamente en lo que se refiere al balance. Para dicho proceso no existen registros y al obtenerlo también se podrá identificar la capacidad de cada maquinaria.

Se evaluará la maquinaria identificando las partes de ella que presenten fallos, especificando las piezas, su lubricación, diseño y costo aproximado. Al conocer lo anterior se analizarán las mejoras que se obtienen con la reparación; esto implica el análisis de mejoras en los diagramas de procesos al igual que el análisis beneficio-costos que es importante para todo proyecto.

Al conocer cuál es la mejora que se logra con la reparación de la maquinaria, se define a dónde se pretende llegar, se identifican los procedimientos necesarios para llevar a cabo la reparación, el personal

involucrado en el proceso y algunos procedimientos fundamentales para el montaje de piezas.

Luego, se proponen las bases para la implementación del programa de mantenimiento por medio de la elaboración de diferentes fichas técnicas, con el fin de alargar la vida útil del estudio, tratando de establecer un programa de mantenimiento predictivo. Para finalizar, se presentan algunos factores que pueden afectar el estudio.

SUMARY

The crisis is now, is that each company is interested in improving their processes, trying to cut costs to continue operating properly, and there is the concern for the bond department of how to reduce costs mainly on production line of polypropylene ribbon. Initially know some important information from both the company and the relationship to manufacturing including some basic concepts that are applicable to the proposed item.

Then be known more relevant search data in any way make it clear how and what is the process and then make the time study which is fundamental for this study, it announces the current status of the production line, specifically in regard to the balance of the production line, for which no records exist and to identify also the capacity of each machine.

Machinery will be assessed by identifying the parts of which fails, specifically identifying the parts, lubrication, design of them and an approximate cost. Being aware of the above will be discussed improvements incurred to repair, it involves an improvement in the diagrams of processes like cost benefit analysis is important for any project.

Knowing which is the improvement to the repair of machinery defines where targeted, identifying the necessary procedures to carry out repairs, personnel involved in it and some basic procedures for the assembly of parts. Finally bases are proposed to implement the maintenance program through the development of different technical specifications to extend the life of the study,

trying to establish a predictive maintenance program, to end are some factors that may affect the study.

OBJETIVOS

GENERAL

- Determinar por medio de la evaluación técnica de la maquinaria, la cantidad de piezas que afectan su óptimo funcionamiento en la línea de producción de lazo, en busca del aumento en la producción.

ESPECÍFICOS

1. Evaluar por medio de un estudio técnico el estado actual de la maquinaria.
2. Determinar cuáles son los efectos de que dicha maquinaria no trabaje a su capacidad total.
3. Determinar la capacidad de producción que tiene en la actualidad la línea de producción.
4. Encontrar, por medio del análisis del proceso, cuellos de botella que afecten directamente a la producción de lazo.
5. Indicar el aumento en la producción de lazo que se obtendrá con la reparación de la maquinaria.
6. Conocer el proceso y posibles mejoras sobre el diseño y distribución de la maquinaria.

INTRODUCCIÓN

Algunos de los problemas por los que puede pasar toda empresa es el crecimiento desordenado, en el cual se van perdiendo de vista algunos parámetros como: mantenimiento, reparación, pérdida en capacidad de producción. Estos problemas llegan a causar deficiencia, por eso es bueno considerar el mantenimiento de la maquinaria como de vital importancia para toda empresa, principalmente en momentos de crisis, situación que ocurre en la actualidad y que muchas veces las empresas no analizan para reducir costos. En ocasiones se piensa en la reparación de maquinaria o algún tipo de estudio de productividad como un gasto adicional que tarde o temprano generará costos más altos. Por la falta de reparación de la maquinaria se pierde capacidad de producción, lo que afecta directamente al producto terminado porque lo hace más caro y retarda dicho proceso. Además, se debe tomar en cuenta que al implementar cualquier tipo de plan, ya sea de mantenimiento, calidad etc., es necesario que la maquinaria esté trabajando en óptimas condiciones para que el estudio esté de acuerdo con la realidad.

Una de las grandes dificultades de la reparación de la maquinaria es la falta de interés de la gerencia; en todo caso se pretende demostrar que por medio de un análisis sencillo del proceso de producción, se detecta la necesidad de reparar la maquinaria. El propósito es aumentar la producción al hacer una reparación adecuada de la maquinaria y de esa manera lograr que la empresa se interese en la importancia de mantener la maquinaria en óptimas condiciones. Para efectuar este análisis de aumento en la producción se deberán conocer datos acerca de tiempos estándar, cuellos de botella,

capacidad de producción, entre otros, que son de gran importancia para estudios similares que se realicen en el futuro.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL PROCESO

1.1 Descripción general de la empresa

Polyproductos S.A., empresa dedicada a la fabricación de una variedad de productos de plástico, entre los que se pueden mencionar, costales, jumbos, telas zuncer, bolsas de polietileno, hilo multifilamento, pita polipropileno y lazo polipropileno.

Por los diferentes productos que fabrica, la empresa se subdivide en departamentos de producción, los cuales son: línea jumbo, línea sarán, línea sacos y las líneas de pita y lazo; el último departamento es el motivo del presente estudio.

Una característica de la empresa es la producción de sus propios insumos, como el material de empaque, carretes para el producto terminado; así como la flexibilidad ante las exigencias del cliente, considerando sus necesidades o especificaciones.

El departamento de lazo se encarga de la fabricación de pita y lazo polipropileno, trabaja a dos turnos: jornada diurna y jornada nocturna. En la fabricación de lazo se distinguen cuatro procesos divididos en las siguientes áreas: extrusión, retorcedoras, formadoras y cableadoras.

1.1.1 Ubicación

Polyproductos está ubicada en el kilómetro 17.5 carretera al Pacífico, sus amplias instalaciones albergan a diferentes departamentos entre los que se incluye el de lazo. Su ubicación es estratégica por la cercanía con la ciudad capital como con la costa sur, principalmente Escuintla.

Figura. 1 Ubicación de Polyproductos



Fuente: Tesis, **Eficiente uso de la energía eléctrica en la planta Jumbo sack de Polyproductos de Guatemala, S.A.**

1.1.2 Historia de la empresa

Polyproductos inició operaciones el 20 de marzo de 1978, forma parte de un conglomerado que incluye dos plantas manufactureras que se especializan en productos de polipropileno, una en Guatemala y la otra localizada en Nicaragua. Además, cuenta con bodegas en: Alabama, Missouri, Colorado, Puerto Rico, Guatemala, Nicaragua y Costa Rica.

Actualmente se exportan productos como: sacos, jumbo, lazo, saran, lazo de polipropileno e hilo multifilamento a diferentes países, principalmente americanos, entre ellos Canadá, Estados Unidos, Puerto Rico, Honduras, Nicaragua, Belice.

Polyproductos está certificado con la norma ISO 9001 por las exigencias del mercado tanto local como internacional porque brinda la calidad que requiere el cliente y ofrece productos con gran valor.

1.1.3 Innovaciones de la empresa

Las principales innovaciones que tiene Polyproductos son:

- a. Primera empresa en producir sacos de polipropileno.
- b. Desarrollo e introducción del saco contenedor tipo jumbo.
- c. Primera en la producción saco cebollero.
- d. Primeros en desarrollar y producir saco jumbo línea para forro de contenedores de exportación.
- e. Primero en Centroamérica en producir y exportar sarán.

1.2 Organización administrativa de la empresa

Polyproductos está ubicada en el km 17.5 carretera al Pacífico, fabrica diferentes productos basados principalmente en plástico, razón por la cual existen áreas bien identificadas con los productos que fabrica, para ello se requiere de un organigrama general que las identifique y además de sub-organigramas para la fabricación de las distintas áreas.

1.2.1 Misión

- 1 Ser un líder en la atención y satisfacción de la demanda de empaque en la industria azucarera nicaragüense y aquellos segmentos de mercado donde tradicionalmente sirve nuestra empresa.
- 2 Crecer continuamente en la producción eficiente y en ventas, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes, de manera que signifiquen un alto retorno de la inversión y la liquidez necesaria para invertir en el desarrollo y sostenimiento de la empresa.
- 3 Desarrollar y consolidar nuestro mercado centroamericano, principalmente Honduras, Costa Rica y Panamá.
- 4 Basar la continuidad del desarrollo y crecimiento de Empaques Universales S.A. en las exportaciones de nuestros productos y recipientes intermedios a granel (R.I.G.) a mercados fuera de C.A.
- 5 Aumentar las utilidades, enfocándose en proyectos de exportación y de diversificación de productos.
- 6 Aseguramiento de la calidad, basándose en estándares internacionales.
- 7 Optimizar los procesos de fabricación buscando calidad total, maximización de la producción y satisfacción del cliente.
- 8 Agilizar el proceso de las exportaciones, estableciendo procedimientos automatizados.
- 9 Desarrollar un sistema de mantenimiento industrial acorde con la tecnología instalada en nuestra fábrica.
- 10 Fomentar las normas éticas y morales en las relaciones humanas internas y externas.
- 11 Desarrollar la automatización informática de los procesos administrativos, financieros, de producción, de ventas, de mercadeo, y de información gerencial.
- 12 Optimizar los costos de producción y administración, para ser

competitivos en el mercado centroamericano.

- 13 Desarrollar un sistema de administración de recursos humanos eficiente.

1.2.2 Visión

"Ser el líder centroamericano en la producción, comercialización de sacos, recipientes intermedios a granel (R.I.G.) y otros productos plásticos especializados, sustentados en una labor permanente de calidad, eficiencia y diversificación de productos".

1.2.3 Valores

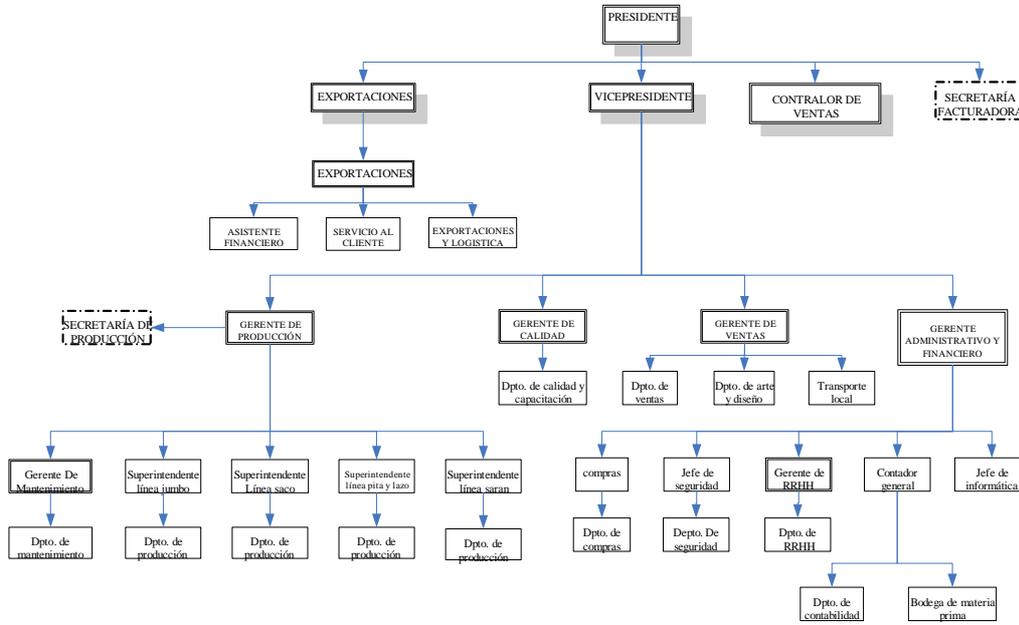
Los valores de la empresa son principios básicos que se relacionan tanto con los trabajadores como también en lo que se refiere al propio cliente, los valores de la empresa son los siguientes:

- Justicia
- Lealtad
- Honestidad
- Puntualidad

1.2.4 Organigrama

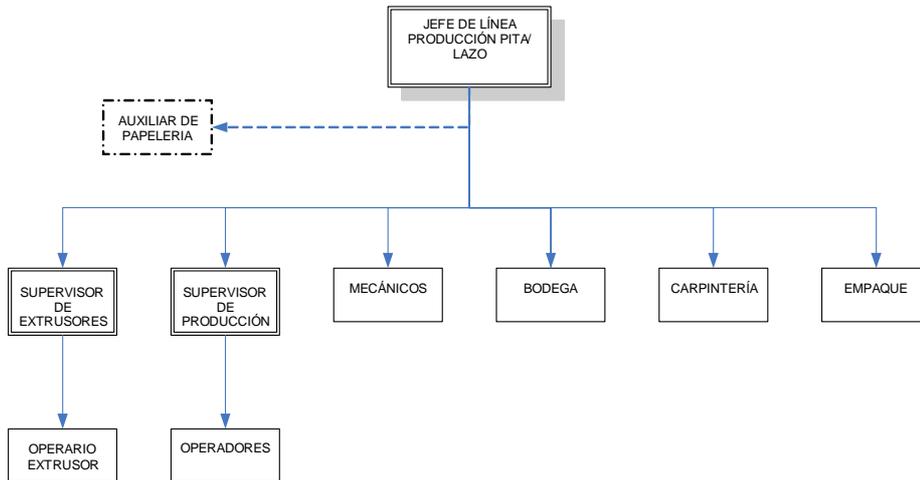
La estructura organizacional de Polyproductos está basada principalmente en: exportaciones, contralor de ventas y vicepresidencia, esta última se encarga de todo el funcionamiento relacionado con la producción, por lo grande que es la empresa, se sub-divide el organigrama en sus diferentes departamentos de producción, las cuales serán administradas por cada superintendente según el área que es el encargado de su área de producción.

Figura. 2 Organigrama de Polyproductos



Fuente: Polyproductos S.A.

Figura. 3 Sub-organigrama departamento de lazo



Fuente: Polyproductos S.A.

1.2.5 Productos

Actualmente, en el departamento de lazo se fabrican medidas que van desde 3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 7/16", 1/2", 5/8" y 3/4" de grueso de lazo polipropileno con hilo monofilamento, pero las medidas más demandadas por los clientes son las de 3/16, 3/8 y 7/16 pulgadas de grueso.

Tabla I Lazos de mayor demanda

GRUESO (plg.)	Longitud (pies)	Peso (lb.)
3/16	3,000	19.95
3/8	1,200	31.92
7/16	1,200	36.99

Fuente: Polyproductos S.A.

La anterior tabla proporciona las longitudes y pesos de las medidas que más se producen, generalmente estas son las medidas, pero también se pueden fabricar de acuerdo con los requerimientos del cliente, es decir, que pueden sufrir modificaciones, principalmente en la medida del largo que el cliente desee.

Figura. 4 Lazos que se fabrican



Fuente: www.polyproductos.com

1.2.6 Mercados

Por características propias del lazo su mercado lo conforman preferentemente empresas dedicadas a la pesca, pero también se puede aplicar a diferentes industrias, por tal motivo el mercado a los cuales se exporta el lazo de polipropileno es de Belice, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, parte del caribe principalmente Puerto Rico y México.

Localmente también se vende lazo, principalmente a empresas como ingenios, bananeras, beneficios de café, empresas portuarias, empresas que se dedican a la pesca, agricultura, industria, construcción, minería.

El lazo de polipropileno presenta características como bajo costo, el peso, ambientes de trabajo a los cuales es sometido, las cuales permiten que tenga un amplio mercado en donde es utilizado.

1.3 Descripción general del producto

El lazo polipropileno es una línea de flotación ligera ideal para una multiplicidad de aplicaciones en situaciones no críticas. Sin embargo, como con cualquier cuerda de polipropileno, se deteriora en exposiciones prolongadas a la luz del sol.

1.3.1 Medidas de lazo por fabricar

Las medidas de lazo polipropileno que se fabrican son:

Tabla II. Lazos que se fabrican

GRUESO (plg.)	LARGO (pies)
3/16	3000
1/4	1200
5/16	1200
3/8	1200
7/16	1200
1/2	600
5/8	600
3/4	600

Fuente: Polyproductos S.A.

El largo puede variar según especificaciones del cliente, pero se tiene como largo estándar las medidas antes vistas.

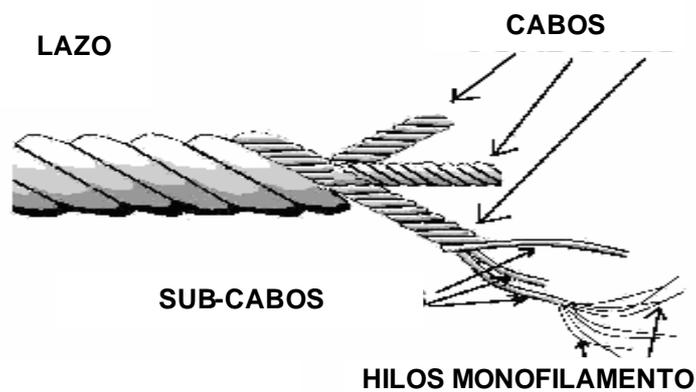
Del total de medidas que se pueden fabricar, existe mayor preferencia por parte del cliente especialmente por lazo de 3/16 pulgadas de grueso por 3000 pies, lazo de 3/8 pulgadas de grueso por 1200 pies y lazo de 7/16 pulgadas de grueso por 1200 pies.

1.3.2 Características del lazo

El lazo de polipropileno está formado de tres cabos, torsionados de tal manera que aumente su resistencia. Estos a su vez están formados por sub-cabos compuestos de hilos de monofilamento de 15 o 30 hilos según sea el

grueso por fabricar y que llevan una torsión determinada para ayudar a aumentar su resistencia y mantener la misma torsión aplicada al lazo polipropileno.

Figura. 5 Partes de un lazo



Fuente: Polyproductos S.A.

Los hilos monofilamento tienen un denier de 575, el cual es necesario para determinar el peso y largo del lazo por fabricar. Dependiendo el grueso del lazo polipropileno por fabricar, así lleva la cantidad adecuada de hilos monofilamento al igual que la cantidad de sub-cabos. A continuación se presenta el número de hilos monofilamento y sub-cabos especificado a cada cabo para un grueso determinado.

Tabla III. Número de sub-cabos y número de hilos por lazo

Grueso (plg.)	# de sub-cabos	# de hilos monofilamento
3/16	3	15
1/4	5	15
5/16	8	15
3/8	6	30
7/16	7	30
1/2	9	30
5/8	16	30
3/4	22	30

Fuente: Polyproductos S.A.

El lazo de polipropileno presenta una serie de características como:

- Absorción de agua insignificante
- Resistencia química excelente
- Resistencia a la fricción
- Alargamiento bajo
- Buena energía del choque
- Resistencia térmica
- Ligero
- Ningún resbalamiento
- De alta resistencia
- Flexible

1.3.3 Principales usos del lazo

El lazo polipropileno presenta una resistencia menor a lazos de nylon, poliéster o dacrón pero es más barato y flota por lo que es adecuado para artes de pesca, salvamento o esquí acuático entre infinidad de aplicaciones. Una

desventaja del lazo polipropileno es que se funde por efecto del calor lo que puede dar lugar a deformaciones que por ejemplo, pueden impedir que se deshaga un nudo que se ha calentado por efecto de la fricción o debilitar una driza sometida a continuo rozamiento.

Entre los principales usos que se le pueden dar al lazo polipropileno están

- Transportación
- Agricultura
- Envío
- Marina
- Pesca
- Industria
- Construcción
- Minería

1.4 Sistemas de lubricación

Un sistema de lubricación es la manera para tratar de evitar principalmente el rozamiento entre dos superficies en contacto, para ello se necesita de un lubricante, el cual es una sustancia capaz de reducir el rozamiento, calor y desgaste, cuando se introduce como una película entre superficies sólidas. Por lo tanto, el propósito fundamental de la lubricación consiste en separar a superficies que actúan entre sí bajo condiciones de carga. En condiciones ideales, la sustancia lubricante (aceite o grasa) que se aplica entre dos superficies, produce una película que se distribuye uniformemente en toda el área de contacto. Las partes en movimiento son entonces separadas y soportadas por la película de lubricante. De ningún modo entran en contacto una con la otra. Las condiciones ideales son imposibles de lograr; por lo tanto, nunca podremos eliminar totalmente

el rozamiento y el desgaste. Lo que se pretende es reducir estos factores lo más posible.

1.4.1 Tipos de lubricación

Antes de explicar los tipos o regímenes de lubricación se debe explicar la diferencia entre superficies concordantes y no concordantes:

- a. Superficies concordantes son las que se ajustan bien una con otra con un alto grado de conformidad geométrica, de manera que la carga se transfiere a un área.
- b. Superficie no concordante es aquella en la cual no existe la conformidad geométrica, es decir, sus superficies no concuerdan entre sí.

Los tipos o regímenes de lubricación se basan principalmente en la forma de proteger las diferentes piezas y las respectivas superficies por proteger y son:

- a. Lubricación hidrostática: esta se da cuando las velocidades relativas de deslizamiento son bajas, lo cual ayuda a mantener un fluido a presión en la zona de contacto por medio de un suministro del fluido.
- b. Lubricación hidrodinámica: se tiene cuando al girar el eje arrastra al aceite creando zonas de sobre presión y de depresión. Llegado un determinado momento, se crea una cuña hidrodinámica a presión que mantiene separados los dos cuerpos sin ningún aporte de presión exterior. Una característica de la lubricación hidrodinámica es que se da en superficies concordantes.
- c. Lubricación elastohidrodinámica: este régimen de lubricación se asocia a superficies no concordantes y con la lubricación de película fluida,

principalmente porque se genera en los contactos altamente cargados, que pueden ser:

- a. Lineales (engranajes)
 - b. Puntuales (cojinetes de bolas)
- d. Lubricación marginal: también llamada lubricación límite, para este caso los sólidos no están separados por el lubricante, los efectos de la película fluida son insignificantes y existe un contacto de las asperezas importante. El mecanismo de lubricación por contacto se rige por las propiedades físicas y químicas de las películas delgadas de superficie de proporciones moleculares. Las propiedades volumétricas del lubricante tienen menor importancia, y el coeficiente de fricción es esencialmente independiente de la viscosidad del fluido.
- e. Lubricación parcial: también llamada lubricación mixta, la cual sucede principalmente al ocurrir un aumento de la presión o la disminución de velocidades de operación son demasiado bajas, la película del lubricante se dispersa; por lo tanto existe algún contacto entre las asperezas y entonces ocurrirá la lubricación parcial o mixta.
- f. Lubricación sólida: algunas veces se recurre a la lubricación sólida cuando se produce alguna de las siguientes condiciones:
- Temperaturas elevadas.
 - Acceso difícil del lubricante.
 - Cargas extremas con vibraciones.
 - Presencia de gases, disolventes, ácidos, etc.

1.4.2 Tipos de lubricantes

Básicamente los lubricantes se clasifican según su naturaleza en:

- a Lubricantes gaseosos (aire)
- b Lubricantes líquidos (aceites)
- c Lubricantes pastosos (grasas)
- d Lubricantes sólidos (grafito, bronce poroso, teflón)

Los tipos de lubricantes más usuales e importantes por sus aplicaciones en la industria son los aceites y las grasas. Las diferencias entre uno y el otro son varias y dependen de varios factores como temperatura, velocidad entre superficies, espacio entre superficies, entre otras. El aceite es recomendado cuando las superficies giran a diferentes velocidades, cuando existen cambios de temperatura o cuando el espacio entre superficies es muy pequeño que imposibilita que la grasa pueda entrar libremente; ahora bien, la grasa se recomienda en partes que se encuentran a velocidades muy lentas, también en superficies que por el mismo ambiente presentan mucha contaminación ya que sirve como un medio aislante.

1.4.3 Importancia de la lubricación

Una buena lubricación es importante por muchas razones, desde la protección de la maquinaria hasta la reducción de costos por mantenimiento pero claramente se distinguen seis funciones específicas de la importancia de una buena lubricación:

- a Reducir el rozamiento: se busca evitar el roce de piezas.
- b Reducir el desgaste: con la reducción de rozamiento se evita el desgaste de piezas mecánicas que al final de cuentas resultarían en costos por cambio de piezas.

- c Absorber o amortiguar impactos: las vibraciones como en todo mecanismo resultan perjudiciales, entonces por medio de una película de lubricante entre diferentes superficies en movimiento, se logra la absorción de vibraciones amortiguando al mismo tiempo impactos que podrían dañar las superficies de las piezas.
- d Reducir el incremento de temperatura: generalmente al existir rozamiento entre diferentes superficies en movimiento se produce fricción y con ella el aumento de temperatura, al existir una película de lubricante entre las superficies se evita o reduce la fricción y con ello el aumento de la temperatura.
- e Reducir la corrosión: por medio de la película lubricante y gracias a algunos aditivos específicos del lubricante, protege y evita la corrosión entre las superficies en movimiento.
- f Formar un sello contra contaminantes: dos superficies en movimiento están expuestas a polvos o pequeñas partículas, las cuales al no existir un película lubricante fácilmente se ubican entre las superficies en movimiento teniendo efecto de lija que rayan y desgastan aun más las superficies.

1.5 Sistemas de embrague

Un sistema de embrague, es aquel que se encarga del acople y desacople de mecanismos, ya sea por medios mecánicos, eléctricos, hidráulicos o neumáticos que hacen la función de activar o desactivar un sistema de rodamiento. El ejemplo más común es el sistema de embrague de un vehículo con transmisión mecánica, en el cual el embrague cumple la función de transmitir la potencia del motor hacia el diferencial y al mismo tiempo, servir para desacoplarse en el momento de algún cambio de velocidad.

1.5.1 Concepto de embrague

Los embragues son elementos esenciales que están relacionados con el movimiento de rotación. Su función es transmitir o absorber energía mecánica de rotación. En el momento de embrague dos partes de un sistema de transmisión con sus dos masas rotatorias girando a velocidades distintas intentan girar en forma conjunta a una misma velocidad. En el caso del embrague existe una transmisión de calor producto de la fricción, dado que en esta clase de dispositivos es el medio de transmisión más común.

Los embragues se usan frecuentemente en máquina de producción de todo tipo donde se requiera detener el movimiento permitiendo que el motor siga girando. Los embragues tienen varias funciones, una de ellas por ejemplo, es la de servir como sistema de seguridad para una desconexión de emergencia de las partes que reciben movimiento con la parte motora o de potencia para evitar roturas traumáticas de todo un sistema de transmisión.

Los embragues se clasifican en los siguientes tipos:

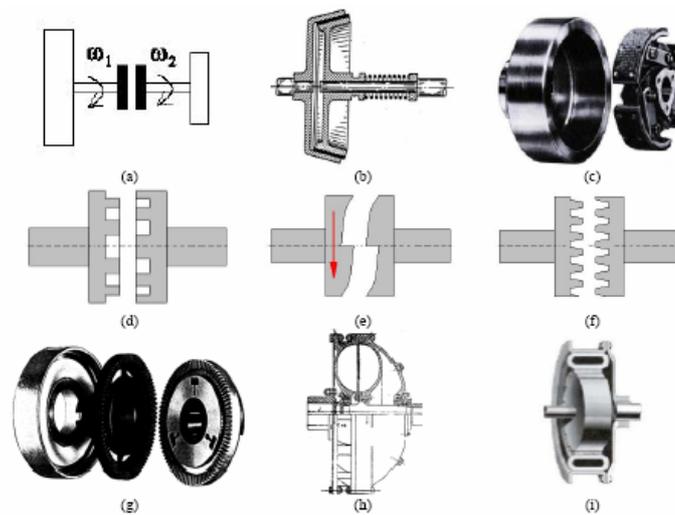
1. embragues de fricción
2. embragues de contacto positivo
3. embragues hidráulicos y neumáticos
4. embragues magnéticos
5. embragues de sobrecarga

1.5.2 Tipos de embrague

Los embragues son los más comunes en los cuales dos superficies concordantes son presionadas una contra otra para producir la transferencia de energía. Las superficies pueden ser planas (Figura 6 a) o bien cónicas (Figura 6b) o bien cilíndricas (Figura 6c) entre otras de geometría similar. Estos embragues

tienen por exigencia no trabajar a velocidades mayores a 250 a 300 rpm. Los frenos y embragues de acción positiva se caracterizan por tener superficies concordantes suplementarias como las que se muestran en las Figuras 6 d, 6 e, 6 f y 6 g. Estos embragues pueden ser de quijadas cuadradas (Figura 6 d) o en espiral (Figura 6 e) o bien dentados (Figuras 6 f y 6 g). En la Figura 6 i se muestra un embrague de accionamiento de tipo neumático. En este caso la cámara recibe una presión de aire y conecta con el aro exterior al llegar una presión prefijada.

Figura. 6 tipos de embrague



Fuente: Manual del Ingeniero Mecánico.

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Descripción del proceso de fabricación de lazo

La fabricación de lazo de polipropileno, básicamente se divide en cuatro áreas o procesos que son: área de extrusión, área de retorcadora, área de formadora y área de cableadora. Básicamente el proceso inicia desde la elaboración del hilo monofilamento pasando por la torsión que se le da tanto a los sub-cabos como al cabo, quedando por último la unión de los tres cabos para formar propiamente el lazo.

2.1.1 Área de extrusión

Existen dos extrusores de hilo monofilamento, la materia prima se compone básicamente de resina, polipropileno, polietileno y master como los más importantes, los componentes antes mencionados se mezclan para luego hacerlos pasar a la tolva del extrusor, después se obligan a pasar por el propio extrusor, el cual es calentado por medio de resistencias insertadas en el propio cañón, mientras que el tornillo obliga a pasar esta mezcla a presión por el dado, al salir del dado y por la temperatura que lleva se obliga a pasar a cada hilo monofilamento por una tina de agua, ya enfriados los hilos se pasan por los rodillos primarios que se encuentran girando a 30 revoluciones por minuto, luego pasan por el horno cuya principal función es calentar los hilos para poder darle un estiramiento adecuado con una relación de 1:5. Esta relación se logra por medio de los rodillos secundarios giran a 150 rpm, por último los hilos monofilamentos son agrupados en bobinas ya sea de 15 hilos o 30 hilos dependiendo el lazo por fabricar.

2.1.2 Área de retorcedora

Básicamente el área de retorcedora es donde se le da la torsión a un sub-cabo del lazo, la cantidad de hilos por sub-cabo solamente puede ser de 15 o 30 y dependerá del grueso por fabricar.

La máquina retorcedora tiene 80 husillos de los cuales solamente están en funcionamiento 58, el funcionamiento es sencillo: un motor hace girar a un eje bastante largo, el eje tiene dos funciones; la primera función es accionar los husillos por medio de fajas con el fin de darle la torsión necesaria al sub-cabo y al mismo tiempo hacer girar un carrizo en el cual se almacenará el sub-cabo, la segunda función es accionar un mecanismo de engranajes de los cuales también tendrán dos funciones; la primera por medio de engranajes hacer girar rodillos los cuales llevan los sub-cabos hacia los carrizos y la segunda función es por medio de una leva tipo corazón subir y bajar una estructura la cual se encarga de guiar al sub-cabo para que se enrolle en el carrizo adecuadamente.

2.1.3 Área de formadora

La función principal es formar el cabo y darle la torsión adecuada, para formar el cabo el operario coloca la cantidad de carrizos (que es donde se enrollan los sub-cabos antes de formar el cabo) según el grueso, la maquinaria tiene la función de almacenar dichos cabos en carretes.

Existen tres tipos de maquinaria correspondiente a cada uno de los gruesos por fabricar, la maquinaria X trabaja 3/16" de grueso, la maquinaria Y trabaja 3/8" de grueso y la maquinaria Z trabaja 7/16" de grueso, cada una es diferente pero con el mismo fin, darle torsión al cabo, a continuación se analizará a grandes rasgos su funcionamiento.

Formadora X, Y y Z. Su fin es darle la torsión adecuada al cabo, dependiendo cual sea el grueso así es la torsión, a mayor grueso menor torsión y a menor grueso mayor torsión. Los tres tipos de maquinaria tienen en general el mismo funcionamiento, los sub-cabos están colocados afuera de la formadora y el carrete en donde se enrolla el cabo se encuentra adentro de la formadora, los sub-cabos son jalados hacia el carrete pasando por una serie de poleas que fijan la torsión, para luego enrollarse en el carrete y después pasar a las cableadoras.

2.1.4 Área de cableadora

La cableadora es la encargada de darle la torsión final al lazo y para ello le dan la torsión adecuada a tres cabos formando de esta manera el lazo. También existen tres tipos de cableadoras, según su formadora, cableadora X, cableadora Y y cableadora Z. El proceso es el siguiente.

CABLEADORA X, Y y Z: para formar el lazo, todas las cableadoras necesitan tres carretes de las formadoras, los carretes se colocan dentro de las cableadoras, el funcionamiento consta de dos mecanismos, el primer mecanismo que hace girar al alrededor de los carretes un brazo manteniendo los carretes en una posición fija y de esta manera dar la torsión. El segundo mecanismo se encarga de halar los cabos, las tres puntas de los carretes llegan a un punto en el cual convergen dando la torsión que los hace entorcharse uno sobre otro, para luego pasar por una serie de poleas que sirven para fijar la torsión y luego enrollarse en rollos como producto terminado.

2.2 Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos es uno de los primeros pasos para determinar la situación en la que se encuentra la línea de producción, a menudo se define como un método para determinar “un día de trabajo justo”, es más que todo encontrar un

punto de equilibrio entre la empresa y el ritmo en que trabajan sus empleados, produciendo siempre la misma cantidad y al mismo ritmo.

Lo anterior se logra con el desarrollo del estudio de tiempos, el cual busca entre otras cosas:

1. Análisis de todas las operaciones con objeto de eliminar aquellas que fueran innecesarias
2. Determinación del mejor método de ejecución
3. Estandarización de los métodos, materiales, herramientas, equipo y condiciones de trabajo
4. Determinación exacta del tiempo que un operador calificado como normal necesita para ejecutar un trabajo

Para ello se necesita del uso de alguna técnica para medir el trabajo, en este caso se utiliza la técnica de estudio de tiempos con cronómetro por las siguientes razones:

- Falta de datos estándar.
- No se cuenta con registros históricos recientes que den confiabilidad de sus resultados.
- El proceso no cuenta con los suficientes micromovimientos para realizar dicho estudio basado en las MTM.
- Facilidad de obtener los resultados por el método de cronometración.
- Los movimientos no son complejos.

2.2.1 Selección de operación

Para la elección de la operación se emplean básicamente los siguientes criterios:

- El orden de las operaciones según se presenten en el proceso.
- Posibilidad de ahorro que se espera en la operación.

- Según necesidades específicas.

El estudio de tiempos se realizará según el orden de las operaciones, teniendo en cuenta el proceso y su respectivo orden, además, se especificará hacia el proceso de fabricación de lazo polipropileno según los gruesos más pedidos por el cliente (como se mencionó, se realizará para gruesos de 3/16", 3/8" y 7/16").

La operación se inicia en el área de extrusión se sigue por el área de retorcedora (procesos que tienen en común para todo tipo de grueso) y luego se separa por el área de formadoras y su respectiva maquinaria (que puede ser maquinaria X, Y y Z); por último el área de cableadoras (que puede ser maquinaria X, Y y Z).

La operación también tiene que ver con el trabajador a quien se le tomará el respectivo tiempo, para ello se deberán tomar algunas características que se pueden resumir en:

- Habilidad
- Deseo de cooperar
- Temperamento
- Experiencia

2.2.2 Actitud ante el trabajador

Un punto muy importante es la actitud que se tiene con el trabajador, de esto dependerá en gran medida la veracidad del estudio de tiempos. Se debe crear un ambiente de confianza para que el trabajador se mantenga a un ritmo normal y estable sin hacer esfuerzos para trabajar rápido ni lento, es decir, que la persona que toma el tiempo se vea como parte del proceso, sin intervenir y así no causar algún tipo de alteración de los tiempos. Para ello se debe tener en cuenta:

- a. El estudio nunca debe hacerse en secreto: todos los trabajadores involucrados en el proceso deberán tener conocimiento del estudio.
- b. El analista debe observar las políticas de la empresa: con el fin de evitar cualquier crítica hacia el sistema de trabajo.
- c. No debe discutir, ni criticar al trabajador: la plena colaboración del trabajador es vital para cualquier tipo de estudio de tiempos.
- d. Tratar al trabajador como parte fundamental del estudio de tiempos: un trabajador a quien se le trata bien, responderá favorablemente.

2.2.3 Método de calificación

Es de entender que todo tiempo cronometrado podrá estar tanto debajo como por encima de un tiempo normal de la operación, por tal razón se utiliza un algún método de calificación para determinar el tiempo normal para realizar dicha operación.

La calificación del operador se hace única y exclusivamente en el curso de las observaciones de los tiempos elementales para tener una mayor veracidad de los mismos, a los cuales se evalúa la velocidad, destreza, ausencia de movimientos falsos, el ritmo, la coordinación y la eficiencia según el método por utilizar. Existen diferentes métodos para calificar al trabajador a quien se le toma el tiempo cronometrado, de los cuales los principales son:

- Calificación de velocidad
- Sistema Westinghouse
- Calificación sintética
- Calificación objetiva

Para la calificación de tiempos cronometrados se utiliza el sistema Westinghouse, (ver anexos Tablas Westinghouse), el sistema evalúa la actuación del operador para lo cual se consideran cuatro factores:

- Habilidad: se evalúa el aprovechamiento al seguir un método dado, evaluando y calificando dentro de una de seis clases.
- Esfuerzo: el esfuerzo es representativo de la velocidad con que se aplica la habilidad y puede ser controlado en un alto grado por el operador.
- Condiciones: se evalúa las circunstancias que afectan solamente al operador y no a la operación, como puede ser la temperatura, alumbrado, ruido etc.
- Consistencia: es el grado de variación en los tiempos transcurridos, mínimos y máximos, en relación con la media.

Para las diferentes áreas de la línea de producción de lazo polipropileno, se tienen las siguientes calificaciones en el desenvolvimiento del operario al cual se le toma el tiempo.

Área de extrusión: la actividad realizada por el operario no afecta o retrasa el proceso de producción, porque el material sigue saliendo a la misma velocidad. Por esta razón, tanto la calificación como la especificación de los suplementos para el operario, no serán tomados en cuenta.

Área de retorcedora: el trabajo del operario consiste básicamente en recoger los carrizos para el área, colocar y quitar bobinas (que pesan alrededor de 15.43 lb.), cargar y descargar los carrizos (que pesan alrededor de 5.51 lb.), el ciclo se repite a cada 46 minutos, de los cuales 25 minutos se mantiene la máquina trabajando y alrededor de 15 minutos entre carga y descarga.

Área de formadoras: su trabajo consiste en traer los carrizos necesarios que pesan alrededor de 4.08 lb. /carrizo y el peso de cada carrete por fabricar es de:

Tabla IV Grosos, longitudes, pesos de lazo y carrete.

Gruoso (plg)	Longitud (pies)	Peso (lb.)	Peso del carrete de formadora
3/16	3000	19.95	6.65
3/8	1200	31.92	10.64
7/16	1200	37	24.67

Fuente: Polyproductos S.A.

A continuación se detalla el uso de carrizo para cada formadora y los tiempos para su cambio.

Tabla V. Tiempos por carrete de formadora

Máquina/gruoso	# sub-cabos	Tiempo de carrete (min.)
Máquina X	3	8.33
Máquina Z	6	20.00
Máquina Y	7	16.49

Fuente: Polyproductos S.A.

El cambio de carrizos se efectúa aproximadamente a cada 16 minutos, para ello no se requiere de gran habilidad y el esfuerzo es mínimo, las condiciones son bastante malas y la consistencia es buena.

Área de cableadoras: el trabajo del operador de cableadoras consiste en cargar a la maquina los tres carretes para formar el lazo (actividad que no requiere de gran precisión ni mucha experiencia) esperar a que el mismo se llene para proceder a descargarlo y obtener el producto terminado.

Tabla VI Calificación para la línea de producción.

Operador	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Total
Área de extrusión					
Área de retorcedora	C1 +0.06	B2 +0.08	F -0.07	C +0.01	0.08
Área de formadora	E1 -0.05	D 0.0	F -0.07	D 00	-0.12
Área de cableadora	B2 +0.08	C2 +0.02	F -0.07	C +0.01	0.04

Una vez calificada la actuación del operador se proceda a sacar los tiempos normales TN (los cuales se realizarán más adelante).

$$TN = TC * (1 + suplementos)$$

En donde:

TN = tiempo normal

TC = tiempo cronometrado

Tabla VII. Fórmula para los tiempos normales.

Área	TN	TN
Extrusión	Fórmula	Fórmula
Retorcedora	$TN = TC * (1 + 0.08)$	$TN = TC * 1.08$
Formadora	$TN = TC * (1 - 0.12)$	$TN = TC * 0.98$
Cableadora	$TN = TC * (1 + 0.04)$	$TN = TC * 1.04$

2.2.4 Asignación de suplementos

Una vez obtenidos los tiempos normales (TN) es necesario determinar los tiempos estándar (Te), los cuales son el fin de todo estudio de tiempos. Todo tiempo normal (Tn), se ve afectado por necesidades tanto propias del ser humano (Ej. necesidades fisiológicas) como del ambiente en el cual se desenvuelve (Ej. áreas de trabajo con altas temperaturas causan mayor necesidad de beber agua),

para ello se toman en consideración tales situaciones, que en las lecturas del cronómetro no se pueden considerar.

Los suplementos para la línea de fabricación de lazo polipropileno se basan en un sistema de suplementos por descanso del Instituto de Administración Científica de las Empresas (ver anexos, tabla suplementos por descanso). Los suplementos se toman para el área en general y para cualquier proceso, teniendo las siguientes consideraciones:

- Todos los operarios son hombres (9)
- La postura en general de los trabajadores es ligeramente incómoda pero con tiempos para su recuperación
- El levantamiento es de alrededor de 12 kg
- Existe una iluminación bastante por debajo de lo recomendado
- La temperatura cerca de extrusores es alta
- Se hacen trabajos fatigosos
- El ruido es intermitente y fuerte
- La atención está dividida entre muchos objetos
- Es un trabajo bastante monótono
- Por la propia monotonía lo convierte en un trabajo en extremo aburrido.

Por lo tanto, considerando los anteriores se puntos se tiene:

Tabla VIII. Asignación de suplementos para línea de producción de lazo.

suplementos	Porcentaje %
Suplementos constantes	9
Suplementos por trabajar de pie	2
Suplementos por postura incómoda	0
Uso de fuerza	4
Iluminación	2
Condiciones atmosféricas	3
Concentración intensa	2
Ruido	2
Tensión mental	4
Monotonía	1
Tedio	2
Total	31

El tiempo estándar es igual a:

$$Te = TN (1 + suplementos) = Te = TC*(1+calificación)*(1+suplementos)$$

Conociendo los suplementos y la calificación para cada área se tiene:

$$TN = TC * (1.08)*(1 + 0.31)= TC*1.4148$$

$$TN = TC * (0.88)* (1 + 0.31)= TC*1.1528$$

$$TN = TC * (1.04)* (1 + 0.31)= TC*1.3624$$

Tabla IX. Fórmula para la asignación de suplementos.

Área	TN	Te
Extrusión	No depende del operario	No depende del operario
Retorcedora	$TN = TC * (1.08)$	$Te = TC*1.4148$
Formadora	$TN = TC * (0.88)$	$Te = TC*1.1528$
Cableadora	$TN = TC * (1.04)$	$Te = TC*1.3624$

2.2.5 Proceso de extrusión

Los extrusores tienen la capacidad de 120 hilos por extrusor, al conocer la cantidad de hilos monofilamento por embobinar también se conoce el número máximo de bobinas por extrusor. Un dato muy importante es que los dos extrusores mantienen las rpm de los rodillos de salida a 150 rpm.

Ejemplo:

Bobinas/extrusor = 120 hilos / # hilos por bobina

Si se trabaja bobinas de 30 hilos

Bobinas/extrusor = 120 hilos / 30 hilos por bobina = 4 bobinas de 30 hilos

Si se trabaja bobinas de 15 hilos

Bobinas/extrusor = 120 hilos / 15 hilos por bobina = 8 bobinas de 30 hilos

Por cuestiones de estudio se supone que el denier no sufre variaciones o que las variaciones que sufra son insignificantes para el mismo, por eso se trabaja con hilo monofilamento que tiene un denier de 575 y la circunferencia tanto de rodillos primarios como secundarios es de 0.82 yardas, estos datos sirven para determinar la capacidad de lb / h que tienen los extrusores, conociendo algunas relaciones como:

Tiempo = longitud / velocidad

Velocidad = rpm * circunferencia de rodillos

Con 150 rpm y 0.82 yd de circunferencia

Velocidad = 123 yd/min.

Longitud = peso de bobina*(9000 m/denier)

Denier = peso en gramos de 9000 m de 1 hilo

120 hilos * Denier (1 lb. /454 g) = peso en lb de 9842.52 yd

120 hilos*575g*(1lb /454g) = peso en lb de 9842.52 yd = 151.98 lb = 9842.52 yd

Longitud = peso en lb* (9842.52 yd / 151.98 lb)

Longitud = peso (lb)*(64.7619 yd/ lb)

T = peso (lb)*(64.7619 yd/ lb)/ (123 yd /min)

T = peso (lb)*(0.526519 min / lb)

Con un tiempo de 60 min y despejando el peso se obtiene:

peso = T /(0.526519 min/ lb)

peso = 60 min / (0.526519 min / lb) = 113.9 lb en una hora

Este dato es por hora, pero conociendo que los extrusores trabajan generalmente de lunes a sábado las 24 horas, a lo cual se tiene que restar cuatro horas de precalentamiento y dos horas de cambio de filtro semanalmente, por lo tanto para determinar la capacidad real del extrusor se tiene:

Horas totales de una semana (lunes-sábado) = 6 días* 24 hrs /día = 144

Horas reales = 144 hrs – 6 hrs = 138 horas

El resto de la línea trabaja en cualquiera de las dos jornadas 11 horas efectivas

Por lo tanto diariamente por extrusor se dispone de:

Capacidad = 113.9 lb /hora * 138 horas / 6días = 2619.7 lb / día

Y trabajando 22 horas se tendría una capacidad por hora de:

Capacidad por hora = (2619.7 lb /día) /22 horas = 119 lb /hora por extrusor

Para determinar la capacidad de los extrusores solamente se suma las capacidades de los dos extrusores con lo que queda de la siguiente manera:

(119 lb. / día + 119 lb / día) = 238 lb /hora

2.2.6 Proceso de retorcedora

Como se mencionó, este proceso le da cierta torsión inicial al sub-cabo, para ello se cuenta con una maquinaria con capacidad para 80 carrizos, de los cuales solamente el 72.5% está en uso (los demás están en malas condiciones para su uso), dicha maquinaria se divide en dos secciones de lado A y lado B, los ejes encargados de halar al hilo monofilamento proveniente de las bobinas de extrusión, giran a diferentes velocidades (lado A gira a 37.51 yd /min y el lado B gira a 42.68 yd /min) por la falta de un engranaje el cual fue sustituido por uno con una cantidad mayor de dientes que afecta directamente el consumo del propio hilo monofilamento.

Algunos datos por considerar son: el carrizo tiene una capacidad de 4.08 lb, lo que se pretende es encontrar el tiempo en el cual se llena el carrizo con las 4.08 lb; para ello se debe tomar el lado en el cual tiene mayor velocidad (el lado B es donde se llena más rápidamente el carrizo).

Para el lado B

$T = \text{longitud} / \text{velocidad}$

$\text{Longitud} = \text{peso de carrizo} * (9842.52 \text{ yd} / (575 \text{ g} * 30 \text{ hilos} * 1 \text{ lb.} / 454 \text{ g})) =$

$\text{Longitud} = 4.08 \text{ lb} * 259.04 \text{ yd} / \text{lb} = 1056.898 \text{ yd}$

$T = 1056.898 \text{ yd} / (42.68 \text{ yd} / \text{min}) = 24.86 \text{ min} = 24 \text{ minutos con } 52 \text{ segundos}$

Ahora con un tiempo de 25 minutos y bobinas de 15 hilos se obtiene un peso de

$\text{Peso} = T * (42.68 \text{ yd} / \text{min}) / (9842.52 \text{ yd} / (575 \text{ g} * 15 \text{ hilos} * 1 \text{ lb} / 454 \text{ g}))$

$\text{Peso} = 24.86 \text{ min} * 0.082354 \text{ lb.} / \text{min}$

$\text{Peso} = 2.05 \text{ lb}$

Para el lado A

Con un tiempo de 24.86 minutos, una velocidad de 37.51 yd /min y 30 hilos

$\text{Peso} = 24.86 \text{ min} * (37.51 \text{ yd} / \text{min}) / (259.04 \text{ yd} / \text{lb}) = 3.60 \text{ lb}$

Y para bobinas de 15 hilos

$$\text{Peso} = 24.86 \text{ min} * (37.51 \text{ yd} / \text{min}) / (518.08 \text{ yd} / \text{lb}) = 1.80 \text{ lb}$$

Lo anterior es únicamente el tiempo de la máquina; ahora se considera el tiempo de carga y descarga. El ciclo comienza con la descarga de los carrizos, para ello primero el operario debe cortar el sub-cabo para lo cual se tarda en promedio 5.2 segundos, luego descarga el carrizo; para eso también se tarda 5.2 segundos. Luego, se procede a la carga del carrizo que le lleva un promedio de 5.2 segundos, seguidos de 11.37 segundos de colocar el sub-cabo en el carrizo y por último el propio trabajo que hace la máquina más 3 minutos por traer otros carrizos. Con lo anterior se puede conocer el tiempo estándar de cada operación:

Tabla. X. Tiempos estándar para movimientos de retorcedora.

Operación	Tc (s)	Te = Tc*1.4148 (s)
Cortar sub-cabo	5.2	7.36
Descargar carrizo	5.2	7.36
Cargar carrizo	5.2	7.36
Colocar sub-cabo	11.37	16.08
Total		38.16

Para determinar el tiempo total de operación

$$\text{Tiempo total} = ((\text{tiempo por carrizo}) * (\# \text{ carrizos por lado}) / \text{operarios}) * (1 \text{ min} / 60 \text{ s}) + (\text{tiempo de maquinaria}) + (\text{tiempo por ir a traer carrizos})$$

$$\text{Tiempo total} = (38.16 \text{ s} * 29 \text{ carrizo} / 1 \text{ operario}) * (1 \text{ min} / 60 \text{ s}) + 24.86 \text{ min} + 3 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo total} = 46.30 \text{ minutos.}$$

Se toma como referencia que un rollo de grueso de 3/16", con peso de 19.84 lb, dura 39 minutos; por lo tanto $19.84 \text{ lb.} / 39 \text{ min} = 0.51 \text{ lb} / \text{min}$. Por lo tanto, para determinar la cantidad de carrizos de 15 en el lado más rápido:

Número de carrizos de 15 = $(0.51 \text{ lb /min.}) / (2.05 \text{ lb *carrizo}/46.30\text{min}) = 11.51 = 12$ carrizos de 15 hilos.

Por lo tanto de 58 husillos útiles, en el lado B se usan 12 para carrizos de 15, y 17 para carrizos de 30 hilos; mientras que en el lado A se utilizan carrizos de 29 hilos; con esto se puede conocer la capacidad de la retorcedora en lb /min, de la siguiente manera:

Tabla. XI. Distribución en retorcedora par carrizos de 15 y 30 hilos.

	Carrizos	Lb en 46.30 min.	Husillos	Lb en 46.30 min.
Lado A	Carrizos de 30	3.6 lb	29	104.4 lb
	Carrizos de 15	1.80 lb	0	0 lb
Lado B	Carrizos de 30	4.08 lb	17	69.36 lb
	Carrizos de 15	2.05 lb	12	24.6 lb
Total			58	198.36 lb

Por lo tanto para el área de retorcedora se tiene capacidad de 198.36 lb/46.30min que es igual a una capacidad por minuto de 4.28 lb /min.

$$4.28 \text{ lb./min.} * (60\text{min}/1\text{hora}) = 257.05 \text{ lb /hora}$$

2.2.7 Proceso de formadora

Como se mencionó, a cada tipo de formadora se encuentra asignado un tipo de grosor por fabricar: la formadora X fabrica el lazo de 3/16" de grueso por 3000 pies, la formadora Y fabrica el lazo de 7/16" de grueso por 400 pies y la formadora Z fabrica el lazo de 3/8" de grueso por 400 pies de largo.

Para la formadora X se determinaron estos tiempos cronometrados: El tiempo de la máquina es de 0.4542 s /yarda por lo que para 1100 yardas se tiene un tiempo de:

Tiempo de máquina = $(0.4542 \text{ s/yarda}) * 1100 \text{ yardas} * 1 \text{ min}/60 \text{ s} = 8.33 \text{ minutos}$

El trabajador realiza los siguientes movimientos durante la operación de la misma:

Tabla. XII. Tiempos estándar para formadora X

Observación	Descarga	Carga	Cambio de carrizo
1	25 s	40 s	60 s
2	28 s	40 s	65 s
3	28 s	40 s	45 s
4	16 s	23 s	55 s
5	24 s	28 s	68 s
6	27 s	33 s	60 s
7	26 s	35 s	59 s
8	26 s	36 s	58 s
9	29 s	34 s	57 s
10	30 s	40 s	50 s
Total	259 s	349 s	577 s
Promedio	26 s	35 s	58 s
Promedio	0.43 min	0.58 min	0.96 min
T estándar	0.50 min	0.67 min	1.11 min

$$T_e = TC * 1.1528$$

La carga y descarga se realiza a cada ciclo y el cambio de carrizo debe ser realizado tomando en cuenta lo siguiente:

Un carrete para un rollo que pesa 19.95 lb es de 6.68 lb y cada carrete está conformado por tres carrizos que pesan 4.08 lb, por lo tanto:

Cambios de carrizo = $(3 \text{ carrizos} * 2.05 \text{ lb}) / 6.68 \text{ lb} * \text{carrete} = 0.92 = 1$, esto significa que a cada carrete se necesita hacer un cambio de carrizos, entonces el tiempo total queda de la siguiente manera:

$$T_t = T_m + C + D + C_c$$

En donde:

T_t = tiempo total

T_m = tiempo de máquina

C = carga

D = descarga

Cc = cambio de carrizo

$T_t = 8.33 + 0.5 + 0.67 + 1.11 = 10.61$ minutos = 10 minutos 36 segundos
para producir un carrete de 6.68 lb

Entonces la capacidad de la formadora X en lb / hrs es:

$$6.68 \text{ lb} / 10.61 \text{ minutos} * (60 \text{ min} / 1 \text{ hrs}) = 37.77 \text{ lb / hrs}$$

Para la formadora Y se tiene: fabrica lazo para la cableadora de 7/16" de grueso por 460 yardas de largo y un peso de 24.7 lb, la formadora Y hace 0.4105 s/pie y enrolla 2450 pies. También se deberá considerar que para este proceso existen dos formadoras tipo Y, entonces el tiempo de la máquina es de:

$$T_m = (0.4105 \text{ s/pies}) * 2450 \text{ pies} * (1 \text{ min} / 60 \text{ s}) = 16.76 \text{ minutos}$$

El trabajador realiza los siguientes movimientos durante la operación de la misma:

Tabla. XIII. Tiempos estándar para formadora Y

Observación	Descarga	Carga	Cambio de carrizo
1	40 s	55 s	40 s
2	31 s	31 s	42 s
3	28 s	40 s	35 s
4	31 s	55 s	55 s
5	40 s	31 s	40 s
6	42 s	36 s	25 s
7	43 s	39 s	30 s
8	39 s	36 s	30 s
9	50 s	34 s	30 s
10	35 s	40 s	35 s
Promedio	38 s	40 s	36 s
Promedio min	0.63 min	0.66 min	0.60 min
T estandar	0.73 min	0.76 min	0.70 min

$$T_e = T_c * 1.1528$$

La carga y descarga se realiza a cada ciclo y el cambio de carrizo debe ser realizado tomando en cuenta lo siguiente: un carrete para un rollo que pesa 37 lb es de 24.65 lb y cada carrete está conformado por 7 carrizos que pesan 4.08 lb.

$$\text{Cambio de carrizos} = (6 \text{ carrizos} * 4.08 \text{ lb}) / 24.65 \text{ lb} * \text{carrete} = 0.99 = 1$$

Esto significa que por cada carrete se necesita efectuar seis cambios de carrizos, entonces el tiempo total queda de la siguiente manera:

$$T_t = T_m + C + D + C_c$$

En donde:

T_t = tiempo total

T_m = tiempo de máquina

C = carga

D = descarga

C_c = cambio de carrizo

$T_t = 16.76 + 0.73 + 0.76 + (0.70 * 6 \text{ cambio de carrizo}) = 22.45$ minutos = 22 minutos 27 segundos para producir un carrete de 24.65 lb

Entonces la capacidad de la formadora Y en lb / hrs es:

Consumo = #formadoras * lb por carrete / T_t

$2 \text{ máquinas} * (24.65 \text{ lb} / 22.45 \text{ minutos}) * (60 \text{ min} / 1 \text{ hrs}) = 131.76 \text{ lb / hrs}$

Para la formadora Z se tiene:

Hay cuatro formadoras trabajando para fabricar un lazo de 3/8" grueso por 400 yardas de largo y peso de 31.97 lb, la formadora Z hace 2.7 yarda/s y se enrollan 490 yardas, entonces el tiempo de la máquina es de:

$T_m = (2.7 \text{ s/yarda}) * 490 \text{ yardas} * (1 \text{ min} / 60 \text{ s}) = 22.05$ minutos

El trabajador realiza los siguientes movimientos durante la operación de la misma: a diferencia de la maquinaria X y Y, la maquinaria Z no es afectada por el cambio de carrizos para el tiempo del carrete; no lo afecta porque se puede realizar fácilmente con la máquina trabajando.

Tabla. XIV. Tiempos estándar para formadora Z

Observación	Descarga		Carga	
1	25	s	30	s
2	25	s	20	s
3	26	s	24	s
4	30	s	25	s
5	31	s	27	s
6	22	s	34	s
7	24	s	23	s
8	26	s	22	s
9	27	s	26	s
10	29	s	27	s
Promedio	26.5	s	25.8	s
Promedio	0.44	min	0.43	min
T. estándar	0.51	min	0.50	min

$$Te = TC * 1.1528$$

La carga y descarga se realiza a cada ciclo y el cambio de carrizo no se toma en cuenta porque no afecta el tiempo del carrete: un carrete para un rollo que pesa 31.97 lb es de 10.65 lb y cada carrete está conformado por seis carrizos que pesan 4.08 lb, por lo tanto $(3 \text{ carrizos} * 4.08 \text{ lb}) / 10.65 \text{ lb} * \text{carrete} = 2.29 = 3$

Esto significa a cada dos carretes se necesita hacer un cambio de carrizos, entonces el tiempo total queda de la siguiente manera:

$$Tt = Tm + C + D$$

En donde:

Tt = tiempo total

Tm = tiempo de máquina

C = carga

D = descarga

$Tt = 22.05 + 0.51 + 0.50 = 23.06 \text{ minutos} = 23 \text{ minutos } 3 \text{ segundos}$ para producir un carrete de 10.65 lb.

Entonces la capacidad de la formadora Z en lb / hrs es:

Consumo= # formadoras*kg por carrete/ Tt

4 formadoras*(10.65 lb /23.06minutos)*(60 min /1hrs) = 110.8 lb /min

Tabla. XV. Resumen de capacidades de formadoras.

Formadora	# máquinas	Tt (min)	peso (lbs)	lbs/hrs
X	1	10.61	6.65	37.61
Y	2	22.45	24.65	131.76
Z	4	23.06	10.64	110.74
total				280.10

2.2.8 Proceso de cableadora

Para la cableadora X se determinaron estos tiempos cronometrados: el tiempo de la máquina es de 2.055 s/yarda por lo que para 1000 yardas se tiene un tiempo de:

Tiempo de máquina = (2.055 s/yarda)*1000yardas*1min/60s = 34.25 minutos. El trabajador realiza los siguientes movimientos durante la operación de la misma:

Tabla. XVI. Tiempos estándar para cableadora X.

Observación	Carretes		Extremo de lazo	Rollo de lazo	
	Descarga	Carga	Corte	Descarga	Carga
1	54s	150s	40s	67s	56s
2	55s	180s	35s	70s	60s
3	66s	160s	39s	75s	66s
4	60s	145s	42s	62s	56s
5	59s	142s	41s	60s	59s
6	50s	146s	45s	63s	50s
7	46s	148s	46s	64s	49s
8	56s	150s	48s	70s	58s
9	59s	155s	50s	75s	59s
10	61s	160s	50s	78s	60s
prom s	57s	154s	44s	68s	57s
prom min	0.94min	2.56min	0.73min	1.14min	0.96min
Te	1.29min	3.49min	0.99min	1.55min	1.30min

tiempo total = 8.62 minutos

Te = TN*1.3624

Para facilitar el estudio se suman todos los tiempos estándar de carga, descarga y cambio de carretes que se realiza a cada ciclo.

Esto significa que para un rollo de 3/16" de grueso y 1000 yardas de largo necesita un tiempo de:

$$T_t = T_m + T_{cdc}$$

En donde:

T_t = tiempo total

T_m = tiempo de máquina

T_{cdc} = tiempo de carga, descarga y corte

$$T_t = 34.25 \text{ min} + 8.62 \text{ min} = 42.87 \text{ min} = 42 \text{ minutos con } 52 \text{ segundos}$$

Para producir un rollo de 19.95 lb

Entonces la capacidad de la cableadora X en lb / hrs es:

$$19.95 \text{ lb} / 42.87 \text{ minutos} * (60 \text{ min} / 1 \text{ hrs}) = 28.04 \text{ lb} / \text{hrs.}$$

Para la cableadora Y se tiene: el tiempo de la máquina es de 0.0379 min/yarda por lo que para 400 yardas se requiere un tiempo de:

$$\text{Tiempo de máquina} = (0.0379 \text{ min} / \text{yarda}) * 400 \text{ yardas} = 15.16 \text{ minutos}$$

El trabajador realiza los siguientes movimientos durante la operación de la misma:

Tabla. XVII. Tiempos estándar para cableadora Y.

Observación	Carretes		Extremo de lazo	Rollo de lazo	
	Descarga	Carga	Corte	Descarga	Carga
1	95 s	110 s	55 s	105 s	90 s
2	112 s	160 s	60 s	100 s	85 s
3	98 s	140 s	50 s	98 s	87 s
4	110 s	125 s	52 s	101 s	86 s
5	90 s	126 s	57 s	110 s	78 s
6	85 s	135 s	58 s	115 s	75 s
7	100 s	130 s	55 s	95 s	79 s
8	115 s	125 s	50 s	98 s	84 s
9	110 s	135 s	48 s	96 s	84 s
10	100 s	125 s	42 s	100 s	85 s
prom s	102 s	131 s	53 s	102 s	83 s
prom min	1.69 min	2.19 min	0.88 min	1.70 min	1.39 min
Te	2.30 min	2.98 min	1.20 min	2.31 min	1.89 min

tiempo de carretes y corte de lazo 6.48 minutos
 tiempo de carga y descarga rollo 4.20 minutos
 $Te = TN * 1.3624$

Cada carrete pesa 24.65 lb y el rollo pesa 37.13 lb, por lo tanto:

$$3 \text{ carretes} * 24.65 \text{ lb} / 37.13 \text{ lb} * \text{rollo} = 2$$

El 2 significa que por cada carga de tres carretes salen dos rollos. Es importante conocer esto ya que la carga y descarga de carretes se hace una vez por cada dos rollos, mientras que la carga y descarga de rollo se hace para cada rollo; he aquí el porqué de dividir los tiempos en descarga, carga y corte de lazo de los carretes y el tiempo de descarga y carga del rollo.

El tiempo total por rollo queda de la siguiente manera:

$$Tt = Tm + (Tc/2) + Tr$$

En donde:

T_t = tiempo total

T_m = tiempo de máquina

T_c = tiempo de carga, descarga y corte de lazo

T_r = tiempo de carga y descarga del rollo

C_c = cambio de carrizo

$$T_t = 15.16\text{min} + (6.48\text{min}/\text{cada } 2 \text{ rollos}) + 4.20 \text{ min.} = 22.60 \text{ minutos}$$

$$T_t = 22 \text{ minutos } 36 \text{ segundos para producir un rollo de } 37 \text{ lb}$$

Entonces la capacidad de la cableadora Y en lb /hrs es:

$$\text{Consumo} = \# \text{ cableadoras lb por rollo} / T_t$$

$$2 \text{ máquinas} * (37 \text{ lb} / 22.60 \text{ minutos}) * (60 \text{ min} / 1 \text{ hr}) = 196.46 \text{ lb} / \text{ hr}$$

Para la cableadora Z se tiene: existen dos cableadoras en perfectas condiciones, para fabricar un lazo de 3/8" de grueso por 400 yardas de largo y peso de 31.92 lb, la cableadora Z hace 2.75 s /yarda y enrolla 400 yardas, también se considera que para este proceso existen cuatro formadoras tipo Z trabajando, entonces el tiempo de la máquina es de:

$$T_m = (2.75 \text{ s}/\text{yarda}) * 400 \text{ yardas} * (1 \text{ min} / 60 \text{ s}) = 18.33 \text{ minutos}$$

Tabla. XVIII. Tiempos estándar para cableadora Z.

observación	Carretes		Extremo de lazo	Rollo de lazo	
	Descarga	Carga	Corte	Descarga	Carga
1	95 s	130 s	55 s	50 s	30 s
2	85 s	140 s	60 s	40 s	50 s
3	98 s	125 s	50 s	45 s	60 s
4	100 s	120 s	52 s	35 s	45 s
5	90 s	126 s	57 s	30 s	40 s
6	85 s	130 s	58 s	50 s	50 s
7	95 s	130 s	55 s	45 s	55 s
8	105 s	125 s	50 s	60 s	35 s
9	85 s	135 s	48 s	40 s	52 s
10	100 s	115 s	42 s	42 s	53 s
prom s	94 s	128 s	53 s	44 s	47 s
prom min	1.56 min	2.13 min	0.88 min	0.73 min	0.78 min
Te en minutos	2.13 min	2.90 min	0.88 min	0.99 min	1.07 min

$$\begin{aligned}
 &\text{tiempo de carretes y corte de lazo} && 5.91 && \text{minutos} \\
 &\text{tiempo de carga y descarga rollo} && 2.06 && \text{minutos} \\
 &\text{Tiempo total =} && \text{To =} && 7.97 && \text{minutos} \\
 &\text{Te = TN} \cdot 1.3624
 \end{aligned}$$

Para la cableadora Z la carga de tres carretes alcanza solamente para un rollo por lo cual cada ciclo incluye la carga y descarga de carrete, el corte de lazo y la carga y descarga del propio rollo.

Entonces el tiempo total queda de la siguiente manera:

$$T_t = T_m + T_o$$

En donde:

T_t = tiempo total

T_m = tiempo de máquina

T_o = tiempo de carga y descarga de carretes, corte de lazo y carga y descarga del rollo

$Tt = 18.33\text{min} + 7.97\text{min} = 26.30 \text{ minutos} = 26 \text{ minutos } 18 \text{ segundos}$ para producir un rollo de 31.92 lb

Entonces la capacidad de la cableadora Z en lb / hr es:

Consumo= # cableadoras*lb por carrete/ Tt

$2 \text{ cableadoras} * (31.92 \text{ lb} / 26.30 \text{ minutos}) * (60 \text{ min} / 1 \text{ hr}) = 145.64 \text{ lb} / \text{hr}$

Tabla. XIX. Resumen de capacidades de cableadoras.

cableadora	# máquinas	Tt min	Peso lbs	lbs/hrs
X	1	42.87	19.95	27.92
Y	2	22.6	37	196.46
Z	2	26.3	31.92	145.64
total				370.02

2.3 Diagrama de procesos

El diagrama de proceso de la operación muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras, transportes y materiales que se usan en el proceso de manufactura. El inicio y el fin respectivamente dependerán desde el punto donde se deseen tomar los registros. La entrada describe la entrada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado.

Los diagramas de procesos se dividen en tres tipos:

- Diagrama de operaciones
- Diagrama de flujo
- Diagrama de recorrido

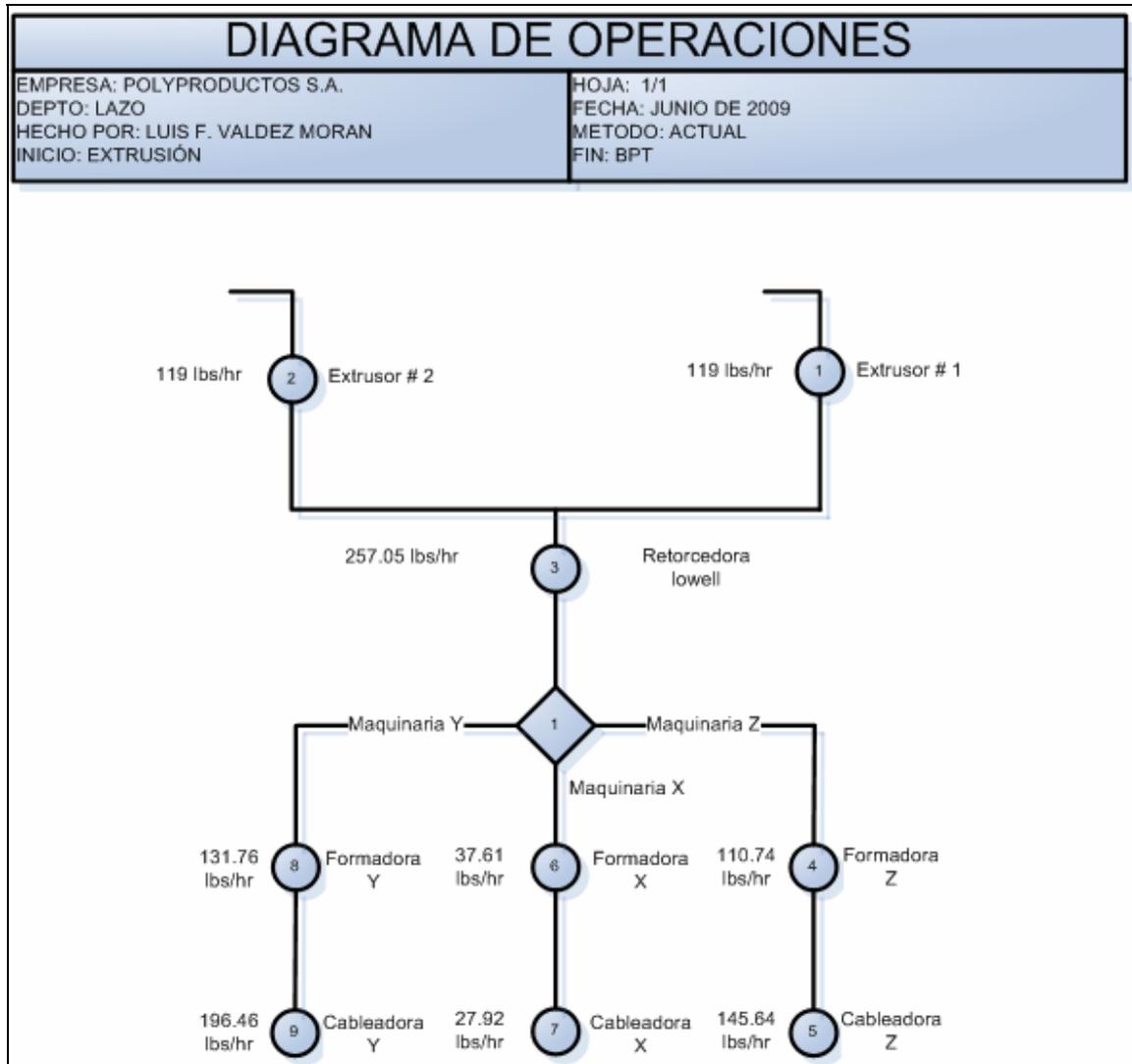
Una dificultad de análisis para el proceso de producción de las líneas de lazo polipropileno es que las tres líneas tienen partes en común que son tanto del área de extrusión como del área de retorcedora. Esto generaría problemas de

análisis al estudiar dichos procesos por separado, razón por la cual se adhiere un diagrama de operaciones en el cual se combinan los tres procesos convirtiéndolo en una sola línea de producción para facilitar el estudio y de alguna manera mejorar la comprensión sobre la propia línea.

2.3.1 Diagrama de operaciones

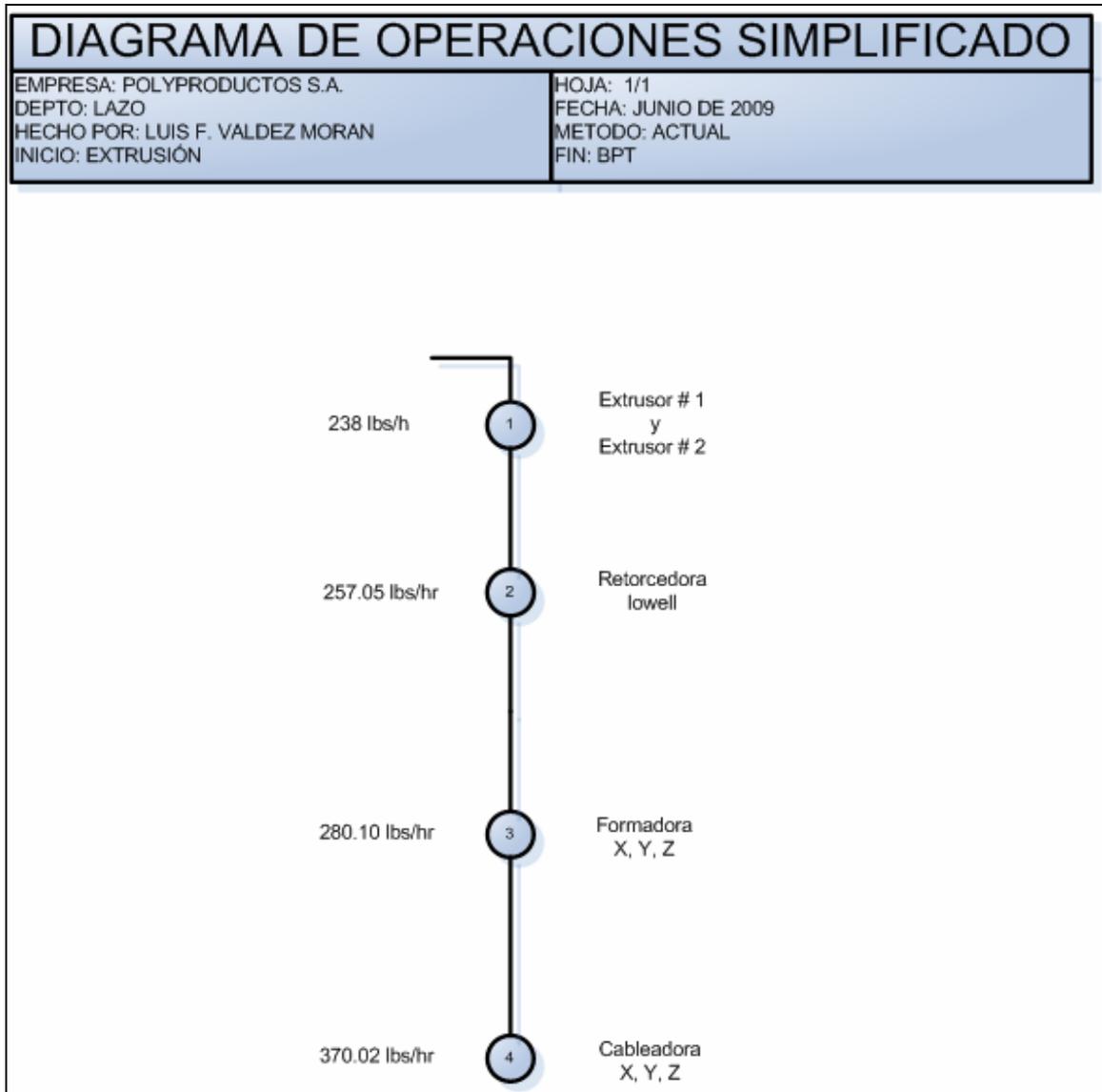
El diagrama de operaciones muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales que se usan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado, o según se especifique en el encabezado.

Figura. 7 Diagrama de operaciones



En este diagrama de operaciones se dificulta el análisis por la división en el flujo de las diferentes líneas de producción. Por tal circunstancia y para facilitar el estudio se considera a toda la línea como continua, es decir, que se simplificará sumando las capacidades tanto de las formadoras como de las cableadoras para que quede una línea continua de la siguiente manera.

Figura. 8 Diagrama de operaciones simplificado.

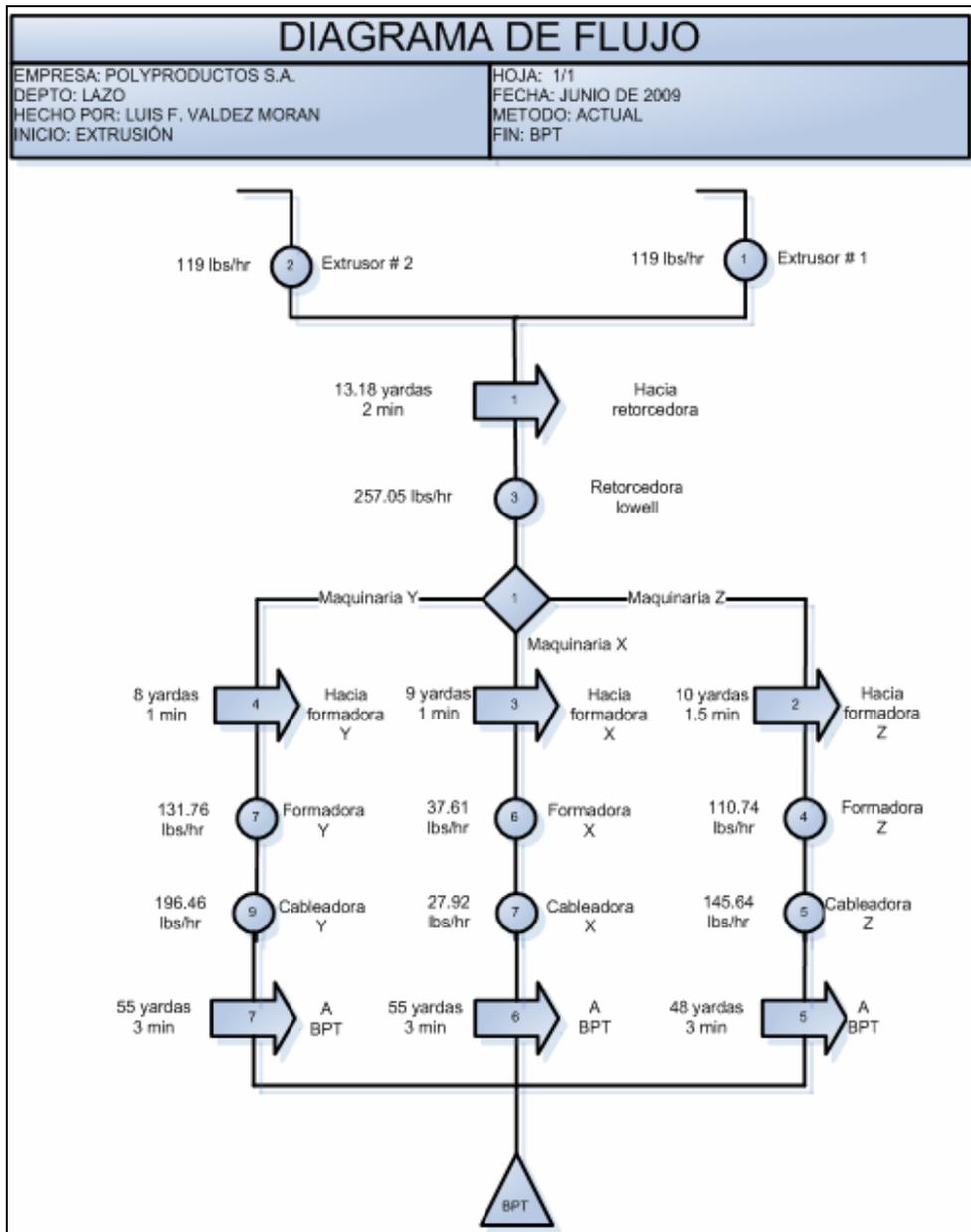


Al observar el diagrama de operaciones simplificado se pueden analizar fácilmente datos como el cuello de botella de la línea de producción (que para este caso es el extrusor).

2.3.2 Diagrama de flujo

Tiene las mismas características del diagrama de procesos, más la incursión de transportes que se deben realizar en las diferentes estaciones de trabajo.

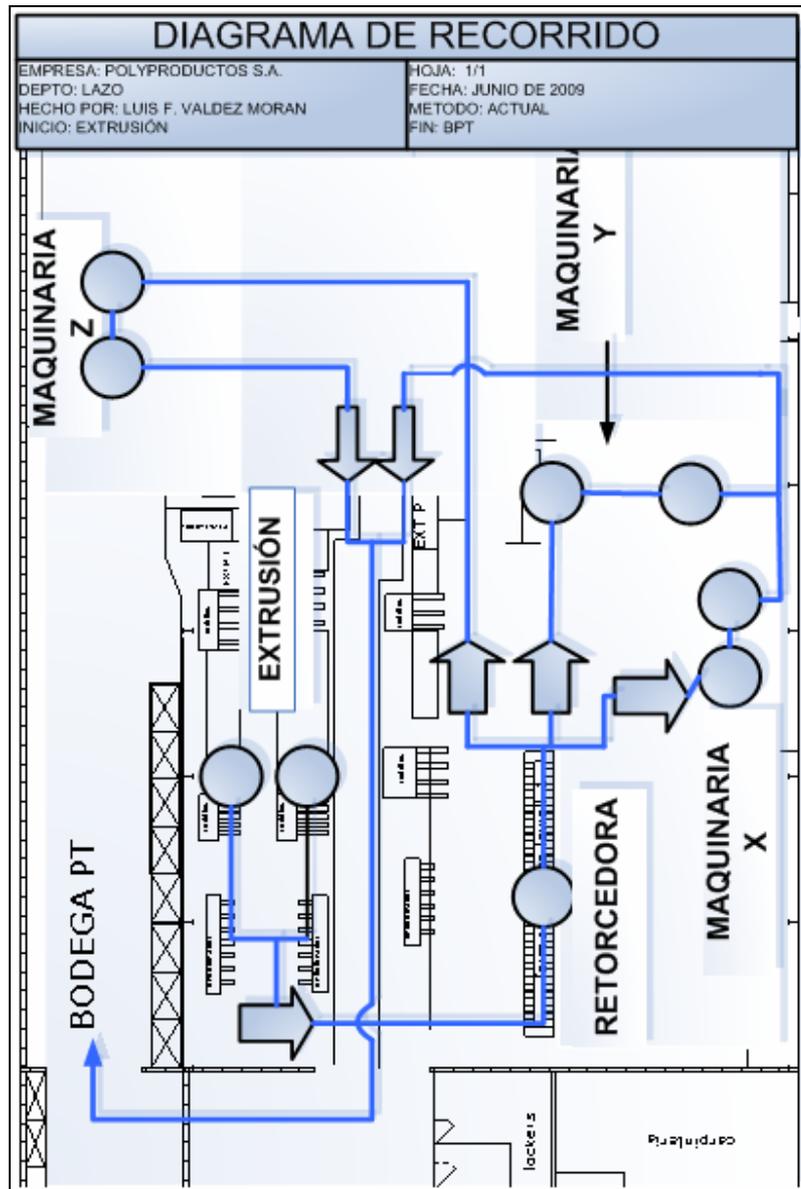
Figura. 9 Diagrama de flujo.



2.3.3 Diagrama de recorrido

Muestra en el plano de la planta de manufactura el proceso del producto por manufacturar con las operaciones y transportes que realice.

Figura. 10 Diagrama de recorrido.



2.3.4 Análisis de capacidad de producción de lazo

Todo lo que se realizó lleva a comprender cómo se encuentra la capacidad de producción de lazo, para hacerlo más sencillo se reúnen los datos previamente establecidos para su estudio.

Área				Capacidad
Extrusión	ext # 1		ext # 2	238 lb/h
	119 lb/h		119 lb/h	
Retorcadora			257.05 lb/h	257.05 lb/h
Formadora	X	Y	Z	280.11 lb/h
	37.61 lb/h	131.76 lb/h	110.74 lb/h	
Cableadora	X	Y	Z	370.02 lb/h
	27.92 lb/h	196.46 lb/h	145.64 lb/h	

Eficiencia de la línea de producción de lazo polipropileno es:

Primero se determina la capacidad en min/lb de las áreas:

$$\text{Extrusión} = \frac{1 \text{ h}}{238 \text{ lb/h}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0.25 \text{ min}}{\text{lb}}$$

$$\text{Retorcadora} = \frac{1 \text{ h}}{257.05 \text{ lb/h}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0.23 \text{ min}}{\text{lb}}$$

$$\text{Formadora} = \frac{1 \text{ h}}{280.11 \text{ lb/h}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0.21 \text{ min}}{\text{lb}}$$

$$\text{Cableadora} = \frac{1 \text{ h}}{370.02 \text{ lb/h}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0.16 \text{ min}}{\text{lb}}$$

Área	Capacidad
Extrusión	0.25 min/lb
Retorcadora	0.23 min/lb
Formadora	0.21 min/lb
Cableadora	0.16 min/lb
Total	0.85 min/lb

← OPERACIÓN MÁS LENTA

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{sumatoria de tiempos} * 100\%}{\# \text{ áreas} * \text{operación más lenta}} = \frac{0.85 * 100\%}{4 * 0.25} = 85.00 \%$$

Para determinar la producción diaria se toma en cuenta lo siguiente:
 Operación más lenta es el área de extrusión con 238 lb /h o 0.2521 min /lb

El área de lazo tiene dos jornadas de trabajo, en la jornada diurna trabaja ocho horas normales, cuatro horas extras entre las que se incluye una hora tanto de almuerzo como de refacción. Mientras que la jornada nocturna trabaja seis horas normales y seis horas extras incluyendo una hora tanto de cena como de refacción, por lo tanto el área trabaja 22 horas.

La capacidad por día es de:
 $238 \text{ lb /h} * 22\text{h} = 5236 \text{ lb}$ o $22\text{hrs} * (60\text{min}/\text{hrs}) / 0.2521 \text{ min}/\text{lb} = 5236 \text{ lb}$

Pero en el área de producción, para conocer la cantidad de rollos de producción de cada una de las medidas por fabricar se necesita conocer el porcentaje de producción de la cableadora como sigue:

cableadora	X	Y	Z	total
capacidad lb/h	27.92 lb/h	196.5 lb/h	145.65 lb/h	370.03 lb/h
% de cableadora X =	$\frac{\text{cap X} * 100}{\text{total}} = \frac{27.92 * 100}{370} \text{ lb/h} =$			7.55 %
% de cableadora Y =	$\frac{196.46 * 100}{370.03} \text{ lb/h} =$			53.09 %
% de cableadora Z =	$\frac{145.65 * 100}{370.03} \text{ lb/h} =$			39.36 %
				100.00 %

Los pesos de los rollos son:

19.95 lb. /rollo producidos en la máquina X

37. lb. /rollo producidos en la máquina Y

31.92 lb. /rollo producido en la máquina Z

La cantidad de rollo de cada grueso es:

Capacidad por día del cuello de botella * % de la cableadora / (peso del rollo*100)

De donde se obtiene:

$$(5,236 \text{ lb} * 7.55) / (19.95 \text{ lb} * 100) = 19.81 = 19 \text{ rollos}$$

$$(5,236 \text{ lb} * 50.43) / (37. \text{ lb} * 100) = 75.61 = 75 \text{ rollos}$$

$$(5,236 \text{ lb} * 39.36) / (31.92 \text{ lb} * 100) = 64.56 = 64 \text{ rollos}$$

Tabla. XX. Capacidad actual en rollos por día de trabajo

Cableadora	Cantidad (rollos)	Grueso (plg)	Longitud (yardas)	Peso (lb.)	Peso total (lb.)
X	19	3/16	1000	19.95	379.05
Y	75	7/16	400	37.	2775
Z	64	3/8	400	31.92	2042.88
				total	5196.88 libras

3 PROPUESTA PARA LA REPARACIÓN DE LA MAQUINARIA Y AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE LAZO POLIPROPILENO

3.1 Descripción de lo que se pretende lograr

Una vez que se tiene conocimiento del proceso de fabricación de lazo polipropileno y haber determinado las capacidades de la maquinaria, hay que determinar fallas en la maquinaria que ocasionen problemas o retrasos en la producción. Esto se logra por medio de una evaluación técnica que indicará la o las causas por las cuales la maquinaria no funciona o su capacidad está por debajo de la requerida.

En resumen, lo que se pretende lograr es:

- Determinar fallas mecánicas que ocasionen que la maquinaria no trabaje en óptimas condiciones.
- Determinar cuál sería el aumento de la capacidad de producción con la reparación de la maquinaria.
- Determinar el costo de reparación de los diferentes fallos en la maquinaria.
- Hacer el respectivo análisis beneficio costos de la reparación de maquinaria y aumento de producción.

3.2 Evaluación técnica de la maquinaria

La evaluación técnica de la maquinaria se basa principalmente en conocer o determinar cualquier problema mecánico que ocasione que la maquinaria no trabaje o trabaje a un ritmo menor del establecido. La evaluación

técnica se basa en la inspección visual o en alguna prueba que demuestre que dicho problema retrasa el proceso de producción en alguna manera, ya sea por detener definitivamente el proceso o retardarlo.

Es importante mencionar que algunos de los procesos no presentan desperfectos en su maquinaria como el área de extrusión; además, hay maquinaria en condiciones operables pero por el simple hecho de sobrepasar la capacidad del cuello de botella es inútil ponerla en funcionamiento o no existe personal para operarla. Por último, la evaluación para una mejor comprensión se realizará por procesos, definiendo cada uno de los problemas que existen en la línea a excepción de áreas en las cuales no se tenga la necesidad de hacerlo, como el área de extrusión entre otras.

3.3 Determinar los principales fallos que tiene la maquinaria

Área de retorcedora: entre los problemas que presenta dicha maquinaria se pueden mencionar:

- a Cambio de repuestos no indicados
- b Sistema de lubricación
- c Falta de repuestos

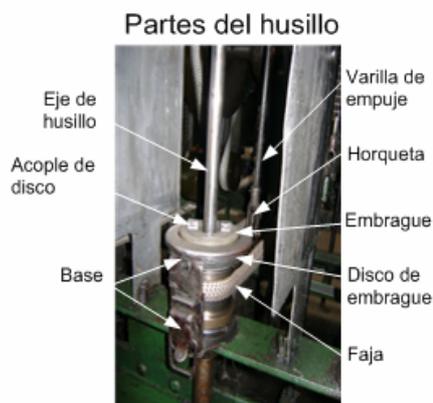
El cambio de repuestos no indicados: en el eje principal, la maquinaria presenta dos tipos de engranajes diferentes que se encargan de mover los lados de la retorcedora, un engranaje por lado, el original es el del lado B que hace girar a los rodillos que jalan el sub-cabo al carrizo a 388 rpm y su engranaje consta de 26 dientes. En el lado A, por un caso de desgaste, se reemplazó dicho engranaje original por uno diferente sin medir las consecuencias. El nuevo engranaje consta de 33 dientes que hacen girar los rodillos a 341 rpm; las consecuencias de esto

son directamente proporcionales al consumo entre ambos lados; el lado B tiene un consumo mayor.

Sistema de lubricación: este sistema ha fallado a causa de una bomba de lubricación en mal estado, lo que ocasiona falta de lubricación en algunas partes y exceso en otras.

Falta de repuestos: antes se explicó que la máquina tiene capacidad para 80 husillos, los cuales son movidos por un solo eje, de los 80 husillos solamente están en funcionamiento 58, esto representa que se esté usando solamente 72.5% de la máquina en lo que se refiere a husillos. Para comprender mejor, un husillo se divide en las siguientes partes:

Figura. 11 Partes del husillo



Fuente: Polyproductos S.A.

Formadora X: existen dos formadoras, pero por el simple hecho de superar la capacidad del cuello de botella se vuelve obsoleto tener las dos formadoras trabajando los dos turnos, por ello la formadora X sobrepasa la capacidad del cuello de botella.

Formadora Y: en su totalidad son tres formadoras Y, de las cuales en la actualidad solamente dos se encuentran en funcionamiento. La tercera formadora Y es inoperable por la falta de engranajes.

Formadora Z: existen ocho formadoras de las cuales solamente funcionan seis y se trabajan cuatro porque a una le falta el eje principal y un engranaje de 40 dientes; y a la última le falta el juego de fajas para trabajar adecuadamente.

Cableadora X: existen dos cableadoras de las cuales solamente se encuentra en funcionamiento una, por la razón de que sobrepasa la capacidad.

Cableadora Y: actualmente, las dos cableadoras que existen trabajan en óptimas condiciones.

Cableadora Z: existen cuatro cableadoras Z de las cuales por cuestiones de sobrecapacidad se trabaja solamente en dos, las demás se encuentran en operabilidad en el momento que se requiera.

3.3.1 Especificación de las piezas

Aquí se especificará la cantidad de piezas que se requieren de cada tipo, para lograr tener la maquinaria en condiciones que se puedan trabajar a lo largo de los procesos de retorcedora, formadoras y cableadoras. En esta parte solamente se incluyen aquellas fallas mecánicas o que por lubricación impidan el trabajo adecuado de la maquinaria. Estas partes también se definirán para facilitar la comprensión por el orden del proceso.

Las partes que comúnmente se reemplazan en la retorcedora son el embrague, el acople de carrizo y la faja, principalmente por ser partes que se encuentran en constante rozamiento producen desgaste. En el caso de la faja se debe indicar que una faja mueve dos husillos. Por lo tanto la evaluación técnica determina la cantidad de partes en perfectas condiciones y al mismo tiempo las partes que se requieren en la maquinaria retorcedora.

Tabla XXI. Piezas en mal estado

Parte	Total de piezas	Buen estado	Mal estado
Base	80	80	0
Husillo	80	80	0
Barilla de empuje	80	80	0
Horqueta	80	80	0
Disco de embrague	80	70	10
Embrague	80	53	27
Acople de carrizo	80	72	8
Faja	40	38	2
Engranaje del eje	2	1	1
Bomba de lubricación	1	0	1

Formadoras

Parte	Cantidad
Engranaje de 36 dientes	1
Engranaje de 35 dientes	1
Engranaje de 34 dientes	1

Formadora Z

Parte	Cantidad
Fajas	2
Eje principal	1

3.3.2 Lubricación de la maquinaria

Con un sistema de lubricación fallado a causa de un desperfecto en la bomba de lubricación, fue modificado de un sistema por goteo a uno de lubricación sumergida, la cual falla en algunos puntos y es demasiada en otros; con lo cual causa desperdicio de lubricante. La solución es la compra de la bomba de lubricación para tener el sistema original.

Figura. 12 Bomba eléctrica de lubricación de aceite.

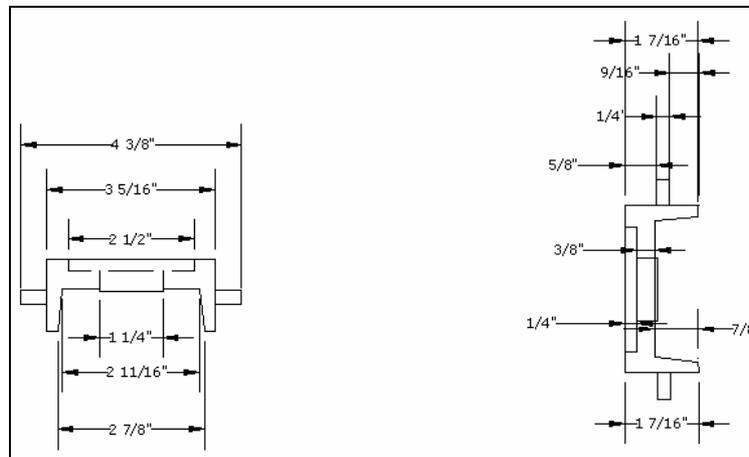
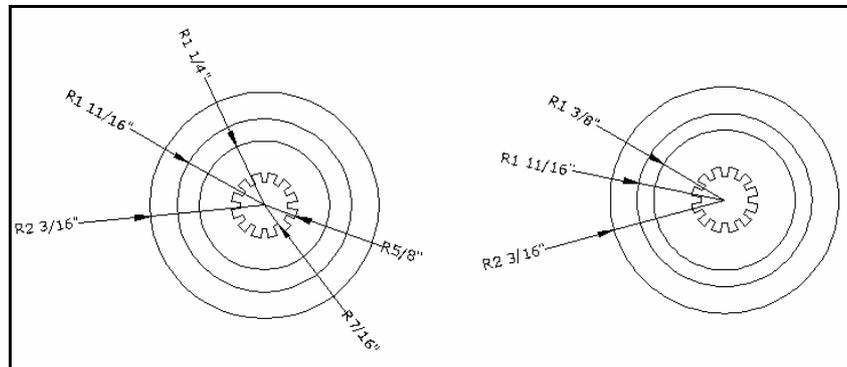
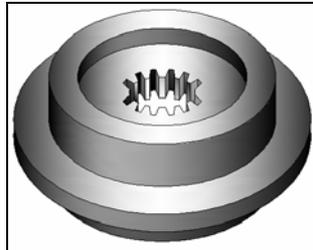


Fuente: www.sistemasdelubricacion.com

3.3.3 Diseño de piezas

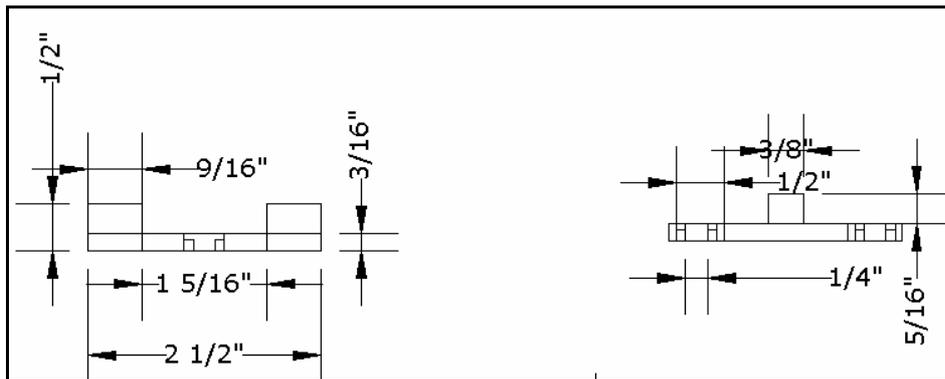
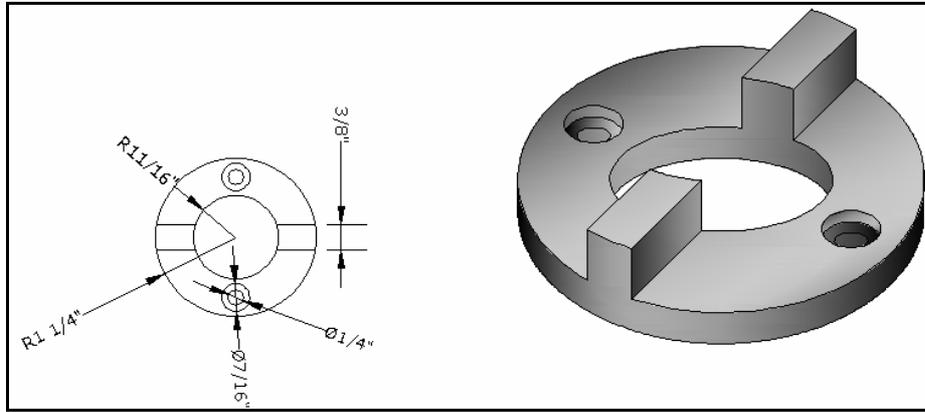
Uno de los continuos problemas es la estandarización en piezas, las cuales al no poseer iguales dimensiones descontrolan la producción, el diseño de las piezas que constantemente se cambian, se realiza para estandarizar las medidas; con esto se busca que la máquina use todas sus piezas con las mismas dimensiones.

Figura. 13 Medidas de embrague



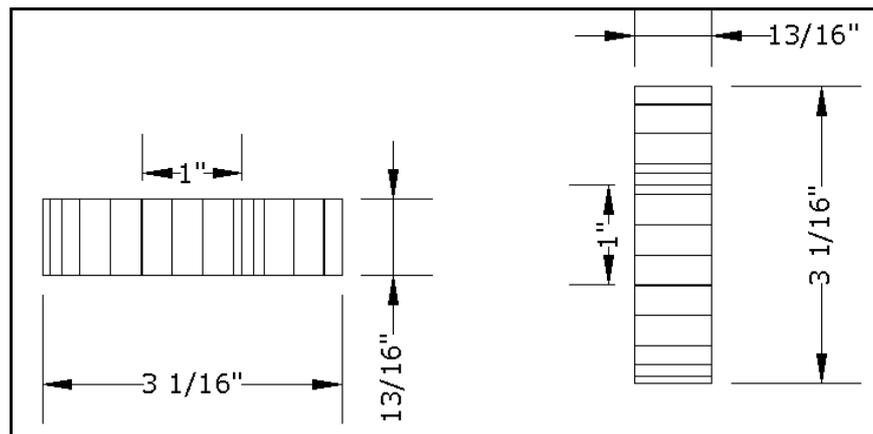
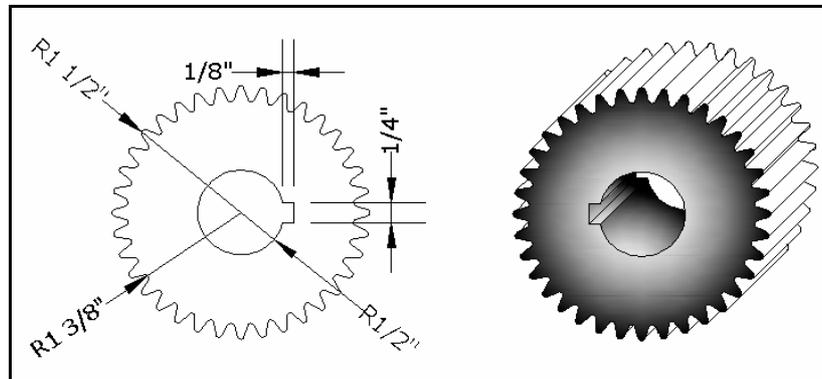
Fuente: Polyproductos. S.A.

Figura. 14 Medidas de acople de carrizo



Fuente: Polyproductos. S.A.

Figura. 15 Medidas de engranaje



Fuente: Polyproductos. S.A.

3.4 Análisis del aumento de la capacidad de producción de la maquinaria

El análisis tanto de la línea de producción de lazo polipropileno al igual que la reparación de maquinaria lleva a considerar las mejoras que se pueden dar a la línea de producción de lazo mediante un simple balance de líneas aunado con una reparación de maquinaria, para aumentar la producción.

A continuación se presenta el análisis del aumento en producción en el que se incurriría al reparar la maquinaria necesaria; también se presentan los diagramas que determinan cuál es el aumento y la distribución de la maquinaria según los operarios con que se cuente.

3.4.1 Proceso de extrusión

El proceso de extrusión es la operación más lenta y se ve afectado al aumentar la capacidad de la línea de fabricación de lazo. Se pretende que el aumento de la producción llegue a ser el doble que la del extrusor. Con esto se espera que lo producido por extrusión en 24, horas el resto de la línea lo consuma en 11 horas; es decir, llevar al resto de la línea de producción a una capacidad de que lo producido por extrusión en dos turnos (jornada diurna y jornada nocturna) se consuma en un solo turno (jornada diurna). Esto tendrá implicaciones directas en la reducción de costos.

Al almacenar lo producido por extrusión en la jornada nocturna se pretende doblar su capacidad; actualmente la capacidad es de 119 lb /h por extrusor. Al doblar su capacidad a 238 lb /h por extrusor, generaría una capacidad total de: $\text{Capacidad} = 238 \text{ lb /hora} + 238 \text{ lb /hora} = 476 \text{ lb /h}$

3.4.2 Proceso de retorcedora

Con su reparación, la máquina retorcedora obtendría las siguientes mejoras: el uso total de los 80 husillos y colocar a los dos lados a una cantidad de 388 rpm, aumentando de igual manera la producción.

Como se determinó para el lado B, lo único que ahora para ambos lados y un sub-cabo de 30 hilos se obtendría:

Un peso de 4.08 lb en 24.76 minutos

Y para un sub-cabo de 15 hilos se obtendría:

Un peso de 2.04 lb en 24.76 minutos

Entonces en 24.87 minutos se tiene un consumo de:

4.08 lb para un sub-cabo de 30 hilos y

2.04 lb para un sub-cabo de 15 hilos en cualquier lado de la retorcedora.

Con la reparación de husillos aumenta el total de carga y descarga de la máquina retorcedora, utilizando tiempos estándar según Tabla XI. Con un tiempo estándar por husillo de 38.16 segundos, se tiene que para cargar y descargar 40 husillos por lado un tiempo de:

$$Tt = ((\text{tiempo por carrizo}) * (\# \text{ husillos buenos}) / \text{operarios por lado}) * (1 \text{ min} / 60 \text{ s})$$

$$Tt = (38.16 \text{ s} * 40 \text{ husillos} / 1 \text{ operario}) * (1 \text{ min} / 60 \text{ s}) = 25.44 \text{ minutos}$$

Considerando que al estar un operario por lado, la máquina se detiene un tiempo de 25.44 minutos; esto causa que la operación sea muy lenta y entorpezca el resto del proceso, por lo tanto para esta actividad es necesario colocar dos operadores por lado, quedando el tiempo de la siguiente manera:

$$Tt = ((\text{tiempo por carrizo}) * (\# \text{ husillos buenos}) / \text{operarios por lado}) * (1 \text{ min} / 60 \text{ s})$$

$$Tt = (38.16 \text{ s} * 40 \text{ husillos} / 2 \text{ operarios}) * (1 \text{ min} / 60 \text{ s}) = 12.72 \text{ minutos} =$$

12 minutos con 43 segundos

El tiempo total de la operación para retorcedora con dos operarios es de:

$$Tt = Tm + Ttcd$$

En donde:

Tt = tiempo total

Tm = tiempo de la máquina

Ttcd = tiempo total de carga y descarga con dos operarios

$$T_t = 24.76 \text{ minutos} + 12.72 \text{ minutos} = 37.48 \text{ minutos} = 37 \text{ minutos con } 28 \text{ s}$$

Para determinar la cantidad de carrizos tanto de 30 hilos como de 15 hilos en la retorcedora se debe conocer la capacidad de las cableadoras, para este caso la capacidad de la cableadora Y y la cableadora Z que usan carrizos de 30 hilos, como se ve más adelante, la capacidad de estas dos cableadoras es de:

$$\text{Cableadora Y} = 191.13 \text{ lb /hr}$$

$$\text{Cableadora Z} = 226.43 \text{ lb /hr}$$

$$\text{Capacidad de Y y Z} = 417.56 \text{ lb /hr}$$

Para cada carrizo de 30 hilos la retorcedora tiene una capacidad de:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de retorcedora por carrizo} &= (4.08 \text{ lb.} / 37.28 \text{ min.}) * (60 \text{ min.} / 1 \text{ hr}) \\ &= 6.554 \text{ lb. /hr} \end{aligned}$$

Por lo tanto la cantidad de carrizos de 30 hilos es de:

$$\# \text{ carrizos de 30 hilos} = \text{capacidad cableadora Y y Z} / \text{capacidad retorcedora 30 hilos}$$

$$\# \text{ carrizos de 30 hilos} = (417.56 \text{ lb / hr}) / (6.566 \text{ lb / hr}) = 63.59 = 64 \text{ carrizos de 30 hilos}$$

Resumen. Con las reparaciones se tiene una capacidad de:

$$\begin{array}{l}
 \text{RETORCEDORA} \\
 \text{Carrizos de 15 hilos} \\
 \text{Consumo} = \frac{16 \text{ Carrizos} \cdot 2.04 \text{ lb}}{37.28 \text{ min}} = \frac{0.876 \text{ lb}}{\text{min}} \\
 \\
 \text{Consumo} = \frac{0.876 \text{ lb}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hrs}} = \frac{52.53 \text{ lb}}{\text{hrs}} \\
 \\
 \text{Carrizos de 30 hilos} \\
 \text{Consumo} = \frac{64 \text{ Carrizos} \cdot 4.08 \text{ lb}}{37.28 \text{ min}} = \frac{7.004 \text{ lb}}{\text{min}} \\
 \\
 \text{Consumo} = \frac{7.004 \text{ lb}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hrs}} = \frac{420.26 \text{ lb}}{\text{hrs}}
 \end{array}$$

Capacidad = capacidad para carrizos de 15 + capacidad para carrizos de 30 hilos

Capacidad = 52.53 lb /h + 420.26 lb /h = 472.79 lb /h

3.4.3 Proceso de formadora

A continuación se presenta el aumento de producción de las formadoras, teniendo en cuenta los resultados de la situación actual que son el fundamento para determinar el aumento de la producción.

Formadora X:

Actualmente el operario de la formadora X también se encarga de la cableadora X; con la reparación de la maquinaria se necesitaría un operador directamente para formadoras que al momento de repararlas serían dos formadoras por manejar. Teniendo en cuenta que la línea tiene una capacidad de:

Capacidad = 6.66 lb / 10.61 min = 0.628 lb /min

Capacidad = (0.628 lb/min)*(60 min/1h) = 37.69 lb /h

Con la reparación de otra cableadora la línea tendrá una capacidad de:

Capacidad = # de formadora * capacidad actual

Capacidad = (2 formadoras * 37.69 lb /h) = 75.38 lb /h

Para la formadora Y se tiene:

La reparación de la tercera formadora hace necesario colocar a un operario que maneje una formadora Y y ayude al operador de la cableadora esto con el fin de reducir al máximo los tiempos de carga y descarga.

Cada carrete para lazo de 7/16" de grueso pesa 24.65 lb en 19.92 minutos

Con la reparación de la tercera formadora se logra un aumento de:

Consumo por formadora = 24.65 lb / 19.92 min = 1.237 lb /min

Consumo por formadora = 1.237 lb/min* (60min/1hr) = 74.13 lb /h

La nueva capacidad con la reparación de la tercera formadora sería:

Capacidad = # de formadora * consumo por formadora

Capacidad = 3 formadoras * 74.13 lb /h = 222.4 lb /h

Para la formadora Z se tiene:

Se pretende conocer la capacidad de las ocho formadoras Z que se encuentran; también se debe indicar que el carrete de las formadoras tiene la capacidad de contener el doble, es decir, que los carretes tienen la capacidad de sacar dos rollos por cada carga de carretes en vez de sacar un rollo.

A la hora de sacar cada carga de carretes para dos rollos se toma en cuenta:

$T_m = (2.7 \text{ s/yarda}) * 490 \text{ yardas} * (1 \text{ min}/60 \text{ s}) * 2 \text{ rollos} = 44.10 \text{ minutos}$

el peso del carrete sería = 31.92 lb * 2 rollo/3 carretes = 21.28 lb

La carga y descarga se realiza a cada ciclo, el cambio de carrizo no se toma en cuenta porque no afecta el tiempo del carrete y tiempo de carga = 0.51 min. y descarga = 0.5 minutos; por lo tanto se obtiene un tiempo total de:

$$T_t = T_m + C + D$$

En donde:

T_t = tiempo total

T_m = tiempo de máquina

C = carga

D = descarga

$T_t = 44.10 + 0.51 + 0.50 = 45.11$ minutos = 45 minutos 6 segundos para producir un carrete de 21.28 lb.

Teniendo en cuenta lo anterior, el aumento de producción es de:

Capacidad = formadora*peso de carrete / tiempo para el carrete

Capacidad = (8 formadoras* 21.28 lb / 45.11 min)*(60min/1hr) = 226.43 lb / hr

Tabla. XXII. Nueva capacidad de formadoras

Formadora	# Máquinas	Tt	Peso lb	lb/hrs
X	2	10.61	6.65	75.21
Y	3	19.92	24.66	222.83
Z	8	45.11	21.28	226.43
Total de lb/hr				524.48

3.4.4 Proceso de cableadora

Con la reparación de la formadora X se logra tener dos cableadoras y por consiguiente aumenta la capacidad de la cableadora X que implica colocar a un operador; para el aumento de la capacidad se debe que tener en cuenta lo siguiente:

La capacidad de una cableadora X en lb / hr es:

Capacidad por cableadora = peso del rollo/ tiempo total del rollo

Capacidad por cableadora = $19.95 \text{ lb} / 42.87 \text{ min} * (60 \text{ min} / 1 \text{ hr}) = 27.92 \text{ lb} / \text{min}$

La nueva capacidad es:

Capacidad = # de cableadoras * capacidad por cableadora =

Capacidad = 2 cableadoras * 27.92 lb /h = 55.84 lb /h

Para la cableadora Y se tiene:

La cableadora Y no sufre ningún cambio, por lo tanto la capacidad se queda en:

Capacidad de cableadora Y 196.46 lb /hr

Para la cableadora Z se tiene:

Al poner a funcionar la tercera cableadora y teniendo en cuenta la mejora con que se cuenta desde la formadora, de que por cada carga de carretes salgan dos rollos, se deberán tomar las siguientes consideraciones:

$T_m = (2.75 \text{ s/yarda}) * 400 \text{ yardas} * 1 \text{ rollos} * (1 \text{ min} / 60 \text{ s}) = 18.33 \text{ minutos}$

Para la cableadora Z con la mejora, la carga de tres carretes permite obtener dos rollos, por lo cual a cada ciclo incluye la mitad del tiempo de carga y descarga de carrete y el corte de lazo, mientras que la carga y descarga del propio rollo se hace por cada rollo. Teniendo en cuenta:

Tiempo de descarga, carga y corte = 5.91 minutos

Tiempo de descarga y carga de rollo = 2.06 minutos

Entonces el tiempo total queda de la siguiente manera:

$T_t = T_m + T_{dcr} + (T_{dcc} / 2 \text{ rollos})$

En donde:

T_t = tiempo total

T_m = tiempo de máquina

Tdcc = tiempo de carga y descarga de carretes, corte de lazo

Tdcr = tiempo de descarga y carga de rollo

$Tt = 18.33\text{min} + (5.91 \text{ min} / 2 \text{ rollos}) + 2.06 \text{ min.} = 23.33 \text{ minutos} = 23 \text{ minutos } 20 \text{ segundos}$ para producir un rollo de 31.92 lb.

Entonces la capacidad de la cableadora Z en lb / hr es:

Consumo= # cableadoras*lb por carrete/ Tt

$3 \text{ cableadoras} * (31.92 \text{ lb} / 23.33 \text{ minutos}) * (60 \text{ min} / 1 \text{ hr}) = 246.27 \text{ lb} / \text{hr}$

En este caso la capacidad de la cableadora Z supera la capacidad de la formadora Z con lo cual afectaría el análisis del diagrama de operaciones simplificado, razón por la cual se debe tomar la capacidad de la cableadora igual a la capacidad de la formadora, aunque ésta sea mayor, y la cual es de 226.43 lb /h

Tabla. XXIII. Nueva capacidad de cableadoras.

Cableadora	# Máquinas	Tt min	Peso lb.	lbs/hrs
X	2	42.87	19.95	55.84
Y	2	23.23	37.00	191.13
Z	3	23.33	31.92	226.43
Total lb/hr				473.41

3.4.5 Reducción de tiempos muertos

En el análisis anterior queda demostrado lo que se logra con la reparación de la maquinaria. Un paso muy importante es la reducción de tiempos muertos tanto de la maquinaria como del personal; algunos ejemplos para la reducción de tiempos muertos son los siguientes:

- a Por la falta de estudios dentro del área, actualmente para cada carga de carretes de formadora Z se produce solamente un rollo en la cableadora Z,

aumentando con ello tiempo de carga y descarga de carrete tanto en formadora y principalmente en cableadora, esto se soluciona solamente al llenar el carrete para dos rollos porque tiene la capacidad indicada para hacerlo. Con esto se logra una reducción significativa en tiempo de carga y descarga del carrete tanto en formadora como en cableadora.

- b Reducción de tiempo muerto de la máquina retorcedora al momento de su reparación y solamente colocar dos operarios, queda demostrado que por obligación se necesita de dos personas para aumentar su capacidad.
- c Reducción de la diferencia entre capacidades de las diferentes máquinas con el fin de aumentar la eficiencia de las mismas y de la línea de producción.

3.5 Diagrama de procesos mejorados

Con la reparación de maquinaria y la distribución adecuada del personal se demuestra el aumento en la línea de producción, dicho aumento queda ejemplificado de una manera sencilla y eficaz en los diagramas de operaciones mejorados, en los se hace notar el nuevo cuello de botella y su respectivo flujo en la línea de producción.

3.5.1 Diagrama de operaciones mejorados

Con la mejora en el proceso se obtiene el siguiente diagrama de operaciones mejorado.

Figura. 16 Diagrama de operaciones mejorado.

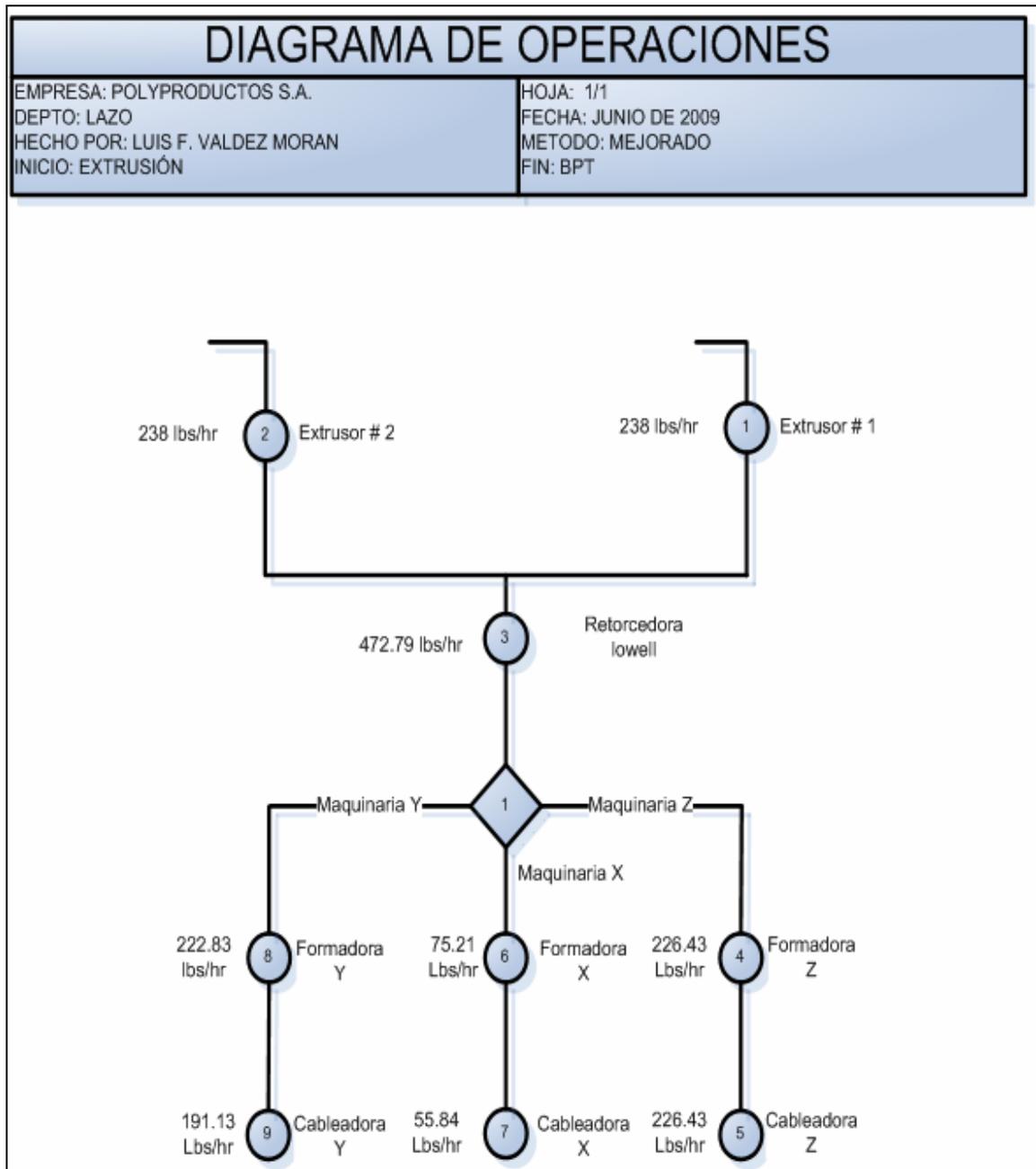


Figura. 17 Diagrama de operaciones mejorado simplificado.

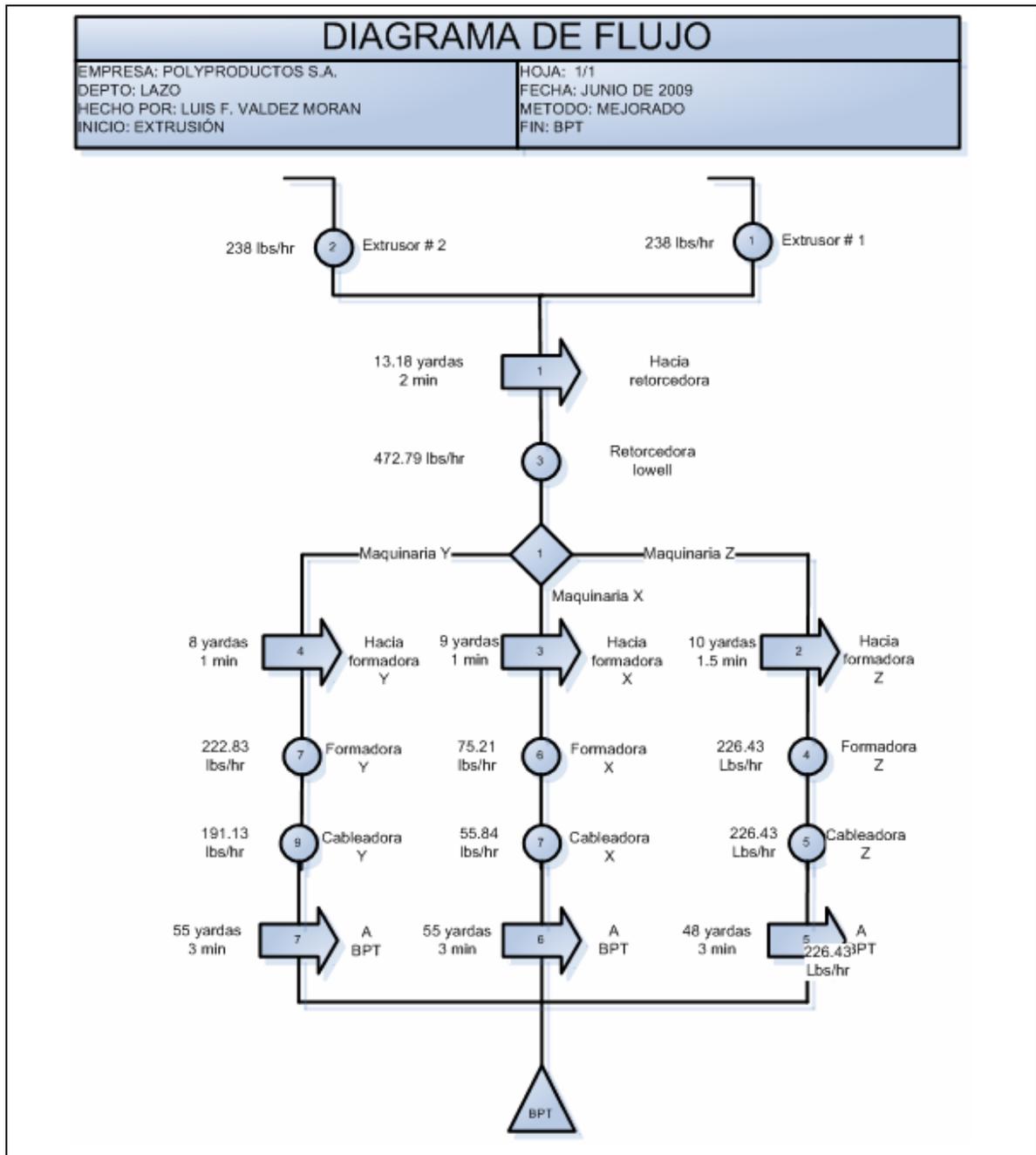


Como se puede observar, en el diagrama de operaciones simplificado el nuevo cuello de botella pasa a ser la retorcedora con 472.79 lb /hr. Una de las dificultades del análisis para esta línea de producción que aquí se toma como una sola línea de producción. Más adelante se especificará el cuello de botella real, el cual corresponde a la suma de las capacidades que tiene la retorcedora para carrizos de 15 hilos más las capacidades de las cableadoras Y y Z que son de 470.05 lb /hr.

3.5.2 Diagrama de flujo mejorado

Con la mejora en el proceso se obtiene el siguiente diagrama de flujo mejorado.

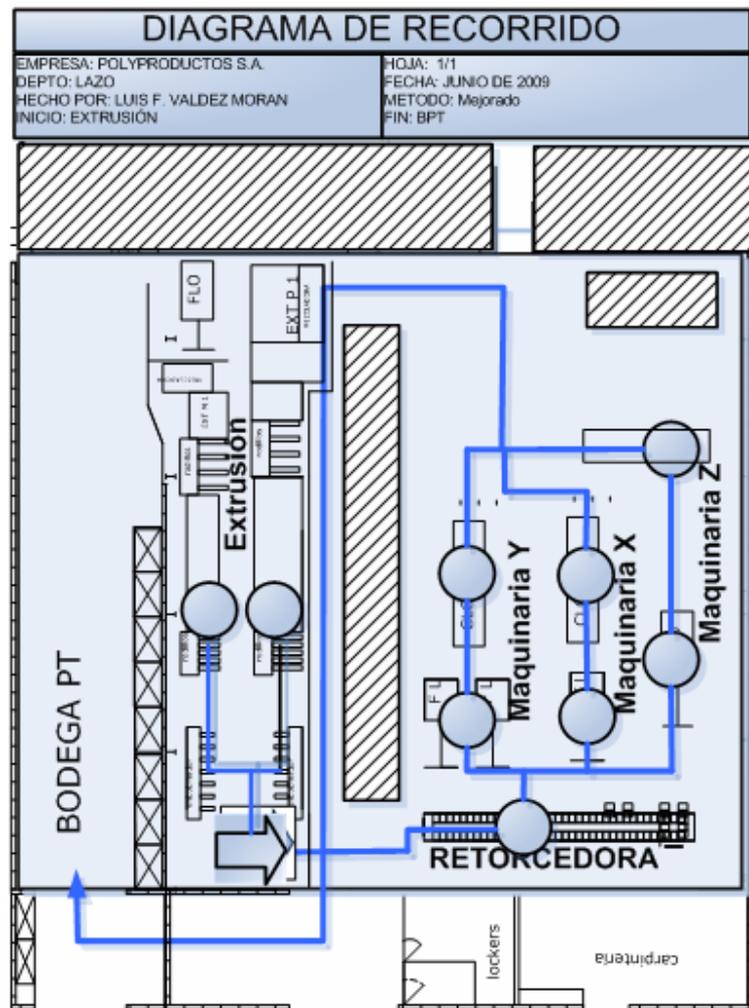
Figura. 18 Diagrama de flujo mejorado.



3.5.3 Diagrama de recorrido mejorado

Con la mejora en el proceso se obtiene el siguiente diagrama de recorrido mejorado.

Fig. 19 Diagrama de recorrido mejorado.



3.5.4 Análisis de la capacidad en la línea de producción con la reparación de maquinaria

Área				Capacidad
Extrusión	Extrusor # 1	Extrusor # 2		476 lb/h
	238 lb/h	238 lb/h		
Retorcedora	52.53 lb/h	420.26 lb/h		472.79 lb/h
Formadora	X	Y	Z	524.47 lb/h
	75.21 lb/h	222.83 lb/h	226.43 lb/h	
Cableadora	X	Y	Z	473.4 lb/h
	55.84 lb/h	191.13 lb/h	226.43 lb/h	
				486.665 lb/h

La eficiencia de la línea de producción de lazo polipropileno es:

para determinar la capacidad en min/lb de las áreas:

$$\text{Extrusión} = \frac{1 \text{ h}}{476 \text{ lb/h}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0.13 \text{ min}}{\text{lb}}$$

$$\text{Retorcedora} = \frac{1 \text{ h}}{472.79 \text{ lb/h}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0.13 \text{ min}}{\text{lb}}$$

$$\text{Formadora} = \frac{1 \text{ h}}{524.47 \text{ lb/h}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0.11 \text{ min}}{\text{lb}}$$

$$\text{Cableadora} = \frac{1 \text{ h}}{473.4 \text{ lb/h}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{0.13 \text{ min}}{\text{lb}}$$

Área	capacidad	
Extrusión	0.13	min/lb
Retorcedora	0.13	min/lb
Formadora	0.11	min/lb
Retorcedora	0.13	min/lb
TOTAL	0.49	min/lb

← OPERACIÓN MÁS LENTA

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{sumatoria de tiempos} * 100\%}{\# \text{ áreas} * \text{operación más lenta}} = \frac{0.49 * 100\%}{4 * 0.130} = 94.23 \%$$

Para determinar la producción diaria se toma en cuenta lo siguiente:

La nueva operación más lenta se convierte el área de retorcedura con 468.61 lb/h o 0.128 min /lb.

La modificación en las jornadas de trabajo afectaría solamente al área de retorcedora, área de formadoras y área de cableadoras, dejando para ellos una jornada diurna de 8 horas diarias y 4 horas extras, con un descanso de 1 hora entre almuerzo y refacciones, para lo cual se consigue una jornada efectiva de 11 horas.

La capacidad por día es de:

$$472.73 \text{ lb /h} * 11 \text{ h} = 5200 \text{ lb} \quad \text{o} \quad 11 \text{ hrs} * (60 \text{ min/hrs}) / 0.1269 \text{ min/lb} = 5200 \text{ lb}$$

Lo que se produce al final de cuentas son rollos, la cantidad de rollos de cada medida se determina de la siguiente manera:

Los pesos de los rollos son:

19.95 lb. /rollo producidos en la máquina X

37. lb. /rollo producidos en la máquina Y

31.92 lb. /rollo producido en la máquina Z

	Capacidad para carrizos de 15 hilos	Capacidad para carrizos de 30 hilos	
Retorcedora	52.53 lb/hr	420.26 lb/hr	
Cableadora X	55.84 lb/hr		
Cableadora Y		191.13lb/hr	417.56lb/hr
Cableadora Z		226.43lb/hr	

Aquí se define el verdadero cuello de botella que consiste en la sumatoria entre la capacidad de la retorcedora para los carrizos de 15 hilos (por ser menor que la capacidad de la cableadora X, más la capacidad de la suma de la cableadoras Y y Z, (por ser menor que la capacidad de la retorcedora para carrizos de 30 hilos). En el caso de la cableadora X trabajará con la menor capacidad que es de 52.53 lb /hr, en el caso de las cableadora Y y Z no pueden producir más, es decir, la cableadora Y trabajara con una capacidad de 191.13 lb/h y la cableadora Z trabajará con una capacidad de 226.43 lb /hr. Por lo tanto el verdadero cuello de botella es de: 52.53 lb/hr + 226.43 lb/hr + 191.13 lb/hr = 470.05 lb/hr.

Cantidad de rollos = capacidad cableadora * 11 horas / peso del rollo por fabricar

Para la máquina X:

Cantidad de rollos de 3/16 = (52.53 lb /hr * 11 hr) / 19.95 lb= 28.96 = 28 rollos

Cantidad de rollos de 7/16 = (191.13 lb /hr * 11 hr) / 37 lb = 56.82 = 56 rollos

Cantidad de rollos de 3/8 = (226.43 lb /hr * 11 hr) / 31.92 lb = 78.03 = 78 rollos

Tabla. XXIV. Nueva capacidad de rollos por día en el área.

Cableadora	Cantidad (rollos)	Grueso (plg.)	Longitud (yardas)	Peso (lb.)	Peso total (lb.)
X	28	3/16	1000	19.95	558.60
Y	56	7/16	400	37	2072
Z	78	3/8	400	31.92	2489.76
				Total	5120.36 libras

Es de analizar que no se cumple con llegar a la capacidad de 5236 lb, para alcanzar esa capacidad se ha de trabajar alrededor de cinco horas extras de un día domingo para completar la capacidad.

3.5.5 Otros diagramas

Una forma de sustentar las mejoras por lograr y establecer parámetros de rendimiento que demuestren que con los cambios por realizar los trabajadores no resultarán afectados, es el análisis de los puestos de trabajo por medio de diagramas como lo son:

- Diagrama hombre-máquina
- Diagrama de operaciones de grupo

Este tipo de diagramas determina el grado en que el trabajador se mantiene ocupado en su máquina sin someterlo a largos periodos de incesante trabajo sin algún descanso para la recuperación de energía. Por último, es importante que en estos diagramas se demuestra el tiempo de ocio de que dispone cada operador.

Antes de iniciar se debe indicar que en el estudio de los diagramas mencionados se toman las líneas punteadas como tiempos muertos o improductivos, tanto del operador como de la maquinaria y líneas continuas, como tiempos productivos.

Figura. 20 Diagrama de procesos para retorcedora

DIAGRAMA DE PROCESO DE GRUPO					
Diagrama de:		Máquina retorcedora			
Inicio del diagrama:		Descarga			
Fin del diagrama:		Producción de carrizos			
Lado A					
Máquina		Operario# 1		Operario# 2	
Operación	Tiempo	Operación	Tiempo	Operación	Tiempo
		Corte	2.45	Corte	2.45
		Descarga carrizo	2.45	Descarga carrizo	2.45
		Carga carrizo	2.45	Carga carrizo	2.45
Tiempo muerto	12.7	Colocar sub-cabo	5.36	Colocar sub-cabo	5.36
Producción	3.5	traer carrizos	2		
		Operario ocioso	1.5	Operario ocioso	3.5
		Cambio de bobina	0.38	Cambio de bobina	0.38
Producción	3.5	Operario ocioso	3.12	Operario ocioso	3.12
		Cambio de bobina	0.38	Cambio de bobina	0.38
Producción	3.5	Operario ocioso	3.12	Operario ocioso	3.12
		Cambio de bobina	0.38	Cambio de bobina	0.38
Producción	3.5	Operario ocioso	3.12	Operario ocioso	3.12
		Cambio de bobina	0.38	Cambio de bobina	0.38
Producción	3.5	Operario ocioso	3.12	Operario ocioso	3.12
		Cambio de bobina	0.38	Cambio de bobina	0.38
Producción.	3.76	Operario ocioso	3.38	Operario ocioso	3.38
RETORCEDORA					
Tiempo muerto	12.7	Min	20.498	Min	22.5
Tiempo de trabajo	24.8	Min	16.982	Min	15
Tiempo de ciclo	37.5	Min	37.48	Min	37.5

Por cuestiones de espacio se omite en su totalidad el diagrama para las cuatro personas, además, el tiempo del operario 1 es el mismo para el operario 3, y el tiempo del operario 2 es el mismo para el operario 4.

Figura. 21 Diagrama hombre-máquina de formadora X.

DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MÁQUINA				
Maquinaria:	X		Método: Mejorado	
Diagrama de:	Formadora		Realizó: Luis Valdez	
Inicio del diagrama:	Descarga de carrete		Fecha: 1/10/2009	
Fin del diagrama:	Producción		hoja: 1/1	
Proceso	Operario	Máquina	# 1	Máquina # 2
Descarga de carrete	0.67			
Carga de carrete	0.50	Tiempo muerto	1.17	
Caminar a máquina	0.10			
Descarga de carrete	0.67			
Carga de carrete	0.50			Tiempo muerto 1.17
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	3.63	Producción	5.00	
Cambio de carrete	1.11	Tiempo muerto.	1.11	
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.06			Producción 5.00
Cambio de carrete	1.11			Tiempo muerto. 1.11
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	1.96	Producción	3.33	
				Producción 3.33
	Operador	Formadora	1	Formadora 2
Tiempo muerto	5.65 min.		2.28 min.	2.28 min.
Tiempo de trabajo	4.96 min.		8.33 min.	8.33 min.
Tiempo de ciclo	10.61 min.		10.61 min.	10.61 min.

Figura. 22 Diagrama hombre-máquina de formadora Y.

DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MAQUINA				
Maquinaria:	Y		Método: propuesto	
diagrama de:	Formadora		Realizó: Luis Valdez	
Inicio del diagrama:	Descarga de carrete		Fecha: 1/10/2009	
Fin del diagrama:	Producción		Hoja: 1/1	
Proceso	Operario	máquina	# 1	máquina # 2
Descarga de carrete	0.73			
Carga de carrete	0.76	Tiempo muerto	1.49	
Caminar a máquina	0.10			
Descarga de carrete	0.73			
Carga de carrete	0.76	Tiempo muerto		1.49
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.81	Producción	2.50	
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.	0.70	
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.79			Producción
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.		0.70
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.81	Producción	2.50	
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.	0.70	
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.79			Producción
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.		0.70
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.81	Producción	2.50	
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.	0.70	
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.79			Producción
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.		0.70
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.81	Producción	2.50	
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.	0.70	
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.79			Producción
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.		0.70
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.81	Producción	2.50	
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.	0.70	
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.79			Producción
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.		0.70
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.81	Producción	2.50	
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.	0.70	
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.79			Producción
Cambio de carrizo	0.70	Tiempo muerto.		0.70
Caminar a máquina	0.10			
Operario ocioso	0.07	Producción.	1.76	
				Producción.
				1.76
	Operador	Formadora	1	Formadora
				2
Tiempo muerto	9.67 min.		5.69 min.	5.69 min.
Tiempo de trabajo	12.78 min.		16.76 min.	16.76 min.
Tiempo de ciclo	22.45 min.		22.45 min.	22.45 min.

Figura. 23 Diagrama hombre-máquina de formadora Z.

DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MÁQUINA				
Maquinaria: Z			Método: Mejorado	
diagrama de: Formadora			Realizó: Luis Valdez	
Inicio del diagrama: Descarga de carrete			Fecha: 1/10/2009	
Fin del diagrama: carrete llenando			Hoja: 1/1	
Proceso	Operario	Máquina	# 1	Máquina # 2
Descarga de carrete	0.51			
Carga de carrete	0.50	Tiempo muerto	1.01	
Caminar a maquina	0.10			
Descarga de carrete	0.51			
Carga de carrete	0.50	Tiempo muerto		1.01
Caminar a maquina	0.10			
Operario ocioso	6.79	Producción	8.00	
Cambio de carrizo	0.70			
Caminar a maquina	0.10			
Operario ocioso	0.31	Producción		8.00
Cambio de carrizo	0.70			
Caminar a maquina	0.10			
Operario ocioso	6.09	Producción	8.00	
Cambio de carrizo	0.70			
Caminar a maquina	0.10			
Operario ocioso	1.01	Producción		8.00
Cambio de carrizo	0.70			
Caminar a maquina	0.10			
Operario ocioso	3.44	Producción.	6.05	
				Producción.
				6.05
	Operador	Formadora # 1	Formadora # 2	
Tiempo muerto	17.64 min.	1.01 min.	1.01 min.	
Tiempo de trabajo	5.42 min.	22.05 min.	22.05 min.	
Tiempo de ciclo	23.06 min.	23.06 min.	23.06 min.	

Figura. 24 Diagrama hombre-máquina de cableadora Y.

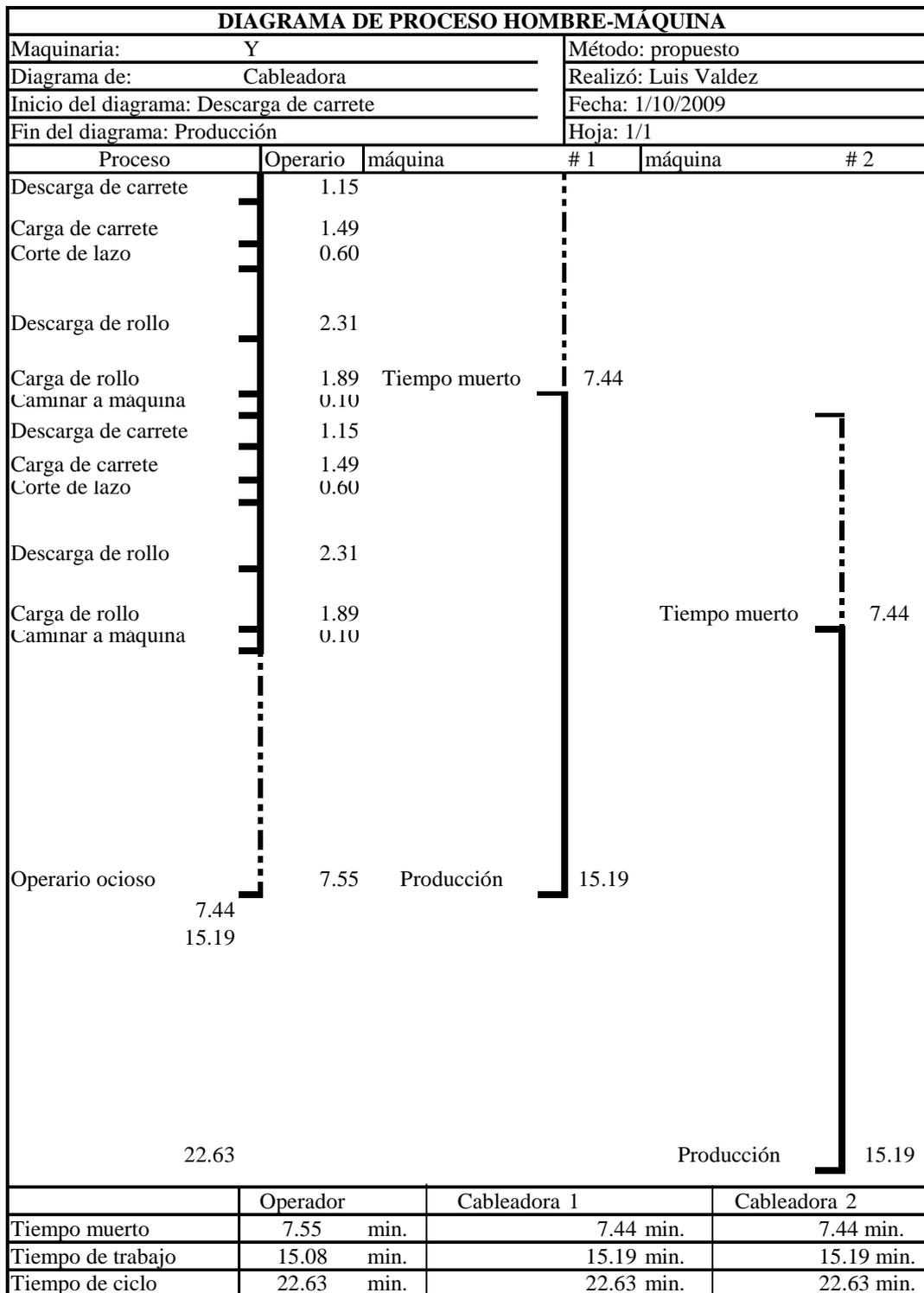


Figura. 25 Diagrama hombre-máquina de cableadora Z.

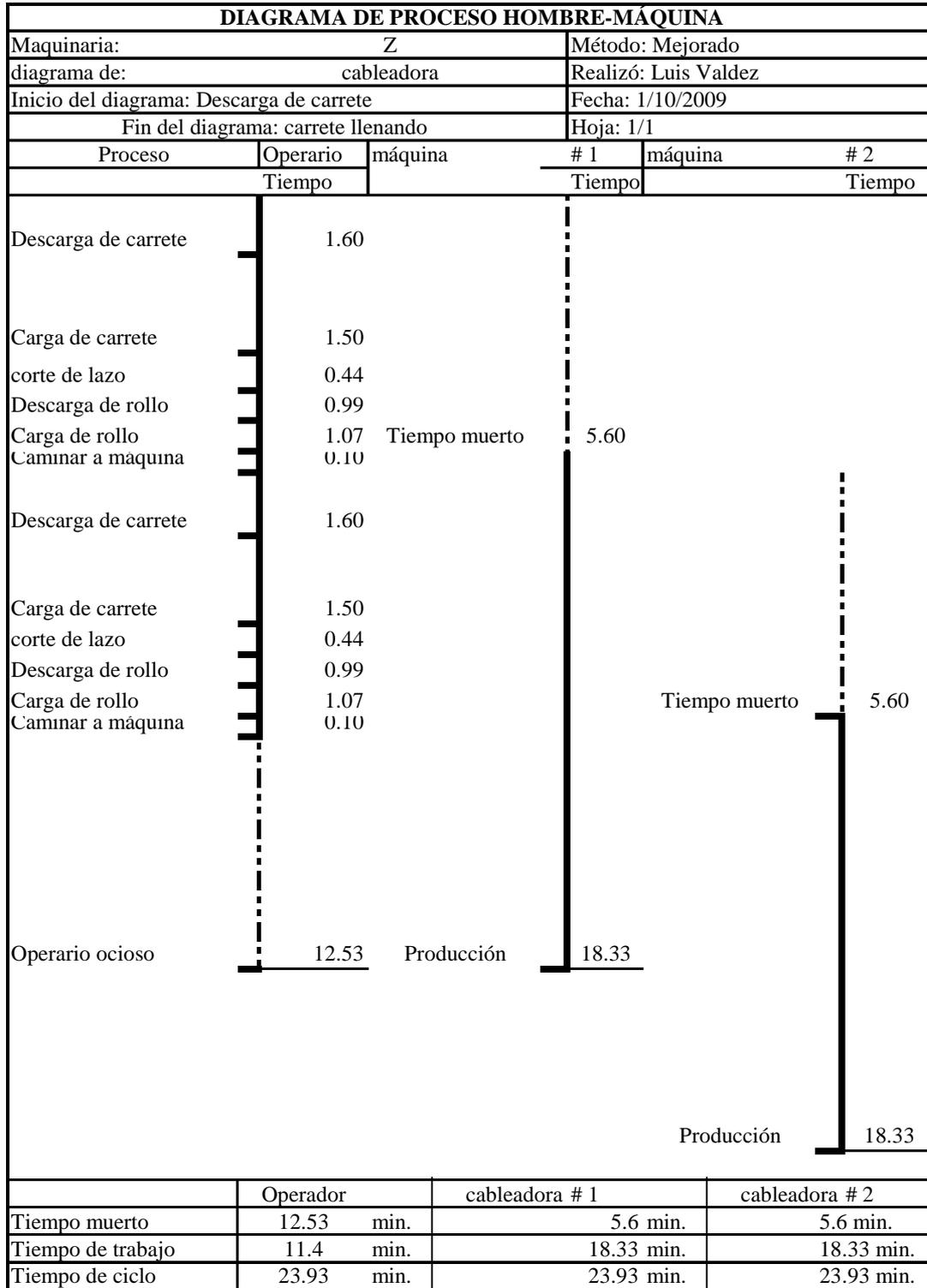
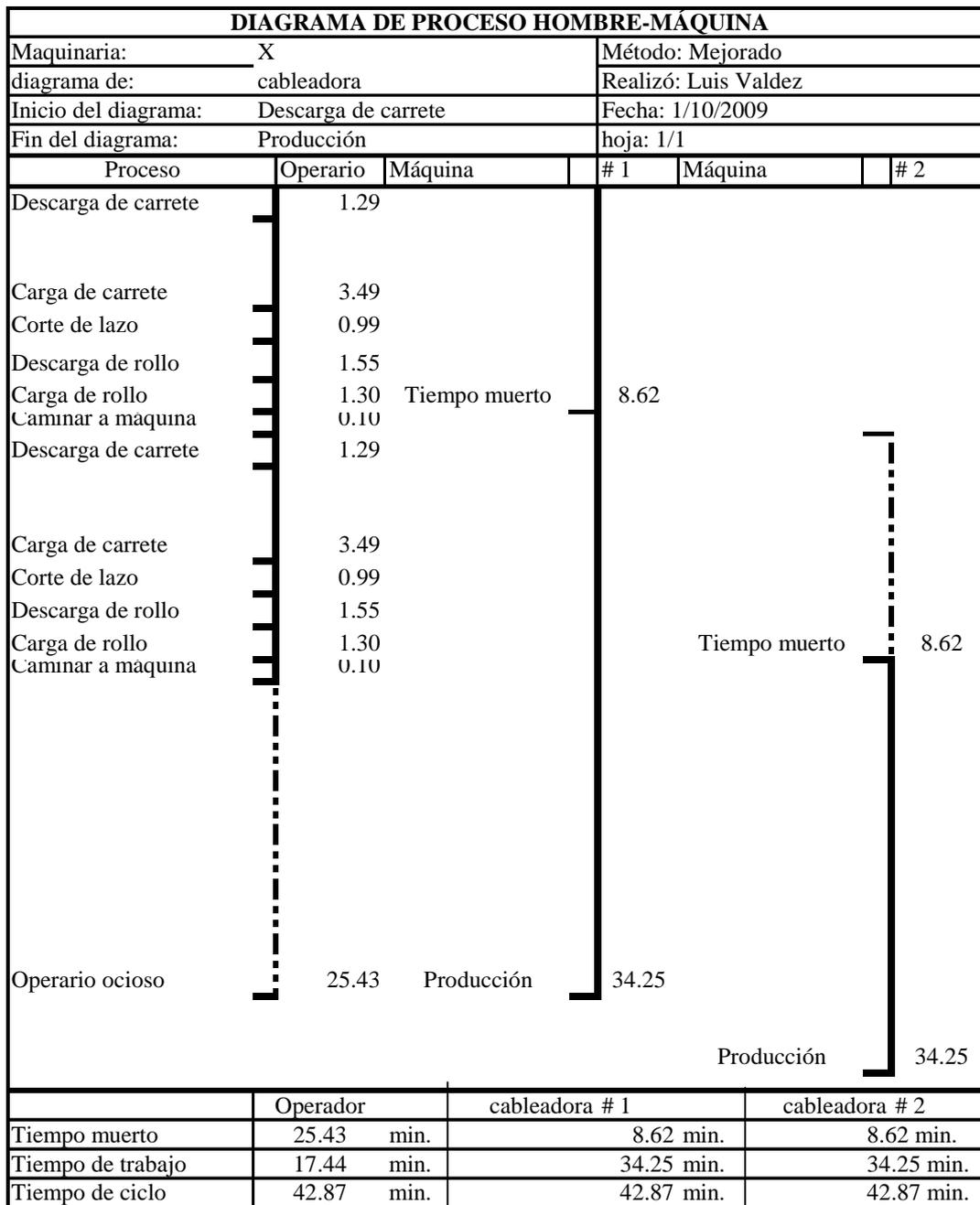


Figura. 26 Diagrama hombre-máquina de cableadora X.



3.6 Análisis financiero

Como en todo proyecto, al final lo importante para la toma de decisiones es conocer el costo y el beneficio que se obtendrá de su ejecución. Los costos se establecen por medio de cotizaciones de los repuestos según la evaluación técnica de la maquinaria; el beneficio se obtiene con el proyecto de los referentes: ahorro en horas extras, reducción de personal y ahorro en energía eléctrica.

3.6.1 Costo de reparación de maquinaria

A continuación se presentan los costos en los que se incurre por la reparación de la maquinaria.

Tabla. XXV. Costo de reparación de maquinaria.

COSTO DE REPUESTOS			
Pieza	Cantidad	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
*Discos de embrague	10	Q. 100.00	Q. 1000.00
*Embrague	27	Q. 850.00	Q. 22950.00
*Acople de carrizo	8	Q. 350.00	Q. 2800.00
Faja de retorcedora	4	Q. 50.00	Q. 200.00
Sistema de lubricación	1	Q. 9500.00	Q. 9500.00
*Engranaje de eje	1	Q. 450.00	Q. 450.00
Formadora X, Y y Z			
*Engranaje de 36 dientes	1	Q. 450.00	Q. 450.00
*Engranaje de 35 dientes	1	Q. 450.00	Q. 450.00
*Engranaje de 34 dientes	1	Q. 450.00	Q. 450.00
Fajas de formadora Z	2	Q. 75.00	Q. 150.00
*Eje principal formadora Z	1	Q. 600.00	Q. 600.00
TOTAL			Q. 39000.00

*Fuente: Torno Don Juan, zona 2 de Mixto

3.6.1.1 Elementos por considerar

Algunos elementos que no se consideran en el análisis de costos son:

1. Desconocer el tiempo que se tarde tanto para reparaciones como reacondicionamiento de la maquinaria
2. Se desconoce fechas a realizar las reparaciones

3.6.2 Mejora en la producción

Como es de considerar, el aumento en la producción nunca podrá ser mayor de lo que actualmente producen los extrusores, la mejora en la producción se analizará desde el punto de vista de:

- Ahorro en energía eléctrica
- Ahorro en pago de horas extras
- Ahorro por disminución de personal en la línea de producción

Ahorro en energía eléctrica

El estudio indica que tener una máquina como la retorcedora trabajando por debajo de su capacidad hace que se requieran más horas de producción, lo que al final se transforma en costo de energía eléctrica. El ahorro en energía eléctrica al efectuar la reparación sería el siguiente.

Algunos datos importantes son:

Voltaje de retorcedora = 575 volt

Amperaje = 23 amp.

Costo por kilowatt = 1.37 quetzales

Se toma un mes comercial del cual se trabajan solamente 26 días.

Tabla XXVI. Gasto en energía eléctrica actual.

Retorcedora		Tiempo		% de trabajo
Tiempo en que trabaja	27.79	minutos		0.60
Tiempo en que para	18.38	minutos		0.40
Tiempo total	46.17	minutos		
Tiempo disponible	22	horas		
De las cuales	13.24	horas que trabaja la máquina		
Kilowatt =	$V \cdot I =$	$575 \cdot 23 =$	12.225	Kilowatt
	1000	1000		
costo =	kilowatt*horas útiles*30 días * 1.494 quetzales =			
costo =	12.225 kilowatt*13.24 hr*26 días * 1.494 quetzales =			
costo =	6271.33	quetzales		

El nuevo gasto de la retorcedora considerando que ésta tiene que terminar a 5236 lb las cuales terminaría en un tiempo de:

$$\text{Horas} = 5236 \text{ lb} / 470 \text{ lb/hr} = 11.14 \text{ hora.}$$

Tabla XXVII. Gasto en energía eléctrica con las reparaciones.

Retorcedora		Tiempo		% de trabajo
Tiempo en que trabaja	24.42	minutos		0.64
Tiempo en que para	13.67	minutos		0.36
Tiempo total	38.09	minutos		
Tiempo disponible	11.14	horas		
De las cuales	7.161	horas trabaja la máquina		

kW =	$V \cdot I =$	$575 \cdot 23 =$	12.225	kilowatt
	1000	1000		
Costo =	12.225 kilowatt*7.161 hr*26 días * 1.494 quetzales =			
Costo =	3391.53	quetzales		
consumo actual		6271.33	quetzales	
consumo con la reparación		3391.535	quetzales	
AHORRO		2879.79	quetzales	

Ahorro en horas extras

Para conocer el ahorro en horas extras se tiene que conocer cómo se distribuye en la actualidad y cómo se distribuirían, con la reparación de la maquinaria, las personas en el área de trabajo:

Figura. 27 Distribución actual del personal

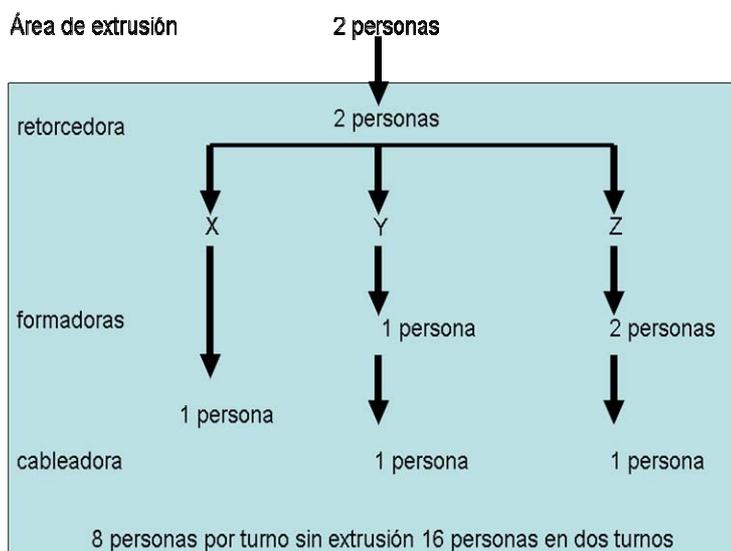
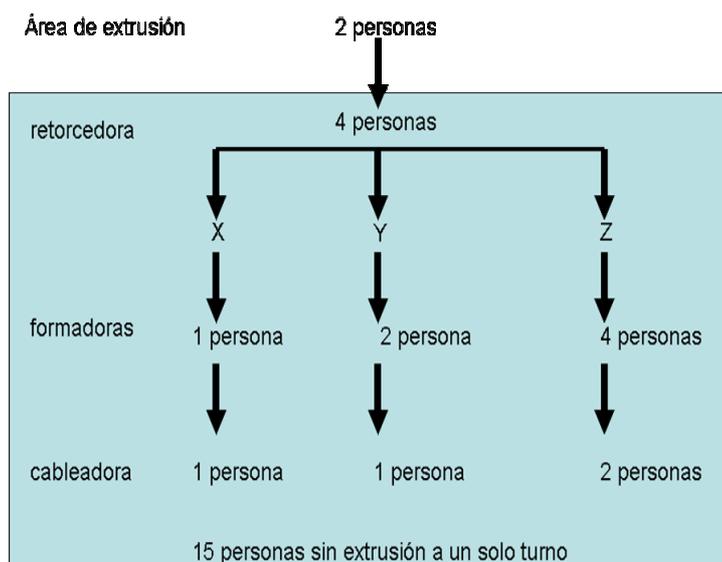


Figura. 28 Nueva distribución del personal.



Jornada diurna = 44 horas semanales

Jornada nocturna = 36 horas semanales

Si la persona empieza la semana en jornada diurna hace dos semanas y dos días en jornada diurna y dos semanas en jornada nocturna.

Horas normales = 44 hr + 36 hr + 44 hr + 36 hr + 16 hr = 176 horas normales

Horas extras = 26 días * 12 horas – 176 horas normales = 136 horas extras

Para los ocho operarios hacen un total de horas extras de:

136 horas extras * 8 operarios = 1088 horas extras

Si la persona empieza la semana en jornada nocturna hace dos semanas y dos días en jornada nocturna y dos semanas en jornada diurna.

Horas normales = 36 hr + 44 hr + 36 hr + 44 hr + 12 hr = 172 horas normales

Horas extras = 26 días * 12 horas – 172 horas normales = 140 horas extras

Para los ocho operarios hacen un total de horas extras de:

140 horas extras * 8 operarios = 1120 horas extras

Total horas extras actualmente = 1088 hr extras + 1120 hr extras = 2208 hr extras

Con la reparación de la maquinaria se sobrepasa el horario en 0.17 horas. Para determinar cuántas horas se tendrán que trabajar demás, se hace lo siguiente:

Horas por cumplir con extrusión = días/mes* horas /día para cumplir con extrusión

Horas por cumplir con extrusión = 26 días/mes*0.17 hr = 4.42 = 5 horas

Con la reparación de la maquinaria se tiene que trabajar un fin de semana al mes (domingo) 5 horas extras a una jornada diurna de 44 horas semanales y el resto, horas extras de la siguiente manera:

Horas totales por semana = 12 hr/día * 6 días = 72 horas

Horas normales = 4 semanas 44 horas más 2 días de 8 horas por día

Horas normales = 44 hr + 44 hr + 44 hr + 44 hr + 16 hr = 192 horas normales

Horas extras = 4 sem. de 18 hrs. extra, dos días de 4 horas y 5 horas un domingo

hrs. extras = 28 hr + 28 hr + 28 hr + 28 hr + 8 hr + 5 hr = 125 horas extras

Total horas extras con la mejora = 125 hr extras * 15 operarios = 1875 hr extras

Tabla. XXVIII. Mejora en horas extras con la reparación.

Horas extras actuales	2208	horas extras
Horas extras con la mejora	1875	horas extras
Total horas reducidas	333	horas extras
Costo hora extra =	8.47	Quetzales
Reducción por horas extras		
333	hr extras *	8.47 Quetzales = 2820.51 Quetzales

Ahorro por disminución de personal:

Con la reparación de maquinaria se necesitaría un operario menos; esto tendría una reducción de:

Sueldo mínimo + sueldo de horas extras

Sueldo mínimo = 1455.00 quetzales

Sueldo horas extras = 125 hr extras * 8.47 quetzales = 1058.75 quetzales

Ahorro = 1455 quetzales + 1058.75 quetzales = 2513.75 quetzales

Tabla. XXIX. Ahorro total con la mejora

	Ahorro	
Luz eléctrica	2879.79	Quetzales
Horas extras	2820.51	Quetzales
Personal	2513.75	Quetzales
Total	8214.05	Quetzales

3.6.3 Análisis costo beneficio del proyecto

En todo proyecto interesa un análisis costo-beneficio en el cual se demuestre la viabilidad del mismo, para ello se toman en cuenta principalmente los ahorros que se obtendrían con el proyecto y la inversión inicial que éste exige. Se analizará con algunas herramientas de decisión económica pero para ello se necesitan los siguientes datos:

Inversión inicial: Q. 39000.00

Ahorro total mensualmente: Q. 8214.05

Periodo de recuperación = inversión inicial / flujo de efectivo

Periodo de recuperación = Q. 39000/ Q. 8214.05 = 4.74 meses = 5 meses

Ahora bien, si se piensa en un préstamo, se toman como referencia los datos suministrados por Cooperativa UPA, que aplica una tasa de interés del 1.23287179% mensual sobre un préstamo de Q. 39000.00 y considerando una vida útil de ocho meses para el proyecto. Se debe considerar que a los ocho meses habrá que hacer una nueva inversión mucho menor que la actual por el cambio de piezas que fallaran en ese tiempo.

Se analizará cuánto se tiene que pagar utilizando el método del VALOR PRESENTE NETO, para hallar un factor de recuperación similar o igual al ahorro mensual, se podrá saber en cuántos meses se recuperará la inversión:

$VPN = \text{ahorro mensual} * \text{uspwf} - \text{inversión inicial}$

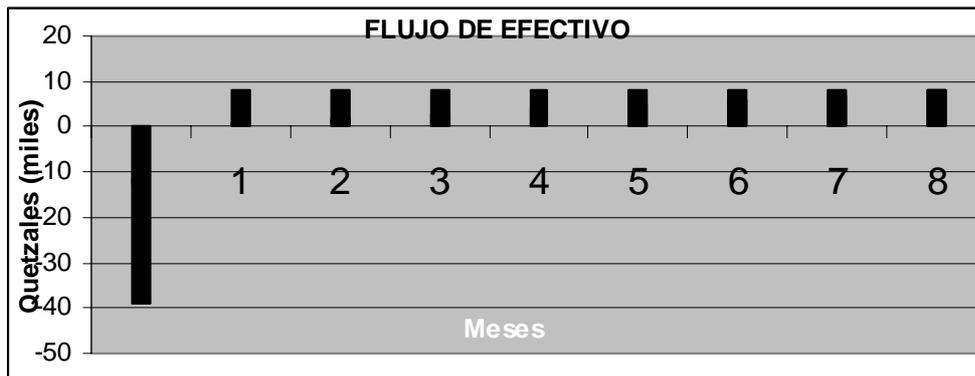
$\text{uspwf} = ((1+0.0123287179)^{8\text{meses}} - 1) / (0.0123287179 \times (1 + 0.0123287179)^{8\text{meses}}) = 7.5738$

$VPN = \text{AHORRO MENSUAL} * \text{uspwf} - \text{INVERSIÓN INICIAL}$

$VPN = Q. 8214.05 * 7.5738 - Q. 39000.00 = Q. 23211.62$

Figura. 29 Flujo de efectivo en el tiempo.

<i>Mes</i>	<i>Flujo de efectivo</i>
0	-Q39,000.00
1	Q8,214.05
2	Q8,214.05
3	Q8,214.05
4	Q8,214.05
5	Q8,214.05
6	Q8,214.05
7	Q8,214.05
8	Q8,214.05



El valor presente neto demuestra que la inversión por realizar tendrá una ganancia al final del periodo de vida útil de Q. 23211.60; esto convierte dicho a proyecto en una buena herramienta para la reducción de costos en la línea de producción de lazo polipropileno.

Aunque se demuestra que no es posible aumentar la producción con las capacidades actuales, se observa que sí se pueden reducir sus costos haciendo más eficiente el proceso actual.

4 IMPLEMENTACIÓN DE LA REPARACIÓN DE MAQUINARIA Y AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LAZO POLIPROPILENO

4.1 Características de la implementación de reparación de maquinaria

Como toda implementación a la cual se fijan algunos parámetros para realizarlos en orden, se identifica primero lo que se pretende lograr, para luego especificar a los designados para la actividad e indicarles algunas normas acerca de dicha implementación. A continuación se describirá la estructura de la implementación para la reparación de la maquinaria, con el propósito de obtener los resultados esperados.

4.1.1 Definición

Consistirá principalmente en la reparación y redistribución de la línea de producción de lazo de polipropileno, usando la maquinaria que se tiene a disposición y que por cuestiones de descuido ha quedado en desuso dentro del área.

Con la reparación de maquinaria se propone obtener el adecuado uso de ésta tratando de lograr la reducción a un solo turno de trabajo. Para todo esto, el estudio de tiempo es fundamental para asegurar los resultados, determinar la veracidad del propio estudio y establecer cuál es la situación actual del área y qué se consigue con las mejoras. El estudio de tiempo da a conocer el grado de desorganización en la línea de producción por tener la maquinaria en malas condiciones.

4.1.2 Metas por alcanzar

- a. reparación de la maquinaria
- b. sentar las bases para un programa de mantenimiento
- c. ubicación ideal de la maquinaria
- d. incremento de la capacidad instalada
- e. cansancio mínimo en los trabajadores

4.1.3 Resultados esperados

- a. reducción de costos
- b. reducción de tiempo de producción
- c. aumento de la eficiencia de la línea de producción
- d. mejores resultados
- e. mayor control sobre el proceso
- f. reducción de desperdicio

4.2 Personal designado

Como para todo proyecto, deben estar bien identificados los cargos para tener mayor control del mismo. Uno de los principales problemas que se pueden dar es la falta de personal técnico, para este caso solamente se cuenta con dos personas encargadas del mantenimiento de la maquinaria las que al mismo tiempo serían el personal técnico.

4.2.1 Personal técnico

Como se mencionó, en el área solamente existen dos personas encargadas del mantenimiento y por ello quedarían a cargo del proyecto como personal técnico, a ellas se les indicaría la planificación para la reparación de la maquinaria tomando en cuenta el tiempo idóneo para dicha reparación.

4.2.2 Personal administrativo

El personal administrativo es el encargado de designar y planificar el tiempo para la reparación de la maquinaria procurando que no se afecte la producción o que se afecte lo menos posible. Es atribución del jefe de área, quien tiene como parte de su trabajo, la programación de la producción; motivo por el cual es útil que se le designe como personal administrativo de la reparación de la maquinaria.

4.3 Procedimiento para el montaje de las piezas

Como parte del estudio, también se consideran algunos puntos los cuales son fundamentales para la reparación y montaje de piezas de la maquinaria principalmente para algunas calibraciones que se tienen que dar.

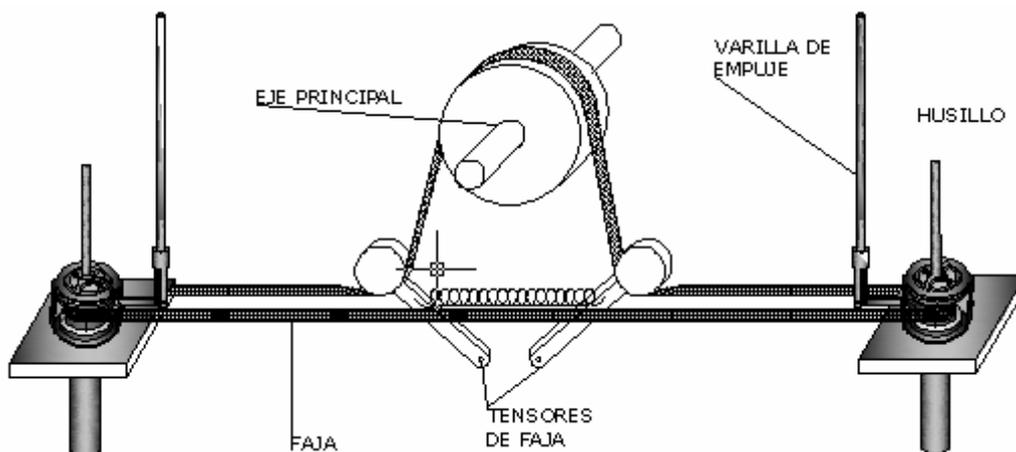
Dichos puntos se toman a partir de las piezas que hacen falta cuya función en la maquinaria afecta directamente el buen funcionamiento de la misma, entre ellas: fajas, embragues, lubricación y sistema de rodamiento.

4.3.1 Procedimiento para el montaje de fajas

El siguiente es el procedimiento para la instalación de fajas para los husillos de la máquina retorcadora, algunos puntos por considerar antes de la instalación de la faja es que los husillos deberán estar colocados en su posición para facilitar el proceso.

1. Pasar un extremo de la faja por encima del eje principal.
2. Pasar los extremos de la faja entre los husillos.
3. Por medio de una grapa de metal, unir los extremos de la faja.
4. Colocar la faja en uno de los tensores
5. Sostener la faja y con una mano halar el tensor hasta lograr que la faja entre en el tensor.

Figura. 30 Ubicación de faja



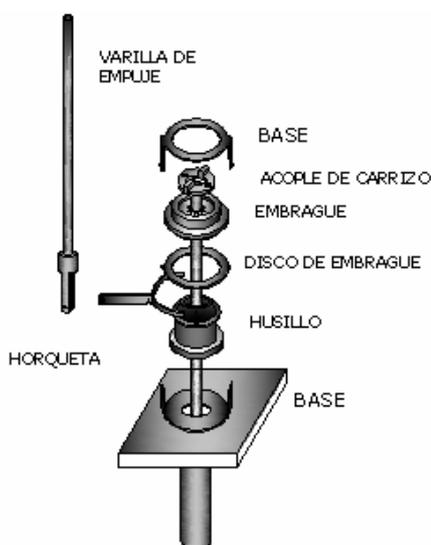
Fuente: Polyproductos S.A.

4.3.2 Procedimiento para la instalación de los embragues

Por ser una de las piezas que presenta mayor problema de repuestos principalmente por su número, también es importante su instalación, para ello se debe indicar que la base se compone básicamente de dos partes, una que se mantiene adherida a la máquina y otra que se puede desmontar fácilmente. A continuación se precisan más detalles para su montaje.

1. Con la primera base adherida a la máquina solamente se coloca el husillo cuidando que el final gire adecuadamente.
2. Se coloca la horqueta en la parte trasera de la base.
3. Se coloca la horqueta a la varilla de empuje por medio de un pasador.
4. Se coloca el disco de embrague.
5. Se coloca el acople de carrizo en el embrague por medio de tornillos.
6. Se coloca el embrague teniendo cuidado de que los dientes del centro encajen adecuadamente en el husillo.
7. Se inserta la base, cuidando que quede adecuadamente en el disco de embrague y entre bien en la horqueta.

Figura. 31 Proceso para la instalación de embrague

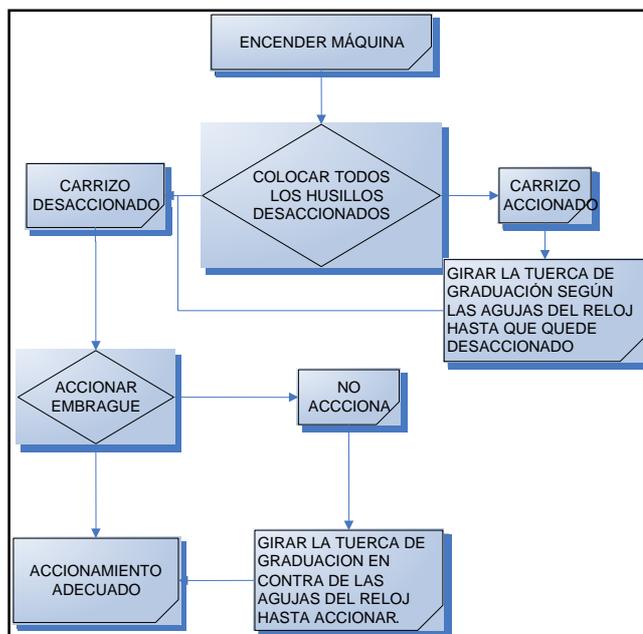


Fuente: Polyproductos S.A.

4.3.3 Calibración de embragues

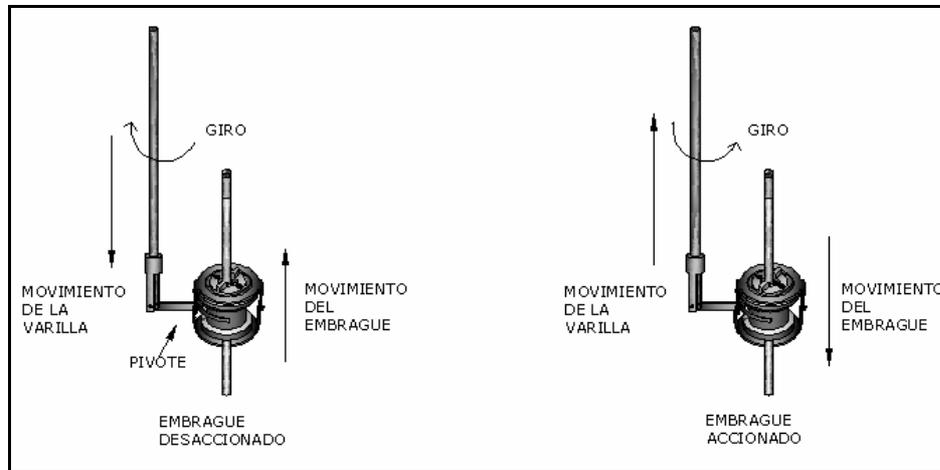
Un paso importante es la calibración de los embragues; un embrague mal calibrado puede ocasionar dos problemas: que el carrizo funcione a menor velocidad de la requerida a causa de un mal contacto y reduzca la torsión del sub-cabo o que no accione; también puede provocar que el embrague siempre se quede accionado, lo cual produce mayor desgaste. A continuación se detalla el procedimiento para su montaje, la máquina tiene que estar en funcionamiento.

Figura. 32 Proceso para la calibración de embrague.



Fuente: Polyproductos S.A.

Figura. 33 Calibración de embrague.



Fuente: Polyproductos S.A.

4.3.4 Instalación del sistema de lubricación

La instalación del sistema de lubricación no ofrece dificultad alguna, básicamente es la sustitución de la antigua bomba de lubricación por la nueva, sin llegar a sustituir la tubería.

4.3.4.1 Tipo de sistema de lubricación

Originalmente el sistema de lubricación que utiliza dicha máquina es un sistema de lubricación por goteo, su función principal es llevar la cantidad suficiente de lubricante a los diferentes engranajes o partes en movimiento creando una película que proteja a dichas piezas de los esfuerzos que realicen.

4.3.4.2 Tipo de lubricante

El lubricante recomendado por el vendedor es un lubricante líquido, en este caso aceite monogrado, principalmente por las siguientes características:

- a No hay cambios bruscos en la temperatura.
- b Llega adecuadamente a las partes que necesitan ser lubricadas.
- c Es más barato que un aceite sintético.
- d La carga por soportar es constante.
- e El tipo de aditivo antioxidante protege las partes.
- f Tiene buena acción detergente.

4.3.5 Procedimiento para inspeccionar el sistema de rodamiento

Un rodamiento es una parte fundamental en toda maquinaria, para determinar el procedimiento, para identificar algún tipo de problema que puede afectar el buen funcionamiento de la maquinaria, se hace referencia hacia el tipo de superficie de los rodamientos, por lo cual se mencionará en términos generales el procedimiento básico dependiendo si se trata de rodamientos de superficies concordantes y no concordantes.

4.3.5.1 Tipos de sistema de rodamiento

Según el tipo de superficie, los rodamientos pueden ser concordantes y no concordantes, a continuación se indicará el procedimiento general para inspeccionar cada uno de los sistemas de rodamiento.

Inspección para rodamientos de superficies concordantes:

- Holgura entre superficies (movimiento entre cunas)
- Inspección visual en búsqueda de algún tipo de arrastre o ralladura en la superficie del rodamiento.
- Verificar que el orificio de lubricación se encuentre despejado.
- Holgura entre rodamiento y eje.
- Inspección visual sobre el cubrimiento de la lubricación.

Inspección para rodamientos de superficies no concordantes:

- Inspección visual de rodamientos en busca de fisuras.
- Inspección visual en busca de fisuras o desgastes en cunas.
- Holgura entre eje y rodamiento.
- Holgura entre cunas.
- Determinar estado de canasta.

5. MEJORA CONTINUA

5.1 Sentar las bases para el programa de mantenimiento

Una de las metas del presente estudio es sentar las bases para el programa de mantenimiento para una mejora continua, por esa razón se proponen algunos puntos importantes que de hacer este estudio una realidad, serán necesarios para el programa de mantenimiento. Hay que recordar que el presente estudio tiene la finalidad de aumentar producción y ello implicaría que la vida útil del mismo se alargará para que la inversión realizada fuera más rentable de lo que se prevé.

Algo importante para fundamentar el programa de mantenimiento, es la elaboración de fichas técnicas, las cuales se realizarán una vez que la maquinaria se encuentre en perfectas condiciones, estas fichas se basan principalmente en elementos que por su función dentro de la maquinaria se mantienen siempre en movimiento y por lo cual sufren un desgaste continuo.

Una de las ventajas que conlleva la reparación de la maquinaria y la reducción de dos turnos a un sólo turno, es que la vida útil de piezas de la maquinaria se alarga considerablemente, además, se pueden establecer tiempos para el mantenimiento que no afecten a la producción.

5.2 Elaboración de ficha técnica de la máquina

La ficha técnica de la maquinaria se deberá realizar para cada maquinaria o una por aquellas que presenten las mismas características, en ella se indican algunos puntos fundamentales, tanto para su mantenimiento como para alguna inspección o visita de rutina, algo importante sobre la ficha técnica es que deberá

incluir puntos fundamentales para su lubricación y la revisión de piezas que se encuentren en constante movimiento o uso.

5.2.1 Puntos de lubricación

La lubricación constituye una parte fundamental del mantenimiento, razón por la cual la ficha técnica deberá indicar los puntos que se necesitan revisar para identificar si la lubricación es la adecuada. Esta acción incluye puntos como:

- Nivel de aceite
- Tipo de lubricante
- Inspección de fugas de aceite
- Puntos de lubricación de la máquina

5.2.2 Partes por revisar constantemente

Las piezas que se encuentran en constante movimiento en la maquinaria son piezas que por su función se desgastan continuamente, por tal razón se debe mantener una revisión periódica de ellas con el fin de advertir cualquier problema que pueda ocasionar que la maquinaria se detenga súbitamente y atrase la producción. Algunas partes que se deben revisar periódicamente son:

- Fajas
- Embragues
- Cojinetes
- Calibración de embragues
- Engranajes

5.2.3 Ficha para inspecciones de rutina

La inspección se realizará sobre las piezas de la maquinaria que por su ubicación es necesario detener por un tiempo corto la máquina para revisar el estado de sus piezas, a diferencia de las visitas de rutina. La inspección de rutina se debe programar para no afectar o afectar el menor tiempo posible la producción.

Figura. 34 Ficha para inspección de rutina.

FICHA PARA INSPECCIÓN DE RUTINA		
No. FI001	FECHA:	
	Hora de inicio	Hora de fin
Máquina por inspeccionar:		
Partes por inspeccionar:		
Problemas encontrados:		
Solución:		
Observaciones:		

5.2.4 Ficha para visita de rutina

La visita de rutina determina el estado simplemente visual de las piezas que se encuentren al alcance del supervisor, sin necesidad de desmontar piezas para su inspección, por este motivo la visita de rutina no interfiere con la producción o su intervención es durante un tiempo muy corto.

Esta ficha queda a cargo del operario de reportar cualquier falla detectada que puede ser algún ruido extraño en la maquinaria o mal funcionamiento; se debe llevar una ficha por maquinaria y al momento de ocurrir algo extraño, el operario deberá reportarlo por escrito definiendo el lugar del problema, código del operario, hora y fecha. Luego de efectuar la revisión necesaria por el encargado de mantenimiento debe identificar específicamente el problema, la hora y fecha de la corrección.

Figura. 36 Ficha de reporte del operario.

FICHA DE REPORTE DEL OPERARIO								
No. FRO001			Máquina:					
#	Código operario	problema o falla por reportar	inicio del reporte		código del mecánico	causa del problema	fin del reporte	
			fecha	hora			fecha	hora
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								

5.3 Realización de rutinas

Como todo programa de mantenimiento, debe de tenerse bien claro qué es lo que se va a inspeccionar y la frecuencia con que se realizará. Para ello se deberá adecuar al tipo de maquinaria con el que se cuenta, por tal motivo en el programa de mantenimiento para obtener esta información se necesita llevar el control de la maquinaria valiéndose de dos formas que son:

- Visitas
- Inspecciones

5.3.1 Visitas

Son revisiones rutinarias y que no toman mucho tiempo; además, deberán realizarse basándose principalmente en la observación. Las visitas requieren en gran medida de la aplicación de todos los sentidos para detectar de mejor forma algún mal funcionamiento en la maquinaria. Estas comprenderán trabajos de limpieza, chequeo de niveles de lubricantes (aceites y grasas) en todos los lugares donde sea necesario, la característica principal de las visitas es que al realizarlas no se harán desmontajes mayores.

5.3.2 Inspecciones

Estas se utilizan en puntos en los cuales es necesario hacer desmontajes para poder realizar limpieza, lubricación o alguna inspección a piezas que quedan en lugares profundos, por tal motivo se requiere detener la maquinaria por un tiempo. Algo importante es no tomar solamente una inspección periódica, también se hará inspección cuando algún operario reporte un desperfecto o una maquinaria en mal funcionamiento, con el fin de identificar el problema y posteriormente definir un periodo adecuado para el mantenimiento por medio de una orden de trabajo.

5.3.3 Orden de trabajo

Una vez que se cuenta con la información necesaria y ésta indica al encargado de mantenimiento una falla, un desajuste, o cualquier alteración que requiera ya sea una inspección más detallada o un trabajo directo de mantenimiento, se debe girar una orden de trabajo. Esto se debe planear estableciendo los tiempos requeridos para dicha labor con el fin de coordinar junto con producción para evitar retrasos en el proceso.

Una orden de trabajo cumple varias funciones como lo son:

- Llevar un registro histórico de desperfectos mecánicos.
- Planificar la reparación de maquinaria al igual que sus respectivos servicios.
- Verificar tiempos para las reparaciones de maquinaria.

Figura. 37 Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO			
No. OD001			FECHA:
		Hora de inicio	Hora de fin
Máquina por trabajar:			
tipo de desperfecto	Mecánico <input type="radio"/>	Eléctrico <input type="radio"/>	Otro
Importancia	Alta <input type="radio"/>	Media <input type="radio"/>	Baja <input type="radio"/>
Código de encargado de mantenimiento.			
Trabajo por realizar:			
Repuestos necesarios para la reparación:			
Observaciones:			
Firma encargado de mantenimiento		Firma jefe de área	

5.4 Revisión periódica de tiempos, diagramas de proceso y sus respectivas actualizaciones

Como toda área de producción, con el tiempo puede haber modificaciones y la línea de producción de lazo polipropileno no está exenta de algún cambio. Por este motivo se dan a conocer algunos factores los cuales podrían ocasionar que en el futuro, este estudio pierda la exactitud, por lo cual se deberán tomar las medidas pertinentes para realizar ya sea un nuevo estudio o solamente aplicar modificaciones dependiendo de los cambios que pueden existir. A continuación se presentan los cambios que pueden afectar directamente al estudio:

- Cambios en la línea de producción.
- Nuevos productos.
- Aumento de denier.

Estos tres cambios afectan directamente el estudio, razón por la cual se deberá conocer o determinar el grado en el que se afecta los tiempos normalizados que con anterioridad se asumieron.

5.4.1 Cambios en la línea de producción

Para cualquier proceso, algún cambio en la línea de producción puede ocasionar la distorsión del estudio de tiempos; algunos de estos cambios son:

- Nueva maquinaria.
- Reubicación de personal.
- Cambio de piezas en la maquinaria, principalmente en motores.

5.4.2 Nuevo producto

En un momento determinado el gusto del cliente puede cambiar hacia otra medida de lazo, esto ocasionaría la variación del estudio de tiempos; para esto hay que identificar aquel cambio que afecta directamente al tiempo en que se tarda la máquina para producirlo como el tiempo que afecta directamente al tiempo que el trabajador se tarda en cargarlo y descargarlo.

A continuación se presentan los cambios que afectarían tanto a la maquinaria como al trabajador:

Cambios que afectan a la máquina:

- Variación en el largo del lazo.
- Variación en el grueso del lazo.
- El aumento o disminución de la torsión.

Cambios que afectan al operario:

- La presentación del lazo (si es rollo o carrete).

5.4.3 Aumento de denier

El aumento en el denier afecta directamente a la producción de extrusión, un aumento del denier es directamente proporcional al aumento de la capacidad en extrusión y la disminución del denier afecta disminuyendo la capacidad en extrusión.

5.4.4 Verificación de tiempos normalizado

Para cada uno de los cambios antes mencionados se propone realizar nuevamente el estudio de tiempos como una verificación del cambio que se produce, es de tomar en consideración en qué grado afecta el cambio al estudio de tiempos, por ejemplo si el cambio se realizara en el denier afectaría principalmente la extrusión y los tiempos se mantienen inalterables y solamente se modificarán las capacidades para determinar algún cambio, principalmente en el cuello de botella.

CONCLUSIONES

1. Por medio del estudio técnico se determinó que la maquinaria más afectada es la retorcedora, que por falta de repuestos se encuentra trabajando en un 72.5% de su capacidad y que el resto de la maquinaria se encuentra en su mayoría en perfectas condiciones, pero por sobrepasar la capacidad de extrusión se hace inútil su uso.
2. Por la falta de un mantenimiento adecuado la maquinaria se encuentra en malas condiciones lo que afecta directamente al proceso lo torna lento y reduce su capacidad. Esto causa que el proceso tarde más tiempo del necesario, lo cual se traduce en pago de horas extras, personal y gasto de energía eléctrica.
3. Actualmente el área de lazo tiene una producción de 5196 lb en 22 horas si se toma en cuenta solamente los rollos terminados; en caso contrario se tiene una capacidad de 5236 lb.
4. En los diagramas de procesos se demostró que el cuello de botella ocurre en el área de extrusión, cuya capacidad está muy por debajo del resto de la línea de producción.
5. El aumento en la capacidad deja a un solo turno las áreas de retorcedora, formadora y cableadora; y el área de extrusión, a dos turnos. Se busca la reducción de costos principalmente en pago de horas extraordinarias, personal y energía eléctrica. Queda en evidencia que la reparación no cumple con la capacidad del área de extrusión; llega a tener una capacidad diaria de 5170.99 lb por día y su capacidad en rollos terminados de 5120 lb. contra la capacidad actual de 5236 lb. Esta diferencia indica que se requerirá que una vez al mes se deba trabajar el día domingo alrededor de cinco horas para terminar el material acumulado. Si bien, no se cumple con el aumento

del doble de la capacidad actual en la retorcedora, formadoras y cableadoras, el ahorro en costos llega a ser de Q. 8214.05 mensuales con una inversión de Q. 39,000.00 y se propone ocho meses de vida útil del proyecto. Luego, realizar una nueva inversión mucho menor a la actual (principalmente porque evitará costos por adquisición de bomba eléctrica de lubricación, piezas u otros).

6. Al momento de arrancar, el área de extrusión necesita un tiempo de precalentamiento de tres a cuatro horas; razón por la cual esta área se tiene que mantener trabajando el mayor tiempo posible y reducir al máximo sus tiempos de paro, mientras que por el contrario, el área de retorcedora supera casi al doble la capacidad de los extrusores. Al conocer estos dos puntos se concluye que una mejora en el diseño y distribución de la maquinaria consiste en que por medio de su reparación se aumente la capacidad del resto de la línea al doble de la capacidad del área de extrusión. Aunque se demostró que no se cumple con duplicar dicha capacidad, se acerca mucho a la capacidad de extrusión, con lo cual se logra un significativo ahorro, principalmente en pago de horas extraordinarias, operadores y energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. Por su importancia, los puntos de lubricación de las diferentes máquinas se deben inspeccionar constantemente, porque eso facilita que en el futuro se tengan bien identificados los problemas que suceden en cada máquina. Además, se obliga a generar órdenes de trabajo para el programa de mantenimiento con el fin de mantenerlas en óptimas condiciones.
2. Implementación de un programa de mantenimiento, del cual se proponen las bases, porque para mejorar la vida útil del presente estudio es necesario y fundamental la implementación de dicho programa. Con ello se busca incrementar la vida útil de la maquinaria y evitar retrasos en la línea de producción.
3. Debido a que actualmente la línea de producción se encuentra con maquinaria fuera de balance, es necesario tratar de reducir la capacidad a las máquinas que sea posible pues con ello será más eficiente la línea de producción de lazo.
4. Como el cuello de botella está al inicio del proceso de producción, es decir, en el área de extrusión y la solución implica una inversión en compra de extrusores la cual es muy costosa, se propone buscar soluciones viables y más accesibles que generen mejores o iguales resultados a los que se tendrían con la compra de nueva maquinaria.
5. El estudio reveló que no se cumple con que el aumento de la capacidad de la maquinaria logre consumir en un solo turno lo que se produce en el área de extrusión en dos turnos; para lograrlo es necesario trabajar alrededor de

cinco horas extras una vez por mes. Es posible evitar que los operarios lleguen a trabajar un día al mes solamente cinco horas si cada dos meses llegan a trabajar durante 10 horas.

6. En el momento en que se implemente este estudio, se debe realizar otro estudio más corto, para identificar realmente cómo se comporta éste en la aplicación práctica, con el fin de obtener la mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chang Cajas, Luis Fernando. Eficiente uso de la energía eléctrica en la planta Jumbo sack de Polyproductos de Guatemala, S.A. Trabajo de graduación Ing. Mec. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, mayo de 2005, 121 pp.
2. Baumister, Theodore. Manual del ingeniero mecánico, México: editorial Mcgraw-Hill, 1982.
3. García Criollo, Roberto. **Estudio del trabajo**, 2^a ed. México: editorial Mcgraw-Hill, 2005, 456 pp.
4. Muñoz Pineda, María del Carmen. Estudio de métodos aplicados a la industria azucarera. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997, 79 pp.
5. Niebel, Benjamín W. y Andris Freivalds. **Ingeniería industrial**, 11^a ed. México: editorial Mcgraw-Hill, 2004, 750 pp.
6. Valdéz Morán, Juan Manolo. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una línea de galvanizado de láminas. Trabajo de graduación Ing. Mec. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006, 117 pp.

ANEXOS

Tabla para la calificación del operario para los tiempos normales.

HABILIDAD		ESFUERZO	
+0.15	A1	+0.13	A1
+0.13	A2 habilidísimo	+0.12	A2 excesivo
+0.11	B1	+0.10	B1
+0.08	B2 excelente	+0.08	B2 excelente
+0.06	C1	+0.05	C1
+0.03	C2 bueno	+0.02	C2 bueno
-0.00	D promedio	-0.00	D promedio
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.10	E2 regular	-0.08	E2 regular
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 deficiente	-0.17	F2 deficiente

Fuente: Estudio del trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo, autor Roberto García Criollo.

Tabla VII Calificación de condiciones y consistencia

CONDICIONES		CONSISTENCIA	
+0.06	A ideales	+0.04	A perfecto
+0.04	B excelente	+0.03	B excelente
+0.02	C buena	+0.01	C buena
-0.00	D promedio	-0.00	D promedio
-0.03	E regulares	-0.02	E regulares
-0.07	F malas	-0.04	F deficientes

Fuente: Estudio del trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo, autor Roberto García Criollo.

Tabla para la asignación de suplementos para los tiempos estándar.

Instituto de Administración Científica de las Empresas					
Técnicas de organización					
Sistema por descanso en porcentajes de los tiempos normales					
1. Suplementos constantes				Hombres	Mujeres
	Hombres	Mujeres	E. Condiciones atmosféricas		
Suplementos por			(calor y humedad)	3	3
Necesidades personales					
	5	7			
Suplementos base por fatiga					
	4	4			
2. Suplementos variables			F. Concentración intensa		
			Trabajos de cierta precisión	0	0
			Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
A. Suplemento por trabajar de			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
	2	4			
B. Suplemento por postura anormal					
Ligeramente incomoda					
	0	1			
Incomoda (inclinado)					
	2	3			
Muy incomoda					
	7	7			
C. Uso de la fuerza			G. Ruido		
(levantar, tirar o empujar)			Continuo	0	0
Peso levantado			Intermitente y fuerte	2	2
Kilogramos			Intermitente y muy fuerte	5	5
Libras			Estridente y fuerte	8	8
2.5	5.51	0	1	1	
5	11.02	1	2	4	4
7.5	16.53	2	3	8	8
10	22.04	3	4		
12.5	27.56	4	6		
15	33.07	5	8		
17.5	38.58	7	10		
20	44.09	9	13		
22.5	49.6	11	16		
25	55.11	13	20(máx.)		
30	66.13	17			
33.5	73.85	22			
D. Mala iluminación			H. Tensión mental		
Ligeramente por debajo de la p			Proceso bastante complejo	1	1
	0	0	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Bastante por debajo			Muy complejo	8	8
	2	2			
Absolutamente insuficiente			I. Monotonía		
	5	5	Trabajo algo monótono	0	0
			Trabajo bastante monótono	1	1
			Trabajo muy monótono	4	4
			J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: Estudio del trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo, autor Roberto García Criollo.