

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL / CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN MATEMÁTICA APLICADA

Tema: MODELO MATEMÁTICO PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EVA FOAMY EN EL ÁREA DE ACABADOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magíster en Matemática Aplicada.

Modalidad de Titulación Trabajo de Investigación

Autor: Ing. Maritza Elizabeth Castro Mayorga

Directora: Ing. Cristina Reinoso, Ph.D

Ambato – Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magister, e integrado por los señores: Ingeniero Fabian Rodrigo Salazar Escobar Doctor, Ingeniero Víctor Santiago Manzano Villafuerte Magister, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “MODELO MATEMÁTICO PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EVA FOAMY EN EL ÁREA DE ACABADOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO” elaborado y presentado por la señora, Ingeniera. Maritza Elizabeth Castro Mayorga, para optar por el Grado Académico de Magister en Matemática Aplicada; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa



Firmado electrónicamente por:
**FABIAN RODRIGO
SALAZAR ESCOBAR**

Ing. Fabian Rodrigo Salazar Escobar Dr.
Miembro del Tribunal de Defensa



Firmado electrónicamente por:
**VICTOR SANTIAGO
MANZANO
VILLAFUERTE**

Ing. Víctor Santiago Manzano Villafuerte Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La Responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “MODELO MATEMÁTICO PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EVA FOAMY EN EL ÁREA DE ACABADOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera, Maritza Elizabeth Castro Mayorga, Autora bajo la Dirección de la Ingeniera, Cristina Isabel Reinoso Astudillo, Ph.D, Directora del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Firmado electrónicamente por:
**MARITZA
ELIZABETH CASTRO
MAYORGA**

Ing. Maritza Elizabeth Castro Mayorga

AUTORA



Firmado electrónicamente por:
**CRISTINA ISABEL
REINOSO
ASTUDILLO**

Ing. Cristina Isabel Reinoso Astudillo, Ph. D

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.



Firmado electrónicamente por:
**MARITZA
ELIZABETH CASTRO
MAYORGA**

Ing. Maritza Elizabeth Castro Mayorga

C.C. 1803472701

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ABREVIATURAS.....	xiv
AGRADECIMIENTO	xv
DEDICATORIA	xvi
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivo Específicos.....	3
CAPITULO II	4
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
2.1 Estado de Arte	4
2.1.1 Programación y Control de la Producción.....	4
Programación de la producción.....	4
Control de la producción.....	5
Investigaciones Relacionadas	6
2.1.2 Modelos de Programación y Modelos matemáticos	7
Modelos de Programación de Producción	7

Modelos matemáticos	8
Investigaciones Relacionadas	9
2.1.3 Proceso productivo y estándares	11
Proceso productivo.....	11
Estándares	13
Investigaciones Relacionadas	14
2.1.4 Teoría de las restricciones.....	15
2.1.5 Programas dirigidos a la construcción y resolución de modelos matemáticos de optimización	16
CAPÍTULO III.....	17
MARCO METODOLÓGICO	17
3.1 Ubicación.....	17
3.2 Equipos y Materiales.....	17
3.3 Tipo de Investigación	17
3.3.1 No Experimental	17
3.3.2 Mixta.....	17
3.4 Pregunta científica.....	18
3.5 Población y muestra	18
3.6 Recolección de la información.....	18
3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico	19
3.7.1 Plan de procesamiento de la información.....	19
3.7.2 Análisis e interpretación de los resultados	19
3.8 Variable respuesta.....	20
3.8.1 Variable Independiente: Modelo matemático para la programación de la producción.	20
3.8.2 Variable Dependiente: Nivel de servicio a la programación	21
CAPÍTULO IV.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22

4.1	Descripción de la empresa Plasticaucho.....	22
4.1.1	Caracterización del proceso.....	22
4.2	Área de acabados.....	24
4.2.1	Producción en el área de acabados.....	24
4.2.2	Diagrama de flujo del área de acabados.....	25
4.2.3	Descripción de actividades de los procesos del área de acabados	26
	Refilado.....	26
	Dividido.....	27
	Corte en guillotina.....	28
	Empaque.....	29
4.2.4	Instalaciones y puestos de trabajo.....	30
4.2.5	Modalidad de trabajo y maquinaria.....	32
4.3	Capacidad de producción.....	32
4.3.1	Estándar de producción.....	32
4.3.2	Cuello de botella.....	37
4.3.3	Análisis de la situación actual.....	43
4.3.4	Análisis del caso de estudio.....	46
4.4	Modelo Matemático.....	47
4.4.1	Consideraciones del modelo.....	47
4.4.2	VARIABLES DE ENTRADA.....	48
4.4.3	Datos de las variables de entrada.....	49
4.4.4	VARIABLES DE SALIDA.....	51
4.4.5	Punto de equilibrio.....	52
4.4.6	Restricciones para el modelo matemático.....	53
	Restricción de disponibilidad de horas semanales.....	53
	Restricción de inventarios.....	54
	Restricción de balance.....	54

4.4.7	Formulación del modelo de máxima ganancia.....	54
4.4.8	Programa AMPL para la programación de la producción en el área de acabados.....	55
4.4.9	Programa Matlab para la programación de la producción en el área de acabados.....	59
	Semana 1.....	61
	Semana 2.....	63
4.4.10	Validación de los resultados obtenidos en AMPL y MATLAB.....	66
4.4.11	Maximización de la ganancia.....	68
	Resultados de la semana 1.....	68
	Resultados de la semana 2.....	70
4.4.12	Resumen de la semana 1 y 2.....	71
4.4.13	Horas empleadas en los procesos del área de acabados.....	74
	CAPITULO V.....	81
	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFIA.....	81
5.1	Conclusiones.....	81
5.2	Recomendaciones.....	82
5.3	BIBLIOGRAFÍA.....	83
5.4	ANEXOS.....	87
	ANEXO I: DATOS Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	87
	ANEXO II: PROGRAMA AMPL.....	91
	ANEXO III: PROGRAMA MATLAB.....	99
	ANEXO IV: SITUACION ACTUAL Y PROPUESTA.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	18
Tabla 3-2: PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	18
Tabla 3-3: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE INDEPENDIENTE.....	20
Tabla 3-4: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE DEPENDIENTE.....	21
Tabla 4-1: CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO.....	23
Tabla 4-2: SISTEMA DE PRODUCCIÓN AREA DE ACABADOS.....	24
Tabla 4-3: MAQUINARIA Y PERSONAS POR PROCESO.....	32
Tabla 4-4: ESTANDARES DE PRODUCCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AREA DE ACABADOS PARA EL FORMATO 115x120x2.	33
Tabla 4-5: ESTANDARES DE PRODUCCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AREA DE ACABADOS PARA EL FORMATO 60x115x2.	34
Tabla 4-6: ESTANDARES DE PRODUCCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AREA DE ACABADOS PARA EL FORMATO 60x90x2.	35
Tabla 4-7: ESTANDARES DE PRODUCCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AREA DE ACABADOS PARA EL FORMATO 57x60x2.	36
Tabla 4-8: PORCENTAJE BALANCEO DEL FORMATO 115x120x2.....	38
Tabla 4-9: PORCENTAJE BALANCEO DEL FORMATO 60x115x2.....	40
Tabla 4-10: PORCENTAJE BALANCEO DEL FORMATO 60x90x2.....	41
Tabla 4-11: PORCENTAJE BALANCEO DEL FORMATO 57x60x2.....	43
Tabla 4-12: DEMANDA MENSUAL DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2020.....	44
Tabla 4-13: PRODUCCION MENSUAL DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2020.....	45
Tabla 4-14: VENTAS MENSUALES DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2020.....	45
Tabla 4-15: INVENTARIO INICIAL MENSUAL DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2020.	45
Tabla 4-16: BENEFICIO, COSTOS DE FABRICACION E INVENTARIOS Y GANANCIA DE LA SITUACION ACTUAL.....	46
Tabla 4-17: VARIABLES DE ENTRADA.....	48
Tabla 4-18: DATOS DE LAS VARIABLES DE ENTRADA.....	49
Tabla 4-19: FAMILIAS DE PRODUCTOS.....	50

Tabla 4-20: PEDIDOS	50
Tabla 4-21: VARIABLES DE SALIDA.....	51
Tabla 4-22: RESTRICCIONES DE NO NEGATIVIDAD	53
Tabla 4-23: RESULTADOS PARA PRODUCIR SEGÚN AMPL.....	56
Tabla 4-24: VENTAS SEGÚN AMPL	57
Tabla 4-25: INVENTARIOS SEGÚN AMPL.....	58
Tabla 4-26: RESULTADOS DE MATLAB PARA LA SEMANA 1	62
Tabla 4-27: RESULTADOS DE MATLAB PARA LA SEMANA 2	65
Tabla 4-28: RESULTADOS DE GANANCIA MAXIMA DE AMPL Y MATLAB DE LAS DOS SEMANAS.....	66
Tabla 4-29: HORAS EMPLEADAS POR SEMANA EN EL PROCESO DE DIVIDIDO SEGÚN LA PRODUCCION DE LA SEMANA 1 Y 2.	67
Tabla 4.30: RESUMEN DE LAS HORAS DISPONIBLES Y HORAS EMPLEADAS POR SEMANA PARA EL PROCESO DE DIVIDIDO.....	68
Tabla 4-31: RESULTADOS DE LA SEMANA 1.....	69
Tabla 4-32: RESULTADOS DE LA SEMANA 2.....	70
Tabla 4-33: RESULTADOS DE LA VALIDACION EN EXCEL SE LA SEMANA 1 Y 2.....	71
Tabla 4-34: COMPARACION DE LA GANANCIA ACTUAL FRENTE A LA GANANCIA DE LA PROPUESTA	72
Tabla 4-35: COMPARACION DE LA PRODUCCION ACTUAL FRENTE A LA PROPUESTA DE LAS SEMANAS 1 Y 2	73
Tabla 4-36: HORAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE REFILADO	75
Tabla 4-37: HORAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE DIVIDIDO.....	76
Tabla 4-38: HORAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE CORTE	77
Tabla 4-39: HORAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE EMPAQUE.....	78
Tabla 4-40: HORAS DISPONIBLES Y EMPLEADAS EN LOS PROCESOS	79
Tabla 4-41: DATOS DE LA SEMANA 1 EN LA SITUACION ACTUAL (PLANCHAS).....	87
Tabla 4-42: DATOS DE LA SEMANA 2 EN LA SITUACION ACTUAL (PLANCHAS).....	88
Tabla 4-43: GANANCIA OBTENIDA EN LA SEMANA 1 EN LA SITUACION ACTUAL.....	89

Tabla 4-44: GANANCIA OBTENIDA EN LA SEMANA 2 EN LA SITUACION ACTUAL.....	90
Tabla 4-45: INVENTARIOS Y VENTAS DE LA SEMANA 1 Y 2	115
Tabla 4-46: INVENTARIOS Y VENTAS DE LA SEMANA 1 Y 2	116
Tabla 4-47: BENEFICIOS Y COSTOS DE LA SEMANA 1	117
Tabla 4-48: BENEFICIOS Y COSTOS DE LA SEMANA 2	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1: Diagrama de Flujo área de acabados.....	25
Figura 4-2: Flujo de actividades del refilado	27
Figura 4-3: Flujo de actividades del dividido.	28
Figura 4-4: Flujo de actividades del corte en guillotina.....	29
Figura 4-5: Flujo de actividades del proceso de empaque.	30
Figura 4-6: Distribución de planta área de acabados	31
Figura 4-7: Formato de 115x120x2.....	34
Figura 4-8: Formato de 60x115x2.....	35
Figura 4-9: Formato de 60x90x2.....	36
Figura 4-10: Formato de 57x60x2.....	37
Figura 4-11: Análisis de restricción del proceso de acabados para el formato 115x120x2.....	38
Figura 4-12: Balanceo de la Línea para el formato 115x120x2.....	39
Figura 4-13: Análisis de restricción del proceso para el formato 60x115x2	39
Figura 4-14: Balanceo de la Línea para el formato 60x115x2.....	40
Figura 4-15: Análisis de restricción del proceso para el formato 60x90x2	41
Figura 4-16: Balanceo de la Línea para el formato 60x90x2.....	42
Figura 4-17: Análisis de restricción del proceso para el formato 57x60x2	42
Figura 4-18: Balanceo de la línea para el formato 57x60x2	43
Figura 4-19: Foamy producido en el área de acabados.....	44
Figura 4-20: Beneficio, costos y ganancia de la situación actual	47
Figura 4-21: Punto de equilibrio	52
Figura 4-22: Visualización de resultados de AMPL	55
Figura 4-23: Programa en MATLAB.....	60
Figura 4-24: Programa en MATLAB variables	60
Figura 4-25: Resultados en Matlab sobre la cantidad a producir en la semana 1	61
Figura 4-26: Resultados en Matlab para las ventas de la semana 1	61
Figura 4-27: Resultados en Matlab sobre los inventarios y función maximizada en la semana 1.....	62
Figura 4-28 Resultados en Matlab sobre la cantidad a producir en la semana 2	63
Figura 4-29: Resultados en Matlab sobre las ventas de la semana 2	64

Figura 4-30: Resultados en Matlab de inventarios y función maximizada en la semana 2.....	64
Figura 4-31: Resultados de ganancia máxima de AMPL y MATLAB de las dos semanas	66
Figura 4-32: Horas disponibles y horas empleadas en el proceso de dividido	68
Figura 4-33: Costos, beneficios y máxima ganancia	71
Figura 4-34: Ganancia actual frente a la ganancia de la propuesta.....	72
Figura 4-35: Ganancia actual frente a la ganancia de la propuesta.....	74
Figura 4-36: Horas disponibles y empleadas en los procesos.....	80
Figura 4-37: Inventarios y ventas semana 1	119
Figura 4-38: Inventarios y ventas semana 2.....	119
Figura 4-39: Beneficios y costos semana 1	120
Figura 4-40: Beneficios y costos semana 2.....	120

ABREVIATURAS

PP	Programación de la producción
OPT	Tecnología de producción optimizada
MRP	Planeación de requerimientos de materiales
JIT	Justo a tiempo
LOP	Control de producción orientada a la carga
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
PVC	Policloruro de vinilo
AMPL	Modeling Language for Mathematical Programming
MATLAB	MATrix LABoratory
PT	Producto terminado
CEDI	Centro de distribución
SE	Subensamble
EVA	Etil, vinil, acetato
SE-FO	Subensambles en formato original
HMI	Human machine interface
PLC	Controlador lógico programable
MOD	Mano de obra directa
GIF	Gastos indirectos de fabricación
CIM	Costos indirectos de manufactura

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de cumplir esta meta. A todos mis maestros del Programa de Maestría en “Matemática Aplicada”, docentes con amplia experiencia y conocimientos que me han orientado en el estudio y en la investigación. Especialmente agradezco a la Ing. Cristina Reinoso, Dra, Directora de Tesis y a los miembros del tribunal revisor, quienes como guías y orientadores han sabido conducir este trabajo para llegar a un feliz término.

Maritza

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Oscar Altamirano, un excelente compañero de vida.

A mis hijos queridos: Osquitar, Dieguito y Mathías.

Y a quíenes desde que nací quieren lo mejor para mí.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL / CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

TEMA:

Modelo matemático para la programación de la producción de eva foamy en el área de acabados de la empresa Plasticaucho.

AUTOR: Ing. Maritza Elizabeth Castro Mayorga

DIRECTOR: Ing. Cristina Reinoso, Ph.D

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

- Diseño, Materiales y producción

FECHA: 22 de abril 2021

RESUMEN EJECUTIVO

Ante la internacionalización de la economía mundial y la creciente necesidad de las organizaciones por competir en los mercados globales, se hace necesario que la programación de la producción se apoye en modelos matemáticos que permitan ser más objetivos al momento de decidir qué, cómo y cuándo producir. Tradicionalmente las empresas de manufactura han enfocado su gestión en calidad, eficacia y productividad; actualmente es necesario que los procesos de fabricación ofrezcan además diferenciación en el producto y servicio percibido por el cliente: confiabilidad y flexibilidad en los tiempos de entrega y tamaños de lote; sin embargo, no se debe perder de vista el propósito de toda empresa que es generar rentabilidad.

La globalización propicia mayor dinamismo y competitividad en los mercados, esto conlleva a que las industrias generen planes estratégicos en todas sus áreas, especialmente en manufactura para optimizar los recursos; el manejo de los recursos

están relacionados directamente con el departamento de planificación y programación ya que son el enlace entre el departamento de ventas y la planta de producción, por lo tanto es primordial que se involucre a planificación en los proyectos que producción plantea para optimizar los recursos.

En el proceso de acabados que se realiza en la planta de Industrias Diversas de Plasticaucho Industrial, la programación de la producción se realiza en función al ingreso de pedidos sin considerar los costos y los beneficios, por tal motivo se realizó el estudio y se propone la inclusión de un modelo matemático en la programación de la producción. El primer paso consistió en identificar los productos que son fabricados en el área de acabados, posteriormente se documentó los costos de producción, costos de mantener inventarios, beneficio por producto, estándares, inventarios de productos terminados, luego se identificó las restricciones de no negatividad y de proceso para finalmente desarrollar el modelo matemático que permitirá programar la producción en función a costos para obtener la mayor rentabilidad en la línea de producción.

Descriptor: Programación de la producción, control de producción, proceso productivo, estándares, teoría de restricciones, modelos de programación de producción, modelos matemáticos, inventarios.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL / CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN MATEMÁTICA APLICADA

THEME:

Mathematical model for the programming of the production of Eva foamy in the finishes area of the Plasticaucho Company.

AUTHOR: Ing. Maritza Elizabeth Castro Mayorga

DIRECTED BY: Ing. Cristina Reinoso, Ph.D

LINE OF RESEARCH:

- Design, Materials and production.

DATE: April 22, 2021

EXECUTIVE SUMMARY

Given the internationalization of the world economy and the growing need for organizations to compete in global markets, it is necessary for production scheduling to be supported by mathematical models that allow for more objective when deciding what, how and when to produce. Manufacturing companies have traditionally focused their management on quality, efficiency and productivity; currently it is necessary that the manufacturing processes also offer differentiation in the product and service perceived by the client: reliability and flexibility in delivery times and batch sizes; however, the purpose of any business, which is to generate profitability, should not be lost sight of.

Globalization fosters greater dynamism and competitiveness in the markets, this leads industries to generate strategic plans in all their areas, especially in manufacturing to optimize resources; The management of resources are directly related to the planning and programming department since they are the link between

the sales department and the production plant, therefore it is essential that planning is involved in the projects that production raises to optimize the resources.

In the finishing process that is carried out in the Plasticaucho Industrial Plant of Various Industries, the production scheduling is carried out according to the order entry without considering the costs and benefits, for this reason the study was carried out and the inclusion of a mathematical model in production scheduling. The first step consisted of identifying the products that are manufactured in the finishing area, subsequently the production costs, costs of maintaining inventories, profit per product, standards, inventories of finished products were documented, then the restrictions of non-negativity and process to finally develop the mathematical model that will allow to program production based on costs to obtain the highest profitability in the production line.

Keywords: Production scheduling, production control, production process, standards, theory of restrictions, production scheduling models, mathematical models, inventories.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

La planificación de la programación de la producción (PP) determina las cantidades que deben ser producidas en un determinado tiempo y está enfocado en el mediano y largo plazo (Cayo y Onal, 2020). En las industrias normalmente se ejecuta una planificación anual, la misma que considera los recursos humanos, horas de trabajo y recursos en general; mientras que la programación es más finita, llegando a tener programaciones que pueden durar un turno o una semana dependiendo del área de trabajo. La PP se ha convertido en una herramienta fundamental al momento de distribuir los recursos con la consigna de utilizarlos de manera eficiente, enfocando siempre en la optimización de las operaciones de producción reducción de costos y ser más competitivos en el mercado (Ríos, & Sánchez, 2004).

Para garantizar la entrega oportuna de productos al cliente interno es fundamental que en la programación se considere los planes de mantenimiento preventivo y las pérdidas de tiempo que se generan a consecuencia de las calibraciones y limpiezas, las mismas que deben estar definidas claramente en el documento de restricciones; de esta manera ayudamos a reducir el tiempo de entrega de los productos a los clientes externos. La aplicación de la Ingeniería Industrial en los procesos productivos ha tomado mayor importancia ya que mediante la aplicación de métodos tiempos y movimientos permite calcular los estándares de manera técnica, los mismos que permiten el uso eficiente de los recursos y con ello mejorar los índices de rentabilidad y la utilidad de los productos (Fernández 2011). El balance de línea es una herramienta de apoyo para la gestión de la producción que ayuda a distribuir los recursos adecuadamente, de una línea de producción equilibrada depende la optimización de algunas variables que afectan a la productividad tales como el producto en proceso, tiempos de producción, etc; lo óptimo sería contar con un balance de línea como entrada para el proceso de programación, ya que esta permitiría una administración minuciosa de los recursos y por ende una adecuada distribución de los costos en los productos. (Deiana, Granados, y Sardella, 2011).

El informe de la propuesta de investigación se centra en el diseño de un modelo de PP que nace de necesidad de disponer de una herramienta de toma de decisiones que ayude a optimizar los recursos.

A continuación, se resume el contenido de la investigación: en el capítulo I se muestra la justificación del proyecto y los objetivos a cumplir. En el capítulo II se detalla la bibliografía tomada en cuenta en el estado del arte. En el capítulo III se considera la metodología y los niveles de investigación. En el capítulo IV se describe la situación actual, tomando en cuenta las variables que intervienen en el modelo matemático, se diseña el modelo matemático y se determina los resultados. En el capítulo V se muestra las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1.2 Justificación

Diseñar un modelo matemático para la PP que permita priorizar la producción considerando obtener el mejor beneficio.

El impacto de la globalización está creando entornos de producción más favorables, incrementando la productividad, aportando con productos de mayor calidad y menor costo; generando la capacidad de fabricar lotes más pequeños con plazos cortos de producción y comercialización de los productos reduciendo el tiempo de entrega; llevando a las empresas a encontrar nuevas formas de optimizar los procesos, aumentando el rendimiento mediante el uso eficiente de los recursos. La investigación de este tema es de interés porque sirve de referente para el personal de Plasticaucho Industrial y de otras industrias locales y nacionales, ya que no existen estudios realizados sobre este tema. El interés del presente proyecto radica en la necesidad de generar la programación finita por máquina divisor y por turno con la finalidad de distribuir los recursos de manera eficiente.

El trabajo de investigación posee utilidad teórica porque se acude a fuentes de información bibliográfica actualizada y especializada sobre el tema. Mientras que la utilidad práctica se expone con una propuesta de solución al problema investigado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un Modelo Matemático para la programación de la producción de Eva Foamy en el área de Acabados.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Documentar el caso de estudio de la situación actual de la planta considerando las variables de desempeño.
- Elaborar un diagnóstico de las variables que intervienen en el modelo matemático a diseñar.
- Formular un modelo matemático para la programación de la producción de Eva Foamy en el área de Acabados.

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Estado de Arte

2.1.1 Programación y Control de la Producción

Programación de la producción

La planeación y la PP es considerada como la administración de un conjunto de recursos, materiales humanos o financieros que se necesitan para la producción de bienes y/o servicios en un determinado período de tiempo por (Chapman, 2006) y (Chase y Jacobs, 2010). Además, la planificación de la producción se caracterizan por contar con un conjunto de proyecciones y decisiones estructurales interrelacionadas, las cuales permiten definir la actividad productiva de la organización a corto, mediano y largo plazo (Ramírez, 2004).

Un sistema de planificación de los requerimientos de materiales (MRP) transforma un plan maestro de producción en un programa detallado de necesidades de recursos requeridos para la fabricación de productos terminados (PT) utilizando para ello las listas de materiales o recetas, los mismos que atraviesan el proceso de transformación a lo largo de la línea de producción hasta llegar a su etapa final que se la conoce normalmente como montaje final (Rodríguez, 2010).

La PP inicia con actividades establecidas que indican como hacer o como proceder, con las instrucciones, incluyendo la ruta de los productos, del proceso o de un puesto de trabajo a otro. El programa de producción está involucrado por los materiales, el personal, la capacidad instalada de la maquinaria y el sistema de producción (Muñoz, 2017). El no considerar ninguna restricción de capacidad es una desventaja en la planificación real y dio lugar a la evolución de MRP II en el cuál se considera la planificación de negocio, ventas y planificación de la producción (Chapman, 2006); sin embargo (Jonsson y Mattsson, 2002) y (Mula y Poler, 2001) señalan que los sistemas MRP II son los más utilizados para la planificación y control de la producción en la industrias aunque en algunas ocasiones hay problemas para su implementación.

Una buena planificación de las operaciones asociadas a la producción, constituye uno de los retos más grandes para las empresas manufactureras (Motoa, T., Osorio, J., Orejuela, 2013). En los últimos años para la programación agregada han desarrollado métodos de solución sofisticados; sin embargo, algunos planificadores afirman que este concepto es ocasionalmente aplicado en la industria (Gansterer, 2015). Una razón para buscar la mejor solución a la planificación son los altos costos que intervienen en la misma (Lee, Larry y Manoj, 2008), sin embargo sin una planificación no es posible gestionar de manera adecuada el sistema productivo (Boiteux, Corominas y Lusa, 2007), para lo cual es importante considerar las restricciones del proceso, la demanda de producto, la evolución de inventarios y la mano de obra (Gil y Machuca, 1995).

La dinámica que presentan los mercados de la actualidad invita a las empresas a aprovechar su capacidad de innovación para mantener un alto desempeño y afrontar los cambios del entorno. La productividad y competitividad de una empresa está directamente ligada con la innovación de sus procesos y la programación efectiva de las tareas (Rodríguez, 2017)

Control de la producción

El control de la producción consiste en la ejecución de las actividades necesarias la revisión y seguimiento de las actividades productivas con la finalidad de cumplir con las directrices establecidas por la estrategia de operaciones de la empresa Plasticaucho. El control de la producción es importante para el cumplimiento de las fechas de entrega de los pedidos, utilización de recursos como maquinaria, inventario de materiales, entre otras (Muñoz, 2017).

En el ámbito industrial existen dos tipos de sistemas de planificación y control de la producción, los de arrastre y los de empuje. Los de arrastre consiste en que la producción se inicia como consecuencia del ingreso de pedidos de los clientes, mientras que en los sistemas de empuje, la producción se inicia por la decisión del programador de fabricar para mantener los amortiguadores (inventarios) antes que el cliente exprese su necesidad (Haan, Yamamoto y Lovink, 2001).

La complejidad de los sistemas de producción se ha ido incrementando a medida en la que el mercado se ha tornado más exigente como consecuencia de evolución de la fabricación en masa a la fabricación basada en la variedad (Rodríguez, 2010). En estas circunstancias aspectos como flexibilidad, adaptabilidad y rapidez de respuesta han pasado de ser aspectos deseables a convertirse en la clave del éxito en muchas empresas (Araújo et al., 2004). Actualmente las industrias manufactureras enfrentan el reto de ser flexibles al momento elaborar sus productos para lo cual necesitan desarrollar técnicas de planeación y PP que permita producir lotes pequeños de productos con diferentes características (Rodríguez, Cárdenas y Carabalí, 2017); de la misma manera el buen manejo de sus recursos involucrados en cada una de las etapas productivas (Collier y Evans, 2016). Sin una planificación adecuada no es posible gestionar de manera eficiente el sistema productivo (Boiteux et al., 2007).

Investigaciones Relacionadas

En la investigación referente a procedimientos para la programación (Ortiz y Caicedo, 2014), resaltan que la PP es una respuesta operativa que permite optimizar la producción de los bienes o servicios, para lo cual se puede hacer uso de diversas técnicas de PP, sin embargo, las técnicas de programación matemática pueden solucionar óptimamente los problemas de programación. A pesar que las primeras publicaciones sobre la PP aparecieron a mediados del siglo XX, existen brechas importantes entre los problemas industriales y la literatura perjudicando la aplicabilidad de los métodos debido a la exclusión de las restricciones del mundo real (Marceles y Quevedo, 2016).

Una investigación referente a la PP en el sector cerámico español donde determinan que la configuración de máquinas en las empresas manufactureras junto con la PP determina el grado de dificultad del problema de obtener la mejor secuencia de fabricación de los pedidos. Así, el número de máquinas, su ubicación y funcionamiento inciden tanto en caracterizar el problema de producción como en proponer técnicas adecuadas de resolución, debido a la dificultad de disponer de un método general para resolver problemas de producción con cualquier configuración productiva la desarrollan (Vallada et al., 2004).

(Vallada et al., 2004) en su investigación desarrollada en una empresa textil, proponen un modelo de PP mediante la aplicación de una meta heurística para lograr la reducción del tiempo de terminación del último proceso, para lo cual desarrollan una metodología de PP para configuraciones tipo línea de flujo.

(Araúzo et al., 2004) manifiesta que la planificación, programación y el control de la producción es un campo de estudio que se encuentra en constante evolución. Prueba de ello es la gran cantidad de siglas como OPT (Tecnología de producción optimizada), MRP (Planeación de requerimientos de materiales), JIT (Justo a tiempo) o LOP (control de producción orientada a la carga), que han aparecido en las últimas décadas y que están relacionadas con la gestión de los sistemas de producción.

(Bonilla et al. 2017) Manifiesta que el impacto negativo en la producción, dado por el sistema inadecuado en los procesos, por la mala distribución de los equipos que ocasionan cuellos de botella los cuales generan que haya demora en los tiempos de entrega en la que se pierde recursos, por otra parte los procesos no se encuentran bien definidos ocasionando pérdidas en la producción y quedando lejos de cumplir con las exigencias de los clientes como calidad, cantidad, costos y tiempos de entrega.

2.1.2 Modelos de Programación y Modelos matemáticos

Modelos de Programación de Producción

(Ortiz y Caicedo, 2014) Consideran que la PP, permite optimizar la producción de los bienes y servicios. (Jain y Meeran, 1998) reconocen que los problemas de PP pueden ser resueltos óptimamente utilizando técnicas de programación matemática.

Existen modelos agrupados para ejecutar la PP en tres grupos fundamentales: 1.- los intuitivos o de prueba y error, que son los más utilizados en la práctica; 2.- los analíticos que se sustentan en los modelos matemáticos y se subdividen en: a) los basados en la programación matemática que tienen como objetivo encontrar la solución óptima y b) los heurísticos, que buscan llegar a una solución satisfactoria; 3.- los de simulación que normalmente utilizan un ordenador, en el cuál se prueban múltiples soluciones que mejoran por medio de reglas de búsqueda (Tous Zamora et al., 2019).

La programación lineal es una herramienta aplicada en los diversos campos empresariales como los textiles, producción, entre otros. En la actualidad, las industrias enfrentan problemas que ponen en riesgo su estabilidad económica y su permanencia en el mercado, por lo que se debe buscar soluciones rápidas y factibles (Sornoza, 2017).

Por lo mencionado se considera el criterio de (Rodríguez y Molina, 2010) que Manifiesta que el método científico apoyado en la programación lineal y el análisis de decisiones es una herramienta de gran utilidad ya que por medio de esta se obtiene solución cuantitativa a problemas y nos ayuda a la toma de decisiones basadas en un proceso analítico.

También (Marín y Maya, 2016) considera que la programación lineal planea las actividades para conseguir un mejor resultado entre las alternativas de solución, el problema de maximizar la función objetivo está vinculada a las distintas restricciones.

(Ospina, Rodas y Botero, 2008) manifiesta que en la actualidad las compañías recopilan, almacenan, clasifican y analizan datos históricos con el fin de estimar las posibles demandas futuras. Dicha demanda estimada se fija en un tiempo determinado. Para cada combinación del tiempo y número de períodos se modela con programación lineal en las variables.

Modelos matemáticos

Los modelos matemáticos son una descripción en lenguaje matemático, de un objeto que existe en un universo no-matemático, en el mismo se puede determinar tres fases: construcción del modelo (transformación del objeto no-matemático en lenguaje matemático), análisis del modelo (estudio del modelo) e interpretación del análisis matemático (aplicación de los resultados del estudio matemático al objeto inicial no-matemático). El éxito o fracaso de los modelos es un reflejo de la precisión con que dicho modelo matemático representa al objeto inicial y no de la exactitud con que las matemáticas analizan el modelo (Rodríguez y Steegmann, 2010).

(Rodríguez y Steegmann, 2010) en su investigación sobre modelos matemáticos manifiesta que existen dos tipos: a) determinísticos, en los cuales se puede controlar los factores que intervienen en el estudio del proceso o fenómeno y por lo tanto se puede predecir con exactitud los resultados; mientras que b) estocásticos, no es posible controlar los factores que intervienen en el estudio y en consecuencia no produce resultados únicos, pues genera una probabilidad que le adjudica a cada uno de estos.

(Brito et al., 2011) en su investigación referente al papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros, manifiesta que un modelo constituye una representación o abstracción de la realidad, pues consiste en describir alguna parte del mundo real en términos matemáticos. Estos han sido construidos en varias ciencias entre las que se puede mencionar físicas, biológicas y sociales. La creación de los modelos matemáticos no requiere de excesivos gastos de materiales y con ayuda de diferentes softwares permite modelar en un tiempo relativamente corto. En un modelo matemático se establece un grupo de relaciones definidas en un conjunto de variables que reflejan la esencia de los fenómenos en el objeto de estudio.

Investigaciones Relacionadas

En la investigación realizada por (Caicedo, Criado y Morales, 2019) manifiestan que los modelos de optimización tienen amplia contribución en la reducción de costos y consecuentemente en la generación de ahorro de recursos. La optimización matemática en programación tiene un amplio campo de aplicación en la solución de problemas productivos, permitiendo la toma de decisiones oportunas para la gestión eficiente de los recursos aumentando los beneficios.

Una investigación importante referente a la PP manifiesta que el primer paso para desarrollar el modelo matemático es identificar las restricciones del sistema productivo y las oportunidades que permitan aprovechar adecuadamente los recursos (Ortiz y Caicedo, 2012).

Una de las aplicaciones económicas más importantes de la programación lineal viene dada por su uso en la optimización de la producción, a través de modelos lineales, de

forma tal que sean utilizadas las materias primas disponibles para obtener máximos beneficios o mínimos costos (Martinez, 2014).

(Montesinos y Hernández, 2007) en su investigación sobre modelos matemáticos para enfermedades infecciosas manifiesta que el empleo de modelos matemáticos para enfermedades infecciosas ha crecido significativamente en los últimos años debido a que proporcionan información útil para tomar decisiones e instituir medidas operativas en el control o erradicación de una enfermedad infecciosa. Estos modelos son muy útiles porque capturan propiedades esenciales de la dispersión de una enfermedad de una forma simplificada, además contribuyen a prevenir futuras situaciones patológicas, determinar la prevalencia e incidencia y coadyuvar a tomar decisiones objetivas para el control o supresión de las enfermedades infecciosas.

(Aravena, Caamaño y Giménez, 2008) en la investigación sobre modelos matemáticos a través de proyectos concluye que el trabajo sustentado en la modelización prepara a los estudiantes para que tengan una preparación activa en el ámbito social y cultural; además esta forma de trabajo ofrece una visión integrada de las matemáticas que permite comprender y valorar la utilidad de los conceptos y procesos en un mundo cada vez más matematizado.

(Salas y López, 2016) en la investigación realizada sobre Modelo matemático como catalizador de la gestión del cambio Tecnológico manifiesta que: Los modelos matemáticos buscan que las arquitecturas de los sistemas sean flexibles e integrados y se enfoquen hacia la avalancha digital, dirijan a las TIC de forma eficiente en la industria petrolera, que está cada vez más orientada por los datos y las simulaciones. La disminución de los presupuestos de las TIC exige innovaciones que generen nuevas formas de manipular más información, realizar una mejor gestión de cargas de trabajo, que cada vez son más pesadas para transformarlas a una mayor capacidad, por cada inversión en mano de obra, espacio, energía y tecnología que invierte la empresa

En la investigación realizada sobre Programación óptima de la producción en una pequeña empresa de calzado manifiesta que el modelo matemático que representa el

programa óptimo de producción de una pequeña empresa de calzado para un período específico de tiempo puede ser utilizado por cualquier pequeña empresa que cuente con las características y operaciones similares a las de la empresa estudiada (Rodríguez y Steegmann, 2010).

En diversos sectores productivos, el proceso de planificación y programación no está acompañado de herramientas de programación que permitan eficiencia y eficacia en el desarrollo de sus operaciones, por lo cual es un campo abierto a la aplicación de la investigación de operaciones en dichos sectores. Además El modelo matemático brinda una herramienta de programación que integra las distintas variables presentes en la decisión, que incluyen aspectos operacionales y económicos en la evaluación de las opciones de producción de un pedido, focalizando el análisis en el impacto en la rentabilidad de la empresa, generando considerables reducciones de tiempo en el proceso de planificación (Romero, Grandón, y Abufarde s. f.).

La utilización de modelos matemáticos para simular los procesos de transporte y dispersión de los contaminantes vertidos en medios receptores ha experimentado un crecimiento en las últimas décadas, esto debido a la necesidad de estudiar y evaluar la contaminación generada por las aguas vertidas y su impacto en el medio receptor, ya que afecta el desarrollo de las actividades humanas y en general la calidad del medio ambiente. De esta manera la modelación matemática de la calidad del agua se ha convertido en una herramienta que contribuye a la planificación integral de la calidad de los recursos hídricos (Torres et al., 2015); como se puede apreciar, los modelos matemáticos tienen amplio campo de acción.

2.1.3 Proceso productivo y estándares

Proceso productivo

El proceso productivo permite transformar los insumos utilizados en productos o servicios, para satisfacer las necesidades de los clientes; por lo que es necesario realizar un estudio holístico de los elementos que forman la cadena de valor y demás factores que influyen tanto en el proceso interno como antes y después del mismo,

hasta la materialización del bien o servicio según las especificaciones establecidas y su posterior venta para llenar las expectativas de los clientes.

En primera instancia, el término producción hace referencia al proceso de transformación que experimenta la materia prima, según (Rodríguez et al., 2002) consideran que la función de producción en una organización se ocupa específicamente de la actividad de producción de artículos, es decir, el diseño, la implementación, la operación y el control del recurso humano, materiales, equipos, capital e información para conseguir los objetivos específicos de producción.

La gestión de la producción y de las operaciones va más allá de las operaciones de manufactura que implican el montaje de productos, también abarca la operación de bancos, las compañías de seguros y las empresas con tecnología de vanguardia; es decir cualquier empresa que genere productos tangibles o servicios intangibles forman parte del campo de acción de la gestión de la producción y de las operaciones (Rodríguez et al., 2002).

(Horngren, Foster y Datar, 2007) afirman que la productividad mide la relación entre los insumos reales y la producción alcanzada, mientras menores sean los insumos utilizados para una determinada producción, mayor es el nivel de productividad. La medición de productividad se enfoca en dos aspectos de la relación entre insumos y producción; evalúa si se han utilizado más insumos que los necesarios para la producción y si se ha utilizado la mejor mezcla de insumos para obtener la producción.

El proceso productivo debe estar en sintonía con la estructura organizacional y tomar en cuenta tanto el ámbito interno como su entorno. En este marco de referencia, se hace énfasis en la investigación sobre variables fundamentales para el establecimiento de las estrategias de modernización referidas a la planificación de la capacidad, la ubicación y distribución de las instalaciones, la planeación de la producción, el diseño del producto y de los procesos, la gestión de inventarios, de los recursos humanos y la de los sistemas de información (Rodríguez et al., 2002).

Estándares

El estándar se define como el patrón o modelo que mide el tiempo necesario para completar una unidad de trabajo, para lo cual considera método, equipo estándar y un trabajador que posea la habilidad requerida, ejecutando una velocidad normal de trabajo que pueda sostener día tras día sin revelar señales de fatiga (Cardona y Sanz, 2007).

(Guzmán y Castaño, 2013) en su investigación sobre Estudio de Métodos y tiempos de la línea de producción de calzado identifica el método, el lugar, la sucesión de tareas y el personal presente en la fabricación del calzado tipo clásico de dama. Determina el tiempo estándar de fabricación de la línea y logra identificar y generar propuestas de mejora en la ejecución de las distintas tareas de cada estación de trabajo. Además, determina el tiempo estándar de fabricación con las distintas propuestas de mejora, Define un nuevo método de fabricación, evidenciando disminución en los costos laborales e incremento en la productividad.

Los diagramas de flujo son una herramienta importante para la mejora de procesos de cualquier índole, permiten detectar las actividades que agregan valor y aquellas que son redundantes o innecesarias. En la definición de un método de trabajo es muy importante la comunicación con el operario porque no basta solo con la aplicación de técnicas especiales para su determinación. La participación del operario y poder trabajar en conjunto con el analista a retro alimentar bien los procesos y en ocasiones a detectar situaciones que a simple vista el analista no puede captar pero que ellos con el tiempo que llevan realizando dicha labor si han podido identificar y las consideran muy importantes para el desempeño adecuado de su labor. Siempre que se quiera determinar un estándar de alguna operación o proceso específico es importante que el operario cuente con todas las herramientas necesarias para desempeñar dicha labor, el mismo debe tener buena experiencia, llevar realizando ese proceso por un tiempo mayor a un mes y la maquina con la que realiza dicha labor debe estar funcionando correctamente sin ningún tipo de falla (Guevara, 2008).

Investigaciones Relacionadas

(Rodríguez et al., 2002) en su investigación realizada al análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial concluye que las alternativas de los sistemas de información aplicables al proceso productivo de cualquier empresa crecen cada día, sin embargo, la decisión de adoptar alguna debe apoyarse en la habilidad para determinar que la elección de una determinada tecnología tenga un impacto estratégico que promueva cambios para obtener ventaja competitiva.

(Sánchez, Ceballos y Sánchez, 2015) en su investigación realizada sobre el proceso productivo de una empresa de confecciones manifiesta que es importante identificar las falencias en los procesos actuales y proponer escenarios de solución orientados a incrementar la productividad para lo cual es necesario incorporar herramientas de simulación.

(Colindres, 2019) menciona en la investigación sobre Estándares de producción de tubo y empaque en las líneas de extrusión de PVC que: Con base al estudio de tiempos empleado en los procesos y empaque, fueron determinados los índices de producción, previos a los cambios propuestos. Mediante la aplicación del estudio de métodos y tiempos, se utilizaron técnicas de la ingeniería como cronometraje, tiempos estándar, diagramas de procesos y distribución, reduciendo el tiempo operacional. Se determinaron los porcentajes de mejora para cada proceso, por medio de la reducción del tiempo ocioso, obteniendo un aumento en la productividad final.

(Labarca, 2007) en su investigación realizada sobre las consideraciones teóricas de la competitividad empresarial manifiesta que, en la actualidad en el sector empresarial existe la necesidad de ser cada día más competitivos, esto obliga a las empresas a analizar sus procesos para obtener una mejor calidad que le permita cumplir con las necesidades y expectativas de los clientes. La competitividad empresarial, en el contexto de la globalización exige las organizaciones para ser sostenibles en mercados nacionales e internacionales tener una administración más eficiente y eficaz de todos los recursos involucrados.

2.1.4 Teoría de las restricciones

La teoría de las restricciones registra la importancia de las restricciones que se presentan en todas las organizaciones para la íntegra utilización de su capacidad instalada. ¿Qué será una restricción? Son aquellas que impiden la utilización de la plena capacidad instalada de la organización. Esta situación limita la utilización de los recursos por las actividades no restringidas (similar al cuello de botella) que deberán esperar hasta la solución de la restricción (en muchos de los casos, por el simple transcurso del tiempo), generándose por consiguiente capacidad no utilizada. Estas restricciones jugarán un papel muy importante en entender porque la capacidad no utilizada existe, así como deberá ser la capacidad objeto de una buena administración. (Gaudino, 2000)

Las restricciones pueden ser de carácter interno o externo, Las primeras surgen por limitaciones derivadas de los procesos o políticas internas de la empresa. Las restricciones por proceso son aquellas que se presentan cuando un proceso u operación en la empresa tienen insuficiente capacidad para satisfacer totalmente la demanda del mercado, por ejemplo, una maquina con un flujo menor al resto. Las restricciones por políticas surgen cuando la dirección define procedimientos que limitan la capacidad de operación de una organización o restringen la flexibilidad (Marín y Gutiérrez, 2013).

El aumento de los productos en Proceso acrecienta el inventario y no ayuda mejorar el flujo del sistema empresa. El inventario se acumulará en los cuellos de botella del proceso productivo desvirtuando la aplicación del justo a tiempo al principio de la cadena productiva y afectando los resultados del proceso, es decir el efecto final será sobre el resultado generado por el sistema, que en nuestro caso es la utilidad. Lo anterior no quiere decir que el nivel del inventario antes del recurso restrictivo sea igual a cero. La teoría de las restricciones plantea evitar los retrasos ocasionados por fluctuaciones estadísticas u otros eventos aleatorios del proceso mediante el proceso de pulmón. El pulmón físicamente se define como un pequeño inventario que garantiza la continuidad del proceso productivo, manteniendo un flujo ininterrumpido en los recursos con problemas de capacidad. (Aguilera, 2000).

2.1.5 Programas dirigidos a la construcción y resolución de modelos matemáticos de optimización

Existen varios recursos gratuitos para investigación de operaciones que son de gran ayuda para resolver problemas relacionados a PP, así como: Solver, What'sBest, GAMS, NEOS Solvers, Geogebra, Método Simplex, Linear Programming, entre otros.

Como se señaló en la Introducción la programación matemática es una técnica que ayuda a resolver ciertos tipos de problemas, en particular maximizar las ganancias y minimizar los costos, sujeto a limitaciones de recursos, capacidades, suministros, demandas y similares.

AMPL (Modeling Language for Mathematical Programming) es un lenguaje de modelado para programación matemática: un lenguaje capaz de expresar en notación algebraica problemas de optimización tales como los problemas de programación lineal. Los modelos en AMPL envuelven variables, restricciones, y objetivos, expresados con la ayuda de conjuntos y parámetros. A todos se les llama elementos del modelo, cada elemento del modelo tiene un nombre alfanumérico (Luque, 2000).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

La investigación se realizó en el área de acabados de la Empresa Plasticaucho de la ciudad de Ambato, Provincia del Tungurahua, la misma que se encuentra ubicada en la etapa IV del parque industrial

3.2 Equipos y Materiales

En el desarrollo de la presente investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Computadora
- Tablero soporta hojas
- Cámara de fotos
- Cronómetro
- Impresora
- Software AMPL
- Software MATLAB
- Excel

3.3 Tipo de Investigación

3.3.1 No Experimental

El tipo de investigación es no experimental debido a que se desarrolló una propuesta de modelo matemático para la PP, la misma que podrá o no ser aplicada por el beneficiario de esta investigación.

3.3.2 Mixta

El enfoque de la investigación es mixto. Cualitativo porque estos resultados serán interpretados críticamente con el apoyo del marco teórico y Cuantitativo porque se incluye en la investigación información relevante como estándares, inventarios iniciales, ingresos de pedido, costos de producción, etc.

3.4 Pregunta científica

¿Mejora la rentabilidad del proceso del área de acabados con un modelo matemático de programación de la producción?

3.5 Población y muestra

Para este caso, la población de estudio se encuentra en el área de acabados de la empresa Plasticaucho.

Para definir la población y muestra se consideró las siguientes características:

En la población existe homogeneidad. El tiempo donde se ubicarían la población objeto de estudio. Adicionalmente se establece el espacio, es decir los recursos disponibles. Finalmente se define el tamaño de la población, es decir la cantidad.

Tabla 3-1: UNIDAD DE OBSERVACIÓN

CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
Homogeneidad	Supervisores, líderes y operadores de maquina
Tiempo	2020
Espacio	Plasticaucho área de acabados
Cantidad	22 (Operadores, líderes y supervisores)

Debido a que el número de elementos es menor que 100, se trabajó con todo el universo, sin tener la necesidad de obtener una muestra representativa.

3.6 Recolección de la información

Tabla 3-2: PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para lograr los objetivos de la investigación
2. ¿De qué persona u objetos?	Máquinas y trabajadores del área de acabados
3. ¿Sobre qué aspectos?	Indicadores (matriz de operacionalización de variables)

4. ¿Quién, quienes?	Investigador
5. ¿Cuándo?	En el segundo semestre del 2020
6. ¿Dónde?	Área de acabados de Plasticaucho.
7. ¿Cuántas veces?	Las que sean necesarias
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación, registro
9. ¿Con qué?	Hojas de registro de producción, tablero de control
10. ¿En qué situación?	Durante el desarrollo de los turnos de producción del área de acabados

3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico

3.7.1 Plan de procesamiento de la información

Los datos recopilados se transforman siguiendo los pasos sugeridos por Herrera (2008):

- Revisión de la información recopilada
- Organización de los datos recolectados
- Tabulación o cuadros según las variables de la hipótesis.
- Estudio estadístico de datos para la presentación de resultados

3.7.2 Análisis e interpretación de los resultados

- Análisis de resultados obtenidos en el modelo matemático, destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos planteados
- Interpretación de los resultados con el apoyo del estado del arte, tanto en la variable independiente (Modelo matemático para la PP) y la variable dependiente (Nivel de servicio a la programación).
- Establecimiento de las conclusiones y recomendaciones

3.8 Variable respuesta

3.8.1 Variable Independiente: Modelo matemático para la programación de la producción.

Tabla 3-3: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE INDEPENDIENTE

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El modelo matemático describe un objeto que existe fuera del campo de las matemáticas, en el cuál se identifica las restricciones del sistema productivo y las oportunidades que permitan aprovechar adecuadamente los recursos. La programación de la producción consiste en la definición de planes y horarios de producción, en función a las prioridades de fabricación, determinando la planificación de la producción con el nivel más eficiente considerando las diferentes etapas de producción y las restricciones del proceso.	Sistema de producción	Estándar de producción	¿Cuál es el nivel de cumplimiento de los estándares de producción?	Hojas de registros de producción
	Programa de producción	Cumplimiento a la programación	¿Qué porcentaje de cumplimiento tiene la línea de acabados?	Matriz de Indicadores de gestión
	Restricciones de Planta	Cumplimientos de paros planificados	¿Cuál es el nivel de cumplimiento de los paros planificados dados por programación?	Registros de notificación en el sistema

3.8.2 Variable Dependiente: Nivel de servicio a la programación

Tabla 3-4: OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE DEPENDIENTE

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>El nivel de servicio a la programación se vincula al grado de éxito en que fluyen los materiales y al cumplimiento de los estándares en cada etapa de los procesos involucrados</p> <p>La programación es vital para conseguir eficiencia en los procesos y el cumplimiento de la misma.</p>	Inventario de abastecimiento a la línea	Sub ensambles disponibles en el proceso anterior	¿Cuál es el flujo de subensambles definido para el abastecimiento de la línea?	Hojas de registro de producción
	Capacidad de producción	Producción máxima durante el turno de trabajo	¿Cuántas planchas de eva se producen en un turno de trabajo?	Hojas de registro de producción
	Producción programada	Nivel de servicio	¿Cuál es el nivel de servicio de la línea de Acabados?	Registros de notificación en el sistema

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la empresa Plasticaucho


Plasticaucho, es una empresa cuya actividad industrial se encuentra vinculada con la comercialización y fabricación de calzado, productos de caucho y eva. Su manufactura abarca cinco líneas diferentes, siendo éstas: producción de compuestos termoplásticos, calzado de lona, cuero, botas de plástico y artículos de caucho y eva. El inicio de las actividades de fabricación de calzado se remonta al año 1931, en el cual su fundador Don José Filometor Cuesta Tapia, determina la orientación de su compañía y delinea su trayectoria para las próximas décadas; es así que, a lo largo de los años, su obra se ha mantenido en constante evolución y crecimiento, expandiendo la comercialización de sus productos bajo la marca VENUS, la cual está registrada ante el Estado Ecuatoriano desde 1938.

4.1.1 Caracterización del proceso

La tabla 4-4 muestra la caracterización del proceso de operaciones producción Industrias Diversas, se observa la caracterización de toda la planta productiva, sin embargo, el área de estudio es Acabados y su alcance es desde la PP hasta la entrega del producto terminado (PT) al centro de distribución (CEDI)

Los proveedores del proceso de acabados son planificación, bodega de SE y operaciones logísticas. Dentro de las actividades principales se encuentra la gestión del mantenimiento, aseguramiento de calidad, PP y la fabricación de productos expandidos como son los materiales para manualidades y didácticos. La salida del proceso se vincula con el departamento de operaciones logísticas, es donde se entrega el producto terminado.

Tabla 4-1: CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

		CARACTERIZACIÓN DE PROCESO		Código: GESIN-DOG-23 Fecha de Elaboración: 07/03/2007 Versión: 01 Formato: Aprobado por: Myriam Proaño
PROCESO	Operaciones Producción Industrias Diversas		Dueño del Proceso	Gerente de Operaciones
OBJETIVO:	Fabricar y entregar insumos de calzado, accesorios automotrices, material para manualidades y didácticos cumpliendo las especificaciones de producto y proceso y la estrategia de la compañía			
ALCANCE:	Desde la Programación de la Producción, Fabricación, hasta la entrega del PT a Operaciones Logística. Incluye la Gestión del Mantenimiento y Aseguramiento de Calidad del proceso y producto			
RECURSOS				
Sistemas Informáticos Máquinas, Equipos y herramientas del proceso El Recurso Humano pertinente al proceso				
PROVEEDORES Y ENTRADAS	ESTRATEGIA EMPRESARIAL <ul style="list-style-type: none"> Planificación Estratégica Aprobada 	<ol style="list-style-type: none"> GESTION DEL MANTENIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> Planificación y Ejecución del Mantenimiento ASEGURAMIENTO DE CALIDAD <ul style="list-style-type: none"> Definición de métodos de control, inspección y/o muestreo; (incluye la trazabilidad) Control de especificaciones de proceso, producto y MP Verificación de equipos de seguimiento y medición PROGRAMACION DE PRODUCCION <ul style="list-style-type: none"> Análisis de Demanda Definición, Análisis y programación en función de la capacidad y restricciones de la Planta Seguimiento a la necesidad y distribución de recursos (MP, MOD, MAQ) DESARROLLO DE PRODUCTO ID <ul style="list-style-type: none"> Ingeniería, Diseño e Implementación de productos PESAJE <ul style="list-style-type: none"> Pesaje de Caucho y Eva Manejo de materiales de empaque y primeras fases MEZCLADO <ul style="list-style-type: none"> Mezclado Caucho y Eva PRENSADO <ul style="list-style-type: none"> Preñado, dividido y empaque caucho Preñado y dividido Eva ACABADOS <ul style="list-style-type: none"> Refilado Dividido 	<ul style="list-style-type: none"> Producto Terminado OPERACIONES LOGISTICA	CLIENTES Y SALIDAS
	PLANIFICACION Y PRESUPUESTACION <ul style="list-style-type: none"> Plan de Operaciones Plan Táctico de Temporadas Técnico de RRHH 		<ul style="list-style-type: none"> Pisos Troquelados OPERACION PRODUCCION CALZADO ENSAMBLADO	
	OPERACIONES LOGISTICA <ul style="list-style-type: none"> Materiales Almacenados 		<ul style="list-style-type: none"> Requerimientos para mejoras a los productos y procesos OPERACIONES PRODUCCION	
	INGENIERIA Y PROYECTOS <ul style="list-style-type: none"> Lineamientos de Aseguramiento Metroológico 			
	DESARROLLO DE COMPUESTOS <ul style="list-style-type: none"> Compuesto sistematizado Condiciones preliminares de Proceso Especificaciones de compuesto Método de Reutilización del material 			
	COMPRAS <ul style="list-style-type: none"> Código del material, Código de Proveedor/ Base Técnica y Materiales (Aprobados) 			
METODOS		CONTROLES		
Los métodos del proceso, están definidos en Procesos, políticas, procedimientos, instructivos, etc.; aprobados en el Software del SGI		<ol style="list-style-type: none"> Cumplimiento de la Programación Toneladas por Hombre Kilovatios por tonelada Paros no planeados Paros planeados Defectuosos Desperdicios Cumplimiento de 5S 		

4.2 Área de acabados

En el área de acabados se realiza el procesamiento del eva foamy, el mismo que es un compuesto termoplástico (mezcla que se obtiene a través de la polimerización de monómero de acetato de vinil con un monómero de etileno en un sistema de alta presión EVA).

Los SE en tamaño original son la materia prima principal para el área de acabados, este insumo pesa aproximadamente 18 Kg y puede ser movilizado de forma manual cuando se trata de pocas unidades, mientras que en el flujo normal de trabajo se necesita mover grandes cantidades de SE y es necesario utilizar el montacargas o una carretilla hidráulica para mover el material desde el almacén de SE hasta el proceso de refilado.

4.2.1 Producción en el área de acabados

En la producción del área de acabados se identifican los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes como se muestran en la tabla 4-2. Para el caso de estudio, el proveedor principal de los subensambles en formato original (SE-FO) (planchas de eva de 120cm de ancho por 250 cm de largo y 5 cm de espesor) es el proceso de prensado, un proceso de la planta de Industrias Diversas que se encarga de fabricar los SE-FO.

Tabla 4-2: SISTEMA DE PRODUCCIÓN AREA DE ACABADOS.

Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
Bodega de SE	Subensambles	Refilado	Subensambles refilados	Coches de almacenamiento de SE
Coches de almacenamiento de SE	Subensambles refilados	Dividido	Planchas divididas	Coches de almacenamiento de planchas divididas
Coches de almacenamiento de planchas divididas	Planchas divididas	Corte en guillotina	Planchas cortadas	Coches de almacenamiento de planchas cortadas
Coches de almacenamiento de planchas divididas o cortadas	Planchas divididas/cortadas	Empaque	Producto terminado y empacado	Centro de distribución (CEDI)

4.2.2 Diagrama de flujo del área de acabados

El área de acabados cuenta con cuatro procesos productivos, las máquinas son semiautomáticas y el movimiento de los materiales se realiza de forma manual.

En la producción del área de acabados, los SE refilados se colocan en coches para ser trasladados al proceso de dividido donde se obtiene el calibre deseado, dependiendo del producto a fabricar el material dividido puede pasar directamente al empaque o a su vez pasar al proceso de corte en guillotina y finalmente al empaque.

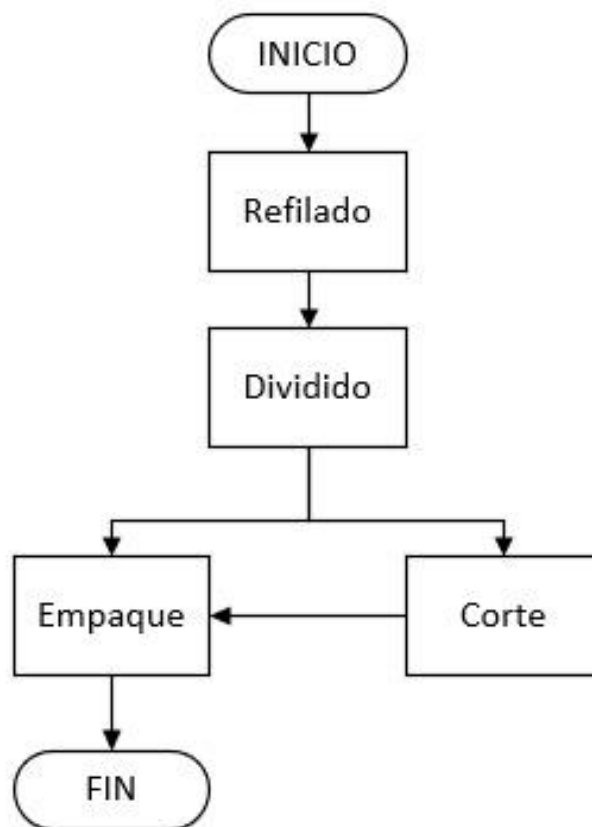


Figura 4-1: Diagrama de Flujo área de acabados.

En el flujo de producción de la figura 4-1 se muestra los cuatro procesos que conforman el área de acabados.

En el primer segmento se encuentra el proceso de refilado, en el cual se recibe los subensambles (SE) que para nuestro proceso viene a ser la materia prima, se realiza

el retiro de los bordes del material y se define el largo y ancho que se conservará hasta que se convierta en producto terminado.

En el segundo segmento se encuentra el proceso de dividido, en el cual se realiza varias divisiones de forma horizontal al material (SE) en función a los espesores que se tiene definido, posteriormente se tiene el proceso de corte en guillotina y finalmente el proceso de empaque del producto terminado. El transporte de los materiales se realiza de forma manual mediante la utilización de coches, los mismos que permiten mantener el flujo ordenado de los materiales entre los procesos.

4.2.3 Descripción de actividades de los procesos del área de acabados

La investigación se centra en el área de acabados de la planta de producción de Industrias diversas de la empresa Plasticaucho Industrial, para lo cual es importante conocer las actividades que se realizan en cada proceso.

Refilado

En este proceso se recibe los SE, la primera actividad que realiza el obrero es verificar que las dimensiones del SE cumpla con las necesidades del PT, luego sube el SE a la banda, posteriormente calibra el ancho y largo en la HMI (human machine interface), ejecuta para que realice el trabajo la máquina, el material es transportado a través de las cuchillas mediante la presión ejercida por los rodillos, finalmente el material llega a la banda posterior para que el obrero retire y coloque en los coches de almacenamiento para su posterior traslado al siguiente proceso, normalmente se apilan cuarenta SE en cada coche.

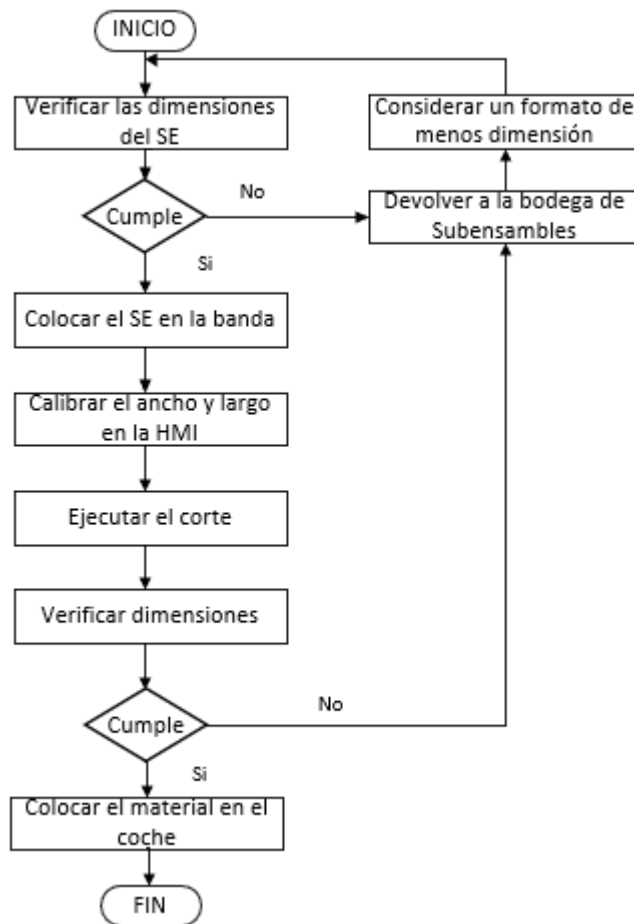


Figura 4-2: Flujo de actividades del refilado

Dividido

El proceso de dividido es alimentado mediante coches desde el refilado, este proceso consiste en realizar cortes longitudinales en sentido horizontal a los SE refilados para obtener el producto con el espesor definido, es decir: en el proceso de refilado se establece el ancho y el largo del SE, mientras que en el proceso de dividido se precisa el espesor.

El operador 1 calibra los rodillos de la máquina en función al espesor del material e ingresa el material por la parte frontal y con la ayuda de una cuchilla que se encuentra girando se realiza el proceso de dividido, en la parte posterior de la máquina se encuentran dos operadores, el operador 2 recoge el sobrante del SE que sale por la parte superior y coloca en el coche para regresar el material a la parte frontal, mientras que el operador 3 recoge el material que sale por la parte inferior y coloca en el coche para ser trasladado al siguiente proceso . Por la parte inferior sale el material delgado, mientras que por la parte superior sale el sobrante del material.

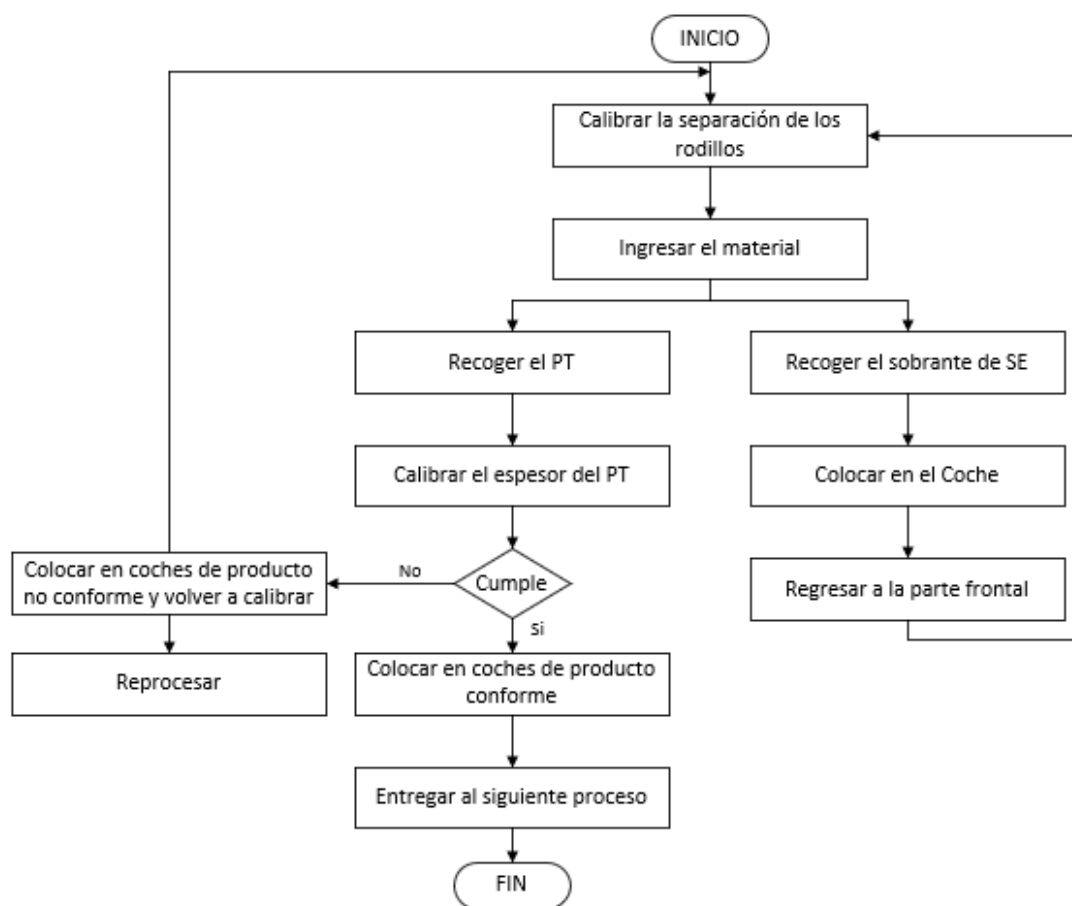


Figura 4-3: Flujo de actividades del dividido.

La velocidad de transporte de los rodillos está definida de acuerdo con el material a ser dividido, los rodillos deben ser calibrados de manera frecuente para lo cual se cuenta con un sistema electrónico con PLC, sensores y pulsadores, los mismos que permiten minimizar el tiempo de calibración.

Corte en guillotina

El corte en guillotina consiste en obtener planchas de menores dimensiones (ancho y largo) de una plancha de mayores dimensiones; el operador recibe en coches el material proveniente del proceso de dividido, ubica el material en la mesa de trabajo (40 planchas), programa los cortes a realizar en la HMI y ejecuta la operación, repite el proceso para realizar los cortes que sean necesarios.

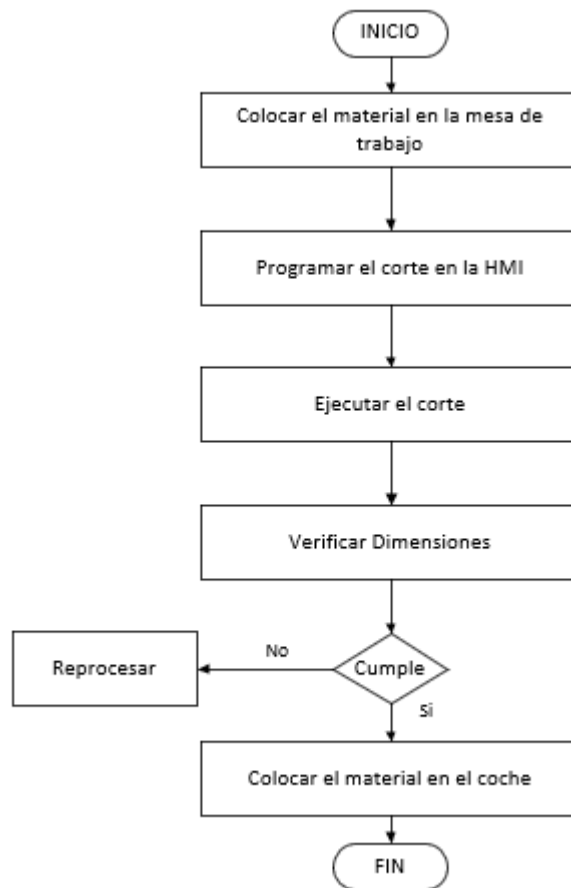


Figura 4-4: Flujo de actividades del corte en guillotina.

Empaque

El proceso de empaque se realiza en una máquina de sellado, la misma que cuenta con un sistema de calentamiento mediante resistencias, estas resistencias calientan dos cuchillas hasta 160°C, adicional se cuenta con un mecanismo que permite alimentar el plástico desde una bobina. El operador recibe el material desde el dividido o desde el corte por guillotina, realiza el conteo de veinte plantas y manualmente ingresa en la selladora, acciona dos pulsadores de manera simultánea y se realiza el sellado del material, al terminar el sellado se acciona una banda que desplaza el material para que sea ubicado en el palet y colocar la etiqueta con la información del producto, posteriormente el palet será trasladado al centro de distribución.

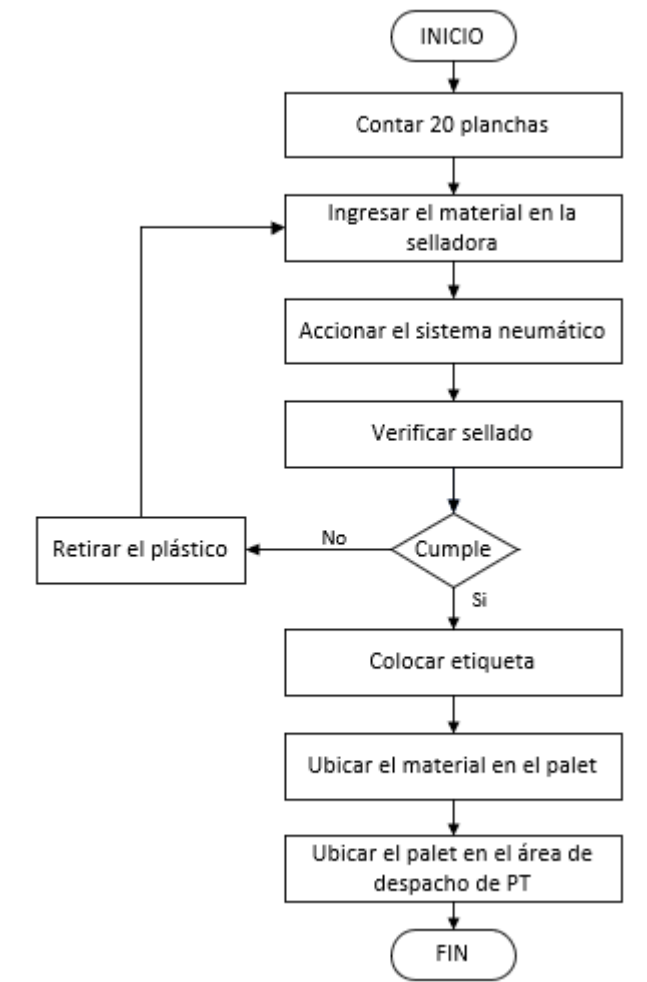


Figura 4-5: Flujo de actividades del proceso de empaque.

4.2.4 Instalaciones y puestos de trabajo

El área de acabados cuenta con una distribución de planta en línea como se muestra en la figura 4-6, se caracteriza por una distribución secuencial de los procesos, los materiales entre los cuatro procesos productivos son transportados en coches.

Los puestos de trabajo en cada proceso difieren en función del diseño de la máquina y del proceso que se realiza, los mismos que están definidos. El proceso inicia en el refilado y finaliza en la zona destinada para la entrega de producto terminado.

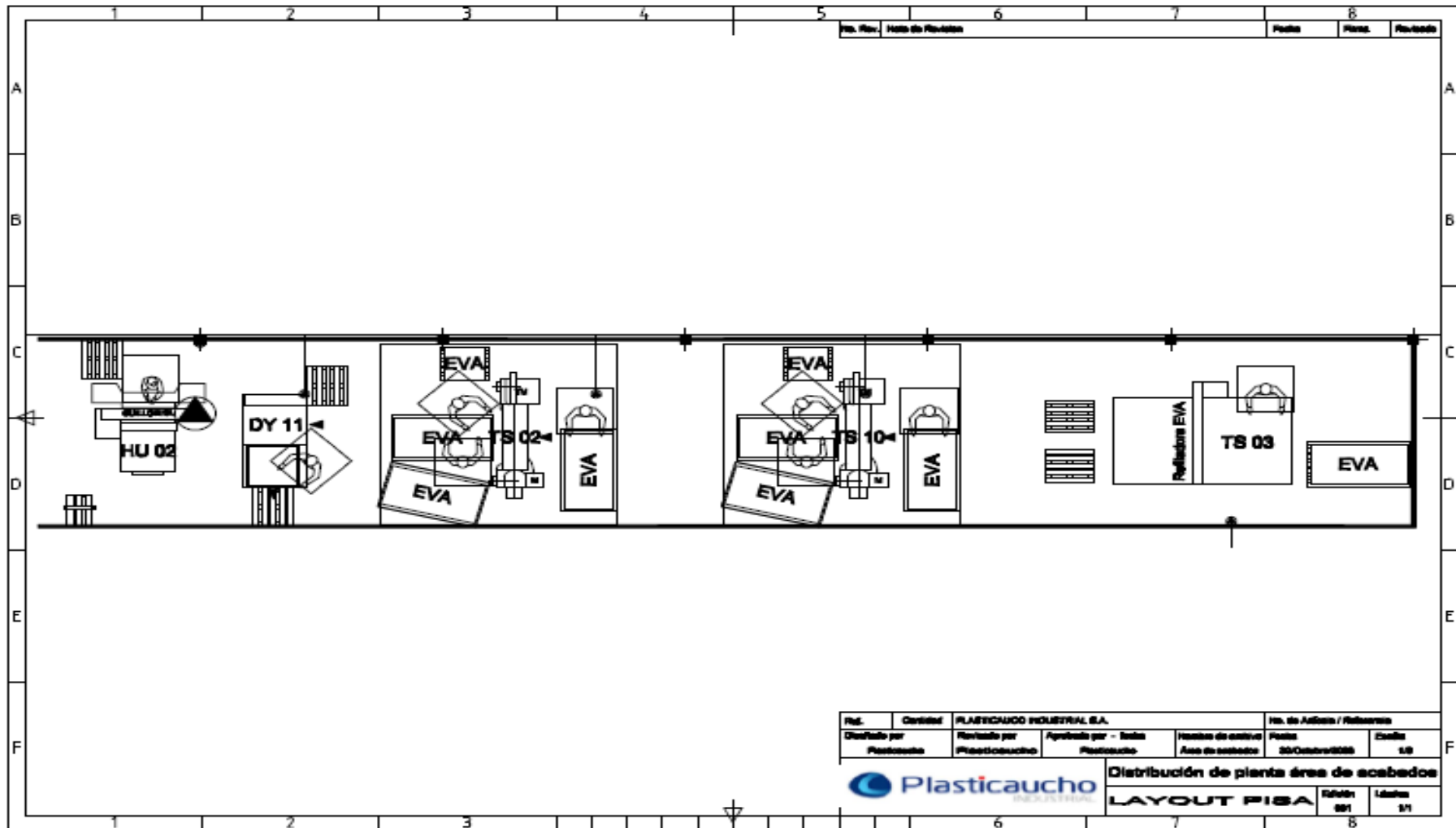


Figura 4-6: Distribución de planta área de acabados

4.2.5 Modalidad de trabajo y maquinaria

El área de acabados trabaja en la modalidad de dos jornadas; es decir, de lunes a viernes en las jornadas matutina y vespertina, dos turnos al día de 8 horas diarias. La tabla 4-3 muestra la cantidad de personas en cada proceso, en la que se identifica que los procesos de refilado, corte en guillotina y empaque opera una sola persona por turno, en el caso del dividido se requiere de tres operadores debido a que el proceso requiere de la ejecución de tres actividades de manera simultánea.

Tabla 4-3: MAQUINARIA Y PERSONAS POR PROCESO.

Proceso	Cantidad de máquinas	Obreros por máquina	Turnos de trabajo diario	Número total de obreros	Modalidad de trabajo
Refilado	1	1	2	2	Dos turnos: Mañana: 06h00 - 14h00 Tarde: 14h00 - 22h00
Dividido	2	3	2	12	
Corte	1	1	2	2	
Empaque	1	1	2	2	

4.3 Capacidad de producción

En esta sección para el proceso de producción del área de acabados, se revisarán: los estándares de producción, el balance de línea de los cuatro procesos, la identificación del cuello de botella y el análisis del beneficio o ganancia aplicando la PP actual.

4.3.1 Estándar de producción

La información de los estándares para los cuatro procesos del área de acabados fue proporcionada por el departamento de costeo de la empresa Plasticaucho Industrial, a continuación, se muestra un ejemplo de cálculo del estándar:

Como ejemplo se considera el proceso de refilado para el formato de 115x120x2, el tiempo estándar está definido por el departamento de costeo.

$$\text{Tiempo estándar (TE)} = 0,09545 \left[\frac{\text{min}}{\text{planchas}} \right]$$

Una jornada de trabajo (tiempo productivo) tiene ocho horas (480 minutos), el estándar de producción se calcula con la ecuación 4-1 que considera el tiempo productivo (TP) y el tiempo estándar (TE), este concepto se aplica para todos los procesos.

$$\text{Estándar de producción} = \frac{TP}{TE} \quad \text{Ec. (4 - 1)}$$

$$\text{Estándar de producción} = \frac{480 \text{ min}}{0,09545 \text{ min/planchas}(2\text{mm})} \left[\frac{\text{planchas}}{\text{turno}} \right]$$

$$\text{Estándar de producción} = 5028.81 \left[\frac{\text{planchas}(2\text{mm})}{\text{turno}} \right]$$

En las tablas 4-4, 4-5, 4-6 y 4-7 se muestra el estándar por máquina, por turno y por semana para los diferentes procesos del área de acabados.

Tabla 4-4: ESTANDARES DE PRODUCCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AREA DE ACABADOS PARA EL FORMATO 115x120x2.

FORMATO 115x120x2				
PROCESO	# OBREROS	JORNADA (MINUTOS)	ESTANDAR X MAQUINA (PLANCHAS)	CICLO (MIN / PLANCHAS)
REFILADO	1	480	5029	0.09545
DIVIDIDO	3	480	2500	0.192
EMPAQUE	1	480	7000	0.06857

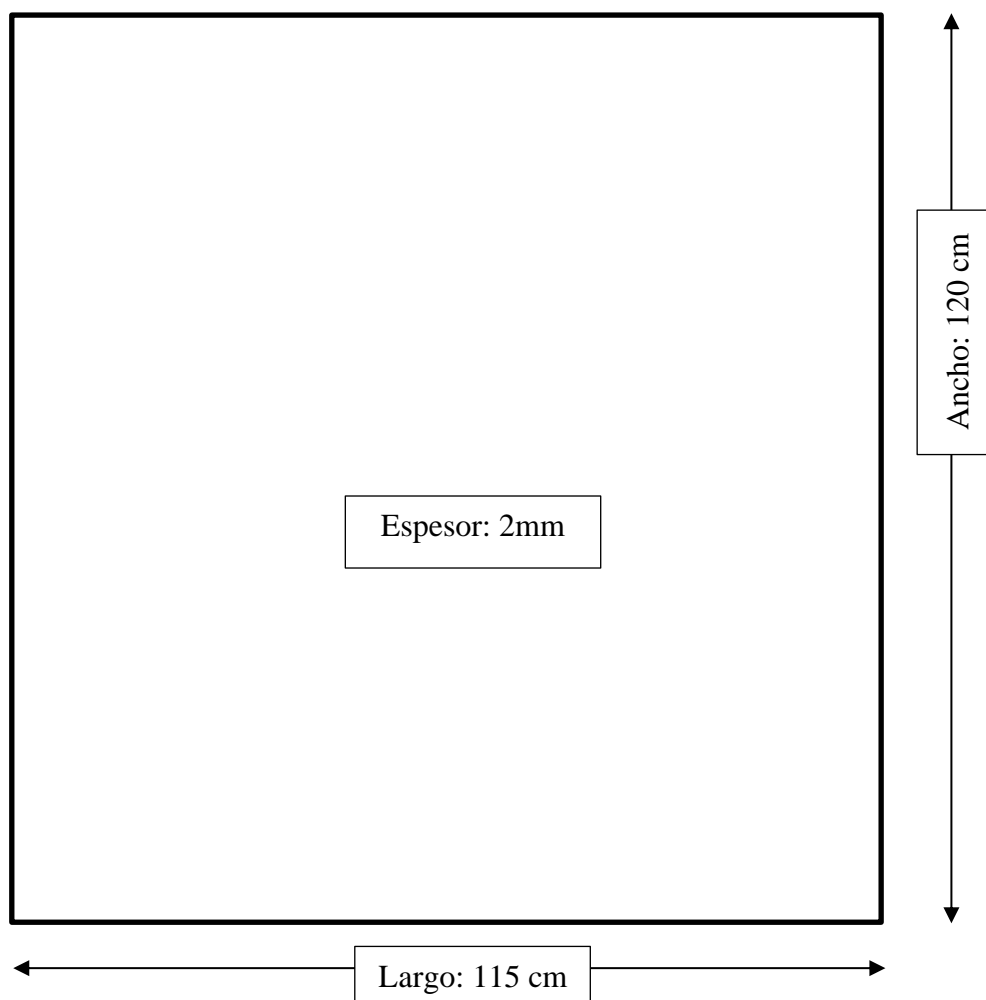


Figura 4-7: Formato de 115x120x2

Tabla 4-5: ESTANDARES DE PRODUCCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AREA DE ACABADOS PARA EL FORMATO 60x115x2.

FORMATO 60x115x2				
PROCESO	# OBREROS	JORNADA (MINUTOS)	ESTANDAR X MAQUINA (PLANCHAS)	CICLO (MIN / PLANCHAS)
REFILADO	1	480	8416	0.057
DIVIDIDO	3	480	3368	0.071
EMPAQUE	1	480	10000	0.048

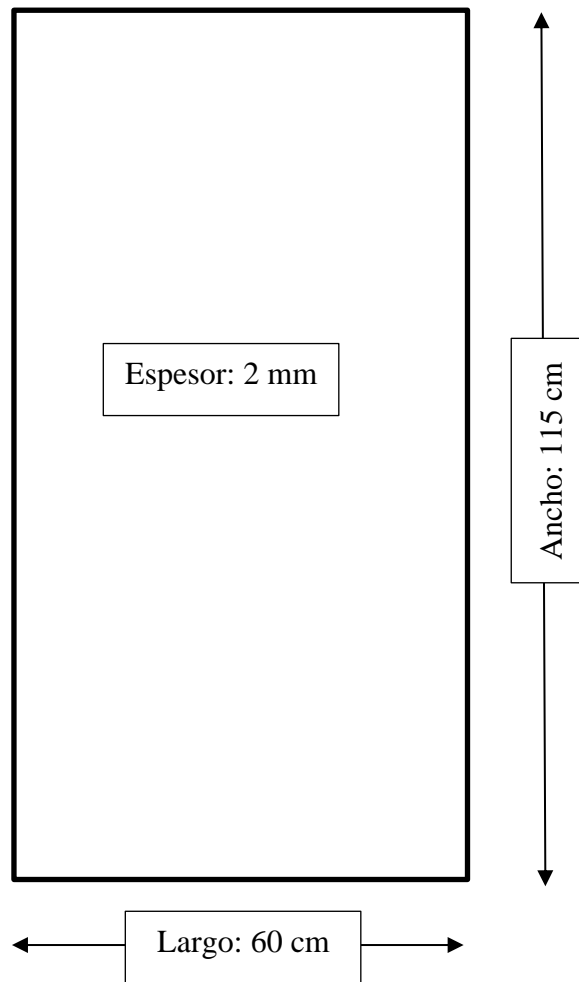


Figura 4-8: Formato de 60x115x2

Tabla 4-6: ESTANDARES DE PRODUCCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AREA DE ACABADOS PARA EL FORMATO 60x90x2.

FORMATO 60x90x2				
PROCESO	# OBREROS	JORNADA (MINUTOS)	ESTANDAR X MAQUINA (PLANCHAS)	CICLO (MIN / PLANCHAS)
REFILADO	1	480	12571	0.038
DIVIDIDO	3	480	6250	0.038
CORTE	1	480	30418	0.016
EMPAQUE	2	480	10000	0.024

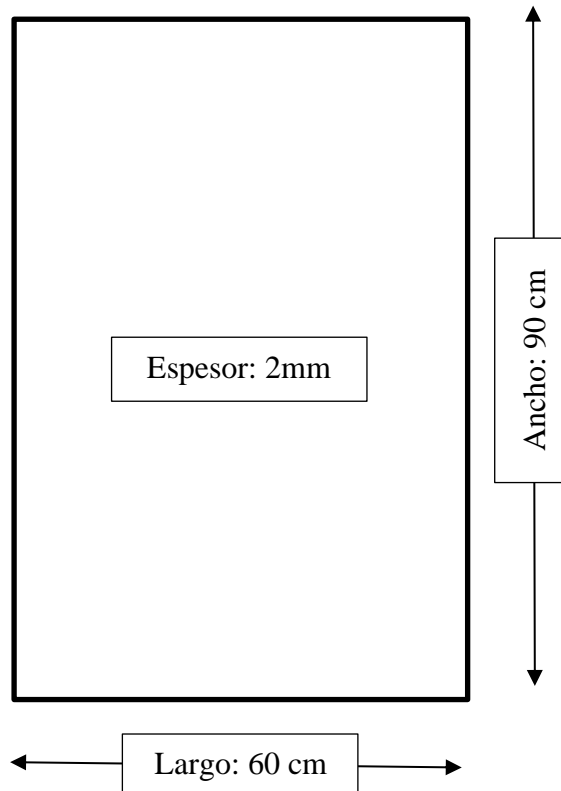


Figura 4-9: Formato de 60x90x2

Tabla 4-7: ESTANDARES DE PRODUCCIÓN DE LOS PROCESOS DEL AREA DE ACABADOS PARA EL FORMATO 57x60x2.

FORMATO 57x60x2				
PROCESO	# OBREROS	JORNADA (MINUTOS)	ESTANDAR X MAQUINA (PLANCHAS)	CICLO (MIN / PLANCHAS)
REFILADO	1	480	20144	0.024
DIVIDIDO	3	480	10000	0.024
CORTE	1	480	30769	0.016
EMPAQUE	2	480	10240	0.023

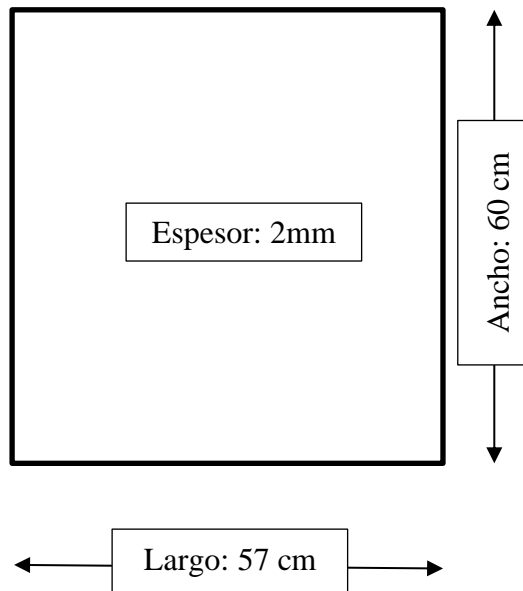


Figura 4-10: Formato de 57x60x2

4.3.2 Cuello de botella

Uno de los principales problemas que limitan el crecimiento de las industrias son los cuellos de botella, se denominan así a aquellas actividades que reducen el proceso de producción, incrementando los tiempos de espera y reduciendo la productividad, lo cual genera un incremento en el costo final del producto; es importante identificarlos para gestionar acciones de mejora, una alternativa es balancear las líneas de producción en función al cuello de botella para optimizar los recursos de los otros procesos asignando actividades extras o fusionando procesos.

La medida base para este análisis es planchas/turno ya que permite comparar las capacidades de producción en los diferentes procesos y formatos

FORMATO 115x120x2

En la fabricación del formato de 115x120x2 están involucrados los procesos de refilado, dividido y empaque; el proceso de dividido es el que mayor tiempo de ciclo presenta con 5,76 segundos, convirtiéndose en el proceso restricción o cuello de botella.

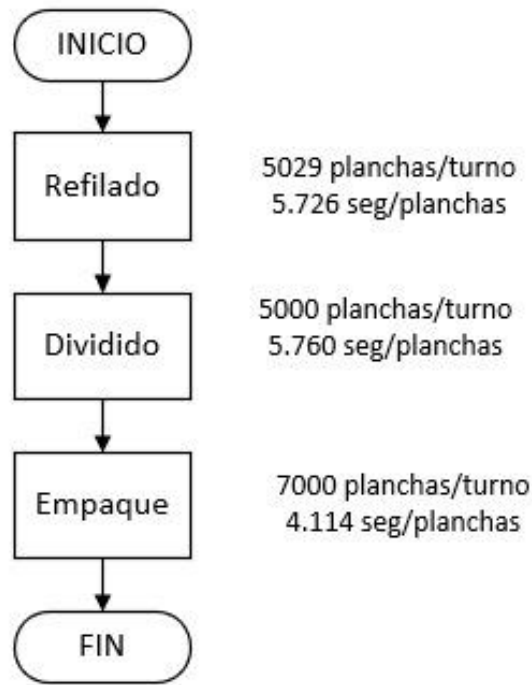


Figura 4-11: Análisis de restricción del proceso de acabados para el formato 115x120x2

En la tabla 4-8 se muestra el porcentaje de balanceo para el formato de 115x120x2, para calcular el balanceo, el tiempo del proceso restricción se convierte en el tiempo restricción y se calcula dividiendo el tiempo de ciclo para el tiempo restricción, de esta manera el proceso restricción tiene el balanceo del 100% y los otros procesos valores menores.

Tabla 4-8: PORCENTAJE BALANCEO DEL FORMATO 115x120x2.

FORMATO 115x120x2			
Proceso	Tiempo de ciclo (seg)	Tiempo restricción (seg)	Balanceo %
Refilado	5,726	5,760	99%
Dividido	5,760	5,760	100%
Empaque	4,114	5,760	71%

En la figura 4-12 se observa la línea de color rojo que representa el tiempo de restricción y los diferentes tiempos de ciclo de los procesos.

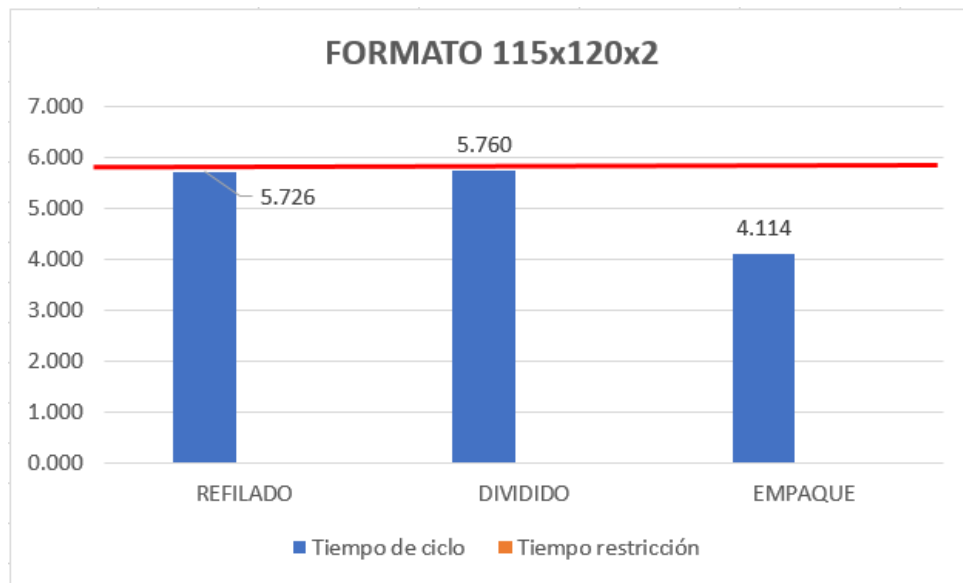


Figura 4-12: Balanceo de la Línea para el formato 115x120x2

FORMATO 60x115x2

En la producción del formato de 60x115x2 intervienen los procesos de refilado, dividido y empaque; el proceso de dividido es el que mayor tiempo de ciclo presenta con 4,274 segundos, convirtiéndose en el proceso restricción.

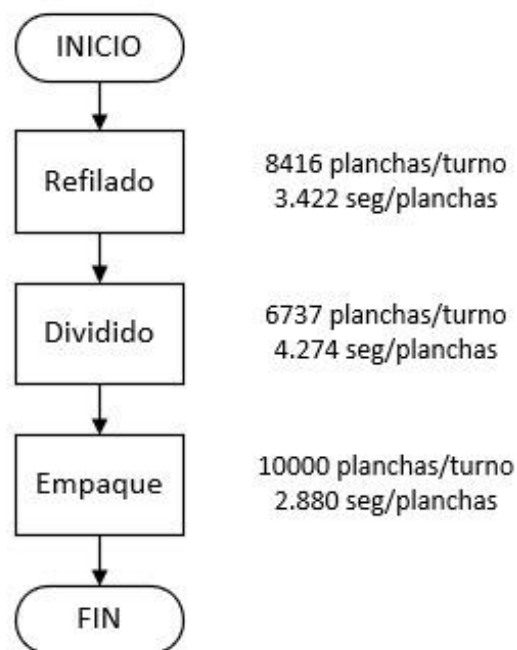


Figura 4-13: Análisis de restricción del proceso para el formato 60x115x2

En la tabla 4-9 se observa que para el formato de 60x115x2, el proceso de dividido tiene el balanceo del 100% convirtiéndose en el proceso restricción.

Tabla 4-9: PORCENTAJE BALANCEO DEL FORMATO 60x115x2.

FORMATO 60x115x2			
Proceso	Tiempo de ciclo	Tiempo restricción	Balanceo %
Refilado	3,422	4,274	80%
Dividido	4,274	4,274	100%
Empaque	2,880	4,274	67%

En la figura 4-14 se muestra de manera gráfica los tiempos de ciclo de los tres procesos y la línea que representa el tiempo restricción.

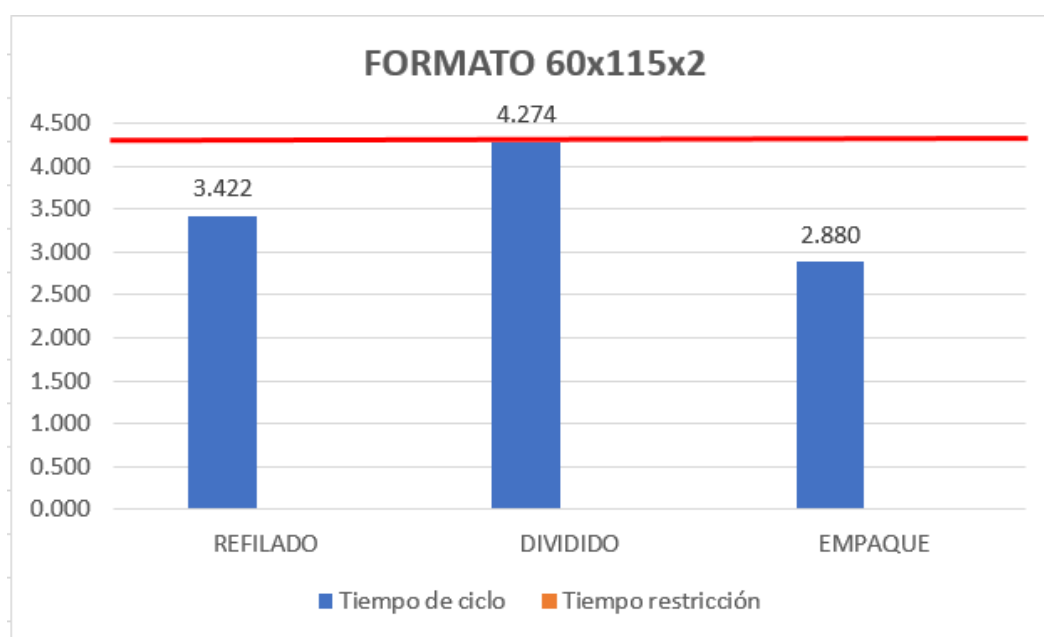


Figura 4-14: Balanceo de la Línea para el formato 60x115x2

FORMATO 60x90x2

En la fabricación del formato de 60x90x2 intervienen los procesos de refilado, dividido, corte y empaque; el proceso de dividido es el que mayor tiempo de ciclo presenta con 2,304 segundos convirtiéndose en el proceso restricción.

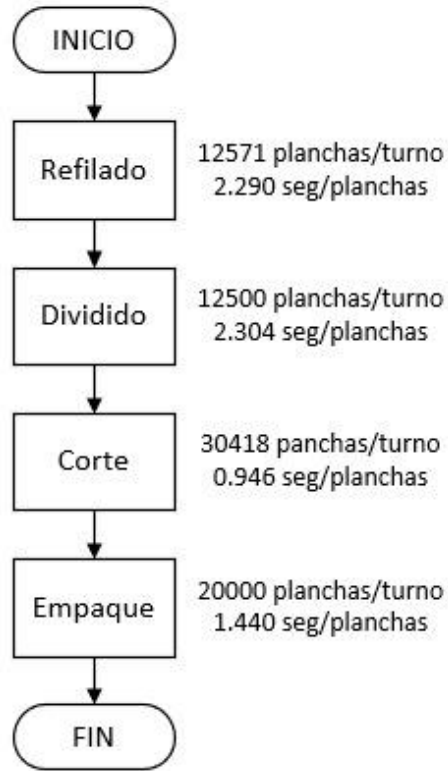


Figura 4-15: Análisis de restricción del proceso para el formato 60x90x2

En la siguiente tabla se muestra que para el formato de 60x90x2, el proceso de dividido es el proceso restricción.

Tabla 4-10: PORCENTAJE BALANCEO DEL FORMATO 60x90x2.

FORMATO 60x90x2			
Proceso	Tiempo de ciclo	Tiempo restricción	Balaceo %
Refilado	2,290	2,304	99%
Dividido	2,304	2,304	100%
Corte	0,946	2,304	41%
Empaque	1,440	2,304	63%

En la figura 4-16 se muestra el tiempo de ciclo de los cuatro procesos y la línea que representa el tiempo restricción.

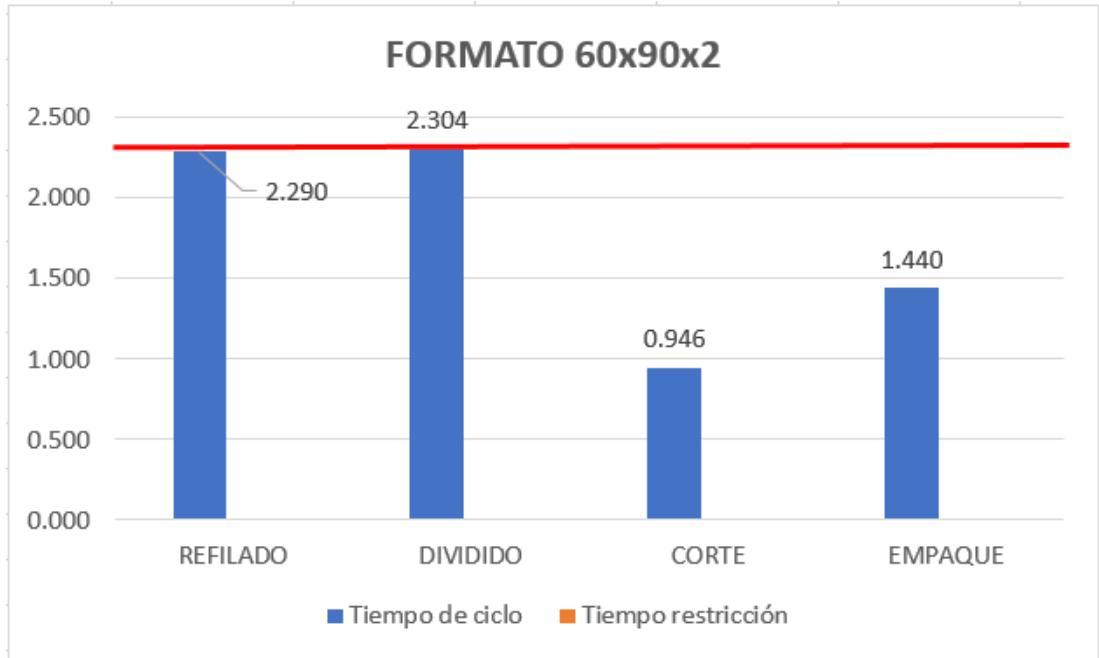


Figura 4-16: Balanceo de la Línea para el formato 60x90x2

FORMATO 57x60x2

En la producción del formato de 57x60x2 intervienen los procesos de refilado, dividido, corte y empaque; el proceso de dividido es el que mayor tiempo de ciclo presenta con 1,44 segundos convirtiéndose en el proceso restricción.

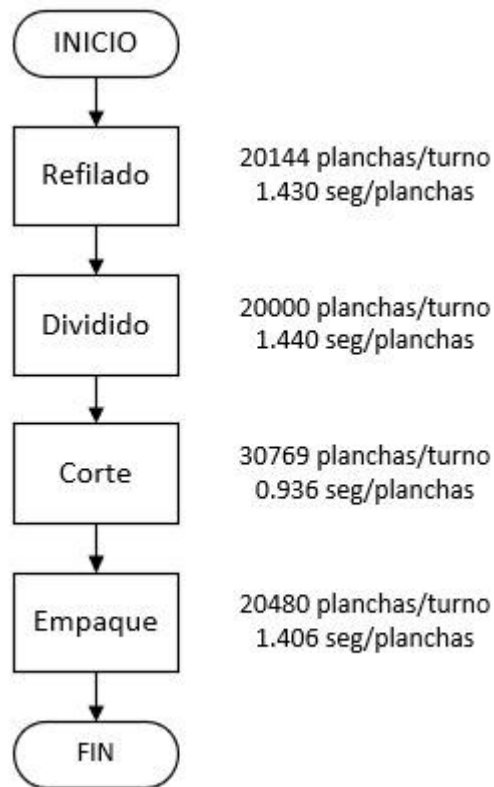


Figura 4-17: Análisis de restricción del proceso para el formato 57x60x2

En la tabla 4-11 se observa que para el formato de 57x60x2, el proceso de dividido es el proceso restricción.

Tabla 4-11: PORCENTAJE BALANCEO DEL FORMATO 57x60x2.

FORMATO 57x60x2			
Proceso	Tiempo de ciclo	Tiempo restricción	Balaceo %
Refilado	1,430	1,440	99%
Dividido	1,440	1,440	100%
Corte	0,936	1,440	65%
Empaque	1,406	1,440	98%

En la figura 4-18 se muestra el tiempo de ciclo de los cuatro procesos y la línea de color rojo representa el tiempo restricción.

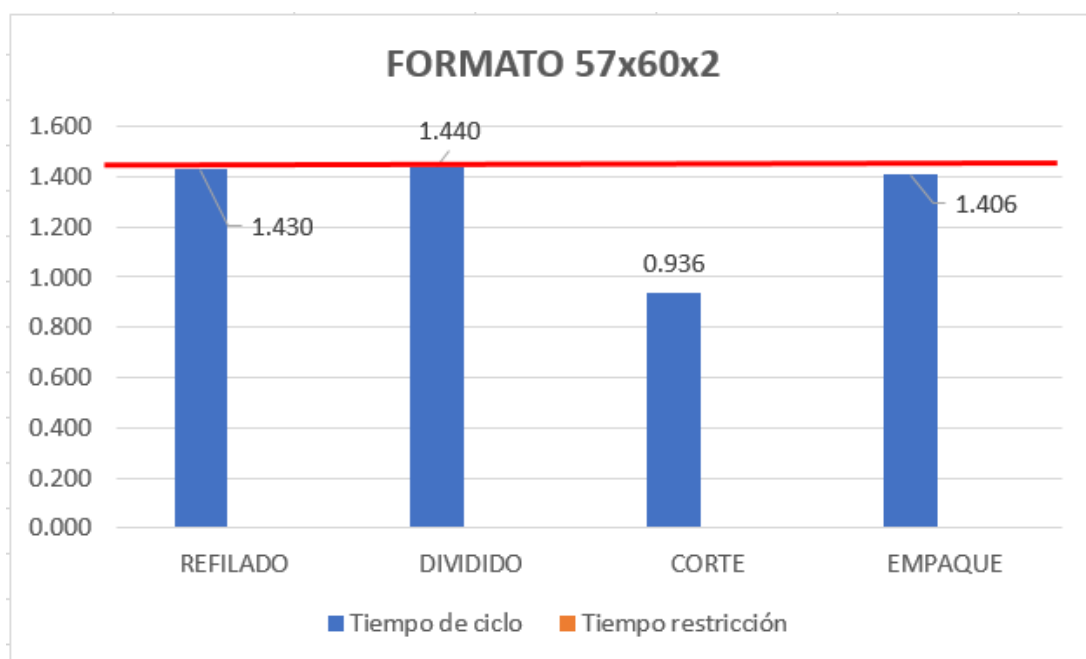


Figura 4-18: Balanceo de la línea para el formato 57x60x2

Como se puede observar en las figuras anteriores, para los cuatro formatos que son objeto de estudio, el dividido es el proceso restricción o cuello de botella, en el resto de los procesos existen capacidades disponibles.

4.3.3 Análisis de la situación actual

La demanda es la solicitud para adquirir algo, es decir la cantidad total de un bien o servicio a fin de satisfacer sus necesidades, para el área de acabados, la demanda son los pedidos de los productos por los clientes.

En la tabla 4-12 se muestran los datos históricos de demanda total mensual del segundo semestre del 2020, en la misma se identifica que septiembre es el mes de mayor demanda y el promedio es de 352288 planchas.

Tabla 4-12: DEMANDA MENSUAL DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2020

Año	Mes	Demanda en planchas				Total (planchas)
		115x120 cm	60x115 cm	60x90 cm	57x60 cm	
2020	Julio	75260	92060	94300	80000	341620
	Agosto	78960	68820	85560	100000	333340
	Septiembre	106080	87100	118620	80000	391790
	Octubre	103840	82540	111080	80000	377460
	Noviembre	81940	75560	81180	100000	338680
	Diciembre	92880	65140	72820	100000	330840
Promedio:					352288	

En la figura 4-19 se observa el producto foamy con la gama de colores que se produce en el área de acabados de la empresa Plasticaucho Industrial.



Figura 4-19: Foamy producido en el área de acabados

En la tabla 4-13 se observa la producción de cada formato en el segundo semestre del año 2020, esta producción fue ingresa al centro de distribución para atender a los clientes.

Tabla 4-13: PRODUCCION MENSUAL DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2020.

Año	Mes	Producción (planchas)			
		Formato 115x120	Formato 60x115	Formato 60x90	Formato 57x60
2020	Julio	62300	82840	83480	74020
	Agosto	79140	65820	83040	89440
	Septiembre	95360	79250	108740	75000
	Octubre	96830	76190	109300	75000
	Noviembre	77660	68820	69740	94900
	Diciembre	85240	61200	69560	94800

En la tabla 4-14 se muestran las ventas mensuales de los cuatro formatos, el formato 60x90 fue el de mayor venta.

Tabla 4-14: VENTAS MENSUALES DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2020.

Año	Mes	Ventas (planchas)			
		Formato 115x120	Formato 60x115	Formato 60x90	Formato 57x60
2020	Julio	69220	82980	84860	75000
	Agosto	71860	63300	77860	90000
	Septiembre	96560	80120	106740	75000
	Octubre	95120	75520	100860	75000
	Noviembre	76380	67260	71080	95200
	Diciembre	84360	63460	72640	94800
Total de planchas		493500	432640	514040	505000

En la tabla 4-15 se muestra por cada formato el inventario que se tenía en el centro de distribución.

Tabla 4-15: INVENTARIO INICIAL MENSUAL DEL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2020.

Año	Mes	Inventario inicial en planchas			
		Formato 115x120	Formato 60x115	Formato 60x90	Formato 57x60
2020	Julio	12200	1080	4600	3200
	Agosto	5280	940	3220	2240
	Septiembre	12560	3460	8400	1680
	Octubre	11370	2590	10400	1680
	Noviembre	13080	3260	18840	1680
	Diciembre	14360	4820	17500	1380

4.3.4 Análisis del caso de estudio

La PP en la actualidad realizan en función al orden cronológico de la demanda, es decir según el ingreso de pedidos que realizan los clientes. Con la finalidad de comparar el método actual y la propuesta del presente trabajo, se utilizan los datos empleados en la propuesta, los que se muestran en las tablas 4-18 y 4-20; se realiza el análisis del beneficio de ventas, costos de fabricación, costos de mantener inventarios y la ganancia.

La función objetivo del modelo planteado está en términos de ganancia total obtenida por la venta de los productos, la ganancia que cada producto genera, la fabricación de los mismos y los costos involucrados en producción y en mantener los inventarios, para lo cual se utilizarán las fórmulas que se detallan a continuación:

$$\text{Beneficio por ventas} = \text{Ventas} \times \text{ganancia}[\$] \quad \text{Ec. 4 - 2}$$

$$\text{Costos por fabricación} = \text{Producción} \times \text{costos de fabricación}[\$] \quad \text{Ec. 4 - 3}$$

$$\begin{aligned} \text{Costos por mantener inventario} \\ = \text{Inventario} \times \text{costos de inventario} [\$] \end{aligned} \quad \text{Ec. 4 - 4}$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancia} = \text{Beneficio por ventas} - \text{Costos por fabricación} \\ - \text{Costos por mantener inventario} [\$] \end{aligned} \quad \text{Ec. 4 - 5}$$

Aplicando las ecuaciones anteriores, en la tabla 4-16 se muestra el resumen de los resultados obtenidos, de manera ampliada los resultados se pueden observar en el ANEXO I.

Tabla 4-16: BENEFICIO, COSTOS DE FABRICACION E INVENTARIOS Y GANANCIA DE LA SITUACION ACTUAL

Descripción	Semana 1	Semana 2	Total
Beneficio por ventas	\$ 33.470,80	\$ 2 8.490,40	\$ 61.961,20
Costos por fabricación	\$ 8.963,44	\$ 8.873,68	\$ 17.837,12
Costos por mantener inventario	\$ 217,56	\$ 197,54	\$ 415,09
Ganancia	\$ 24.289,81	\$ 19.419,19	\$ 43.708,99

En la figura 4-20 se observa que el beneficio obtenido es de 43708,99 dólares.

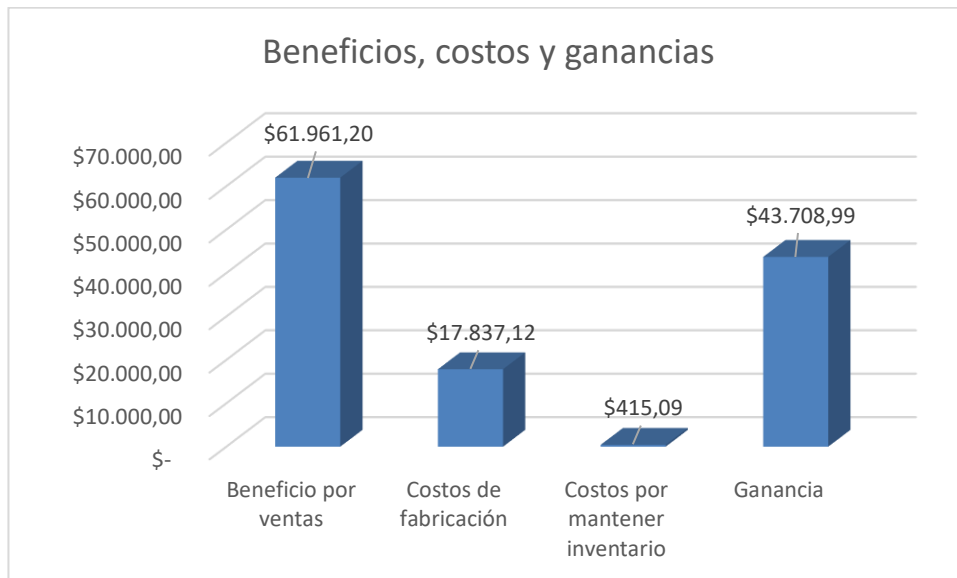


Figura 4-20: Beneficio, costos y ganancia de la situación actual

4.4 Modelo Matemático

En esta sección se detalla los pasos que se realizan para el desarrollo del modelo matemático, las consideraciones del modelo, la definición de las variables de entrada, las tablas con las variables de entrada, variables de salida, las restricciones de no negatividad, la restricción de disponibilidad de horas, restricción de inventarios, restricción de balance, la formulación del modelo de máxima ganancia y los programas en AMPL y MATLAB

4.4.1 Consideraciones del modelo

El modelo se define en términos del proceso restricción ya que esto reduce la modelación en los otros procesos del área de acabados, adicionalmente, este enfoque permite considerar el tiempo disponible por semana, la ganancia o beneficio que se genera en cada uno de los productos, la venta de los productos, el inventario inicial, los costos de fabricación y los costos de mantener los inventarios; lo que es una representación acertada de la realidad del área de acabados.

Los productos deben ser procesados en una secuencia lógica ya definida por el proceso productivo, esto indica a su vez que no todos los productos pasan por todos los procesos del área de acabados.

Los tiempos de inicio y finalización del proceso de cada producto en las diferentes máquinas están sujetos a la disponibilidad de las máquinas para procesar y a la disponibilidad del producto para ser procesado. El objetivo del modelo es la maximización de las ganancias mediante la definición de los productos que se deben fabricar cada semana en función a la demanda de los productos y a la disponibilidad de la línea de producción.

La PP del área de acabados tiene un tiempo de planeación de cinco días, en la empresa se conoce como producción de semana normal. El modelo de programación de la empresa Plasticaucho es lineal, todos los procesos comienzan de manera simultánea ocasionando pérdidas económicas, cuellos de botella en la producción y desperdicios de recursos.

4.4.2 Variables de entrada

En la tabla 4-17 se muestran las variables de entrada, cualquier cambio en estas ocasionará modificaciones en las variables de salida.

Tabla 4-17: VARIABLES DE ENTRADA

Variable de entrada	Abreviatura	Datos
Número de períodos	T	2
Productos	p	Tabla 4-11
Horas disponibles por semana	t	80
Estándar	E	Tabla 4-11
Inventario inicial	IO	Tabla 4-11
Costos de producción	C	Tabla 4-11
Costos de inventarios	CM	Tabla 4-11
Ganancia	G	Tabla 4-11
Pedidos	P	Tabla 4-12

4.4.3 Datos de las variables de entrada

La información que se muestra en la tabla 4-18 y 4-20 fue proporcionada por la empresa Plasticaucho Industrial. En la tabla 4-18 se muestran los datos de las variables de entrada que han sido considerados en el desarrollo del modelo matemático.

Tabla 4-18: DATOS DE LAS VARIABLES DE ENTRADA

LISTADO DE PRODUCTOS	Estándar (planchas)	Inventario Inicial (planchas)	Costos de producción (\$)	Costos de inventario (\$)	Ganancia (\$)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	2500	1380	0,061	0,00325	0,21
FOAMYLISAMA109U115X120X2	625	780	0,166	0,013	0,7
FOAMYLISAMA109U60X90X2	1563	1920	0,076	0,0065	0,19
FOAMYLISANA151U60X90X2	1563	1100	0,076	0,0065	0,2
FOAMYLISANA1665U115X120X2	625	1360	0,166	0,013	0,63
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1563	1000	0,076	0,0065	0,17
FOAMYLISAZU300U60X115X2	842	260	0,12	0,0065	0,36
FOAMYLISAZU640U115X120X2	625	2020	0,166	0,013	0,64
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	842	240	0,12	0,0065	0,29
FOAMYLISBLA115X120X2	625	660	0,166	0,013	0,69
FOAMYLISBLA60X115X2	842	1480	0,12	0,0065	0,31
FOAMYLISBLA60X90X2	1563	1220	0,076	0,0065	0,18
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	625	420	0,166	0,013	0,64
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	1563	640	0,076	0,0065	0,22
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	625	500	0,166	0,013	0,83
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	1563	1060	0,076	0,0065	0,24
FOAMYLISFUC240U60X115X2	842	640	0,12	0,0065	0,3
FOAMYLISFUC240U60X90X2	1563	700	0,076	0,0065	0,17
FOAMYLISGRI405U60X115X2	842	180	0,12	0,0065	0,33
FOAMYLISGRI429U115X120X2	625	160	0,166	0,013	0,79
FOAMYLISGRI429U60X115X2	842	60	0,12	0,0065	0,36
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1563	1120	0,076	0,0065	0,22
FOAMYLISNEG115X120X2	625	1780	0,166	0,013	0,79
FOAMYLISNEG60X115X2	842	1060	0,12	0,0065	0,36
FOAMYLISNEG60X90X2	1563	3720	0,076	0,0065	0,22
FOAMYLISROJ199U115X120X2	625	1000	0,166	0,013	0,5
FOAMYLISROJ199U60X90X2	1563	2440	0,076	0,0065	0,1
FOAMYLISROS7423U115X120X2	625	740	0,166	0,013	0,52
FOAMYLISROS7423U60X115X2	842	160	0,12	0,0065	0,2
FOAMYLISUR333U60X115X2	842	160	0,12	0,0065	0,24
FOAMYLISVER362U115X120X2	625	3260	0,166	0,013	0,75
FOAMYLISVER362U60X115X2	842	160	0,12	0,0065	0,34

FOAMYLISVER373U60X90X2	1563	1080	0,076	0,0065	0,18
FOAMYLISVER7484U60X90X2	1563	1500	0,076	0,0065	0,16
FOAMYLISVIO254U115X120X2	625	1680	0,166	0,013	0,28
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	842	180	0,12	0,0065	0,33
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	842	240	0,12	0,0065	0,21

En la tabla 4-19 se observan las cuatro familias de productos con la nomenclatura que se utilizará en la definición del modelo matemático, una familia de productos está integrada por colores que tienen las mismas dimensiones, en la primera fila se observa la familia foamy 115cm x 120cm x 2mm, en la cual están agrupados doce colores.

Tabla 4-19: FAMILIAS DE PRODUCTOS.

Nomenclatura	Familia	Dimensiones	Cantidad de colores
i	Foamy	115cm x 120 cm x 2 mm	12
j	Foamy	60cm x 115 cm x 2 mm	12
k	Foamy	60cm x 90cm x 2 mm	12
l	Eva Empaque	57cm x 60 cm x 2 mm	1

En la tabla 4-20 se puede observar el pedido de los productos para la semana 1 y semana 2

Tabla 4-20: PEDIDOS

LISTADO DE PRODUCTOS	Pedidos semana 1 (planchas)	Pedidos semana 2 (planchas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	20000	18000
FOAMYLISAMA109U115X120X2	3520	2460
FOAMYLISAMA109U60X90X2	2320	1200
FOAMYLISANA151U60X90X2	2480	1320
FOAMYLISANA1665U115X120X2	2260	3400
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	2260	1100
FOAMYLISAZU300U60X115X2	1220	2320
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2460	2360
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	620	2400
FOAMYLISBLA115X120X2	6600	3200
FOAMYLISBLA60X115X2	2260	1980

FOAMYLISBLA60X90X2	2460	3300
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	4400	3400
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	4600	5800
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3600	1680
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	3300	2440
FOAMYLISFUC240U60X115X2	1120	680
FOAMYLISFUC240U60X90X2	2600	2400
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1220	1260
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1460	2320
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4220	1200
FOAMYLISMEL162U60X90X2	2200	680
FOAMYLISNEG115X120X2	4300	1540
FOAMYLISNEG60X115X2	1120	1400
FOAMYLISNEG60X90X2	2800	3400
FOAMYLISROJ199U115X120X2	4300	2400
FOAMYLISROJ199U60X90X2	3460	2600
FOAMYLISROS7423U115X120X2	2600	320
FOAMYLISROS7423U60X115X2	1620	1280
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	60	80
FOAMYLISVER362U115X120X2	3500	2500
FOAMYLISVER362U60X115X2	6280	2300
FOAMYLISVER373U60X90X2	3500	2640
FOAMYLISVER7484U60X90X2	2900	3100
FOAMYLISVIO254U115X120X2	2600	2100
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3400	3500
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	4500	1680

4.4.4 Variables de salida

En la tabla 4-21 se muestran las variables de salida, las mismas son consecuencia de las variables de entrada.

Tabla 4-21: VARIABLES DE SALIDA

Parámetro	Variable
Máximo beneficio	Función objetivo
Cantidad a producir	D
Ventas	V
Inventario final	IF

4.4.5 Punto de equilibrio

La determinación del punto de equilibrio es uno de los elementos centrales en el negocio, permite determinar el nivel de ventas necesario para cubrir los costos totales, es decir, el monto de ingresos o ganancia que cubra los costos fijos y variables. Los costos fijos son independientes a la operación del negocio, aquellos costos en los que se debe incurrir independientemente de que el negocio funcione, por ejemplo: alquiler, pagos de servicios básicos, vendedores, asistentes, etc. Los costos variables son aquellos que están ligados al funcionamiento del negocio, por ejemplo, materia prima, etc; estos varían en proporción directa a los volúmenes de producción y ventas. Para el área de acabados de la empresa Plasticaucho Industrial, considerando los costos fijos y los variables y teniendo en consideración la dinámica del negocio han calculado que su punto de equilibrio es de 44409.12 dólares. Este punto de equilibrio es una herramienta clave a la hora de determinar la solvencia del negocio y su nivel de rentabilidad.

En la figura 4-21 se observa el punto de equilibrio para el área de acabados.

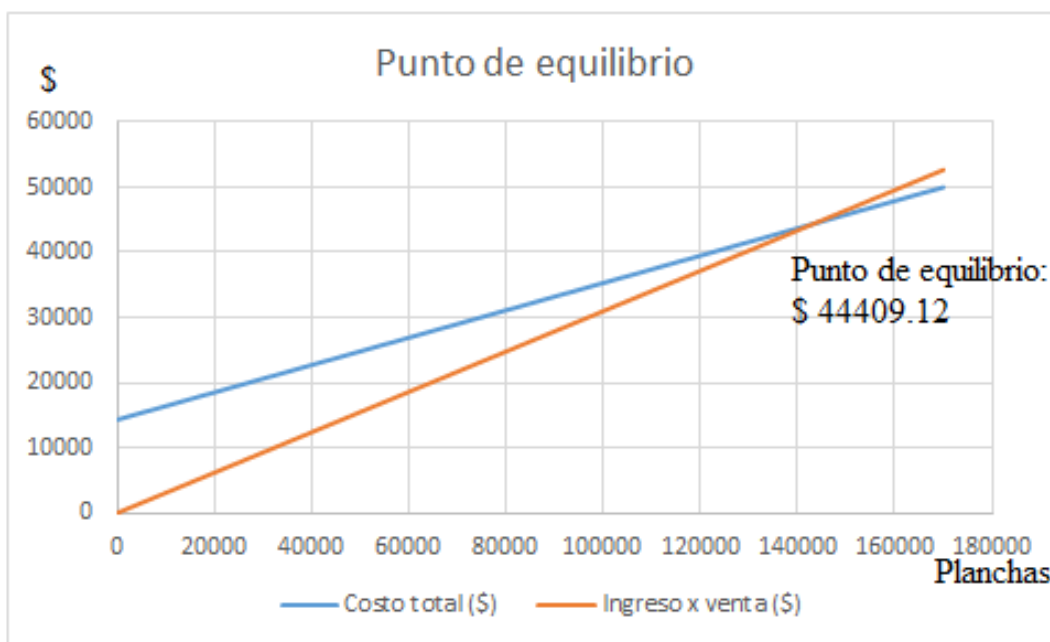


Figura 4-21: Punto de equilibrio

4.4.6 Restricciones para el modelo matemático

En la tabla 4-22 se detalla las restricciones de no negatividad que serán consideradas en el modelo matemático.

Tabla 4-22: RESTRICCIONES DE NO NEGATIVIDAD

Variable de entrada	Restricción	Condición
Número de períodos	El número de períodos debe ser mayor o igual a cero	$T \geq 0$
Horas disponibles por semana	Las horas disponibles de la línea de producción debe ser mayor o igual a cero	$t \geq 0$
Estándar	El estándar por producto deber ser mayor que cero	$E > 0$
Inventario inicial	El inventario inicial debe ser mayor o igual a cero	$IO \geq 0$
Costos de producción	El costo de producción debe ser mayor o igual a cero	$C \geq 0$
Costos de inventarios	El costo de inventario debe ser mayor o igual a cero	$CM \geq 0$
Ganancia	La ganancia debe ser mayor o igual a cero	$G \geq 0$
Pedidos	El ingreso de pedidos debe ser mayor o igual a la venta	$P \geq V$
Ventas	Las ventas deben ser mayor o igual a cero	$V \geq 0$
Cantidad a producir	La cantidad a producir debe ser mayor o igual a cero	$D \geq 0$
Inventario final	El inventario final debe ser mayor o igual a cero	$IF \geq 0$

Restricción de disponibilidad de horas semanales

El total de horas utilizadas por todos los productos no puede exceder las horas disponibles, en cada semana.

$$\sum \binom{p}{E} D \leq t(1..T)$$

Restricción de inventarios

El inventario inicial debe ser igual al valor dado

$$IO = I$$

Restricción de balance

Las planchas producidas y tomadas del inventario deben ser iguales a las planchas vendidas y puestas en el inventario.

$$D + IO = V + IF$$

4.4.7 Formulación del modelo de máxima ganancia

El uso de métodos cuantitativos constituye una de las técnicas de la programación matemática más empleada, ya que permite evaluar entre un conjunto de soluciones posibles, aquella que resulte óptima permitirá la maximización de la ganancia.

Máxima ganancia

$$\begin{aligned} &= \left\{ \sum_{i=1}^{12} Gi * Vi + \sum_{j=1}^{12} Gj * Vj + \sum_{k=1}^{12} Gk * Vk + Gl * Vl \right. \\ &- \sum_{i=1}^{12} Ci * Di - \sum_{j=1}^{12} Cj * Dj - \sum_{k=1}^{12} Ck * Dk - Cl * Dl \\ &- \sum_{i=1}^{12} CMi * IFi - \sum_{j=1}^{12} CMj * IFj - \sum_{k=1}^{12} CMk * IFk - CMI \\ &\left. * IFI \right\} t(1..T) \end{aligned}$$

$$\sum_{p=1}^{37} t(1..T) \{ (G[p, t] * V[p, t] - C[p] * D[p, t] - CM[p] * IF[p, t]) \}$$

4.4.8 Programa AMPL para la programación de la producción en el área de acabados

Mediante el software Minos 5.51 AMPL, se encuentra esta solución al modelo de programación lineal como se muestra en la figura 4-22 (ver ANEXO II para el resultado completo del programa), en la misma se observa que la ganancia máxima (objective) es de \$ 58.078,56622.

```
AMPL: model 'C:\Ampl\Foamy\foamy 1.mod';  
AMPL: data 'C:\Ampl\Foamy\foamy 1.dat';  
AMPL: solve;  
MINOS 5.51:  
optimal solution found.  
166 iterations,  
objective 58078.56622
```

Figura 4-22: Visualización de resultados de AMPL

Este modelo se formuló con el objetivo de brindar una herramienta que permita programar la producción en función a los costos de producción, los costos de mantener inventarios, el inventario inicial, las restricciones de disponibilidad y las restricciones de capacidad de la línea. Sin embargo, también se maximiza la ganancia de la línea de acabados, para lo cual se prioriza la fabricación de los productos que generan mayor ganancia.

En la tabla 4-23 se observa los resultados de AMPL, en el cual se obtuvo el listado de materiales a programar con mayor demanda. Del listado de pedidos que se muestran en la tabla 4-20, varios materiales no han sido considerados para producir, esto se debe a que el inventario existente es suficiente para cubrir la demanda y se da prioridad a los materiales de mayor solicitud; en el análisis se consideró dos semanas de trabajo.

Tabla 4-23: RESULTADOS PARA PRODUCIR SEGÚN AMPL

ampl: display Producir;		
LISTADO DE PRODUCTOS	Producir semana 1 (planchas)	Producir semana 2 (planchas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	18620	18000
FOAMYLISAMA109U115X120X2	2740	2460
FOAMYLISAMA109U60X90X2	400	1200
FOAMYLISANA151U60X90X2	1380	1320
FOAMYLISANA1665U115X120X2	900	3400
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1260	380
FOAMYLISAZU300U60X115X2	960	2320
FOAMYLISAZU640U115X120X2	440	2360
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	256	0
FOAMYLISBLA115X120X2	5940	3200
FOAMYLISBLA60X115X2	780	1980
FOAMYLISBLA60X90X2	1240	3300
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	3980	3400
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	3960	5800
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3100	1680
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	2240	2440
FOAMYLISFUC240U60X115X2	480	680
FOAMYLISFUC240U60X90X2	1900	2400
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1040	1260
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1300	2320
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4160	1200
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1080	680
FOAMYLISNEG115X120X2	2520	1540
FOAMYLISNEG60X115X2	60	1400
FOAMYLISNEG60X90X2	0	2480
FOAMYLISROJ199U115X120X2	3300	2400
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	1860	320
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	0	0
FOAMYLISVER362U115X120X2	240	2500
FOAMYLISVER362U60X115X2	6120	2300
FOAMYLISVER373U60X90X2	2420	2640
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3220	3500
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	0

La tabla 4-24 muestra las ventas realizadas según la producción realizada y el stock.

Tabla 4-24: VENTAS SEGÚN AMPL

ampl: display Ventas;		
LISTADO DE PRODUCTOS	Ventas semana 1 (planchas)	Ventas semana 2 (planchas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	20000	18000
FOAMYLISAMA109U115X120X2	3520	2460
FOAMYLISAMA109U60X90X2	2320	1200
FOAMYLISANA151U60X90X2	2480	1320
FOAMYLISANA1665U115X120X2	2260	3400
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	2260	380
FOAMYLISAZU300U60X115X2	1220	2320
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2460	2360
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	496	0
FOAMYLISBLA115X120X2	6600	3200
FOAMYLISBLA60X115X2	2260	1980
FOAMYLISBLA60X90X2	2460	3300
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	4400	3400
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	4600	5800
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3600	1680
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	3300	2440
FOAMYLISFUC240U60X115X2	1120	680
FOAMYLISFUC240U60X90X2	2600	2400
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1220	1260
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1460	2320
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4220	1200
FOAMYLISMEL162U60X90X2	2200	680
FOAMYLISNEG115X120X2	4300	1540
FOAMYLISNEG60X115X2	1120	1400
FOAMYLISNEG60X90X2	2800	3400
FOAMYLISROJ199U115X120X2	4300	2400
FOAMYLISROJ199U60X90X2	2440	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	2600	320
FOAMYLISROS7423U60X115X2	160	0
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	60	80
FOAMYLISVER362U115X120X2	3500	2500
FOAMYLISVER362U60X115X2	6280	2300
FOAMYLISVER373U60X90X2	3500	2640
FOAMYLISVER7484U60X90X2	1500	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	1680	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3400	3500
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	240	0

En la tabla 4-25 se observa el stock, el mismo que es contabilizado posterior a la venta.

Tabla 4-25: INVENTARIOS SEGÚN AMPL

ampl: display Inventario;		
LISTADO DE PRODUCTOS	Stock semana 1 (planchas)	Stock semana 2 (planchas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	0	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	0	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	0	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	0	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	0	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	0	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	0	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	0	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	0	0
FOAMYLISBLA115X120X2	0	0
FOAMYLISBLA60X115X2	0	0
FOAMYLISBLA60X90X2	0	0
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	0	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	0	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	0	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	0	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	0	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	0	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	0	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	0	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	0	0
FOAMYLISMEL162U60X90X2	0	0
FOAMYLISNEG115X120X2	0	0
FOAMYLISNEG60X115X2	0	0
FOAMYLISNEG60X90X2	920	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	0	0
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	0	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	100	20
FOAMYLISVER362U115X120X2	0	0
FOAMYLISVER362U60X115X2	0	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	0	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	0	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	0

Por lo tanto, se sugiere el uso de este modelo que optimiza los recursos para maximizar la ganancia y aporta como herramienta a la solución del área de programación de producción del área de acabados.

La PP tiene como objetivo decidir los materiales y las cantidades de estos que se deben considerar en la programación semanal tomando en cuenta las políticas internas, limitaciones, recursos y volumen de pedidos. Por otra parte, la programación también debe considerar el uso eficiente de los recursos y la maximización de la rentabilidad para la empresa ya que el flujo de dinero es un factor primordial para la supervivencia.

4.4.9 Programa Matlab para la programación de la producción en el área de acabados

MATLAB es un software que se adapta a las necesidades de los procesos de desarrollo, investigación y análisis, utiliza lenguaje de programación que permite expresar matrices matemáticas para el análisis de datos. Las operaciones matemáticas se distribuyen a través de los núcleos de su computadora, las llamadas a librerías están muy optimizadas y todo el código es compilado, incrementando su velocidad de respuesta, este software está diseñado específicamente para ingenieros, por tal razón se utiliza MATLAB en la propuesta.

Mediante el software Matrix laboratory (MATLAB), se obtuvo la solución al modelo de programación lineal como se muestra a continuación (en el ANEXO III se muestra el programa completo en MATLAB).

En la figura 4-23 se observa de manera general el entorno de MATLAB

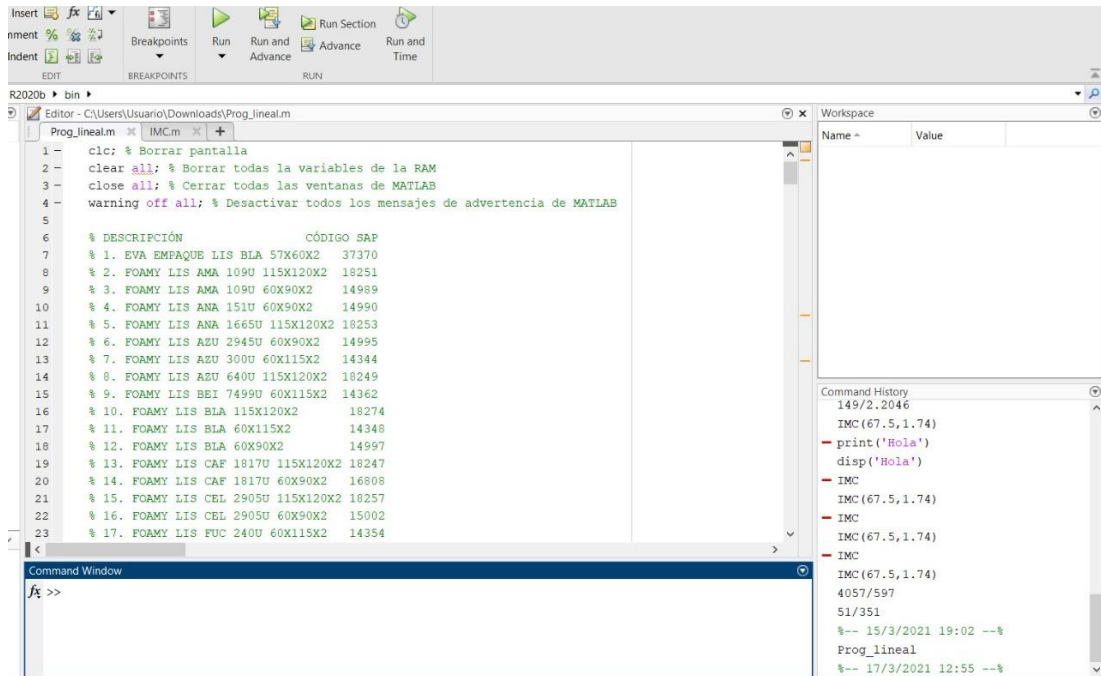


Figura 4-23: Programa en MATLAB

En la figura 4-24 se observa algunas de las variables ingresadas en MATLAB, para la simulación se consideró el período de dos semanas, la disponibilidad de 80 horas, el estándar, inventario inicial, costos de producción, costos de inventario y ganancia, los mismos se muestran en la tabla 4-18.

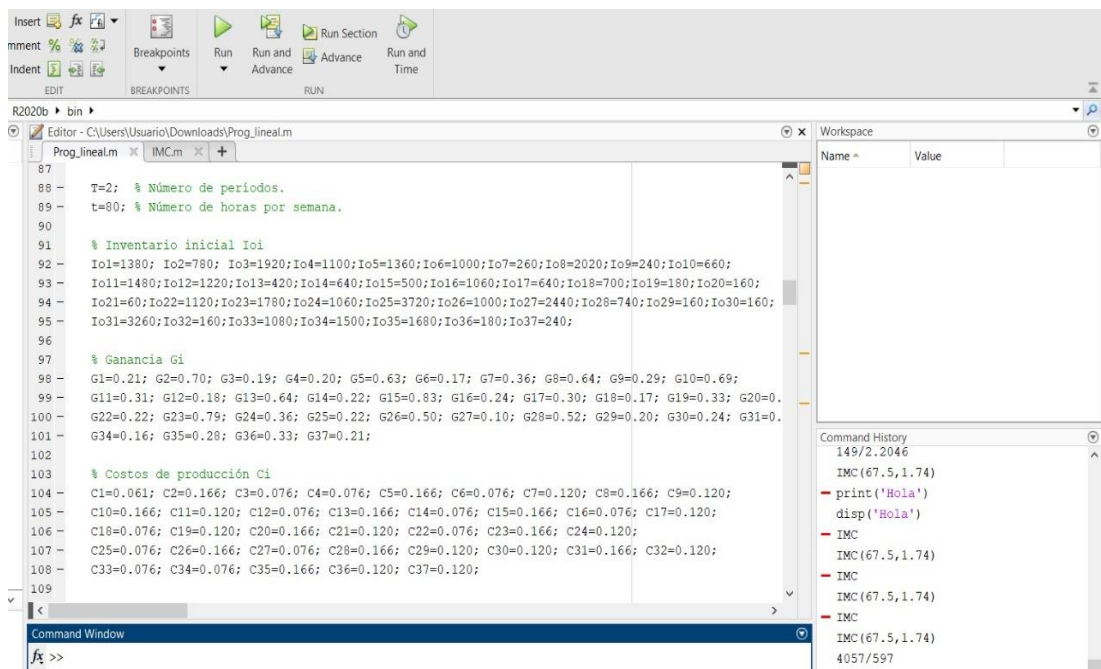
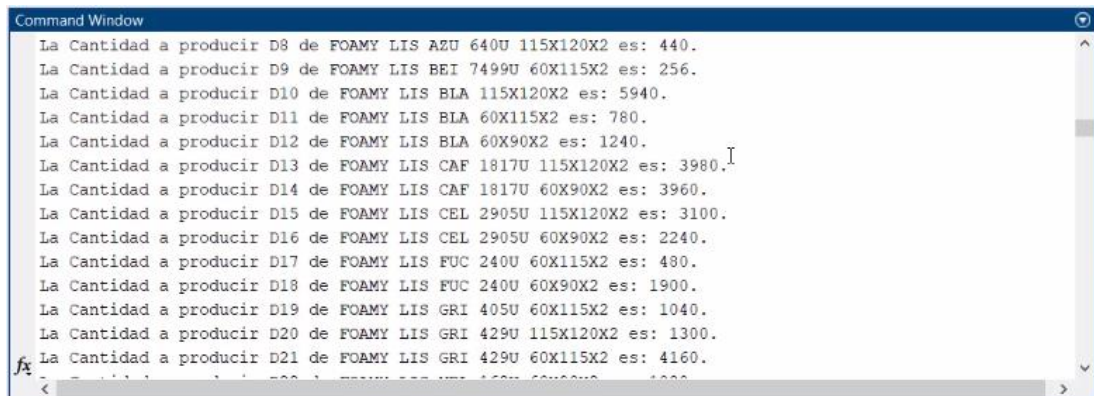


Figura 4-24: Programa en MATLAB variables

Semana 1

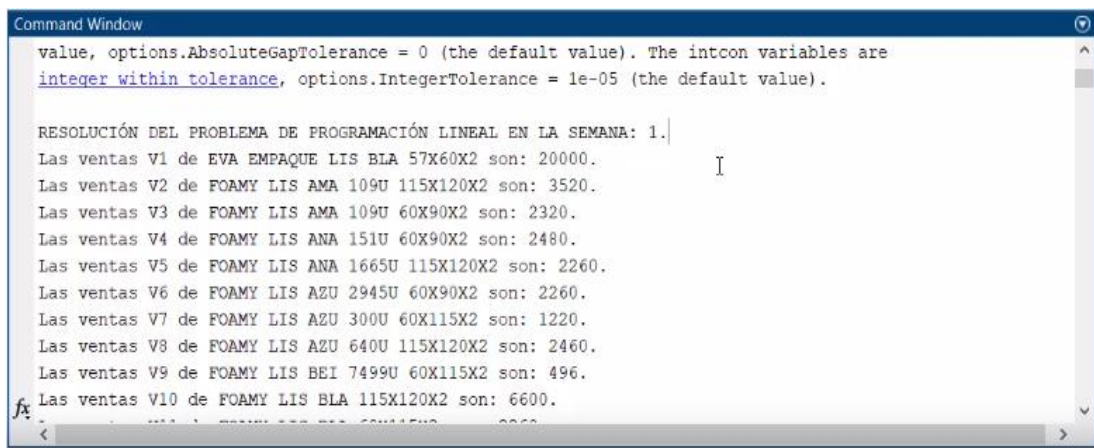
En la figura 4-25 se observa los resultados obtenidos en Matlab sobre la cantidad que se debe producir de cada producto en la semana 1



```
Command Window
La Cantidad a producir D8 de FOAMY LIS AZU 640U 115X120X2 es: 440.
La Cantidad a producir D9 de FOAMY LIS BEI 7499U 60X115X2 es: 256.
La Cantidad a producir D10 de FOAMY LIS BLA 115X120X2 es: 5940.
La Cantidad a producir D11 de FOAMY LIS BLA 60X115X2 es: 780.
La Cantidad a producir D12 de FOAMY LIS BLA 60X90X2 es: 1240.
La Cantidad a producir D13 de FOAMY LIS CAF 1817U 115X120X2 es: 3980.
La Cantidad a producir D14 de FOAMY LIS CAF 1817U 60X90X2 es: 3960.
La Cantidad a producir D15 de FOAMY LIS CEL 2905U 115X120X2 es: 3100.
La Cantidad a producir D16 de FOAMY LIS CEL 2905U 60X90X2 es: 2240.
La Cantidad a producir D17 de FOAMY LIS FUC 240U 60X115X2 es: 480.
La Cantidad a producir D18 de FOAMY LIS FUC 240U 60X90X2 es: 1900.
La Cantidad a producir D19 de FOAMY LIS GRI 405U 60X115X2 es: 1040.
La Cantidad a producir D20 de FOAMY LIS GRI 429U 115X120X2 es: 1300.
La Cantidad a producir D21 de FOAMY LIS GRI 429U 60X115X2 es: 4160.
```

Figura 4-25: Resultados en Matlab sobre la cantidad a producir en la semana 1

En la figura 4-26 se aprecia los resultados obtenidos de MATLAB referentes a las ventas que se realizarán en la semana 1.



```
Command Window
value, options.AbsoluteGapTolerance = 0 (the default value). The intcon variables are
integer within tolerance, options.IntegerTolerance = 1e-05 (the default value).

RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL EN LA SEMANA: 1.
Las ventas V1 de EVA EMPAQUE LIS BLA 57X60X2 son: 20000.
Las ventas V2 de FOAMY LIS AMA 109U 115X120X2 son: 3520.
Las ventas V3 de FOAMY LIS AMA 109U 60X90X2 son: 2320.
Las ventas V4 de FOAMY LIS ANA 151U 60X90X2 son: 2480.
Las ventas V5 de FOAMY LIS ANA 1665U 115X120X2 son: 2260.
Las ventas V6 de FOAMY LIS AZU 2945U 60X90X2 son: 2260.
Las ventas V7 de FOAMY LIS AZU 300U 60X115X2 son: 1220.
Las ventas V8 de FOAMY LIS AZU 640U 115X120X2 son: 2460.
Las ventas V9 de FOAMY LIS BEI 7499U 60X115X2 son: 496.
Las ventas V10 de FOAMY LIS BLA 115X120X2 son: 6600.
```

Figura 4-26: Resultados en Matlab para las ventas de la semana 1

En la figura 4-27 se muestra el inventario que se tendría en stock al cierre de la semana 1, es decir el stock luego de la venta generada en la semana 1. Además, se observa el valor de la función maximizada, en la semana 1 es de 35922,84 dólares.

```

Command Window
El Inventario de cierre semanal If28 de FOAMY LIS ROS 7423U 115X120X2 es: 0.
El Inventario de cierre semanal If29 de FOAMY LIS ROS 7423U 60X115X2 es: 0.
El Inventario de cierre semanal If30 de FOAMY LIS TUR 333U 60X115X2 es: 100.
El Inventario de cierre semanal If31 de FOAMY LIS VER 362U 115X120X2 es: 0.
El Inventario de cierre semanal If32 de FOAMY LIS VER 362U 60X115X2 es: 0.
El Inventario de cierre semanal If33 de FOAMY LIS VER 373U 60X90X2 es: 0.
El Inventario de cierre semanal If34 de FOAMY LIS VER 7484U 60X90X2 es: 0.
El Inventario de cierre semanal If35 de FOAMY LIS VIO 254U 115X120X2 es: 0.
El Inventario de cierre semanal If36 de FOAMY LIS VIO 2577U 60X115X2 es: 0.
El Inventario de cierre semanal If37 de FOAMY LIS VIO 2745U 60X115X2 es: -0.
La función maximizada es igual a: 35922.84 USD.

I
La función maximizada acumulada para las 1 semanas es igual a: 35922.84 USD.
=====
LP:          optimal objective value is -22155.729694.

Optimal solution found.

Intlinprog stopped at the root node because the objective value is within a gap tolerance of the optimal
fx value, options.AbsoluteGapTolerance = 0 (the default value). The intcon variables are

```

Figura 4-27: Resultados en Matlab sobre los inventarios y función maximizada en la semana 1

En la tabla 4-26 se observan los resultados de la semana 1: la cantidad a producir, las ventas y el stock al finalizar la semana 1.

Tabla 4-26: RESULTADOS DE MATLAB PARA LA SEMANA 1

LISTADO DE PRODUCTOS	Producir semana 1 (planchas)	Ventas semana 1 (planchas)	Stock semana 1 (planchas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	18620	20000	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	2740	3520	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	400	2320	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	1380	2480	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	900	2260	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1260	2260	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	960	1220	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	440	2460	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	256	496	0
FOAMYLISBLA115X120X2	5940	6600	0
FOAMYLISBLA60X115X2	780	2260	0
FOAMYLISBLA60X90X2	1240	2460	0
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	3980	4400	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	3960	4600	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3100	3600	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	2240	3300	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	480	1120	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	1900	2600	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1040	1220	0

FOAMYLISGRI429U115X120X2	1300	1460	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4160	4220	0
FOAMYLISME162U60X90X2	1080	2200	0
FOAMYLISNEG115X120X2	2520	4300	0
FOAMYLISNEG60X115X2	60	1120	0
FOAMYLISNEG60X90X2	0	2800	920
FOAMYLISROJ199U115X120X2	3300	4300	0
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	2440	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	1860	2600	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	160	0
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	0	60	100
FOAMYLISVER362U115X120X2	240	3500	0
FOAMYLISVER362U60X115X2	6120	6280	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	2420	3500	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	1500	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	1680	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3220	3400	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	240	0

Semana 2

En la figura 4-28 se observa los resultados obtenidos de la cantidad que se debe producir de cada producto en la semana 2

```

Command Window
La Cantidad a producir D3 de FOAMY LIS AMA 109U 60X90X2 es: 1200.
La Cantidad a producir D4 de FOAMY LIS ANA 151U 60X90X2 es: 1320.
La Cantidad a producir D5 de FOAMY LIS ANA 1665U 115X120X2 es: 3400.
La Cantidad a producir D6 de FOAMY LIS AZU 2945U 60X90X2 es: 380.
La Cantidad a producir D7 de FOAMY LIS AZU 300U 60X115X2 es: 2320.
La Cantidad a producir D8 de FOAMY LIS AZU 640U 115X120X2 es: 2360.
La Cantidad a producir D9 de FOAMY LIS BEI 7499U 60X115X2 es: 0.
La Cantidad a producir D10 de FOAMY LIS BLA 115X120X2 es: 3200.
La Cantidad a producir D11 de FOAMY LIS BLA 60X115X2 es: 1960.
La Cantidad a producir D12 de FOAMY LIS BLA 60X90X2 es: 3300.
La Cantidad a producir D13 de FOAMY LIS CAF 1817U 115X120X2 es: 3400.
La Cantidad a producir D14 de FOAMY LIS CAF 1817U 60X90X2 es: 5800.
La Cantidad a producir D15 de FOAMY LIS CEL 2905U 115X120X2 es: 1680.
La Cantidad a producir D16 de FOAMY LIS CEL 2905U 60X90X2 es: 2440.
La Cantidad a producir D17 de FOAMY LIS FUC 240U 60X115X2 es: 680.
La Cantidad a producir D18 de FOAMY LIS FUC 240U 60X90X2 es: 2400.
La Cantidad a producir D19 de FOAMY LIS GRI 405U 60X115X2 es: 1260.
La Cantidad a producir D20 de FOAMY LIS GRI 429U 115X120X2 es: 2320.
La Cantidad a producir D21 de FOAMY LIS GRI 429U 60X115X2 es: 1200.
La Cantidad a producir D22 de FOAMY LIS MEL 162U 60X90X2 es: 680.
La Cantidad a producir D23 de FOAMY LIS NEG 115X120X2 es: 1540.
  
```

Figura 4-28 Resultados en Matlab sobre la cantidad a producir en la semana 2

En la figura 4-29 se aprecia los resultados obtenidos de MATLAB referentes a las ventas que se realizarán en la semana 2

```

Command Window

Optimal solution found.

Intlinprog stopped at the root node because the objective value is within a gap tolerance of the optimal
value, options.AbsoluteGapTolerance = 0 (the default value). The intcon variables are
integer within tolerance, options.IntegerTolerance = 1e-05 (the default value).

RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL EN LA SEMANA 2.
Las ventas V1 de EVA EMPAQUE LIS BLA 57X60X2 son: 18000.
Las ventas V2 de FOAMY LIS AMA 109U 115X120X2 son: 2460.
Las ventas V3 de FOAMY LIS AMA 109U 60X90X2 son: 1200.
Las ventas V4 de FOAMY LIS ANA 151U 60X90X2 son: 1320.
Las ventas V5 de FOAMY LIS ANA 1665U 115X120X2 son: 3400.
Las ventas V6 de FOAMY LIS AZU 2945U 60X90X2 son: 380.
Las ventas V7 de FOAMY LIS AZU 300U 60X115X2 son: 2320.
Las ventas V8 de FOAMY LIS AZU 640U 115X120X2 son: 2360.
Las ventas V9 de FOAMY LIS BEI 7499U 60X115X2 son: 0.
Las ventas V10 de FOAMY LIS BLA 115X120X2 son: 3200.
Las ventas V11 de FOAMY LIS BLA 60X115X2 son: 1980.
fx Las ventas V12 de FOAMY LIS BLA 60X90X2 son: 3300.

```

Figura 4-29: Resultados en Matlab sobre las ventas de la semana 2

En la figura 4-30 se aprecia el inventario que se tendría en stock al cierre de la semana 2, es decir luego de la venta generada en la semana 2. Además, se observa el valor de la función maximizada que es de 22155,73 dólares para la semana 2

```

Command Window

El inventario de cierre semanal If22 de FOAMY LIS MEL 162U 60X90X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If23 de FOAMY LIS NEG 115X120X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If24 de FOAMY LIS NEG 60X115X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If25 de FOAMY LIS NEG 60X90X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If26 de FOAMY LIS ROJ 199U 115X120X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If27 de FOAMY LIS ROJ 199U 60X90X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If28 de FOAMY LIS ROS 7423U 115X120X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If29 de FOAMY LIS ROS 7423U 60X115X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If30 de FOAMY LIS TUR 333U 60X115X2 es: 20.
El inventario de cierre semanal If31 de FOAMY LIS VER 362U 115X120X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If32 de FOAMY LIS VER 362U 60X115X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If33 de FOAMY LIS VER 373U 60X90X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If34 de FOAMY LIS VER 7484U 60X90X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If35 de FOAMY LIS VIO 254U 115X120X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If36 de FOAMY LIS VIO 2577U 60X115X2 es: 0.
El inventario de cierre semanal If37 de FOAMY LIS VIO 2745U 60X115X2 es: -0.
La función maximizada es igual a: 22155.73 USD.

La función maximizada acumulada para las 2 semanas es igual a: 58078.57 USD.
=====
fx >> |

```

Figura 4-30: Resultados en Matlab de inventarios y función maximizada en la semana 2

En la siguiente tabla se detalla los resultados de la semana 2: la cantidad a producir, las ventas y el stock al finalizar la semana 2.

Tabla 4-27: RESULTADOS DE MATLAB PARA LA SEMANA 2

LISTADO DE PRODUCTOS	Producir semana 2 (planchas)	Ventas semana 2 (planchas)	Stock semana 2 (planchas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	18000	18000	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	2460	2460	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	1200	1200	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	1320	1320	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	3400	3400	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	380	380	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	2320	2320	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2360	2360	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	0	0	0
FOAMYLISBLA115X120X2	3200	3200	0
FOAMYLISBLA60X115X2	1980	1980	0
FOAMYLISBLA60X90X2	3300	3300	0
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	3400	3400	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	5800	5800	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	1680	1680	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	2440	2440	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	680	680	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	2400	2400	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1260	1260	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	2320	2320	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	1200	1200	0
FOAMYLISMEL162U60X90X2	680	680	0
FOAMYLISNEG115X120X2	1540	1540	0
FOAMYLISNEG60X115X2	1400	1400	0
FOAMYLISNEG60X90X2	2480	3400	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	2400	2400	0
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	320	320	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0	0
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	0	80	20
FOAMYLISVER362U115X120X2	2500	2500	0
FOAMYLISVER362U60X115X2	2300	2300	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	2640	2640	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	0	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3500	3500	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	0	0

Tabla 4-28: RESULTADOS DE GANANCIA MAXIMA DE AMPL Y MATLAB DE LAS DOS SEMANAS

	Programa AMPL	Programa Matlab
Ganancia Máxima	\$ 58.078,57	\$ 58.078,57

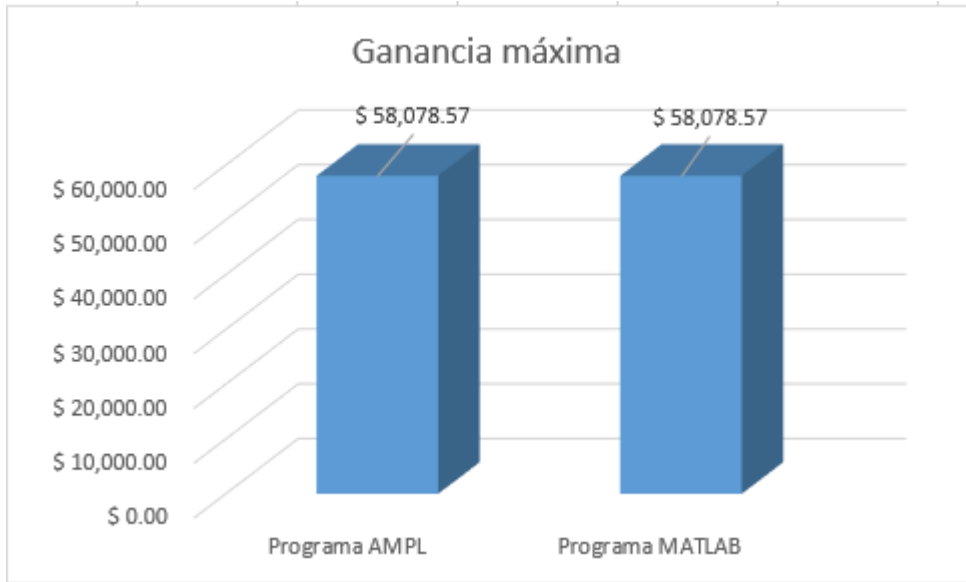


Figura 4-31: Resultados de ganancia máxima de AMPL y MATLAB de las dos semanas

4.4.10 Validación de los resultados obtenidos en AMPL y MATLAB

Los resultados obtenidos en AMPL y MATLAB coinciden y como medio de validación se utilizará el programa Excel.

En la tabla 4-29 se muestra la validación de las horas empleadas en el proceso de dividido, la condición está definida en 80 horas de trabajo para la semana 1 y 80 horas para la semana 2.

Tabla 4-29: HORAS EMPLEADAS POR SEMANA EN EL PROCESO DE DIVIDIDO SEGÚN LA PRODUCCION DE LA SEMANA 1 Y 2.

LISTADO DE PRODUCTOS	Estándar (horas)	Producción semana 1 (planchas)	Horas empleadas semana 1 (horas)	Producción semana 2 (planchas)	Horas empleadas semana 2 (horas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	2500	18620	7,448	18000	7,200
FOAMYLISAMA109U115X120X2	625	2740	4,384	2460	3,936
FOAMYLISAMA109U60X90X2	1563	400	0,256	1200	0,768
FOAMYLISANA151U60X90X2	1563	1380	0,883	1320	0,845
FOAMYLISANA1665U115X120X2	625	900	1,440	3400	5,440
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1563	1260	0,806	380	0,243
FOAMYLISAZU300U60X115X2	842	960	1,140	2320	2,755
FOAMYLISAZU640U115X120X2	625	440	0,704	2360	3,776
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	842	256	0,304	0	0,000
FOAMYLISBLA115X120X2	625	5940	9,504	3200	5,120
FOAMYLISBLA60X115X2	842	780	0,926	1980	2,352
FOAMYLISBLA60X90X2	1563	1240	0,793	3300	2,111
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	625	3980	6,368	3400	5,440
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	1563	3960	2,534	5800	3,711
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	625	3100	4,960	1680	2,688
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	1563	2240	1,433	2440	1,561
FOAMYLISFUC240U60X115X2	842	480	0,570	680	0,808
FOAMYLISFUC240U60X90X2	1563	1900	1,216	2400	1,536
FOAMYLISGRI405U60X115X2	842	1040	1,235	1260	1,496
FOAMYLISGRI429U115X120X2	625	1300	2,080	2320	3,712
FOAMYLISGRI429U60X115X2	842	4160	4,941	1200	1,425
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1563	1080	0,691	680	0,435
FOAMYLISNEG115X120X2	625	2520	4,032	1540	2,464
FOAMYLISNEG60X115X2	842	60	0,071	1400	1,663
FOAMYLISNEG60X90X2	1563	0	0,000	2480	1,587
FOAMYLISROJ199U115X120X2	625	3300	5,280	2400	3,840
FOAMYLISROJ199U60X90X2	1563	0	0,000	0	0,000
FOAMYLISROS7423U115X120X2	625	1860	2,976	320	0,512
FOAMYLISROS7423U60X115X2	842	0	0,000	0	0,000
FOAMYLISUR333U60X115X2	842	0	0,000	0	0,000
FOAMYLISVER362U115X120X2	625	240	0,384	2500	4,000
FOAMYLISVER362U60X115X2	842	6120	7,268	2300	2,732
FOAMYLISVER373U60X90X2	1563	2420	1,548	2640	1,689
FOAMYLISVER7484U60X90X2	1563	0	0,000	0	0,000
FOAMYLISVIO254U115X120X2	625	0	0,000	0	0,000
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	842	3220	3,824	3500	4,157
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	842	0	0,000	0	0,000
TOTAL			80,000		80,000

De los resultados obtenidos de la validación según los resultados de los programas AMPL y MATLAB, se observa que cumple con la condición de las horas disponibles del proceso de dividido, para la semana 1 y semana 2 será necesario 80 horas de trabajo, es decir es igual a las horas disponibles del proceso.

Tabla 4.30: RESUMEN DE LAS HORAS DISPONIBLES Y HORAS EMPLEADAS POR SEMANA PARA EL PROCESO DE DIVIDIDO

Proceso	Semana	Horas disponibles	Horas empleadas AMPL	Horas empleadas MATLAB
Dividido	Semana 1	80	80	80
	Semana 2	80	80	80

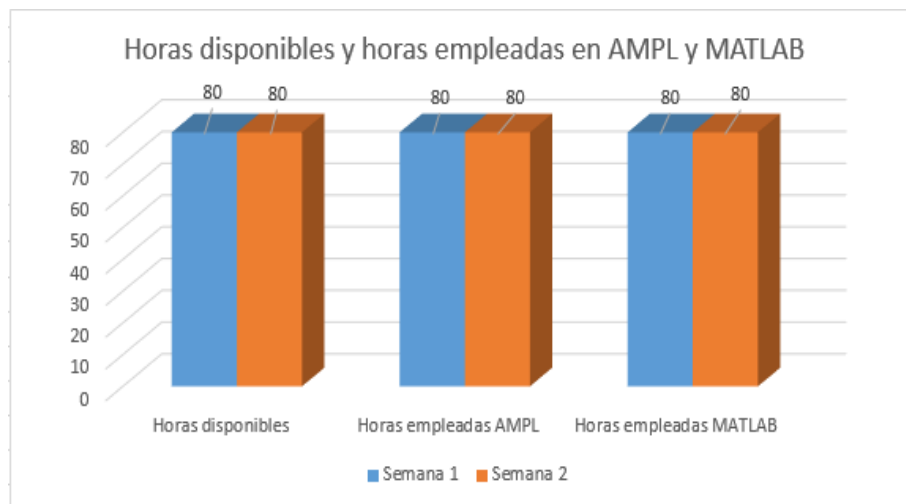


Figura 4-32: Horas disponibles y horas empleadas en el proceso de dividido

4.4.11 Maximización de la ganancia

En AMPL y MATLAB la máxima ganancia es de 58078,57 dólares, para realizar la verificación en Excel se utiliza la información de la tabla 4-18.

Resultados de la semana 1

En la tabla 4-31 se muestra los valores de la producción que se debe programar en la semana 1, el stock de los productos que se tendrá al final de la semana 1 y las ventas que se ejecutarán durante la semana 1. Además, se muestran los ingresos generados según la ganancia de cada producto, los costos de producción generados según la

producción de la semana y los costos de mantener el inventario en la bodega, para lo cual se utilizan las ecuaciones 4-2, 4-3, 4-4 y 4-5.

Tabla 4-31: RESULTADOS DE LA SEMANA 1

LISTADO DE PRODUCTOS	Ingresos por ventas semana 1 (\$)	Costos de producción semana 1 (\$)	Costos por inventario semana 1 (\$)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	4200	1135,82	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	2464	454,84	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	440,8	30,4	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	496	104,88	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	1423,8	149,4	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	384,2	95,76	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	439,2	115,2	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	1574,4	73,04	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	143,78	30,69	0
FOAMYLISBLA115X120X2	4554	986,04	0
FOAMYLISBLA60X115X2	700,6	93,6	0
FOAMYLISBLA60X90X2	442,8	94,24	0
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	2816	660,68	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	1012	300,96	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	2988	514,6	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	792	170,24	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	336	57,6	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	442	144,4	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	402,6	124,8	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1153,4	215,8	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	1519,2	499,2	0
FOAMYLISMEL162U60X90X2	484	82,08	0
FOAMYLISNEG115X120X2	3397	418,32	0
FOAMYLISNEG60X115X2	403,2	7,2	0
FOAMYLISNEG60X90X2	616	0	5,98
FOAMYLISROJ199U115X120X2	2150	547,8	0
FOAMYLISROJ199U60X90X2	244	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	1352	308,76	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	32	0	0
FOAMYLISUR333U60X115X2	14,4	0	0,65
FOAMYLISVER362U115X120X2	2625	39,84	0
FOAMYLISVER362U60X115X2	2135,2	734,4	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	630	183,92	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	240	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	470,4	0	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	1122	386,4	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	50,4	0	0
TOTAL	\$44.690,38	\$8.760,92	\$ 6,63

Resultados de la semana 2

En la tabla 4-32 se muestra los valores de la producción que se debe programar en la semana 2, el stock de los productos que se tendrá al final de la semana 2 y las ventas que se ejecutarán durante la semana 2. Adicionalmente se muestra los ingresos generados según la ganancia de cada producto, los costos de producción generados según la producción de la semana y los costos de mantener el inventario en la bodega.

Tabla 4-32: RESULTADOS DE LA SEMANA 2

LISTADO DE PRODUCTOS	Ingresos por ventas semana 2 (\$)	Costos de producción semana 2 (\$)	Costos por inventario semana 2 (\$)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	3780	1098	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	1722	408,36	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	228	91,2	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	264	100,32	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	2142	564,4	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	64,56	28,863	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	835,2	278,4	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	1510,4	391,76	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	0	0	0
FOAMYLISBLA115X120X2	2208	531,2	0
FOAMYLISBLA60X115X2	613,8	237,6	0
FOAMYLISBLA60X90X2	594	250,8	0
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	2176	564,4	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	1276	440,8	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	1394,4	278,88	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	585,6	185,44	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	204	81,6	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	408	182,4	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	415,8	151,2	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1832,8	385,12	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	432	144	0
FOAMYLISMEL162U60X90X2	149,6	51,68	0
FOAMYLISNEG115X120X2	1216,6	255,64	0
FOAMYLISNEG60X115X2	504	168	0
FOAMYLISNEG60X90X2	748	188,48	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	1200	398,4	0
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	166,4	53,12	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0	0
FOAMYLISUR333U60X115X2	19,2	0	0,13

FOAMYLISVER362U115X120X2	1875	415	0
FOAMYLISVER362U60X115X2	782	276	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	475,2	200,64	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	0	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	1155	420	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	0	0
TOTAL	30.977,56	8.821,70	0,13

4.4.12 Resumen de la semana 1 y 2

En la tabla 4-33 se muestra el resumen de la validación en Excel de la semana 1 y 2, en la misma se observa que el valor de maximización obtenido coincide con la información de maximización AMPL y MATLAB que consta en la tabla 4-28.

Tabla 4-33: RESULTADOS DE LA VALIDACION EN EXCEL SE LA SEMANA 1 Y 2

	Semana 1	Semana 2	Total
Beneficio por ventas	\$ 44690,3829	\$ 30977,5633	\$ 75667,95
Costos de fabricación	\$ 8760,91636	\$ 8821,70358	\$ 17582,62
Costos por mantener inventario	\$ 6,63	\$ 0,13	\$ 6,76
Ganancia Máxima	\$ 35922,8365	\$ 22155,7297	\$ 58078,57

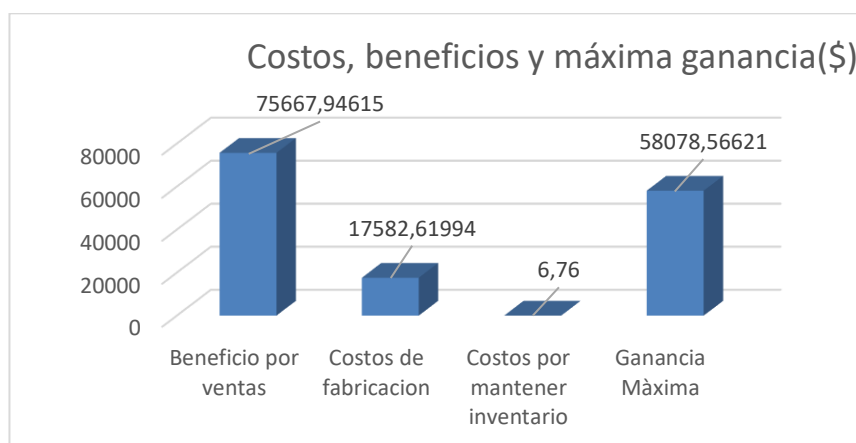


Figura 4-33: Costos, beneficios y máxima ganancia

Se ha probado que tanto en AMPL, MATLAB y Excel la ganancia máxima es de 58.078,57 dólares, mientras que en la situación actual es de 43.708,99 dólares como se muestra en la tabla 4-16, esto evidencia que hay incremento de 14.369,58 dólares

en la ganancia por lo que cumple que se maximiza la ganancia en el área de acabados de la empresa Plasticaucho Industrial S.A, en la tabla 4-34 se muestran los resultados.

Tabla 4-34: COMPARACION DE LA GANANCIA ACTUAL FRENTE A LA GANANCIA DE LA PROPUESTA

Descripción	Ganancia (\$)
Ganancia máxima actual	\$ 43,708.99
Ganancia máxima AMPL, MATLAB y Excel	\$ 58,078.57
Incremento de ganancia	\$ 14,369.58

En la figura 4-34 se muestra la comparación de la ganancia que se obtiene con el método actual de programación de la producción frente a la ganancia que se obtiene con la propuesta.

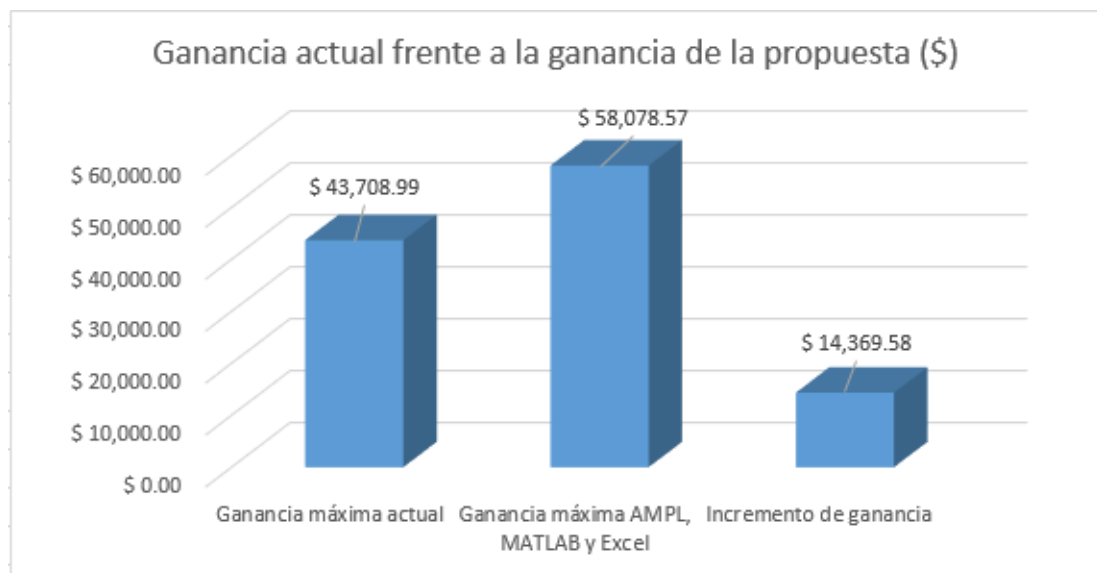


Figura 4-34: Ganancia actual frente a la ganancia de la propuesta

En la tabla 4-35 se muestra la comparación de los datos obtenidos de la situación actual y de la propuesta. En el listado de los productos que se debe fabricar (producción), la diferencia se debe a que en la situación actual se considera el orden cronológico del ingreso de los pedidos, mientras que en la propuesta se considera el stock de la bodega, los estándares, el tiempo disponible de la línea y el beneficio de cada producto, priorizando la producción en obtener el mayor beneficio económico para la línea de negocio.

Tabla 4-35: COMPARACION DE LA PRODUCCION ACTUAL FRENTE A LA PROPUESTA DE LAS SEMANAS 1 Y 2

Listado de productos	Demanda semana 1 (planchas)	Producción semana 1 (planchas)		Demanda semana 2 (planchas)	Producción semana 2 (planchas)	
		Actual	Propuesta		Actual	Propuesta
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	4400	0	3980	3400	3400	3400
FOAMYLISVIO254U115X120X2	2600	2600	0	2100	2100	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2460	2460	440	2360	2360	2360
FOAMYLISAMA109U115X120X2	3520	0	2740	2460	0	2460
FOAMYLISANA1665U115X120X2	2260	0	900	3400	0	3400
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3600	0	3100	1680	0	1680
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1460	0	1300	2320	2320	2320
FOAMYLISROJ199U115X120X2	4300	0	3300	2400	2400	2400
FOAMYLISROS7423U115X120X2	2600	0	1860	320	320	320
FOAMYLISVER362U115X120X2	3500	0	240	2500	2500	2500
FOAMYLISBLA115X120X2	6600	6600	5940	3200	3200	3200
FOAMYLISNEG115X120X2	4300	4300	2520	1540	0	1540
FOAMYLISAZU300U60X115X2	1220	1220	960	2320	2320	2320
FOAMYLISBLA60X115X2	2260	0	780	1980	1980	1980
FOAMYLISFUC240U60X115X2	1120	1120	480	680	680	680
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1220	1220	1040	1260	1260	1260
FOAMYLISNEG60X115X2	1120	1120	60	1400	1400	1400
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	620	620	256	2400	2400	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4220	4220	4160	1200	1200	1200
FOAMYLISROS7423U60X115X2	1620	0	0	1280	1280	0
FOAMYLISUR333U60X115X2	60	60	0	80	80	0
FOAMYLISVER362U60X115X2	6280	6280	6120	2300	2300	2300
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3400	0	3220	3500	3500	3500
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	4500	4500	0	1680	1680	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	2320	2320	400	1200	1200	1200
FOAMYLISANA151U60X90X2	2480	2480	1380	1320	1320	1320
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	2260	2260	1260	1100	1100	380
FOAMYLISBLA60X90X2	2460	2460	1240	3300	3300	3300
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	3300	3300	2240	2440	2440	2440
FOAMYLISFUC240U60X90X2	2600	2600	1900	2400	2400	2400
FOAMYLISMEL162U60X90X2	2200	2200	1080	680	680	680
FOAMYLISNEG60X90X2	2800	2800	0	3400	3400	2480
FOAMYLISROJ199U60X90X2	3460	3460	0	2600	2600	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	3500	3500	2420	2640	2640	2640
FOAMYLISVER7484U60X90X2	2900	2900	0	3100	3100	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	4600	4600	3960	5800	5800	5800
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	20000	20000	18620	18000	18000	18000
TOTAL	124120	91200	77896	95740	86660	80860

En la figura 4-35 se observa la comparación de la semana 1 y 2 de la producción considerada en la situación actual y en la propuesta. En la situación actual se produce más planchas que en la propuesta, sin embargo esto no tiene relación directa con la ganancia ya que se ha demostrado que en la propuesta se obtiene el mayor beneficio económico.

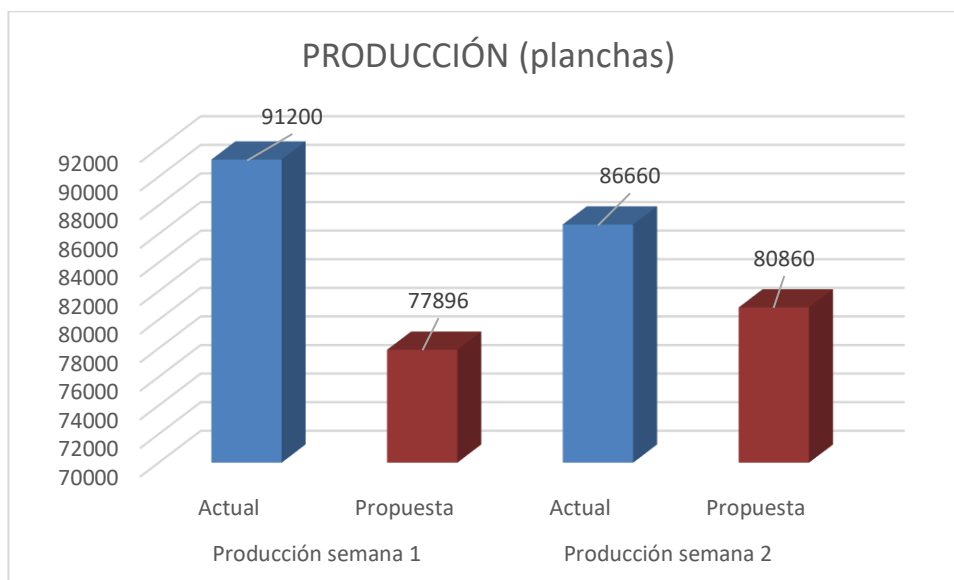


Figura 4-35: Ganancia actual frente a la ganancia de la propuesta

En el anexo IV se muestran los cuadros comparativos de la situación actual frente a la propuesta de los inventarios, las ventas, beneficios, costos de producción y los costos de mantener los inventarios.

4.4.13 Horas empleadas en los procesos del área de acabados

Con la finalidad de identificar el porcentaje de ocupación de los otros procesos del área de acabados, a continuación, se muestra las horas por semana que cada proceso necesitará para cubrir la PP obtenida de AMPL y MATLAB. Los procesos del área de acabados se muestran en la figura 4-1.

En la tabla 4-36 se muestra los estándares, la producción que se debe ejecutar en las dos semanas y las horas que serán empleadas en el proceso de refilado.

Tabla 4-36: HORAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE REFILADO

LISTADO DE PRODUCTOS	Producción semana 1 (planchas)	Producción semana 2 (planchas)	REFILADO		
			Estándar	Horas empleadas semana 1 (horas)	Horas empleadas semana 2 (horas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	18620	18000	2518	7,39	7,15
FOAMYLISAMA109U115X120X2	2740	2460	629	4,36	3,91
FOAMYLISAMA109U60X90X2	400	1200	1571	0,25	0,76
FOAMYLISANA151U60X90X2	1380	1320	1571	0,88	0,84
FOAMYLISANA1665U115X120X2	900	3400	629	1,43	5,41
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1260	380	1571	0,80	0,24
FOAMYLISAZU300U60X115X2	960	2320	1052	0,91	2,21
FOAMYLISAZU640U115X120X2	440	2360	629	0,70	3,75
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	256	0	1052	0,24	0,00
FOAMYLISBLA115X120X2	5940	3200	629	9,45	5,09
FOAMYLISBLA60X115X2	780	1980	1052	0,74	1,88
FOAMYLISBLA60X90X2	1240	3300	1571	0,79	2,10
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	3980	3400	629	6,33	5,41
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	3960	5800	1571	2,52	3,69
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3100	1680	629	4,93	2,67
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	2240	2440	1571	1,43	1,55
FOAMYLISFUC240U60X115X2	480	680	1052	0,46	0,65
FOAMYLISFUC240U60X90X2	1900	2400	1571	1,21	1,53
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1040	1260	1052	0,99	1,20
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1300	2320	629	2,07	3,69
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4160	1200	1052	3,95	1,14
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1080	680	1571	0,69	0,43
FOAMYLISNEG115X120X2	2520	1540	629	4,01	2,45
FOAMYLISNEG60X115X2	60	1400	1052	0,06	1,33
FOAMYLISNEG60X90X2	0	2480	1571	0,00	1,58
FOAMYLISROJ199U115X120X2	3300	2400	629	5,25	3,82
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	0	1571	0,00	0,00
FOAMYLISROS7423U115X120X2	1860	320	629	2,96	0,51
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0	1052	0,00	0,00
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	0	0	1052	0,00	0,00
FOAMYLISVER362U115X120X2	240	2500	629	0,38	3,98
FOAMYLISVER362U60X115X2	6120	2300	1052	5,82	2,19
FOAMYLISVER373U60X90X2	2420	2640	1571	1,54	1,68
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	0	1571	0,00	0,00
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	0	629	0,00	0,00
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3220	3500	1052	3,06	3,33
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	0	1052	0,00	0,00
TOTAL DE HORAS				75,60	76,17

En la tabla 4-37 se muestra los estándares, la producción que se debe ejecutar en las dos semanas y las horas que serán empleadas en el proceso de dividido.

Tabla 4-37: HORAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE DIVIDIDO

LISTADO DE PRODUCTOS	Producción semana 1 (planchas)	Producción semana 2 (planchas)	DIVIDIDO		
			Estándar	Horas empleadas semana 1 (horas)	Horas empleadas semana 2 (horas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	18620	18000	2500	7,448	7,200
FOAMYLISAMA109U115X120X2	2740	2460	625	4,384	3,936
FOAMYLISAMA109U60X90X2	400	1200	1563	0,256	0,768
FOAMYLISANA151U60X90X2	1380	1320	1563	0,883	0,845
FOAMYLISANA1665U115X120X2	900	3400	625	1,440	5,440
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1260	380	1563	0,806	0,243
FOAMYLISAZU300U60X115X2	960	2320	842	1,140	2,755
FOAMYLISAZU640U115X120X2	440	2360	625	0,704	3,776
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	256	0	842	0,304	0,000
FOAMYLISBLA115X120X2	5940	3200	625	9,504	5,120
FOAMYLISBLA60X115X2	780	1980	842	0,926	2,352
FOAMYLISBLA60X90X2	1240	3300	1563	0,793	2,111
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	3980	3400	625	6,368	5,440
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	3960	5800	1563	2,534	3,711
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3100	1680	625	4,960	2,688
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	2240	2440	1563	1,433	1,561
FOAMYLISFUC240U60X115X2	480	680	842	0,570	0,808
FOAMYLISFUC240U60X90X2	1900	2400	1563	1,216	1,536
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1040	1260	842	1,235	1,496
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1300	2320	625	2,080	3,712
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4160	1200	842	4,941	1,425
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1080	680	1563	0,691	0,435
FOAMYLISNEG115X120X2	2520	1540	625	4,032	2,464
FOAMYLISNEG60X115X2	60	1400	842	0,071	1,663
FOAMYLISNEG60X90X2	0	2480	1563	0,000	1,587
FOAMYLISROJ199U115X120X2	3300	2400	625	5,280	3,840
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	0	1563	0,000	0,000
FOAMYLISROS7423U115X120X2	1860	320	625	2,976	0,512
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0	842	0,000	0,000
FOAMYLISROJ333U60X115X2	0	0	842	0,000	0,000
FOAMYLISVER362U115X120X2	240	2500	625	0,384	4,000
FOAMYLISVER362U60X115X2	6120	2300	842	7,268	2,732
FOAMYLISVER373U60X90X2	2420	2640	1563	1,548	1,689
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	0	1563	0,000	0,000
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	0	625	0,000	0,000

FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3220	3500	842	3,824	4,157
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	0	842	0,000	0,000
TOTAL DE HORAS				80,000	80,000

En la tabla 4-38 se muestra los estándares, la producción que se debe ejecutar en las dos semanas y las horas que serán empleadas en el proceso de corte.

Tabla 4-38: HORAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE CORTE

LISTADO DE PRODUCTOS	Producción semana 1 (planchas)	Producción semana 2 (planchas)	CORTE		
			Estándar	Horas empleadas semana 1 (horas)	Horas empleadas semana 2 (horas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	18620	18000	3846	4,84	4,68
FOAMYLISAMA109U115X120X2	2740	2460	0		
FOAMYLISAMA109U60X90X2	400	1200	3802	0,11	0,32
FOAMYLISANA151U60X90X2	1380	1320	3802	0,36	0,35
FOAMYLISANA1665U115X120X2	900	3400	0		
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1260	380	3802	0,33	0,10
FOAMYLISAZU300U60X115X2	960	2320	0		
FOAMYLISAZU640U115X120X2	440	2360	0		
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	256	0	0		
FOAMYLISBLA115X120X2	5940	3200	0		
FOAMYLISBLA60X115X2	780	1980	0		
FOAMYLISBLA60X90X2	1240	3300	3802	0,33	0,87
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	3980	3400	0		
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	3960	5800	3802	1,04	1,53
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3100	1680	0		
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	2240	2440	3802	0,59	0,64
FOAMYLISFUC240U60X115X2	480	680	0		
FOAMYLISFUC240U60X90X2	1900	2400	3802	0,50	0,63
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1040	1260	0		
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1300	2320	0		
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4160	1200	0		
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1080	680	3802	0,28	0,18
FOAMYLISNEG115X120X2	2520	1540	0		
FOAMYLISNEG60X115X2	60	1400	0		
FOAMYLISNEG60X90X2	0	2480	3802	0,00	0,65
FOAMYLISROJ199U115X120X2	3300	2400	0		
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	0	3802	0,00	0,00
FOAMYLISROS7423U115X120X2	1860	320	0		
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0	0		

FOAMYLISUR333U60X115X2	0	0	0		
FOAMYLISVER362U115X120X2	240	2500	0		
FOAMYLISVER362U60X115X2	6120	2300	0		
FOAMYLISVER373U60X90X2	2420	2640	3802	0,64	0,69
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	0	3802	0,00	0,00
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	0	0		
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3220	3500	0		
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	0	0		
TOTAL DE HORAS				9,02	10,63

En la tabla 4-39 se muestra los estándares, la producción que se debe ejecutar en las dos semanas y las horas que serán empleadas en el proceso de empaque.

Tabla 4-39: HORAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE EMPAQUE

LISTADO DE PRODUCTOS	Producción semana 1 (planchas)	Producción semana 2 (planchas)	EMPAQUE		
			Estándar	Horas empleadas semana 1 (horas)	Horas empleadas semana 2 (horas)
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	18620	18000	2560	7,27	7,03
FOAMYLISAMA109U115X120X2	2740	2460	875	3,13	2,81
FOAMYLISAMA109U60X90X2	400	1200	1250	0,32	0,96
FOAMYLISANA151U60X90X2	1380	1320	1250	1,10	1,06
FOAMYLISANA1665U115X120X2	900	3400	875	1,03	3,89
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1260	380	1250	1,01	0,30
FOAMYLISAZU300U60X115X2	960	2320	1250	0,77	1,86
FOAMYLISAZU640U115X120X2	440	2360	875	0,50	2,70
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	256	0	1250	0,20	0,00
FOAMYLISBLA115X120X2	5940	3200	875	6,79	3,66
FOAMYLISBLA60X115X2	780	1980	1250	0,62	1,58
FOAMYLISBLA60X90X2	1240	3300	1250	0,99	2,64
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	3980	3400	875	4,55	3,89
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	3960	5800	1250	3,17	4,64
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3100	1680	875	3,54	1,92
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	2240	2440	1250	1,79	1,95
FOAMYLISFUC240U60X115X2	480	680	1250	0,38	0,54
FOAMYLISFUC240U60X90X2	1900	2400	1250	1,52	1,92
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1040	1260	1250	0,83	1,01
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1300	2320	875	1,49	2,65
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4160	1200	1250	3,33	0,96
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1080	680	1250	0,86	0,54
FOAMYLISNEG115X120X2	2520	1540	875	2,88	1,76
FOAMYLISNEG60X115X2	60	1400	1250	0,05	1,12

FOAMYLISNEG60X90X2	0	2480	1250	0,00	1,98
FOAMYLISROJ199U115X120X2	3300	2400	875	3,77	2,74
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0	0	1250	0,00	0,00
FOAMYLISROS7423U115X120X2	1860	320	875	2,13	0,37
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0	1250	0,00	0,00
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	0	0	1250	0,00	0,00
FOAMYLISVER362U115X120X2	240	2500	875	0,27	2,86
FOAMYLISVER362U60X115X2	6120	2300	1250	4,90	1,84
FOAMYLISVER373U60X90X2	2420	2640	1250	1,94	2,11
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0	0	1250	0,00	0,00
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0	0	875	0,00	0,00
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3220	3500	1250	2,58	2,80
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0	0	1250	0,00	0,00
TOTAL DE HORAS				63,72	66,09

En la tabla 4-40 se muestra en resumen las horas disponibles y las horas empleadas en cada proceso del área de acabados.

Las horas disponibles son la cantidad de horas que actualmente se están planificando en el área de acabados, mientras que las horas empleadas son las que se deben programar con la propuesta.

Tabla 4-40: HORAS DISPONIBLES Y EMPLEADAS EN LOS PROCESOS

Proceso	Semana	Horas disponibles	Horas empleadas	% de ocupación
Refilado	Semana 1	80	75,60	95%
	Semana 2	80	76,17	95%
Dividido	Semana 1	80	80,00	100%
	Semana 2	80	80,00	100%
Corte	Semana 1	80	9,02	11%
	Semana 2	80	10,63	13%
Empaque	Semana 1	80	63,72	80%
	Semana 2	80	66,09	83%

Con la propuesta se evidencia que el % de ocupación de los procesos de refilado, corte y empaque no llegan al 100%, es decir que existe subutilización de los recursos, en futuros estudios se podría analizar el método adecuado de distribuir los recursos para incrementar el % de ocupación.

En la figura 4-36 se observa que el proceso de corte es el que menos horas necesita para cumplir con la programación, le sigue el proceso de empaque, luego el refilado y el dividido que para nuestro estudio es el proceso restricción. Con esta información se podría plantear alternativas que permitan optimizar los recursos.

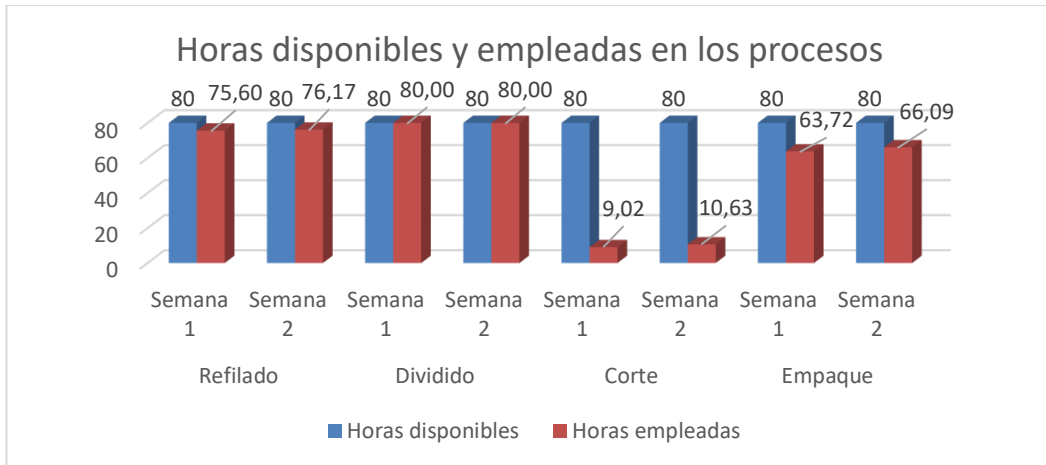


Figura 4-36: Horas disponibles y empleadas en los procesos

CAPITULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFIA

5.1 Conclusiones

- El sistema productivo del área de acabados cuenta con cuatro áreas fundamentales: gestión del mantenimiento, aseguramiento de la calidad, programación de la producción y fabricación. El presente estudio analiza la PP definida en dos semanas de cinco días y dos turnos diarios de trabajo. El área de acabados cuenta con los procesos de refilado, dividido, corte y empaque, presentándose el cuello de botella es el proceso de dividido, por lo que es importante asegurar el abastecimiento desde el proceso de refilado para mantener el trabajo continuo en el resto de la línea. Los procesos de corte en guillotina y empaque cuentan con la capacidad suficiente, y en el caso del refilado es el segundo proceso con capacidad restringida que podría generar desabastecimiento en los procesos siguientes.
- El modelo matemático se diseña a partir de las variables de entrada con sus respectivos datos, y se identifica al proceso de dividido como el cuello de botella. El modelo se desarrolló en AMPL y MATLAB, y los resultados obtenidos son iguales en ganancia, producción, venta y stock; se realiza la validación cuantitativa del modelo utilizando Excel y la comparación con la situación actual, determinando que el modelo propuesto incrementa el beneficio en \$ 14,369.58, cumpliendo el objetivo de maximizar la ganancia.
- Las horas empleadas en cada proceso del área de acabados difiere en función de la demanda, esto ocasiona que se tengan horas disponibles en el proceso de corte y empaque.
- Los resultados obtenidos de la producción para cada semana, permiten una mejor visión de lo que se debe programar, según el producto de mayor beneficio económico.
- En los programas AMPL y MATLAB se pueden modificar los datos de las variables de entrada, con la finalidad de simular otros escenarios de trabajo.

5.2 Recomendaciones

- Analizar las horas que se necesita para cumplir la producción en los procesos de corte y empaque, considerando que se podría unificar los dos procesos y optimizar el recurso humano, o compartir en otras actividades del área.
- Analizar semanalmente los ingresos de pedidos y utilizar el programa para definir los productos que se deben considerar en la PP.
- Proponer proyectos de mejora continua, que permitan balancear el porcentaje de beneficio de los productos que se fabrican en el área de acabados, debido que actualmente existen diferencias muy marcadas a pesar de que siguen el mismo proceso productivo.
- Evaluar semanalmente las horas necesarias para cada proceso, según la producción que se debe cumplir, con la finalidad de generar estrategias que permitan optimizar el uso de los recursos.
- Promover la aplicación del programa en otras áreas de la empresa, para que la PP se realice para obtener la mejor rentabilidad.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, C. 2000. «Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones».
- Angel Diego Ramírez Mosquera. 2004. «ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción».
- Araúzo, Araúzo, José Alberto, De Benito Martín, Juan José, Martínez Ricardo, Sanz Angulo, y Pedro Alberto. 2004. «Situación actual y expectativas de los sistemas de fabricación basados en agentes». 1043-52.
- Aravena, María, Carlos Caamaño, y Joaquín Giménez. 2008. «Modelos matemáticos a través de proyectos». 11:49-92.
- Boiteux, Orlando Dante, Albert Corominas, y Amaia Lusa. 2007. «Estado del arte sobre planificación agregada de la producción».
- Bonilla, Diego, Edison Arroba, David Cevallos, y Carlos Rivera. 2017. «La innovación tecnológica en el proceso de producción como estrategia de Know how en las empresas carroceras de la provincia de Tungurahua». 1-20.
- Brito, María, Isidro Romero, José Para, y Ruth Arias. 2011. «Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros». 14(2):129-39.
- Caicedo, A., A. Criado, y K. Morales. 2019. «Modelo matemático para la planeación de la producción en una industria metalmeccánica». 24(03):408-19.
- Cardona, Luz, y Juan Sanz. 2007. «Proyecto propuesta de mejora de métodos y determinación de los tiempos estandar de producción en la empresa G&L Ingenieros Ltda». 2007-9.
- Cayo, Paul, y Sinan Onal. 2020. «A shifting bottleneck procedure with multiple objectives in a complex manufacturing environment». *Production Engineering* (0123456789). doi: 10.1007/s11740-019-00947-7.
- Chapman, S. 2006. *Planificación y control de la producción*. editado por Pearson educación.
- Chase, R. B., & Jacobs, F. R. 2010. *Administración de operaciones*.
- Colindres, Lesly. 2019. «Estándares de producción de tubo y empaque en las líneas de extrusión de PVC de la Empresa Ama S. A.» *Ayay* 8(5):55.
- Collier, David, y James Evans. 2016. *Administración de Operaciones*. Vol. 20.
- Deiana, A., Granados, D., & Sardella, M. 2011. «Balance de masa».
- Fernández, C. G. 2011. «Programación lineal e Ingeniería Industrial».

- Gansterer, Margaretha. 2015. «Aggregate Planning and Forecasting in Make-to-Order Production Systems». *Intern. Journal of Production Economics*. doi: 10.1016/j.ijpe.2015.06.001.
- Gaudino, O. 2000. «TEORIA DE LAS RESTRICCIONES (TOC) Y COSTEO BASADO EN LAS ACTIVIDADES (ABC)». 2000.
- Gil, MJ Alvarez, y JA Domínguez Machuca. 1995. *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*.
- Guevara, Fabian. 2008. «Determinación de estándares de producción para la elaboración de limas en la empresa Andina de Herramientas S.A Utilizando la metodología de medida de tiempo de los métodos».
- Guzmán, NA, y JES Castaño. 2013. *Estudio de métodos y tiempos de la línea de producción de calzado tipo «Clásico de dama» en la empresa de calzado Caprichosa, para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación*.
- Haan, Job De, Masaru Yamamoto, y Gerben Lovink. 2001. «Production planning in Japan : Rediscovering lost experiences or new insights ?» 71:101-9.
- Horngren, CT, G. Foster, y SM Datar. 2007. «Contabilidad de costos un enfoque gerencial».
- Jain, Anant, y Sheik Meeran. 1998. «A State - of - the - art review of job - Shop Scheduling Techniques». (1).
- Jonsson, Patrik, y Stig Arne Mattsson. 2002. «The selection and application of material planning methods». *Production Planning and Control* 13(5):438-50. doi: 10.1080/09537280210142763.
- Labarca, Nelson. 2007. «Consideraciones teóricas de la competitividad empresarial». 2007 13(2):158-84.
- Lee, J., Larry, P., Manoj, K. s. f. *Administración de operaciones*. editado por Person Educación.
- Luque, Pedro Luis. 2000. «Lenguaje AMPL.» 1-28.
- Marceles, Johann, y Diego Quevedo. 2016. «Modelo matemático para la programación de la producción en una planta de fabricación de alambres y cables para la construcción».
- Marín, Juan, y Pablo Maya. 2016. «Modelo lineal para la programación de clases en una institución educativa». 12(23):47-71. doi: 10.17230/ingciencia.12.23.3.
- Marín, William, y Elena Gutiérrez. 2013. «Development and Implementation of a

- Theory of Constraints Model To Synchronize the Supply Chain Operations With Production Constraints». *Revista EIA* (19):67-77.
- Martinez, Eduardo. 2014. «Modelo económico matemático para optimizar la ganancia en la empresa Talabartería THABA». 152(2):203.
- Montesinos, Osva, y Carlos Hernández. 2007. «Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas». 49(3).
- Motoa, T., Osorio, J., Orejuela, J. 2013. «Planificación gerarquica de la producción». 35-50.
- Mula, Josefa, y Raul Poler. 2001. «Sistema MRP frente al enfoque tradicional en la planificación y control de la fabricación de calzado. Caso práctico». 683.
- Muñoz, David Fernando. 2017. «Administración de Operaciones». (January 2009):2017-18.
- Ortiz, Viviana, y Álvaro Caicedo. 2014. «Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado».
- Ortiz, Viviana, y Álvaro Caicedo. 2012. «Plan óptimo de producción en una planta embotelladora de gaseosa». 69-82.
- Ospina, Luz, Paula Rodas, y Marcela Botero. 2008. «Modelo de Programación para integrar producción, inventario y ventas en empresas industriales».
- Ríos, R. G., & Sánchez, C. G. 2004. *Modelo matemático para la planificación de la producción en la cadena de suministro*.
- Rodríguez, E. 2010. «Planificación, programación y control de la producción.» 108-17.
- Rodríguez, Guillermo, Solange Balestrini, Sara Balestrini, Rosana Meleán, y Belkis Rodríguez. 2002. «Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial».
- Rodríguez, Juan, y Cristina Steegmann. 2010. «Modelos matemáticos». 1-19.
- Rodríguez, Julián Silva, Camilo Díaz Cárdenas, y Julián Galindo Carabalí. 2017. «Herramientas cuantitativas para la planeación y programación de la producción».
- Rodríguez, Marino Valencia. 2017. «Innovación en proceso: modelo matemático para programación de la producción en la empresa metalmecánica». 1-16.
- Rodríguez, Yunier, y María Molina. 2010. «Evolución , particularidades y carácter informacional de la toma de decisiones organizacionales». 21(1):57-77.
- Romero, Rodrigo, Mario Grandón, y Felipe Abufarde. s. f. «Modelo de

- programación de la producción para la industria del aserrio». 2004:19-24.
- Salas, German, y María López. 2016. «Modelo matemático como catalizador de la gestión del cambio tecnológico . Industria petrolera».
- Sánchez, Paola, Fernando Ceballos, y Germán Sánchez. 2015. «Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: Modelación y simulación». *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 25(2):137. doi: 10.18359/rcin.1436.
- Sornoza, Eddy. 2017. «Aplicación de la programación lineal en la toma de decisiones empresariales».
- Torres, Franklin, Hermilo Ramírez, Clemente Rodríguez, Paulina Tejera, Camila Vásquez, y María Jaraba. 2015. «Validation of a hydrodynamic and water quality model for the Magdalena River, at the adjacent stretch of Barranquilla, Colombia». *Hidrobiológica* 25(1):7-23.
- Tous Zamora, Dolores, Vanesa Francisca Guzmán Parra, Manuel Cordero Tous, y Eva María Sánchez Teba. 2019. *Sistemas de Producción: Análisis de las actividades primarias de la cadena de valor*. Esic Editio. Madrid.
- Vallada, E., C. Maroto, R. Ruiz, y B. Segura. 2004. «Análisis de la programación de la producción en el sector cerámico español». 39-44.

5.4 ANEXOS

ANEXO I: DATOS Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Tabla 4-41: DATOS DE LA SEMANA 1 EN LA SITUACION ACTUAL (PLANCHAS)

Listado de productos	Inventario Inicial	Producción	Inventario Disponible	Ventas	Inventario de cierre
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	420	0	420	420	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	1680	2600	4280	2600	1680
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2020	2460	4480	2460	2020
FOAMYLISAMA109U115X120X2	780	0	780	780	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	1360	0	1360	1360	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	500	0	500	500	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	160	0	160	160	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	1000	0	1000	1000	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	740	0	740	740	0
FOAMYLISVER362U115X120X2	3260	0	3260	3260	0
FOAMYLISBLA115X120X2	660	6600	7260	6600	660
FOAMYLISNEG115X120X2	1780	4300	6080	4300	1780
FOAMYLISAZU300U60X115X2	260	1220	1480	1220	260
FOAMYLISBLA60X115X2	1480	0	1480	1480	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	640	1120	1760	1120	640
FOAMYLISGRI405U60X115X2	180	1220	1400	1220	180
FOAMYLISNEG60X115X2	1060	1120	2180	1120	1060
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	240	620	860	620	240
FOAMYLISGRI429U60X115X2	60	4220	4280	4220	60
FOAMYLISROS7423U60X115X2	160	0	160	160	0
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	160	60	220	60	160
FOAMYLISVER362U60X115X2	160	6280	6440	6280	160
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	180	0	180	180	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	240	4500	4740	4500	240
FOAMYLISAMA109U60X90X2	1920	2320	4240	2320	1920
FOAMYLISANA151U60X90X2	1100	2480	3580	2480	1100
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1000	2260	3260	2260	1000
FOAMYLISBLA60X90X2	1220	2460	3680	2460	1220
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	1060	3300	4360	3300	1060
FOAMYLISFUC240U60X90X2	700	2600	3300	2600	700
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1120	2200	3320	2200	1120
FOAMYLISNEG60X90X2	3720	2800	6520	2800	3720
FOAMYLISROJ199U60X90X2	2440	3460	5900	3460	2440
FOAMYLISVER373U60X90X2	1080	3500	4580	3500	1080
FOAMYLISVER7484U60X90X2	1500	2900	4400	2900	1500
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	640	4600	5240	4600	640
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	1380	20000	21380	20000	1380

Tabla 4-42: DATOS DE LA SEMANA 2 EN LA SITUACION ACTUAL (PLANCHAS)

Listado de productos	Inventario Inicial	Producción	Inventario Disponible	Ventas	Inventario de cierre
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	0	3400	3400	3400	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	1680	2100	3780	2100	1680
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2020	2360	4380	2360	2020
FOAMYLISAMA109U115X120X2	0	0	0	0	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	0	0	0	0	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	0	0	0	0	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	0	2320	2320	2320	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	0	2400	2400	2400	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	0	320	320	320	0
FOAMYLISVER362U115X120X2	0	2500	2500	2500	0
FOAMYLISBLA115X120X2	660	3200	3860	3200	660
FOAMYLISNEG115X120X2	1780	0	1780	1540	240
FOAMYLISAZU300U60X115X2	260	2320	2580	2320	260
FOAMYLISBLA60X115X2	0	1980	1980	1980	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	640	680	1320	680	640
FOAMYLISGRI405U60X115X2	180	1260	1440	1260	180
FOAMYLISNEG60X115X2	1060	1400	2460	1400	1060
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	240	2400	2640	2400	240
FOAMYLISGRI429U60X115X2	60	1200	1260	1200	60
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	1280	1280	1280	0
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	160	80	240	80	160
FOAMYLISVER362U60X115X2	160	2300	2460	2300	160
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	0	3500	3500	3500	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	240	1680	1920	1680	240
FOAMYLISAMA109U60X90X2	1920	1200	3120	1200	1920
FOAMYLISANA151U60X90X2	1100	1320	2420	1320	1100
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1000	1100	2100	1100	1000
FOAMYLISBLA60X90X2	1220	3300	4520	3300	1220
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	1060	2440	3500	2440	1060
FOAMYLISFUC240U60X90X2	700	2400	3100	2400	700
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1120	680	1800	680	1120
FOAMYLISNEG60X90X2	3720	3400	7120	3400	3720
FOAMYLISROJ199U60X90X2	2440	2600	5040	2600	2440
FOAMYLISVER373U60X90X2	1080	2640	3720	2640	1080
FOAMYLISVER7484U60X90X2	1500	3100	4600	3100	1500
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	640	5800	6440	5800	640
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	1380	18000	19380	18000	1380

Tabla 4-43: GANANCIA OBTENIDA EN LA SEMANA 1 EN LA SITUACION ACTUAL

Listado de productos	Beneficio por las ventas (\$)	Costos de producción (\$)	Costos de inventario (\$)	Ganancia (\$)
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	268.80	0.00	0.00	268.80
FOAMYLISVIO254U115X120X2	728.00	431.60	21.84	274.56
FOAMYLISAZU640U115X120X2	1574.40	408.36	26.26	1139.78
FOAMYLISAMA109U115X120X2	546.00	0.00	0.00	546.00
FOAMYLISANA1665U115X120X2	856.80	0.00	0.00	856.80
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	415.00	0.00	0.00	415.00
FOAMYLISGRI429U115X120X2	126.40	0.00	0.00	126.40
FOAMYLISROJ199U115X120X2	500.00	0.00	0.00	500.00
FOAMYLISROS7423U115X120X2	384.80	0.00	0.00	384.80
FOAMYLISVER362U115X120X2	2445.00	0.00	0.00	2445.00
FOAMYLISBLA115X120X2	4554.00	1095.60	8.58	3449.82
FOAMYLISNEG115X120X2	3397.00	713.80	23.14	2660.06
FOAMYLISAZU300U60X115X2	439.20	146.40	1.69	291.11
FOAMYLISBLA60X115X2	458.80	0.00	0.00	458.80
FOAMYLISFUC240U60X115X2	336.00	134.40	4.16	197.44
FOAMYLISGRI405U60X115X2	402.60	146.40	1.17	255.03
FOAMYLISNEG60X115X2	403.20	134.40	6.89	261.91
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	179.80	74.40	1.56	103.84
FOAMYLISGRI429U60X115X2	1519.20	506.40	0.39	1012.41
FOAMYLISROS7423U60X115X2	32.00	0.00	0.00	32.00
FOAMYLISUR333U60X115X2	14.40	7.20	1.04	6.16
FOAMYLISVER362U60X115X2	2135.20	753.60	1.04	1380.56
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	59.40	0.00	0.00	59.40
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	945.00	540.00	1.56	403.44
FOAMYLISAMA109U60X90X2	440.80	176.32	12.48	252.00
FOAMYLISANA151U60X90X2	496.00	188.48	7.15	300.37
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	384.20	171.76	6.50	205.94
FOAMYLISBLA60X90X2	442.80	186.96	7.93	247.91
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	792.00	250.80	6.89	534.31
FOAMYLISFUC240U60X90X2	442.00	197.60	4.55	239.85
FOAMYLISMEL162U60X90X2	484.00	167.20	7.28	309.52
FOAMYLISNEG60X90X2	616.00	212.80	24.18	379.02
FOAMYLISROJ199U60X90X2	346.00	262.96	15.86	67.18
FOAMYLISVER373U60X90X2	630.00	266.00	7.02	356.98
FOAMYLISVER7484U60X90X2	464.00	220.40	9.75	233.85
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	1012.00	349.60	4.16	658.24
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	4200.00	1220.00	4.49	2975.52
Ganancia total				24289.81

Tabla 4-44: GANANCIA OBTENIDA EN LA SEMANA 2 EN LA SITUACION ACTUAL

Listado de productos	Beneficio por las ventas (\$)	Costos de producción (\$)	Costos de inventario (\$)	Ganancia (\$)
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	\$ 2,176.00	\$ 564.40	\$ -	\$ 1,611.60
FOAMYLISVIO254U115X120X2	\$ 588.00	\$ 348.60	\$ 21.84	\$ 217.56
FOAMYLISAZU640U115X120X2	\$ 1,510.40	\$ 391.76	\$ 26.26	\$ 1,092.38
FOAMYLISAMA109U115X120X2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FOAMYLISANA1665U115X120X2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FOAMYLISGRI429U115X120X2	\$ 1,832.80	\$ 385.12	\$ -	\$ 1,447.68
FOAMYLISROJ199U115X120X2	\$ 1,200.00	\$ 398.40	\$ -	\$ 801.60
FOAMYLISROS7423U115X120X2	\$ 166.40	\$ 53.12	\$ -	\$ 113.28
FOAMYLISVER362U115X120X2	\$ 1,875.00	\$ 415.00	\$ -	\$ 1,460.00
FOAMYLISBLA115X120X2	\$ 2,208.00	\$ 531.20	\$ 8.58	\$ 1,668.22
FOAMYLISNEG115X120X2	\$ 1,216.60	\$ -	\$ 3.12	\$ 1,213.48
FOAMYLISAZU300U60X115X2	\$ 835.20	\$ 278.40	\$ 1.69	\$ 555.11
FOAMYLISBLA60X115X2	\$ 613.80	\$ 237.60	\$ -	\$ 376.20
FOAMYLISFUC240U60X115X2	\$ 204.00	\$ 81.60	\$ 4.16	\$ 118.24
FOAMYLISGRI405U60X115X2	\$ 415.80	\$ 151.20	\$ 1.17	\$ 263.43
FOAMYLISNEG60X115X2	\$ 504.00	\$ 168.00	\$ 6.89	\$ 329.11
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	\$ 696.00	\$ 288.00	\$ 1.56	\$ 406.44
FOAMYLISGRI429U60X115X2	\$ 432.00	\$ 144.00	\$ 0.39	\$ 287.61
FOAMYLISROS7423U60X115X2	\$ 256.00	\$ 153.60	\$ -	\$ 102.40
FOAMYLISUR333U60X115X2	\$ 19.20	\$ 9.60	\$ 1.04	\$ 8.56
FOAMYLISVER362U60X115X2	\$ 782.00	\$ 276.00	\$ 1.04	\$ 504.96
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	\$ 1,155.00	\$ 420.00	\$ -	\$ 735.00
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	\$ 352.80	\$ 201.60	\$ 1.56	\$ 149.64
FOAMYLISAMA109U60X90X2	\$ 228.00	\$ 91.20	\$ 12.48	\$ 124.32
FOAMYLISANA151U60X90X2	\$ 264.00	\$ 100.32	\$ 7.15	\$ 156.53
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	\$ 187.00	\$ 83.60	\$ 6.50	\$ 96.90
FOAMYLISBLA60X90X2	\$ 594.00	\$ 250.80	\$ 7.93	\$ 335.27
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	\$ 585.60	\$ 185.44	\$ 6.89	\$ 393.27
FOAMYLISFUC240U60X90X2	\$ 408.00	\$ 182.40	\$ 4.55	\$ 221.05
FOAMYLISMEL162U60X90X2	\$ 149.60	\$ 51.68	\$ 7.28	\$ 90.64
FOAMYLISNEG60X90X2	\$ 748.00	\$ 258.40	\$ 24.18	\$ 465.42
FOAMYLISROJ199U60X90X2	\$ 260.00	\$ 197.60	\$ 15.86	\$ 46.54
FOAMYLISVER373U60X90X2	\$ 475.20	\$ 200.64	\$ 7.02	\$ 267.54
FOAMYLISVER7484U60X90X2	\$ 496.00	\$ 235.60	\$ 9.75	\$ 250.65
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	\$ 1,276.00	\$ 440.80	\$ 4.16	\$ 831.04
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	\$ 3,780.00	\$ 1,098.00	\$ 4.49	\$ 2,677.52
Ganancia total				\$ 19,419.19

ANEXO II: PROGRAMA AMPL

```
param T := 2;
set PROD :=
FOAMYLISCAF1817U115X120X2
FOAMYLISVIO254U115X120X2
FOAMYLISAZU640U115X120X2
FOAMYLISAMA109U115X120X2
FOAMYLISANA1665U115X120X2
FOAMYLISCEL2905U115X120X2
FOAMYLISGRI429U115X120X2
FOAMYLISROJ199U115X120X2
FOAMYLISROS7423U115X120X2
FOAMYLISVER362U115X120X2
FOAMYLISBLA115X120X2
FOAMYLISNEG115X120X2
FOAMYLISAZU300U60X115X2
FOAMYLISBLA60X115X2
FOAMYLISFUC240U60X115X2
FOAMYLISGRI405U60X115X2
FOAMYLISNEG60X115X2
FOAMYLISBEI7499U60X115X2
FOAMYLISGRI429U60X115X2
FOAMYLISROS7423U60X115X2
FOAMYLISLSTUR333U60X115X2
FOAMYLISVER362U60X115X2
FOAMYLISVIO2577U60X115X2
FOAMYLISVIO2745U60X115X2
FOAMYLISAMA109U60X90X2
FOAMYLISANA151U60X90X2
FOAMYLISAZU2945U60X90X2
FOAMYLISBLA60X90X2
FOAMYLISCEL2905U60X90X2
FOAMYLISFUC240U60X90X2
FOAMYLISMEL162U60X90X2
FOAMYLISNEG60X90X2
FOAMYLISROJ199U60X90X2
FOAMYLISVER373U60X90X2
FOAMYLISVER7484U60X90X2
FOAMYLISCAF1817U60X90X2
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2;
```

```

param horassemana :=
1      80
2      80;
param estandar :=
FOAMYLISCAF1817U115X120X2      625
FOAMYLISVIO254U115X120X2      625
FOAMYLISAZU640U115X120X2      625
FOAMYLISAMA109U115X120X2      625
FOAMYLISANA1665U115X120X2     625
FOAMYLISCEL2905U115X120X2     625
FOAMYLISGRI429U115X120X2     625
FOAMYLISROJ199U115X120X2     625
FOAMYLISROS7423U115X120X2    625
FOAMYLISVER362U115X120X2    625
FOAMYLISBLA115X120X2         625
FOAMYLISNEG115X120X2         625
FOAMYLISAZU300U60X115X2      842
FOAMYLISBLA60X115X2          842
FOAMYLISFUC240U60X115X2     842
FOAMYLISGRI405U60X115X2     842
FOAMYLISNEG60X115X2         842
FOAMYLISBEI7499U60X115X2    842
FOAMYLISGRI429U60X115X2    842
FOAMYLISROS7423U60X115X2    842
FOAMYLISLSTUR333U60X115X2   842
FOAMYLISVER362U60X115X2    842
FOAMYLISVIO2577U60X115X2   842
FOAMYLISVIO2745U60X115X2   842
FOAMYLISAMA109U60X90X2      1563
FOAMYLISANA151U60X90X2      1563
FOAMYLISAZU2945U60X90X2     1563
FOAMYLISBLA60X90X2          1563
FOAMYLISCEL2905U60X90X2     1563
FOAMYLISFUC240U60X90X2     1563
FOAMYLISMEL162U60X90X2     1563
FOAMYLISNEG60X90X2          1563
FOAMYLISROJ199U60X90X2     1563
FOAMYLISVER373U60X90X2     1563
FOAMYLISVER7484U60X90X2    1563
FOAMYLISCAF1817U60X90X2    1563
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2     2500;

```


param invInicial :=	
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	420
FOAMYLISVIO254U115X120X2	1680
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2020
FOAMYLISAMA109U115X120X2	780
FOAMYLISANA1665U115X120X2	1360
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	500
FOAMYLISGRI429U115X120X2	160
FOAMYLISROJ199U115X120X2	1000
FOAMYLISROS7423U115X120X2	740
FOAMYLISVER362U115X120X2	3260
FOAMYLISBLA115X120X2	660
FOAMYLISNEG115X120X2	1780
FOAMYLISAZU300U60X115X2	260
FOAMYLISBLA60X115X2	1480
FOAMYLISFUC240U60X115X2	640
FOAMYLISGRI405U60X115X2	180
FOAMYLISNEG60X115X2	1060
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	240
FOAMYLISGRI429U60X115X2	60
FOAMYLISROS7423U60X115X2	160
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	160
FOAMYLISVER362U60X115X2	160
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	180
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	240
FOAMYLISAMA109U60X90X2	1920
FOAMYLISANA151U60X90X2	1100
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1000
FOAMYLISBLA60X90X2	1220
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	1060
FOAMYLISFUC240U60X90X2	700
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1120
FOAMYLISNEG60X90X2	3720
FOAMYLISROJ199U60X90X2	2440
FOAMYLISVER373U60X90X2	1080
FOAMYLISVER7484U60X90X2	1500
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	640
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	1380;

param costosprod :=	
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	0.166
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0.166
FOAMYLISAZU640U115X120X2	0.166
FOAMYLISAMA109U115X120X2	0.166
FOAMYLISANA1665U115X120X2	0.166
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	0.166
FOAMYLISGRI429U115X120X2	0.166
FOAMYLISROJ199U115X120X2	0.166
FOAMYLISROS7423U115X120X2	0.166
FOAMYLISVER362U115X120X2	0.166
FOAMYLISBLA115X120X2	0.166
FOAMYLISNEG115X120X2	0.166
FOAMYLISAZU300U60X115X2	0.12
FOAMYLISBLA60X115X2	0.12
FOAMYLISFUC240U60X115X2	0.12
FOAMYLISGRI405U60X115X2	0.12
FOAMYLISNEG60X115X2	0.12
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	0.12
FOAMYLISGRI429U60X115X2	0.12
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0.12
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	0.12
FOAMYLISVER362U60X115X2	0.12
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	0.12
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0.12
FOAMYLISAMA109U60X90X2	0.076
FOAMYLISANA151U60X90X2	0.076
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	0.076
FOAMYLISBLA60X90X2	0.076
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	0.076
FOAMYLISFUC240U60X90X2	0.076
FOAMYLISMEL162U60X90X2	0.076
FOAMYLISNEG60X90X2	0.076
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0.076
FOAMYLISVER373U60X90X2	0.076
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0.076
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	0.076
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	0.061;

param costosinv :=	
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	0.013
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0.013
FOAMYLISAZU640U115X120X2	0.013
FOAMYLISAMA109U115X120X2	0.013
FOAMYLISANA1665U115X120X2	0.013
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	0.013
FOAMYLISGRI429U115X120X2	0.013
FOAMYLISROJ199U115X120X2	0.013
FOAMYLISROS7423U115X120X2	0.013
FOAMYLISVER362U115X120X2	0.013
FOAMYLISBLA115X120X2	0.013
FOAMYLISNEG115X120X2	0.013
FOAMYLISAZU300U60X115X2	0.0065
FOAMYLISBLA60X115X2	0.0065
FOAMYLISFUC240U60X115X2	0.0065
FOAMYLISGRI405U60X115X2	0.0065
FOAMYLISNEG60X115X2	0.0065
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	0.0065
FOAMYLISGRI429U60X115X2	0.0065
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0.0065
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	0.0065
FOAMYLISVER362U60X115X2	0.0065
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	0.0065
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0.0065
FOAMYLISAMA109U60X90X2	0.0065
FOAMYLISANA151U60X90X2	0.0065
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	0.0065
FOAMYLISBLA60X90X2	0.0065
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	0.0065
FOAMYLISFUC240U60X90X2	0.0065
FOAMYLISMEL162U60X90X2	0.0065
FOAMYLISNEG60X90X2	0.0065
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0.0065
FOAMYLISVER373U60X90X2	0.0065
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0.0065
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	0.0065
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	0.00325;

param ingresos:	1	2:=
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	0.64	0.64
FOAMYLISVIO254U115X120X2	0.28	0.28
FOAMYLISAZU640U115X120X2	0.64	0.64
FOAMYLISAMA109U115X120X2	0.7	0.7
FOAMYLISANA1665U115X120X2	0.63	0.63
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	0.83	0.83
FOAMYLISGRI429U115X120X2	0.79	0.79
FOAMYLISROJ199U115X120X2	0.5	0.5
FOAMYLISROS7423U115X120X2	0.52	0.52
FOAMYLISVER362U115X120X2	0.75	0.75
FOAMYLISBLA115X120X2	0.69	0.69
FOAMYLISNEG115X120X2	0.79	0.79
FOAMYLISAZU300U60X115X2	0.36	0.36
FOAMYLISBLA60X115X2	0.31	0.31
FOAMYLISFUC240U60X115X2	0.3	0.3
FOAMYLISGRI405U60X115X2	0.33	0.33
FOAMYLISNEG60X115X2	0.36	0.36
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	0.29	0.29
FOAMYLISGRI429U60X115X2	0.36	0.36
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0.2	0.2
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	0.24	0.24
FOAMYLISVER362U60X115X2	0.34	0.34
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	0.33	0.33
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	0.21	0.21
FOAMYLISAMA109U60X90X2	0.19	0.19
FOAMYLISANA151U60X90X2	0.2	0.2
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	0.17	0.17
FOAMYLISBLA60X90X2	0.18	0.18
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	0.24	0.24
FOAMYLISFUC240U60X90X2	0.17	0.17
FOAMYLISMEL162U60X90X2	0.22	0.22
FOAMYLISNEG60X90X2	0.22	0.22
FOAMYLISROJ199U60X90X2	0.1	0.1
FOAMYLISVER373U60X90X2	0.18	0.18
FOAMYLISVER7484U60X90X2	0.16	0.16
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	0.22	0.22
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	0.21	0.21;

param pedidos:	1	2 :=
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	4400	3400
FOAMYLISVIO254U115X120X2	2600	2100
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2460	2360
FOAMYLISAMA109U115X120X2	3520	2460
FOAMYLISANA1665U115X120X2	2260	3400
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	3600	1680
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1460	2320
FOAMYLISROJ199U115X120X2	4300	2400
FOAMYLISROS7423U115X120X2	2600	320
FOAMYLISVER362U115X120X2	3500	2500
FOAMYLISBLA115X120X2	6600	3200
FOAMYLISNEG115X120X2	4300	1540
FOAMYLISAZU300U60X115X2	1220	2320
FOAMYLISBLA60X115X2	2260	1980
FOAMYLISFUC240U60X115X2	1120	680
FOAMYLISGRI405U60X115X2	1220	1260
FOAMYLISNEG60X115X2	1120	1400
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	620	2400
FOAMYLISGRI429U60X115X2	4220	1200
FOAMYLISROS7423U60X115X2	1620	1280
FOAMYLISSTUR333U60X115X2	60	80
FOAMYLISVER362U60X115X2	6280	2300
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	3400	3500
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	4500	1680
FOAMYLISAMA109U60X90X2	2320	1200
FOAMYLISANA151U60X90X2	2480	1320
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	2260	1100
FOAMYLISBLA60X90X2	2460	3300
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	3300	2440
FOAMYLISFUC240U60X90X2	2600	2400
FOAMYLISMEL162U60X90X2	2200	680
FOAMYLISNEG60X90X2	2800	3400
FOAMYLISROJ199U60X90X2	3460	2600
FOAMYLISVER373U60X90X2	3500	2640
FOAMYLISVER7484U60X90X2	2900	3100
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	4600	5800
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	20000	18000;

```

set PROD;

param T > 0;

param estandar {PROD} > 0;

param invInicial {PROD} >= 0;

param horassemana {1..T} >= 0;

param pedidos {PROD,1..T} >= 0;

param costosprod {PROD} >= 0;

param costosinv {PROD} >= 0;

param ingresos {PROD,1..T} >= 0;

var Producir {PROD,1..T} >= 0;

var Inventario {PROD,0..T} >= 0;

var Vendido {p in PROD, t in 1..T} >= 0, <= pedidos[p,t];

maximize Total_Profit:
sum {p in PROD, t in 1..T} (ingresos[p,t]*Vendido[p,t] -
costosprod[p]*Producir[p,t] - costosinv[p]*Inventario[p,t]);

subject to Time {t in 1..T}:
sum {p in PROD} (1/estandar[p]) * Producir[p,t] <= horassemana[t];

subject to Init_Inventario {p in PROD}: Inventario[p,0] = invInicial[p];

subject to Balance {p in PROD, t in 1..T}:
Producir[p,t] + Inventario[p,t-1] = Vendido[p,t] + Inventario[p,t];

```

ANEXO III: PROGRAMA MATLAB

clc; % Borrar pantalla

clear all; % Borrar todas la variables de la RAM

close all; % Cerrar todas las ventanas de MATLAB

warning off all; % Desactivar todos los mensajes de advertencia de MATLAB

% DESCRIPCIÓN	CÓDIGO SAP
% 1. EVA EMPAQUE LIS BLA 57X60X2	37370
% 2. FOAMY LIS AMA 109U 115X120X2	18251
% 3. FOAMY LIS AMA 109U 60X90X2	14989
% 4. FOAMY LIS ANA 151U 60X90X2	14990
% 5. FOAMY LIS ANA 1665U 115X120X2	18253
% 6. FOAMY LIS AZU 2945U 60X90X2	14995
% 7. FOAMY LIS AZU 300U 60X115X2	14344
% 8. FOAMY LIS AZU 640U 115X120X2	18249
% 9. FOAMY LIS BEI 7499U 60X115X2	14362
% 10. FOAMY LIS BLA 115X120X2	18274
% 11. FOAMY LIS BLA 60X115X2	14348
% 12. FOAMY LIS BLA 60X90X2	14997
% 13. FOAMY LIS CAF 1817U 115X120X2	18247
% 14. FOAMY LIS CAF 1817U 60X90X2	16808
% 15. FOAMY LIS CEL 2905U 115X120X2	18257
% 16. FOAMY LIS CEL 2905U 60X90X2	15002
% 17. FOAMY LIS FUC 240U 60X115X2	14354
% 18. FOAMY LIS FUC 240U 60X90X2	15003
% 19. FOAMY LIS GRI 405U 60X115X2	14356
% 20. FOAMY LIS GRI 429U 115X120X2	18261
% 21. FOAMY LIS GRI 429U 60X115X2	14363
% 22. FOAMY LIS MEL 162U 60X90X2	15006
% 23. FOAMY LIS NEG 115X120X2	18275
% 24. FOAMY LIS NEG 60X115X2	14361
% 25. FOAMY LIS NEG 60X90X2	15008
% 26. FOAMY LIS ROJ 199U 115X120X2	18262
% 27. FOAMY LIS ROJ 199U 60X90X2	15011

% 28. FOAMY LIS ROS 7423U 115X120X2	18263
% 29. FOAMY LIS ROS 7423U 60X115X2	14367
% 30. FOAMY LIS TUR 333U 60X115X2	14371
% 31. FOAMY LIS VER 362U 115X120X2	18268
% 32. FOAMY LIS VER 362U 60X115X2	14376
% 33. FOAMY LIS VER 373U 60X90X2	15020
% 34. FOAMY LIS VER 7484U 60X90X2	15024
% 35. FOAMY LIS VIO 254U 115X120X2	18248
% 36. FOAMY LIS VIO 2577U 60X115X2	14380
% 37. FOAMY LIS VIO 2745U 60X115X2	14381

% Parámetro Variable original	Nueva variable
% Estándar ei, ej, ek, el	E
% Horas disponibles ti, tj, tk, tl	t
% Productos i, j, k, l	p
% Ganancia Gi, Gj, Gk, Gl	G
% Ventas Vi, Vj, Vk, Vl	V
% Costos de producción Ci, Cj, Ck, Cl	C
% Cantidad a producir Di, Dj, Dk, Dl	D
% Costos de inventarios CMi, CMj, CMk, CMI	CM
% Inventario inicial Ioi, Ioj, Iok, Iol	IO
% Inventario cierre semanal IFi, IFj, IFk, IFl	IF

% Función a Máx: $t(1..T)(G_i \cdot V_i - C_i \cdot D_i - CM_i \cdot IO_i)$; $i=1,2,3,\dots,37$.

% VARIABLES DE ENTRADA:

% Ganancia	Gi
% Costos de producción	Ci
% Costos de inventarios	CMi
% Inventario inicial	Ioi

% VARIABLES DE SALIDA:

% Ventas	Vi
% Cantidad a producir	Di
% Inventario final	Ifi

% G1=randsrc(1,1,[:]);

T=2; % Número de períodos

t=80; % Número de horas por semana.

% Inventario inicial Ioi

Io1=1380; Io2=780;

Io3=1920;Io4=1100;Io5=1360;Io6=1000;Io7=260;Io8=2020;Io9=240;Io10=660;

Io11=1480;Io12=1220;Io13=420;Io14=640;Io15=500;Io16=1060;Io17=640;Io18=700;Io19=180;Io20=160;

Io21=60;Io22=1120;Io23=1780;Io24=1060;Io25=3720;Io26=1000;Io27=2440;Io28=740;Io29=160;Io30=160;

Io31=3260;Io32=160;Io33=1080;Io34=1500;Io35=1680;Io36=180;Io37=240;

% Ganancia Gi

G1=0.21; G2=0.70; G3=0.19; G4=0.20; G5=0.63; G6=0.17; G7=0.36; G8=0.64; G9=0.29; G10=0.69;

G11=0.31; G12=0.18; G13=0.64; G14=0.22; G15=0.83; G16=0.24; G17=0.30; G18=0.17; G19=0.33; G20=0.79; G21=0.36;

G22=0.22; G23=0.79; G24=0.36; G25=0.22; G26=0.50; G27=0.10; G28=0.52; G29=0.20; G30=0.24; G31=0.75; G32=0.34; G33=0.18;

G34=0.16; G35=0.28; G36=0.33; G37=0.21;

% Costos de producción Ci

C1=0.061; C2=0.166; C3=0.076; C4=0.076; C5=0.166; C6=0.076; C7=0.120; C8=0.166; C9=0.120;

C10=0.166; C11=0.120; C12=0.076; C13=0.166; C14=0.076; C15=0.166; C16=0.076; C17=0.120;

C18=0.076; C19=0.120; C20=0.166; C21=0.120; C22=0.076; C23=0.166; C24=0.120;

C25=0.076; C26=0.166; C27=0.076; C28=0.166; C29=0.120; C30=0.120; C31=0.166; C32=0.120;

C33=0.076; C34=0.076; C35=0.166; C36=0.120; C37=0.120;

% Costos de inventarios CMi

CM1=0.00325; CM2=0.013; CM3=0.0065; CM4=0.0065; CM5=0.013;

CM6=0.0065; CM7=0.0065; CM8=0.013;

CM9=0.0065; CM10=0.013; CM11=0.0065; CM12=0.0065; CM13=0.013;

CM14=0.0065; CM15=0.013;

CM16=0.0065; CM17=0.0065; CM18=0.0065; CM19=0.0065; CM20=0.013;

CM21=0.0065; CM22=0.0065;

CM23=0.013; CM24=0.0065; CM25=0.0065; CM26=0.013; CM27=0.0065;

CM28=0.013; CM29=0.0065;

CM30=0.0065; CM31=0.013; CM32=0.0065; CM33=0.0065; CM34=0.0065;

CM35=0.013; CM36=0.0065; CM37=0.0065;

% Estándares

E1=2500; E2=625; E3=1563; E4=1563; E5=625; E6=1563; E7=842; E8=625;
E9=842;

E10=625; E11=842; E12=1563; E13=625; E14=1563; E15=625; E16=1563;
E17=842; E18=1563; E19=842;

E20=625; E21=842; E22=1563; E23=625; E24=842; E25=1563; E26=625;
E27=1563; E28=625; E29=842;

E30=842; E31=625; E32=842; E33=1563; E34=1563; E35=625; E36=842
;E37=842;

% Auxiliar para sumar la Maximización de las T semanas:

Z=0;

for i=1:T

if i==1

% Pedidos semana 1.

P1=20000; P2=3520; P3=2320; P4=2480; P5=2260; P6=2260; P7=1220; P8=2460;

P9=620;

```

P10=6600; P11=2260; P12=2460;P13=4400; P14=4600; P15=3600; P16=3300;
P17=1120; P18=2600; P19=1220;
P20=1460;P21=4220; P22=2200; P23=4300; P24=1120; P25=2800; P26=4300;
P27=3460; P28=2600; P29=1620;
P30=60; P31=3500; P32=6280; P33=3500; P34=2900; P35=2600; P36=3400;
P37=4500;
elseif i==2
% Pedidos semana 2.
P1=18000; P2=2460; P3=1200; P4=1320; P5=3400; P6=1100; P7=2320; P8=2360;
P9=2400;
P10=3200; P11=1980; P12=3300;P13=3400; P14=5800; P15=1680; P16=2440;
P17=680; P18=2400; P19=1260;
P20=2320;P21=1200; P22=680; P23=1540; P24=1400; P25=3400; P26=2400;
P27=2600; P28=320; P29=1280;
P30=80; P31=2500; P32=2300; P33=2640; P34=3100; P35=2100; P36=3500
;P37=1680;
elseif i==3
% Pedidos semana 3.
P1=23000; P2=3200; P3=1100; P4=1460; P5=3200; P6=1300; P7=2400; P8=2640;
P9=2280;
P10=4680; P11=2100; P12=3500;P13=3600; P14=6200; P15=1920; P16=2340;
P17=660; P18=2200; P19=1320;
P20=2460;P21=1420; P22=700; P23=1320; P24=1200; P25=3540; P26=2640;
P27=2840; P28=360; P29=1300;
P30=100; P31=2600; P32=2400; P33=2340; P34=3460; P35=2300; P36=3700
;P37=1280;
end

```

```

% FUNCIÓN OBJETIVO

```

```

% Función a maximizar.  $G_i \cdot V_i - C_i \cdot D_i - C_{Mi} \cdot IO_i$ ;  $i=1,2,3,\dots,37$ .

```

```

f=[-G1 -G2 -G3 -G4 -G5 -G6 -G7 -G8 -G9 -G10 -G11 -G12 -G13 -G14 -G15 -G16 -
G17 -G18 -G19 -G20 -G21 -G22 -G23 -G24 -G25 -G26 -G27 -G28 -G29 -G30 -G31
-G32 -G33 -G34 -G35 -G36 -G37 C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 C9 C10 C11 C12 C13
C14 C15 C16 C17 C18 C19 C20 C21 C22 C23 C24 C25 C26 C27 C28 C29 C30

```



```

0000001000000000000000000000000000000000000000000000000000000-10
000000000000000000000000000000000000000000000000000000000010000000000
000000000000000000000;
0000000100000000000000000000000000000000000000000000000000000-1
000000000000000000000000000000000000000000000000000000000010000000000
000000000000000000000;
00000000100000000000000000000000000000000000000000000000000-
1000000000000000000000000000000000000000000000000000000000100000000
000000000000000000000;
000000000100000000000000000000000000000000000000000000000000000
-100000000000000000000000000000000000000000000000000000000100000000
000000000000000000000;
000000000010000000000000000000000000000000000000000000000000000
0-10000000000000000000000000000000000000000000000000000000010000000
000000000000000000000;
000000000001000000000000000000000000000000000000000000000000000
00-1000000000000000000000000000000000000000000000000000000001000000
000000000000000000000;
000000000000100000000000000000000000000000000000000000000000000
000-100000000000000000000000000000000000000000000000000000000100000
000000000000000000000;
000000000000010000000000000000000000000000000000000000000000000
0000-1000000000000000000000000000000000000000000000000000000001000
000000000000000000000;
000000000000000100000000000000000000000000000000000000000000000
000000-10000000000000000000000000000000000000000000000000000000010
000000000000000000000;
000000000000000001000000000000000000000000000000000000000000000
0000000-1000000000000000000000000000000000000000000000000000000001
000000000000000000000;

```



```

00000000000000000000000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000-10000000000000000000000000000000
000000000000100000000;
00000000000000000000000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000-10000000000000000000000000000000
000000000000010000000;
00000000000000000000000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000-10000000000000000000000000000000
000000000000001000000;
00000000000000000000000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000-10000000000000000000000000000000
000000000000000100000;
00000000000000000000000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000-10000000000000000000000000000000
000000000000000010000;
00000000000000000000000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000-10000000000000000000000000000000
00000000000000000100;
00000000000000000000000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000-10000000000000000000000000000000
00000000000000000010;
00000000000000000000000000000001000000000000000000
0000000000000000000000000000000-10000000000000000000000000000000
00000000000000000001];
% Vector de constantes de las igualdades.
beq=[Io1 Io2 Io3 Io4 Io5 Io6 Io7 Io8 Io9 Io10 Io11 Io12 Io13 Io14 Io15 Io16 Io17
Io18 Io19 Io20 Io21 Io22 Io23 Io24 Io25 Io26 Io27 Io28 Io29 Io30 Io31 Io32 Io33
Io34 Io35 Io36 Io37];

% Límites inferiores
lb=[zeros(111,1)'];

```

```

% Límites superiores
ub=[P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16 P17 P18 P19 P20
P21 P22 P23 P24 P25 P26 P27 P28 P29 P30 P31 P32 P33 P34 P35 P36 P37 Inf Inf
Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf
Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf
Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf Inf
Inf];

```

```

% Variables enteras.

```

```

intcon=111;

```

```

% Función de maximización

```

```

[x,fval]=intlinprog(f,intcon,A,b,Aeq,beq,lb,ub);

```

```

% Maximización acumulada para las T semanas:

```

```

Z=Z+fval;

```

```

% Imprimir los resultados

```

```

fprintf('RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL EN
LA SEMANA: %f.\n',i)

```

```

fprintf('Las ventas V1 de EVA EMPAQUE LIS BLA 57X60X2 son: %f.\n',x(1))

```

```

fprintf('Las ventas V2 de FOAMY LIS AMA 109U 115X120X2 son: %f.\n',x(2))

```

```

fprintf('Las ventas V3 de FOAMY LIS AMA 109U 60X90X2 son: %f.\n',x(3))

```

```

fprintf('Las ventas V4 de FOAMY LIS ANA 151U 60X90X2 son: %f.\n',x(4))

```

```

fprintf('Las ventas V5 de FOAMY LIS ANA 1665U 115X120X2 son: %f.\n',x(5))

```

```

fprintf('Las ventas V6 de FOAMY LIS AZU 2945U 60X90X2 son: %f.\n',x(6))

```

```

fprintf('Las ventas V7 de FOAMY LIS AZU 300U 60X115X2 son: %f.\n',x(7))

```

```

fprintf('Las ventas V8 de FOAMY LIS AZU 640U 115X120X2 son: %f.\n',x(8))

```

```

fprintf('Las ventas V9 de FOAMY LIS BEI 7499U 60X115X2 son: %f.\n',x(9))

```

```

fprintf('Las ventas V10 de FOAMY LIS BLA 115X120X2 son: %f.\n',x(10))

```

```

fprintf('Las ventas V11 de FOAMY LIS BLA 60X115X2 son: %f.\n',x(11))

```

```

fprintf('Las ventas V12 de FOAMY LIS BLA 60X90X2 son: %f.\n',x(12))

```

```

fprintf('Las ventas V13 de FOAMY LIS CAF 1817U 115X120X2 son: %f.\n',x(13))

```

```

fprintf('Las ventas V14 de FOAMY LIS CAF 1817U 60X90X2 son: %f.\n',x(14))

```


fprintf('Las ventas V15 de FOAMY LIS CEL 2905U 115X120X2 son: %f.\n',x(15))
fprintf('Las ventas V16 de FOAMY LIS CEL 2905U 60X90X2 son: %f.\n',x(16))
fprintf('Las ventas V17 de FOAMY LIS FUC 240U 60X115X2 son: %f.\n',x(17))
fprintf('Las ventas V18 de FOAMY LIS FUC 240U 60X90X2 son: %f.\n',x(18))
fprintf('Las ventas V19 de FOAMY LIS GRI 405U 60X115X2 son: %f.\n',x(19))
fprintf('Las ventas V20 de FOAMY LIS GRI 429U 115X120X2 son: %f.\n',x(20))
fprintf('Las ventas V21 de FOAMY LIS GRI 429U 60X115X2 son: %f.\n',x(21))
fprintf('Las ventas V22 de FOAMY LIS MEL 162U 60X90X2 son: %f.\n',x(22))
fprintf('Las ventas V23 de FOAMY LIS NEG 115X120X2 son: %f.\n',x(23))
fprintf('Las ventas V24 de FOAMY LIS NEG 60X115X2 son: %f.\n',x(24))
fprintf('Las ventas V25 de FOAMY LIS NEG 60X90X2 son: %f.\n',x(25))
fprintf('Las ventas V26 de FOAMY LIS ROJ 199U 115X120X2 son: %f.\n',x(26))
fprintf('Las ventas V27 de FOAMY LIS ROJ 199U 60X90X2 son: %f.\n',x(27))
fprintf('Las ventas V28 de FOAMY LIS ROS 7423U 115X120X2 son: %f.\n',x(28))
fprintf('Las ventas V29 de FOAMY LIS ROS 7423U 60X115X2 son: %f.\n',x(29))
fprintf('Las ventas V30 de FOAMY LIS TUR 333U 60X115X2 son: %f.\n',x(30))
fprintf('Las ventas V31 de FOAMY LIS VER 362U 115X120X2 son: %f.\n',x(31))
fprintf('Las ventas V32 de FOAMY LIS VER 362U 60X115X2 son: %f.\n',x(32))
fprintf('Las ventas V33 de FOAMY LIS VER 373U 60X90X2 son: %f.\n',x(33))
fprintf('Las ventas V34 de FOAMY LIS VER 7484U 60X90X2 son: %f.\n',x(34))
fprintf('Las ventas V35 de FOAMY LIS VIO 254U 115X120X2 son: %f.\n',x(35))
fprintf('Las ventas V36 de FOAMY LIS VIO 2577U 60X115X2 son: %f.\n',x(36))
fprintf('Las ventas V37 de FOAMY LIS VIO 2745U 60X115X2 son: %f.\n',x(37))
fprintf('La Cantidad a producir D1 de EVA EMPAQUE LIS BLA 57X60X2 es:
%f.\n',x(38))
fprintf('La Cantidad a producir D2 de FOAMY LIS AMA 109U 115X120X2 es:
%f.\n',x(39))
fprintf('La Cantidad a producir D3 de FOAMY LIS AMA 109U 60X90X2 es:
%f.\n',x(40))
fprintf('La Cantidad a producir D4 de FOAMY LIS ANA 151U 60X90X2 es:
%f.\n',x(41))
fprintf('La Cantidad a producir D5 de FOAMY LIS ANA 1665U 115X120X2 es:
%f.\n',x(42))

fprintf('La Cantidad a producir D6 de FOAMY LIS AZU 2945U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(43))
fprintf('La Cantidad a producir D7 de FOAMY LIS AZU 300U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(44))
fprintf('La Cantidad a producir D8 de FOAMY LIS AZU 640U 115X120X2 es:
%.f.\n',x(45))
fprintf('La Cantidad a producir D9 de FOAMY LIS BEI 7499U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(46))
fprintf('La Cantidad a producir D10 de FOAMY LIS BLA 115X120X2 es:
%.f.\n',x(47))
fprintf('La Cantidad a producir D11 de FOAMY LIS BLA 60X115X2 es:
%.f.\n',x(48))
fprintf('La Cantidad a producir D12 de FOAMY LIS BLA 60X90X2 es:
%.f.\n',x(49))
fprintf('La Cantidad a producir D13 de FOAMY LIS CAF 1817U 115X120X2 es:
%.f.\n',x(50))
fprintf('La Cantidad a producir D14 de FOAMY LIS CAF 1817U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(51))
fprintf('La Cantidad a producir D15 de FOAMY LIS CEL 2905U 115X120X2 es:
%.f.\n',x(52))
fprintf('La Cantidad a producir D16 de FOAMY LIS CEL 2905U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(53))
fprintf('La Cantidad a producir D17 de FOAMY LIS FUC 240U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(54))
fprintf('La Cantidad a producir D18 de FOAMY LIS FUC 240U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(55))
fprintf('La Cantidad a producir D19 de FOAMY LIS GRI 405U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(56))
fprintf('La Cantidad a producir D20 de FOAMY LIS GRI 429U 115X120X2 es:
%.f.\n',x(57))
fprintf('La Cantidad a producir D21 de FOAMY LIS GRI 429U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(58))
fprintf('La Cantidad a producir D22 de FOAMY LIS MEL 162U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(59))

fprintf('La Cantidad a producir D23 de FOAMY LIS NEG 115X120X2 es:
%.f.\n',x(60))
fprintf('La Cantidad a producir D24 de FOAMY LIS NEG 60X115X2 es:
%.f.\n',x(61))
fprintf('La Cantidad a producir D25 de FOAMY LIS NEG 60X90X2 es:
%.f.\n',x(62))
fprintf('La Cantidad a producir D26 de FOAMY LIS ROJ 199U 115X120X2 es:
%.f.\n',x(63))
fprintf('La Cantidad a producir D27 de FOAMY LIS ROJ 199U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(64))
fprintf('La Cantidad a producir D28 de FOAMY LIS ROS 7423U 115X120X2 es:
%.f.\n',x(65))
fprintf('La Cantidad a producir D29 de FOAMY LIS ROS 7423U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(66))
fprintf('La Cantidad a producir D30 de FOAMY LIS TUR 333U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(67))
fprintf('La Cantidad a producir D31 de FOAMY LIS VER 362U 115X120X2 es:
%.f.\n',x(68))
fprintf('La Cantidad a producir D32 de FOAMY LIS VER 362U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(69))
fprintf('La Cantidad a producir D33 de FOAMY LIS VER 373U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(70))
fprintf('La Cantidad a producir D34 de FOAMY LIS VER 7484U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(71))
fprintf('La Cantidad a producir D35 de FOAMY LIS VIO 254U 115X120X2 es:
%.f.\n',x(72))
fprintf('La Cantidad a producir D36 de FOAMY LIS VIO 2577U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(73))
fprintf('La Cantidad a producir D37 de FOAMY LIS VIO 2745U 60X115X2 es:
%.f.\n',x(74))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If1 de EVA EMPAQUE LIS BLA 57X60X2
es: %.f.\n',x(75))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If2 de EVA EMPAQUE LIS BLA 57X60X2
es: %.f.\n',x(76))

fprintf('El Inventario de cierre semanal If3 de FOAMY LIS CAF 1817U 115X120X2
es: %.f.\n',x(77))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If4 de FOAMY LIS ANA 151U 60X90X2 es:
%.f.\n',x(78))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If5 de FOAMY LIS ANA 1665U
115X120X2 es: %.f.\n',x(79))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If6 de FOAMY LIS AZU 2945U 60X90X2
es: %.f.\n',x(80))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If7 de FOAMY LIS AZU 300U 60X115X2
es: %.f.\n',x(81))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If8 de FOAMY LIS AZU 640U 115X120X2
es: %.f.\n',x(82))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If9 de FOAMY LIS BEI 7499U 60X115X2
es: %.f.\n',x(83))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If10 de FOAMY LIS BLA 115X120X2 es:
%.f.\n',x(84))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If11 de FOAMY LIS BLA 60X115X2 es:
%.f.\n',x(85))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If12 de FOAMY LIS BLA 60X90X2 es:
%.f.\n',x(86))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If13 de EVA EMPAQUE LIS BLA
57X60X2 es: %.f.\n',x(87))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If14 de FOAMY LIS CAF 1817U 60X90X2
es: %.f.\n',x(88))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If15 de FOAMY LIS CEL 2905U
115X120X2 es: %.f.\n',x(89))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If16 de FOAMY LIS CEL 2905U 60X90X2
es: %.f.\n',x(90))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If17 de FOAMY LIS FUC 240U 60X115X2
es: %.f.\n',x(91))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If18 de FOAMY LIS FUC 240U 60X90X2
es: %.f.\n',x(92))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If19 de FOAMY LIS GRI 405U 60X115X2
es: %.f.\n',x(93))

fprintf('El Inventario de cierre semanal If20 de FOAMY LIS GRI 429U 115X120X2
es: %.f.\n',x(94))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If21 de FOAMY LIS GRI 429U 60X115X2
es: %.f.\n',x(95))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If22 de FOAMY LIS MEL 162U 60X90X2
es: %.f.\n',x(96))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If23 de FOAMY LIS NEG 115X120X2 es:
%.f.\n',x(97))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If24 de FOAMY LIS NEG 60X115X2 es:
%.f.\n',x(98))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If25 de FOAMY LIS NEG 60X90X2 es:
%.f.\n',x(99))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If26 de FOAMY LIS ROJ 199U 115X120X2
es: %.f.\n',x(100))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If27 de FOAMY LIS ROJ 199U 60X90X2
es: %.f.\n',x(101))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If28 de FOAMY LIS ROS 7423U
115X120X2 es: %.f.\n',x(102))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If29 de FOAMY LIS ROS 7423U 60X115X2
es: %.f.\n',x(103))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If30 de FOAMY LIS TUR 333U 60X115X2
es: %.f.\n',x(104))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If31 de FOAMY LIS VER 362U 115X120X2
es: %.f.\n',x(105))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If32 de FOAMY LIS VER 362U 60X115X2
es: %.f.\n',x(106))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If33 de FOAMY LIS VER 373U 60X90X2
es: %.f.\n',x(107))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If34 de FOAMY LIS VER 7484U 60X90X2
es: %.f.\n',x(108))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If35 de FOAMY LIS VIO 254U 115X120X2
es: %.f.\n',x(109))
fprintf('El Inventario de cierre semanal If36 de FOAMY LIS VIO 2577U 60X115X2
es: %.f.\n',x(110))

```

fprintf('El Inventario de cierre semanal If37 de FOAMY LIS VIO 2745U 60X115X2
es: %.f.\n',x(111))
fprintf('La función maximizada es igual a: %.2f USD.\n',-fval)
fprintf('\nLa función maximizada acumulada para las %.f semanas es igual a: %.2f
USD.\n =====\n',i,-Z)

% Actualizar los valores del inventario.
Io1=x(75); Io2=x(76); Io3=x(77); Io4=x(78); Io5=x(79); Io6=x(80); Io7=x(81);
Io8=x(82); Io9=x(83); Io10=x(84); Io11=x(85);
Io12=x(86); Io13=x(87); Io14=x(88); Io15=x(89); Io16=x(90); Io17=x(91);
Io18=x(92); Io19=x(93); Io20=x(94); Io21=x(95); Io22=x(96);
Io23=x(97); Io24=x(98); Io25=x(99); Io26=x(100); Io27=x(101); Io28=x(102);
Io29=x(103); Io30=x(104); Io31=x(105); Io32=x(106); Io33=x(107);
Io34=x(108); Io35=x(109); Io36=x(110); Io37=x(111);

% Grabar los datos en un archivo formato .xlsx
if i==1
xlswrite('Resultados.xlsx',x(1:37),'Semana1','A1:A37')
xlswrite('Resultados.xlsx',x(38:74),'Semana1','B1:B37')
xlswrite('Resultados.xlsx',x(75:111),'Semana1','C1:C37')
elseif i==2
xlswrite('Resultados.xlsx',x(1:37),'Semana2','A1:A37')
xlswrite('Resultados.xlsx',x(38:74),'Semana2','B1:B37')
xlswrite('Resultados.xlsx',x(75:111),'Semana2','C1:C37')
elseif i==3
xlswrite('Resultados.xlsx',x(1:37),'Semana3','A1:A37')
xlswrite('Resultados.xlsx',x(38:74),'Semana3','B1:B37')
xlswrite('Resultados.xlsx',x(75:111),'Semana3','C1:C37')
end

end

```

ANEXO IV: SITUACION ACTUAL Y PROPUESTA

Tabla 4-45: INVENTARIOS Y VENTAS DE LA SEMANA 1 Y 2

Listado de productos	Inventario inicial (planchas)	Inventario disponible semana 1 (Planchas)		Ventas semana 1 (planchas)		Inventarios al final de la semana 1 (planchas)	
		Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	420	420	4400	420	4400	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	1680	4280	1680	2600	1680	1680	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2020	4480	2460	2460	2460	2020	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	780	780	3520	780	3520	0	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	1360	1360	2260	1360	2260	0	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	500	500	3600	500	3600	0	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	160	160	1460	160	1460	0	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	1000	1000	4300	1000	4300	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	740	740	2600	740	2600	0	0
FOAMYLISVER362U115X120X2	3260	3260	3500	3260	3500	0	0
FOAMYLISBLA115X120X2	660	7260	6600	6600	6600	660	0
FOAMYLISNEG115X120X2	1780	6080	4300	4300	4300	1780	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	260	1480	1220	1220	1220	260	0
FOAMYLISBLA60X115X2	1480	1480	2260	1480	2260	0	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	640	1760	1120	1120	1120	640	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	180	1400	1220	1220	1220	180	0
FOAMYLISNEG60X115X2	1060	2180	1120	1120	1120	1060	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	240	860	496	620	496	240	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	60	4280	4220	4220	4220	60	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	160	160	160	160	160	0	0
FOAMYLISUR333U60X115X2	160	220	160	60	60	160	100
FOAMYLISVER362U60X115X2	160	6440	6280	6280	6280	160	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	180	180	3400	180	3400	0	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	240	4740	240	4500	240	240	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	1920	4240	2320	2320	2320	1920	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	1100	3580	2480	2480	2480	1100	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1000	3260	2260	2260	2260	1000	0
FOAMYLISBLA60X90X2	1220	3680	2460	2460	2460	1220	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	1060	4360	3300	3300	3300	1060	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	700	3300	2600	2600	2600	700	0
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1120	3320	2200	2200	2200	1120	0
FOAMYLISNEG60X90X2	3720	6520	3720	2800	2800	3720	920
FOAMYLISROJ199U60X90X2	2440	5900	2440	3460	2440	2440	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	1080	4580	3500	3500	3500	1080	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	1500	4400	1500	2900	1500	1500	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	640	5240	4600	4600	4600	640	0
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	1380	21380	20000	20000	20000	1380	0
TOTAL	38060	129260	115956	101240	114936	28020	1020

Tabla 4-46: INVENTARIOS Y VENTAS DE LA SEMANA 1 Y 2

Listado de productos	Inventario inicial de la semana 2 (planchas)		Inventario disponible semana 2 (Planchas)		Ventas semana 2 (planchas)		Inventarios al final de la semana 2 (planchas)	
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	0	0	3400	3400	3400	3400	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	1680	0	3780	0	2100	0	1680	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	2020	0	4380	2360	2360	2360	2020	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	0	0	0	2460	0	2460	0	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	0	0	0	3400	0	3400	0	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	0	0	0	1680	0	1680	0	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	0	0	2320	2320	2320	2320	0	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	0	0	2400	2400	2400	2400	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	0	0	320	320	320	320	0	0
FOAMYLISVER362U115X120X2	0	0	2500	2500	2500	2500	0	0
FOAMYLISBLA115X120X2	660	0	3860	3200	3200	3200	660	0
FOAMYLISNEG115X120X2	1780	0	1780	1540	1540	1540	240	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	260	0	2580	2320	2320	2320	260	0
FOAMYLISBLA60X115X2	0	0	1980	1980	1980	1980	0	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	640	0	1320	680	680	680	640	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	180	0	1440	1260	1260	1260	180	0
FOAMYLISNEG60X115X2	1060	0	2460	1400	1400	1400	1060	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	240	0	2640	0	2400	0	240	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	60	0	1260	1200	1200	1200	60	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	0	0	1280	0	1280	0	0	0
FOAMYLISUR333U60X115X2	160	100	240	100	80	80	160	20
FOAMYLISVER362U60X115X2	160	0	2460	2300	2300	2300	160	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	0	0	3500	3500	3500	3500	0	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	240	0	1920	0	1680	0	240	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	1920	0	3120	1200	1200	1200	1920	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	1100	0	2420	1320	1320	1320	1100	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	1000	0	2100	380	1100	380	1000	0
FOAMYLISBLA60X90X2	1220	0	4520	3300	3300	3300	1220	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	1060	0	3500	2440	2440	2440	1060	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	700	0	3100	2400	2400	2400	700	0
FOAMYLISMEL162U60X90X2	1120	0	1800	680	680	680	1120	0
FOAMYLISNEG60X90X2	3720	920	7120	3400	3400	3400	3720	0
FOAMYLISROJ199U60X90X2	2440	0	5040	0	2600	0	2440	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	1080	0	3720	2640	2640	2640	1080	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	1500	0	4600	0	3100	0	1500	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	640	0	6440	5800	5800	5800	640	0
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	1380	0	19380	18000	18000	18000	1380	0
TOTAL	28020	1020	114680	81880	88200	81860	26480	20

Tabla 4-47: BENEFICIOS Y COSTOS DE LA SEMANA 1

Listado de productos	Beneficio por las ventas semana 1 (\$)		Costos de producir en la semana 1 (\$)		Costos de mantener inventario semana 1 (\$)	
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	268.8	2816	0	660.68	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	728	470.4	431.6	0	21.84	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	1574.4	1574.4	408.36	73.04	26.26	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	546	2464	0	454.84	0	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	856.8	1423.8	0	149.4	0	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	415	2988	0	514.6	0	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	126.4	1153.4	0	215.8	0	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	500	2150	0	547.8	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	384.8	1352	0	308.76	0	0
FOAMYLISVER362U115X120X2	2445	2625	0	39.84	0	0
FOAMYLISBLA115X120X2	4554	4554	1095.6	986.04	8.58	0
FOAMYLISNEG115X120X2	3397	3397	713.8	418.32	23.14	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	439.2	439.2	146.4	115.2	1.69	0
FOAMYLISBLA60X115X2	458.8	700.6	0	93.6	0	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	336	336	134.4	57.6	4.16	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	402.6	402.6	146.4	124.8	1.17	0
FOAMYLISNEG60X115X2	403.2	403.2	134.4	7.2	6.89	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	179.8	143.78287	74.4	30.69636	1.56	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	1519.2	1519.2	506.4	499.2	0.39	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	32	32	0	0	0	0
FOAMYLISBLA333U60X115X2	14.4	14.4	7.2	0	1.04	0.65
FOAMYLISVER362U60X115X2	2135.2	2135.2	753.6	734.4	1.04	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	59.4	1122	0	386.4	0	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	945	50.4	540	0	1.56	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	440.8	440.8	176.32	30.4	12.48	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	496	496	188.48	104.88	7.15	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	384.2	384.2	171.76	95.76	6.5	0
FOAMYLISBLA60X90X2	442.8	442.8	186.96	94.24	7.93	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	792	792	250.8	170.24	6.89	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	442	442	197.6	144.4	4.55	0
FOAMYLISMEL162U60X90X2	484	484	167.2	82.08	7.28	0
FOAMYLISNEG60X90X2	616	616	212.8	0	24.18	5.98
FOAMYLISROJ199U60X90X2	346	244	262.96	0	15.86	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	630	630	266	183.92	7.02	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	464	240	220.4	0	9.75	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	1012	1012	349.6	300.96	4.16	0
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	4200	4200	1220	1135.82	4.485	0
TOTAL	33470.8	44690.38287	8963.44	8760.91636	217.555	6.63

Tabla 4-48: BENEFICIOS Y COSTOS DE LA SEMANA 2

Listado de productos	Beneficio por las ventas semana 2 (\$)		Costos de producir en la semana 2 (\$)		Costos de mantener inventario semana 2 (\$)	
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
FOAMYLISCAF1817U115X120X2	2176	2176	564.4	564.4	0	0
FOAMYLISVIO254U115X120X2	588	0	348.6	0	21.84	0
FOAMYLISAZU640U115X120X2	1510.4	1510.4	391.76	391.76	26.26	0
FOAMYLISAMA109U115X120X2	0	1722	0	408.36	0	0
FOAMYLISANA1665U115X120X2	0	2142	0	564.4	0	0
FOAMYLISCEL2905U115X120X2	0	1394.4	0	278.88	0	0
FOAMYLISGRI429U115X120X2	1832.8	1832.8	385.12	385.12	0	0
FOAMYLISROJ199U115X120X2	1200	1200	398.4	398.4	0	0
FOAMYLISROS7423U115X120X2	166.4	166.4	53.12	53.12	0	0
FOAMYLISVER362U115X120X2	1875	1875	415	415	0	0
FOAMYLISBLA115X120X2	2208	2208	531.2	531.2	8.58	0
FOAMYLISNEG115X120X2	1216.6	1216.6	0	255.64	3.12	0
FOAMYLISAZU300U60X115X2	835.2	835.2	278.4	278.4	1.69	0
FOAMYLISBLA60X115X2	613.8	613.8	237.6	237.6	0	0
FOAMYLISFUC240U60X115X2	204	204	81.6	81.6	4.16	0
FOAMYLISGRI405U60X115X2	415.8	415.8	151.2	151.2	1.17	0
FOAMYLISNEG60X115X2	504	504	168	168	6.89	0
FOAMYLISBEI7499U60X115X2	696	0	288	0	1.56	0
FOAMYLISGRI429U60X115X2	432	432	144	144	0.39	0
FOAMYLISROS7423U60X115X2	256	0	153.6	0	0	0
FOAMYLIS TUR333U60X115X2	19.2	19.2	9.6	0	1.04	0.13
FOAMYLISVER362U60X115X2	782	782	276	276	1.04	0
FOAMYLISVIO2577U60X115X2	1155	1155	420	420	0	0
FOAMYLISVIO2745U60X115X2	352.8	0	201.6	0	1.56	0
FOAMYLISAMA109U60X90X2	228	228	91.2	91.2	12.48	0
FOAMYLISANA151U60X90X2	264	264	100.32	100.32	7.15	0
FOAMYLISAZU2945U60X90X2	187	64.56328	83.6	28.863584	6.5	0
FOAMYLISBLA60X90X2	594	594	250.8	250.8	7.93	0
FOAMYLISCEL2905U60X90X2	585.6	585.6	185.44	185.44	6.89	0
FOAMYLISFUC240U60X90X2	408	408	182.4	182.4	4.55	0
FOAMYLISMEL162U60X90X2	149.6	149.6	51.68	51.68	7.28	0
FOAMYLISNEG60X90X2	748	748	258.4	188.48	24.18	0
FOAMYLISROJ199U60X90X2	260	0	197.6	0	15.86	0
FOAMYLISVER373U60X90X2	475.2	475.2	200.64	200.64	7.02	0
FOAMYLISVER7484U60X90X2	496	0	235.6	0	9.75	0
FOAMYLISCAF1817U60X90X2	1276	1276	440.8	440.8	4.16	0
EVAEMPAQUELISBLA57X60X2	3780	3780	1098	1098	4.485	0
TOTAL	28490.4	30977.56328	8873.68	8821.70358	197.535	0.13

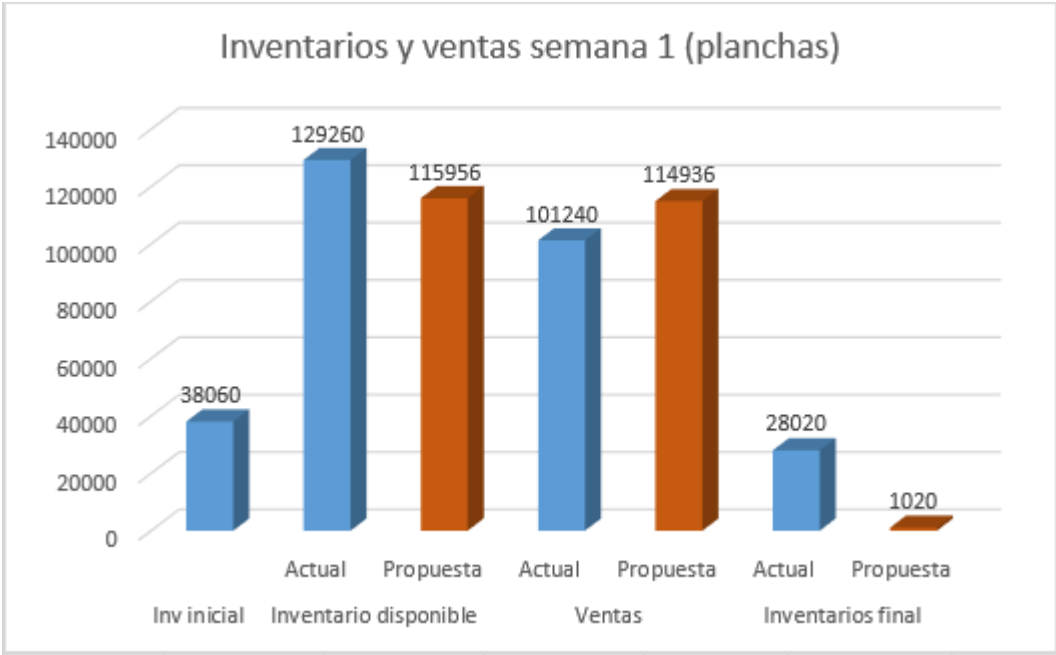


Figura 4-37: Inventarios y ventas semana 1



Figura 4-38: Inventarios y ventas semana 2

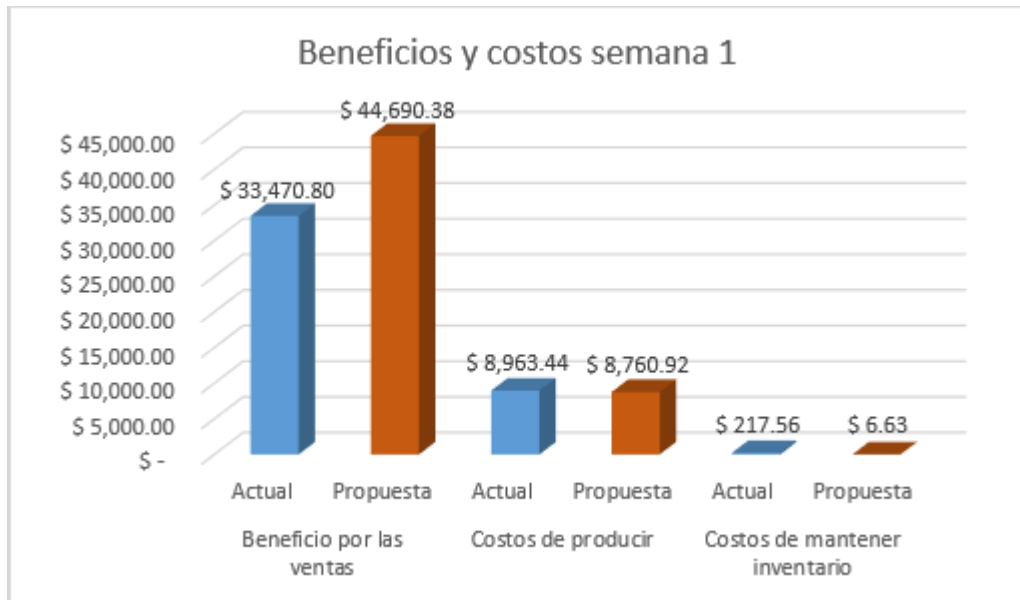


Figura 4-39: Beneficios y costos semana 1

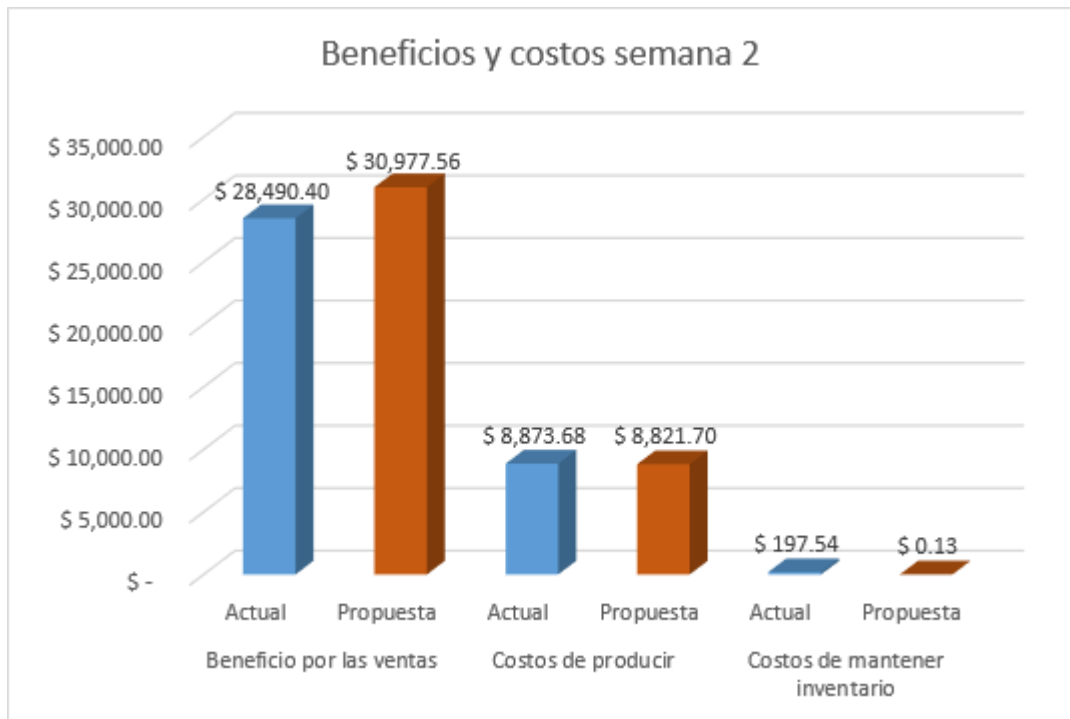


Figura 4-40: Beneficios y costos semana 2

