

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y ELABORACIÓN DE
PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE PRODUCTIVIDAD
EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS
MODERNOS SA EN EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2023

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL
BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTUDIANTE: MARÍA PAULA VARGAS CARBALLO

TUTOR: ING. NAHUM MONTIEL SALAS

HEREDIA, 2023

II. ACTA DE APROBACIÓN

Domingo 30 de julio 2023

CARTA DEL TUTOR

Registro
Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores

El estudiante **María Paula Vargas Carballo**, cédula número **4-0240-0036**, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación el trabajo de investigación denominado: **"PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS MODERNOS SA EN EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2023."** el cual ha elaborado para optar por el grado académico de bachillerato en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, eh verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría, y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

A.	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10%
B.	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
C.	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	30%	28%
D.	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
E.	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEÓRICO	20%	20%
	TOTAL	100%	98%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura

Atentamente:

NAHUM
MONTIEL
SALAS

Digitally signed
by NAHUM
MONTIEL SALAS
Date: 2023.07.30
19:09:12 -06'00'

Ing. Nahum Montiel Salas MBA.

Cédula: 3030980713

CARTA DEL LECTOR

Cartago 9 de septiembre de 2023

señores
Departamento de registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En mi calidad de lector del proyecto de graduación presentado por la estudiante María Paula Vargas Carballo, titulado "Análisis de la situación actual y elaboración de propuestas de mejoramiento de productividad en el proceso de extrusión de plásticos modernos S.A en el primer cuatrimestre del 2023", para optar por el grado académico de bachillerato en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado a la siguiente etapa del proceso.

Atentamente,

ROLANDO
JOSE MOLINA
SOLIS (FIRMA)

Firmado digitalmente
por ROLANDO JOSE
MOLINA SOLIS (FIRMA)
Fecha: 2023.09.09
11:30:03 -06'00'

Ing. Rolando José Molina Solís
Cédula identidad 1-0957-0454

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

Heredia, 10 de octubre del 2023

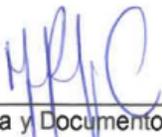
Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) María Paula Vargas Carballo con número de identificación 4-0240-0036 autor (a) del trabajo de graduación titulado Análisis de la situación actual y elaboración de propuestas de mejoramiento de productividad en el proceso de Extrusión de Plásticos Modernos en el primer cuatrimestre del 2023 presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar por el título de bachillerato; (SI) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


402400036
Firma y Documento de Identidad

III. DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Maria Paula Vargas Carballo, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 4-0240-0036 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Análisis de la situación actual y propuesta de mejoramiento de productividad en el proceso de extrusión de Plásticos Modemos en el primer cuatrimestre del 2023, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 31 días del mes de julio del año dos mil veinte tres (2023).



Firma del estudiante

Cédula: 4-0240-0036

IV. DEDICATORIA

Dedico esta tesina a toda mi familia en especial a mi mamá Vera y mi papá Freddie por siempre apoyarme e impulsarme a nunca darme por vencida enseñándome que nada es imposible cuando los sueños son grandes. También dedico esto a mis ángeles en el cielo que me cuidan y me protegen en todo momento.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por permitirme cumplir este sueño de ser ingeniera industrial. A mi familia que son un apoyo fundamental y a mis compañeros de Plásticos Modernos del taller de mantenimiento los cuales me abrieron las puertas de un gran aprendizaje y crecimiento profesional y personal.

También a mi tutor Nahum Montiel Salas el cual ha guiado durante el proceso de una manera excepcional y única para poder lograr esta tesina.

VI. TABLA DE CONTENIDOS

II. ACTA DE APROBACIÓN	I
III. DECLARACIÓN JURADA	IV
IV. DEDICATORIA	V
V. AGRADECIMIENTOS	VI
VI. TABLA DE CONTENIDOS	VII
VII. ACRÓNIMOS Y SIGLAS	XI
VIII. RESUMEN EJECUTIVO	XII
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	2
1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	2
1.2.1. Descripción general de la organización	2
1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución	8
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.3.1. Definición y medición del problema	9
1.3.2. Justificación del proyecto	9
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	10
1.4.1. Objetivo general	10
1.4.2. Objetivos específicos	11
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	11
1.5.1. Alcances	11
1.5.2. Limitaciones	12
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	13
2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA	14
2.1.1. Definición de Ingeniería Industrial	14
2.1.2. Gestión de la información	14
2.1.3. Proceso de Extrusión	15
2.1.4. Componentes de una extrusora	17
2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	21
2.2.1. Productividad	21
2.2.2. Eficiencia	22

2.2.3. DMAIC	22
2.2.4. Causa-Efecto (Ishikawa)	25
2.2.5. Diagrama de Pareto	28
2.2.5.1. Pasos para elaborar un diagrama de flujo	29
2.2.6. Herramientas de los 5 por qué	31
2.2.7. OEE	32
2.3. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	34
2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL TRABAJO	37
3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	38
3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO	38
3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE NUEVOS PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.....	39
3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	39
3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.....	40
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	41
4.1. ESTUDIO DEL PROCESO SIPOC	43
4.2. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE FLUJO	45
4.3. ANÁLISIS DEL OEE	47
4.3.1. Análisis del OEE #1 (Lámina plana)	48
4.3.2. Análisis del OEE #2 (Lámina rollo)	49
4.4. ANÁLISIS DE DIAGRAMA ISHIKAWA	53
4.5. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA PARETO	56
4.6. ANÁLISIS DE 5 PORQUES.....	57
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	60
5.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES	61
5.2. ANÁLISIS DE LLUVIA DE IDEAS	61
5.3. CAUSAS Y PROPUESTAS PLANTEADAS.....	63
Causa 5.3.1. Falta de capacitación para tener personal back-up	64
Propuestas 5.3.1.	64
Causa 5.3.2. Producciones poco continuas	64
Propuestas 5.3.2.	64
Causa 5.3.3. Tiempos en ajustes y cambios muy extensos	65

Propuesta 5.3.3.	65
Causa 5.3.4. Falta de mantenimiento programado en los extrusores	65
Propuesta 5.3.4.	66
Causa 5.3.5. Problemas de calidad en materia prima	66
Propuesta 5.3.5.	66
5.4. DESARROLLO DE PLAN DE ACCIÓN	67
5.4.1. Plan de acción	68
5.4.2. Diagrama de Gantt	68
5.4.3. Propuesta de implementación del software	69
5.4.4. Costo de la licenciatuara del software	71
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
6.1. CONCLUSIONES	75
6.2. RECOMENDACIONES	76
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA	77
CAPÍTULO VIII: ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Total de empleados por proceso	5
Tabla 2	Productos que se elaboran en Plásticos Modernos	7
Tabla 3	Lluvia de ideas	62
Tabla 4	Segmentación de causas	63
Tabla 5	Plan de acción	68
Tabla 6	Propuesta de implementación	70
Tabla 7	Costo de licencia por software	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 1	Imagen de Instalaciones	4
Figuras 2	Organigrama de la empresa	6
Figuras 3	Extrusor de tornillo simple	16
Figuras 4	Cilindro de calefacción	17
Figuras 5	Tolva de cargado	18
Figuras 6	Diagrama del Proceso de extrusión.	19
Figuras 7	Diagrama Ishikawa (Método de 6 M)	26
Figuras 8	Diagrama Ishikawa (Método de flujo de proceso)	27
Figuras 9	Diagrama Ishikawa (Método de numeración de causas)	28
Figuras 10	Diagrama de Pareto	29
Figuras 11	Herramienta de 5 por qué	32
Figuras 12	SIPOC de Extrusión	43
Figuras 13	Imágenes del proceso del extrusor 4	44
Figuras 14	Diagrama de flujo Extrusión	45
Figuras 15	Análisis de OEE (Lámina plana)	48
Figuras 16	Análisis de OEE (Lámina rollo)	49
Figuras 17	Imagen de evidencia del módulo (Producción diaria)	51
Figuras 18	Imagen de evidencia del módulo (Fallas)	52
Figuras 19	Análisis de diagrama Ishikawa	53
Figuras 20	Diagrama de Pareto	56
Figuras 21	Análisis de 5 porque	58
Figuras 22	Diagrama de Gantt	69
Figuras 23	Reporte de producción diaria por departamento	82
Figuras 24	Sistema Gerencial Diario	82
Figuras 25	Sistema Reporte Producción Diaria: Fallas	83

VII. ACRÓNIMOS Y SIGLAS

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar

FSSC: Norma de la gestión de la seguridad alimentaria

IML: In Mould Labels

ISO: Organización Internacional de Normalización

OEE: Eficacia general del equipo

OHSAS: Norma internacional para la gestión de seguridad y salud ocupacional

SIPOC: Supplier Inputs Process Outputs Customers

VIII. RESUMEN EJECUTIVO

Vargas C. M Paula (2023) *Análisis de la situación actual y elaboración de propuestas de mejoramiento de productividad en el proceso de extrusión de Plásticos Modernos SA en el primer cuatrimestre del 2023*. Proyecto de graduación para optar por el Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana. Tutor Nahum Montiel Salas.

Esta tesina fue desarrollada en función de un mejoramiento de productividad en el proceso de Extrusión de la empresa Plásticos Modernos SA mediante un DMAIC para así poder alcanzar la meta establecida en las máquinas según la producción que se requiera entre láminas planas, láminas rollos, láminas cementeras o láminas decorativas las cuales pueden tener diferentes colores, calibres y anchos.

En el proceso de análisis de las herramientas ingenieriles aplicadas se logra determinar por medio del Pareto que las principales causas de afectación durante las producciones de los extrusores es el tiempo de ajustes y alistamientos, cambios, problemas de calidad y fallas mecánicas y eléctricas las cuales son sub clasificas en causas como falta de capacitación para tener personal back-up, producciones poco continuas, tiempo en ajustes y cambios muy extensos, falta de mantenimiento programado y problemas de calidad en materia prima siendo esto de impacto significativo al rendimiento del extrusor en sus producciones.

Por lo cual como parte de las propuestas se sugiere que se tenga un mayor acompañamiento por parte del supervisor, compra de un software para la programación para evitar que sea por medio de un Excel, revisión de los instructivos del proceso para evidenciar si se tiene una metodología correcta y mantener un stock de materia prima de alta calidad y optima en cada

proceso para no sufrir desabastecimientos o afectaciones por formulaciones distintas en la misma.

En conclusión, se puede decir que la implementación de las mejoras planteadas por medio del plan de acción se busca que sea a un plazo de tiempo razonable y aceptable para la empresa por los cambios que se puedan generar desde el tiempo que se comunique el cambio hasta su proceso de implementación en cuanto a la adaptación de los empleados para poder cumplir con el indicador ya establecido elevando la productividad del proceso y creando una cultura optima y de mejora continua.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En este proyecto de graduación será plasmado por medio de la línea de investigación de operaciones industriales ya que el mismo irá enfocado en brindar una propuesta de mejoramiento de productividad en el proceso de extrusión mediante la herramienta del DMAIC para así poder alcanzar los estándares establecidos para cada producción según sean láminas planas, cementeras y laminas rollos color y así mismo se pueda investigar cual es la problemática principal según los calibres, anchos y colores de cada uno de estos para poder impactar positivamente en los kilogramos producidos y el consumo energético de los extrusores en Plásticos Modernos SA, ubicada en la Ribera de Belén contiguo a las bodegas de Coca Cola.

El enfoque de este estudio se desarrollará mediante la aplicación de ingeniería de procesos, de mano con la utilización de herramientas ingenieriles como el DMAIC, OEE, diagrama de pescado o un diagrama de Pareto permitiendo identificar las posibles causas raíz del problema.

1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

1.2.1. Descripción general de la organización

Plásticos Modernos S.A. se estableció el 20 de noviembre de 1976, con el propósito de fabricar productos termoformados, tales como envases plásticos, para satisfacer las necesidades de la industria láctea con la iniciativa y el aporte de varios socios.

En un periodo corto las operaciones fueron incrementando para termoformado e impresión y producción de envases para consumo en el mercado local y algunas exportaciones a Centroamérica, siendo los primeros campos en que incursionó la compañía iniciando con aproximadamente 12 empleados y se ubicó en la zona de la Uruca, San José, Costa Rica; con

una termo formadora, una impresora de envases y una impresora de tapas.

A mediados de los años noventa la empresa se ubica en la Ribera de Belén en una moderna y espaciosa planta con tecnología de punta diseñada de acuerdo con las necesidades del mercado, donde se cuenta con suficiente terreno para poder cumplir con las expectativas de crecimiento que las circunstancias le obligan.

- Misión:

Fabricar y entregar, eficiente y oportunamente, productos plásticos de calidad, a un precio competitivo, en donde el valor agregado nos distinga de la competencia.

- Visión:

Ser una empresa exitosa e innovadora en la fabricación y venta de productos plásticos para el mercado nacional e internacional, en la cual la búsqueda de la calidad, la seguridad de sus trabajadores y el minimizar el impacto de sus actividades al medio ambiente, son el norte que marca nuestro accionar.

- Valores:

- Innovación

- Servicio al cliente

- Orientación a resultados

- Desarrollo de Recurso Humano

- Cultura de Inocuidad

- Estructura de la organización:

Nuestra estructura es muy plana y flexible y está compuesta por células intermedias, células autodirigidas, equipos naturales y equipos de soporte. Es una organización por procesos. En Plásticos Modernos S.A. trabajamos en equipo y consideramos que todo trabajo es importante, compartimos metas y vivimos nuestros valores.

- Ubicación de la organización:

Plásticos Modernos se encuentra ubicada en la provincia de Heredia, la Ribera de Belén 300 metros oeste de la Firestone.

Figuras 1 Imagen de Instalaciones



Fuente: Plásticos Modernos

Tabla 1 Total de empleados por proceso

Área	Puesto	Jornada	Mujeres	Varones
Administrativo	Administrativo	8:00a.m.-17:30p.m.	6	16
Producción	Operador y ayudantes de maquinas	6:00a.m.-14:00p.m. 14:00p.m.-22:00p.m. 22:00p.m.-6:00a.m.	0	140
Mantenimiento	Electromecánico	6:00a.m.-14:00p.m. 14:00p.m.-22:00p.m. 22:00p.m.-6:00a.m. 7:00a.m.-16:30p.m.	1	13
Logística	Operacional	6:00a.m.-14:00p.m. 14:00p.m.-22:00p.m. 22:00p.m.-6:00a.m.	3	30

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente tiene un aproximado de 199 empleados. Tal como se muestra en la tabla 1 adjunta

Figuras 2 Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Productos que se elaboran en Plásticos Modernos

PRODUCTOS DE PLASTICOS MODERNOS POR DEPARTAMENTO		
EXTRUSIÓN	LÍNEAS	TERMOFORMADO
		
IMPRESIÓN	INYECCIÓN	ENFUNDADO
		

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución

Actualmente Plásticos Modernos S.A. es la empresa líder en la fabricación de envases y tapas plásticas termoformadas e inyectadas, ofreciendo una variedad de productos impresos, con funda termo encogible, IML (IN MOULD LABELS) y etiquetados, para diversos mercados, principalmente la industria alimentaria y cremas lavaplatos.

Así como somos líderes en la fabricación de láminas plásticas para la impresión digital, termoformado, industria cementera (slip sheets), separadores plásticos, decorativas y láminas difusoras. Somos Líderes en el mercado Centroamericano y tenemos presencia en Panamá, Sudamérica, Norteamérica y el Caribe. Tenemos participación indirectamente en México, Asia, África y Europa.

Plásticos Modernos S.A. ha tenido una alta afinidad con la normalización, en su afán de mejoramiento continuo y de competitividad. En el año 1997 la empresa fue certificada bajo la norma ISO 9001, convirtiéndose en la primera empresa de la industria de envases plásticos termoformados de Latinoamérica en certificarse con esta norma. Actualmente, la empresa cuenta con un Sistema Integrado de Gestión, el cual tiene como propósito satisfacer de manera apropiada, las necesidades de las partes interesadas relacionadas con Plásticos Modernos, S.A., proteger el medio ambiente, la seguridad y salud en el trabajo, la mejora del desempeño energético, la calidad e inocuidad de los productos. Para lo cual, de manera satisfactoria Plásticos Modernos S.A. actualmente posee las siguientes certificaciones:

- ✓ INTE-ISO 9001: 2015 Sistema de gestión de la calidad.
- ✓ INTE-ISO 14001:2015 Sistema de gestión ambiental.
- ✓ INTE-ISO 50001:2011 Sistema de gestión de la energía.

- ✓ INTE-OHSAS 18001 Sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional.
- ✓ Licencia de uso corporativo de marca país Esencial Costa Rica.
- ✓ Esquema FSSC 22000. Versión 05 Sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Definición y medición del problema

En Plásticos Modernos SA en el proceso de extrusión se realizara este proyecto de graduación con el enfoque en el mejoramiento de productividad del departamento de extrusión cuenta con una meta definida de 81% la cual es una metodología implementada por la presidencia según la norma ISO 9001 la cual es revisada cada semestre según el comportamiento y es generada por $(\text{Horas trabajadas mensuales} / \text{horas programadas} * 100)$ aun así en los últimos 12 meses esta meta se ha alcanzado solo 4 veces en febrero 2022, octubre 2022, noviembre 2022 y enero 2023 siendo de suma importancia la mejora reflejando que las producciones tengan un nivel requerido pero en menos horas programadas de máquina y así poder disminuir el consumo energético, mano de obra de operadores y contar con más tiempo para mantenimientos preventivos y crecimiento de producción y por ende en ventas.

1.3.2. Justificación del proyecto

La productividad puede definirse, en su forma más sencilla, como la “relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos o insumos utilizados”, en otras palabras: “productividad significa hacer más con menos”. La productividad conlleva a ser eficaz y eficiente.

Se ha realizado un pequeño estudio previo con el comportamiento de la productividad en el proceso de extrusión esto por las altas variables que se tienen para el cumplimiento de esta meta mensualmente en el cual se ha detectado que el departamento de extrusión genera un problema de producción en la organización.

Obteniendo esta mejora se podría generar una reducción de consumo energético pues los extrusores son máquinas que rondan los 100 kWh vs kilogramos producidos. Además, se logrará una reducción de costos en la empresa para así poder ofrecer precios de venta más competitivos en el mercado nacional e internacional para el aumento de las ventas mes a mes.

Por otra parte si no llega a tener una productividad aceptable según las metas establecidas para el departamento no se lograrán los estándares de producción perjudicando así mismo la calidad del producto, tiempos de entregas a clientes y se pueden generar una sobre carga de trabajo para los operadores y ayudantes del área esto por la presión al tener que lograr las producciones en condiciones óptimas para la debida facturación y entrega a cada cliente pero la problemática sería la causa de accidentes laborales que se puedan generar por la mala manipulación y presión por la parte.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1. Objetivo general

Brindar una propuesta de mejoramiento de productividad en el proceso de extrusión mediante el DMAIC con el fin de alcanzar la meta establecida durante el primer cuatrimestre del 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las posibles causas que afecten el cumplimiento de la productividad en el departamento de extrusión.
- Analizar las causas ligadas a la pérdida de productividad por medio de herramientas ingenieriles.
- Detectar y atacar la causa que está impactando mayormente en la productividad del proceso.
- Realizar un análisis sobre los equipos que tienen menor productividad y realizar un plan de acción para su mejora. (Mejora o reemplazo)

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1. Alcances

La implementación de este proyecto del mejoramiento de productividad en el proceso de extrusión abarca 4 máquinas que se tienen en el departamento las cuales producen láminas planas, laminas cementeras, laminas decorativas y laminas rollos color estos de diferentes colores, calibres y anchos en las cuales está el extrusor 4 la cual tiene más de 15 años de producir y ser parte del activo de importancia en la planta de producción de Plásticos Modernos SA; basado en los datos del primer cuatrimestre del 2023.

Los resultados obtenidos de este análisis de causas de afectación se le entrega al gerente de producción para que sea de su conocimiento y así mismo aplicable como posibles oportunidades de mejora en el proceso.

1.5.2. Limitaciones

La implementación del proyecto empieza con una meta establecida por la Presidencia, para el Departamento de Extrusión de 81%, la cual únicamente se ha logrado alcanzar cuatro veces: febrero, octubre y noviembre del año 2022 y finales del 2022 e inicios del 2023.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

A continuación, se detallan conceptos técnicos que se deben de conocer al desarrollar este proyecto:

2.1.1. Definición de Ingeniería Industrial

La ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas científicas aplicadas a la invención, perfeccionamiento y utilización de técnicas para la resolución de problemas que afectan directamente a los seres humanos en su actividad cotidiana. (Echertea, 2011)

La Ingeniería Industrial es por definición la rama de las ingenierías encargada del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación, control de sistemas productivos y logísticos con miras a gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización con el objetivo de lograr el máximo rendimiento de los procesos de creación de bienes y/o la prestación de servicios.

La Ingeniería Industrial es por convicción una herramienta interdisciplinar de conocimientos cuyo propósito es la integración de técnicas y tecnologías con miras a una producción y/o gestión competente, segura y calificada. (López, 2016)

2.1.2. Gestión de la información

La finalidad de la Gestión de la Información es ofrecer mecanismos que permitieran a la organización adquirir, producir y transmitir, al menor coste posible, datos e informaciones con una calidad, exactitud y actualidad suficientes para servir a los objetivos de la organización. En términos perfectamente entendibles sería conseguir la información adecuada, para la persona

que lo necesita, en el momento que lo necesita, al mejor precio posible para tomar la mejor de las decisiones. (Arévalo, 2007)

2.1.3. Proceso de Extrusión

El procedimiento de extrusión es la acción de forzar, por medio de presión, a pasar de forma continua un plástico o material fundido a través de una “boquilla”. A su salida el material conformado es recogido por un sistema de arrastre, con velocidad regulable que le proporciona las dimensiones finales mientras se enfría y adquiere la necesaria consistencia según la producción o ficha técnica como corresponda.

El procedimiento se ha utilizado durante muchos años para metales que fluyen plásticamente cuando se someten a una presión de deformación. La extrusión es un proceso para la producción de forma continua de productos de sección transversal constante.

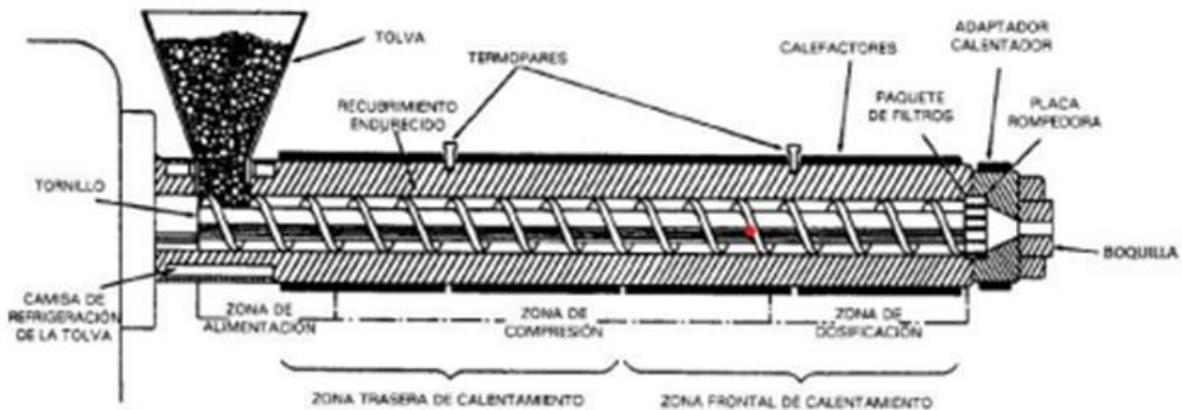
Los componentes esenciales de una línea de extrusión son:

- Extrusor

- Matriz o boquilla

- Conjunto de equipos que maneja el material extruido para asegurar que enfría adecuadamente y con la forma deseada.

Figuras 3 Extrusor de tornillo simple



Fuente: Autor desconocido.

Las máquinas de extrusión constan de un cilindro en cuyo interior se aloja un tornillo, que al girar recoge el material de la tolva de alimentación, lo hace avanzar a lo largo del cilindro. Debido al movimiento relativo entre el tornillo y el cilindro, el material se mezcla uniformemente, se calienta por efecto, no sólo del calor aplicado al cilindro, sino, por la energía disipada por los esfuerzos cortantes. La materia prima se almacena en la tolva de alimentación de donde pasan por gravedad al extrusor constituido por un tornillo que se ajusta con precisión dentro de una camisa cilíndrica, apenas con el espacio suficiente para rotar, y que lo transporta a lo largo de la máquina, donde el polímero se funde y homogeneiza.

El material fundido fluye a través de los rodillos o bandas y es recogido por el dispositivo de arrastre que lo saca.

2.1.4. Componentes de una extrusora

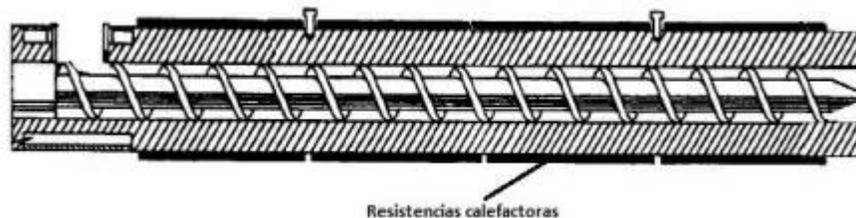
- Tornillo de extrusión

La finalidad del extrusor es fundir o plastificar el polímero, asegurar una mezcla adecuada (homogeneización) y actuar como medio de transporte del polímero fundido hacia el cañón. El tornillo de un extrusor tiene uno o dos “hilos” en espiral a lo largo de su eje que configuran un canal helicoidal de anchura constante. El diámetro medido hasta la parte externa del hilo es el mismo en toda la longitud para permitir un ajuste preciso en la camisa cilíndrica, con una distancia entre ellas apenas suficiente para dejarlo rotar.

- Cilindro

El cilindro de calefacción alberga en su interior al tornillo como se muestra en la figura 3. La superficie del cilindro debe ser muy rugosa para permitir así que éste fluya a lo largo de la extrusora. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo, ya que éste es mucho más fácil de reemplazar.

Figuras 4 Cilindro de calefacción



Fuente: Autor desconocido.

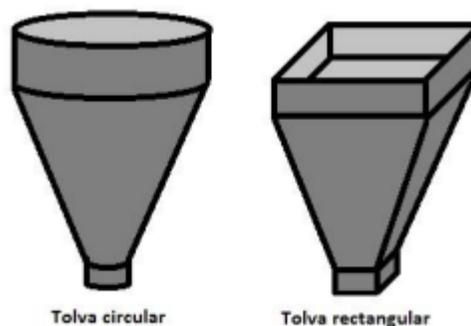
Por lo general el cilindro posee sistemas de transferencia de calor. El calentamiento se puede realizar mediante resistencias eléctricas circulares localizadas en toda su longitud como se muestra en la figura 2. El cilindro suele dividirse en varias zonas de calefacción, al menos tres, con control independiente en cada una de ellas, lo que permite conseguir las temperaturas seteadas por el operador según fichas técnicas desde la tolva hasta la boquilla.

- Tolva

La tolva es el contenedor donde se almacena la materia prima durante un tiempo limitado y que se utiliza para introducir el material en la máquina. Tolva, garganta de alimentación y boquilla de entrada deben estar ensambladas perfectamente y diseñadas para proporcionar un flujo constante de material.

Esto se consigue más fácilmente con tolvas de sección circular y se diseñan con un volumen que permita almacenar según se vaya produciendo.

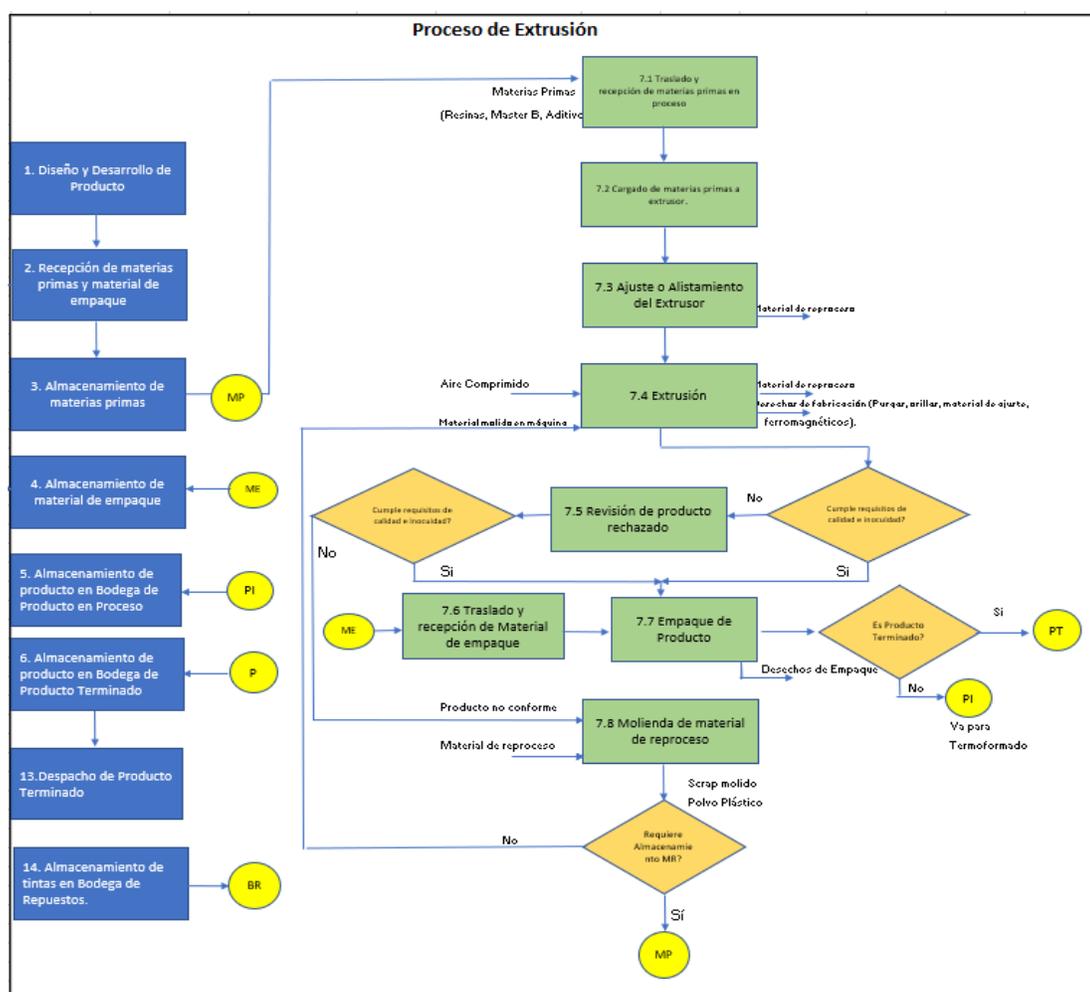
Figuras 5 Tolva de cargado



Fuente: Autor desconocido.

En Plásticos Modernos SA el proceso de extrusión se compone de la siguiente manera.

Figuras 6 Diagrama del Proceso de extrusión.



Fuente: Plásticos Modernos

Como se logra observar en el diagrama 1, durante su proceso en el extrusor de polímeros primero se introduce el plástico a transformar (tales como el Policloruro de Vinilo (PVC), Polietileno (PE), Poliestireno (PS), etcétera), se agrega en forma de pellet o polvo al extrusor

por la tolva, cuya forma es la de un embudo. El polímero alimenta así al extrusor, donde es transportado por el husillo o tornillo.

El husillo/tolva contiene espirales que permiten que gire el material y sea empujado por estas a través del cilindro con velocidad uniforme. Mientras el material se va moviendo a lo largo del husillo, aumentan la temperatura y la presión dentro del extrusor, por lo que el material comienza a cizallarse, haciendo que se vuelva más compacto. El polímero se logra plastificar gracias al calor generado por la fricción del husillo/tolva al estar girando, e igualmente proporcionado por las resistencias eléctricas ubicadas al exterior del cañón, conocidos también como calefactores.

La mayor parte de la energía necesaria para plastificar el polímero es proporcionada por el motor, permitiendo que el husillo gire continuamente. Por ende, después de este proceso, el material sale del cabezal, encontrándose con la placa rompedora y el dado. El dado tiene una boquilla con orificios predeterminados para dar la forma final al polímero. Si la boquilla tiene forma anular, se obtendrán como producto tubos; si es una rendija larga, se tendrá una lámina o película plana y, si la boquilla tiene muchos agujeros pequeños, se formarán filamentos. Al salir del dado, el producto obtenido se enfría entrando en contacto con el aire, el agua o con rodillos metálicos, y puede ser maleable, tras estirar, enrollar o cortar según las dimensiones requeridas.

En el desarrollo de este proyecto de graduación, se basa en la mejora de productividad en el proceso de extrusión tal y como se mostró en los conceptos mencionados anteriormente, se determinó que esta problemática es con relación a las operaciones industriales implementadas en el proceso de extrusión por el no cumplimiento de su meta mensual de un 81%.

Por otra parte se prevé que cada vez que hay un error o alguna carencia a la hora de producir en el proceso ya sea el rollo de color, laminas cementeras, laminas planas se produce una sobrecarga de trabajo o re trabajo en dicha ya que los colaboradores del siguiente turno deben de iniciar el trabajo que no pudieron concluir sus compañeros empezando a programar de forma correcta para que las producciones no sean tan retardadas y en menor tiempo se pueda igualar la programación de las maquinas con un desempeño de productividad con su mayor porcentaje y evitando errores y así mismo no retrasar las ordenes de los clientes y obtener la materia esperada al final de cada turno productivo.

2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

2.2.1. Productividad

La productividad es la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos o insumos utilizados”, en otras palabras: “productividad significa hacer más con menos”. También es considerada como la rapidez con la que se realiza cualquier actividad, quehacer o trabajo; y no siempre es la velocidad de una transformación física, porque también hay transformaciones mentales, que son intangibles, como se da en la creatividad del pensamiento.

En el documento de Palacios y Mendoza (2017) se describe la productividad como “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dada”. De acuerdo con lo anterior se puede afirmar que efectivamente la productividad es una métrica que permite

conocer el grado de eficiencia con el que están siendo administrados los recursos para la realización de los productos con estándares de calidad y tiempos de producción definidos.

Es usual ver la productividad a través de dos componentes: eficiencia y eficacia: la primera es simplemente la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, mientras que la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados. Así, buscar eficacia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de recursos; mientras que la eficiencia implica utilizar los recursos para el logro de los objetivos trazados.

2.2.2. Eficiencia

La eficiencia es descrita como el factor esencial para la productividad, la eficiencia mide el aprovechamiento o el desperdicio de la energía para hacer transformaciones en la materia, que es su otra cara de la misma moneda.

Su objetivo es minimizar el desperdicio de los recursos materiales e intangibles incluidos el tiempo y el espacio.

2.2.3. DMAIC

Proceso también conocido como Seis Sigma es un planteamiento analítico basado en hechos estadísticamente comprobados con el objetivo de mejorar el buen funcionamiento de la empresa asegurando la calidad de los productos o servicios destinados a los clientes.

El Seis Sigma la utiliza en el análisis de un proceso para proporcionar un producto de un intervalo de calidad.

El concepto de sus siglas:

- Definir.

La etapa de definición trata de establecer el problema que se trata solucionar. Si la organización ya cuenta con los requerimientos de las partes interesadas, el proceso de definición será un poco más sencillo de realizar. Con esta clase de requerimientos nos referimos a las expectativas de los clientes y de los interesados, y que estas se satisfagan con la calidad esperada.

Se considera que este primer paso es una de los más importantes dentro de esta metodología. Para facilitar su comprensión, la organización debe responder a estas preguntas:

¿Cuál es el problema?

¿Qué tan frecuentemente ocurre?

¿Cuál es el impacto del problema?

En esta fase, también es necesario definir cómo se llevará a cabo la administración del proyecto y plantearse preguntas como:

¿Quién va a estar en el equipo de proyecto?

¿Cómo va a ser llevado a cabo el proyecto?

¿Quiénes son las partes interesadas?

- Medir.

Una vez que el equipo haya identificado cuál es el problema dentro del proceso, es momento de medir para poder saber el tamaño del problema. Con medir nos referimos a la recolección de datos, sobre todo los de tiempo ciclo o mediciones sobre la calidad del producto que el cliente recibe.

- Análisis

En este proceso una vez que ya se sabe que esperan las partes interesadas y la magnitud de estas, se tiene que realizar un análisis mediante las herramientas ingenieriles aplicables tales como realizar un diagrama causa-efecto, 5 porques, Pareto e histogramas ya que estos ayudaran a una mejor comprensión de los datos.

- Mejorar

Proceso en el cual se debe de unir todos los análisis implementados para así poder implementar mediante las herramientas ingenieriles aplicables durante el proyecto para poder tener una comparación de datos analizados vs lo implementado.

En este apartado se hará mejoras en las habilidades, la tecnología, el acomodo entre otros incluyendo el personal de la organización en el proceso de ir hacia la mejora.

- Controlar

Es la llave para que la solución implementada se mantenga por el paso del tiempo sin perder la esencia de lo que era en un principio, es decir, que sea sostenible.

2.2.4. Causa-Efecto (Ishikawa)

El diagrama Causa-Efecto también conocido como diagrama Ishikawa o diagrama de pescado es una herramienta muy útil para la búsqueda de la causa raíz, este es un método gráfico mediante el cual se representa y analiza la relación entre un efecto (problema) y sus posibles causas.

Para desarrollar el diagrama de Ishikawa se deben seguir los siguientes pasos: Definir y determinar claramente el problema o efecto que se va a analizar, escribiéndolo dentro de un recuadro en el lado derecho del papel, identificar factores o causas que originan el efecto.

Existen 3 tipos básicos de diagramas:

- **Método de las 6M:** Este método es el más común y se ejecuta agrupando las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos están presentes en todo proceso, y cada uno está involucrado en el logro del producto final, por lo que es de esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6 ramas.

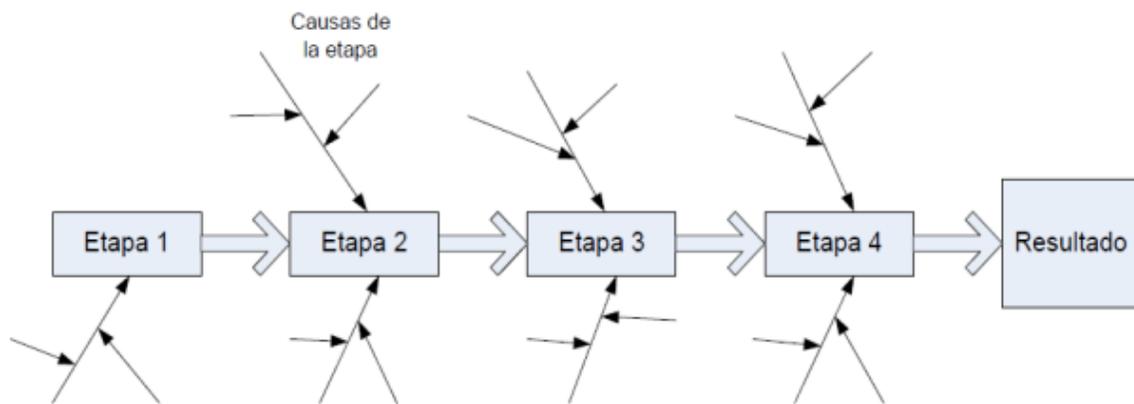
Figuras 7 Diagrama Ishikawa (Método de 6 M)



Fuente: Autor desconocido.

- Método de flujo de proceso:** En este tipo de método, en el cuerpo de la espina se colocan las etapas del proceso donde ocurre el problema. Se anotan las principales etapas del proceso, y los factores o aspectos que pueden influir en el problema se agregan según la etapa en la que intervienen.

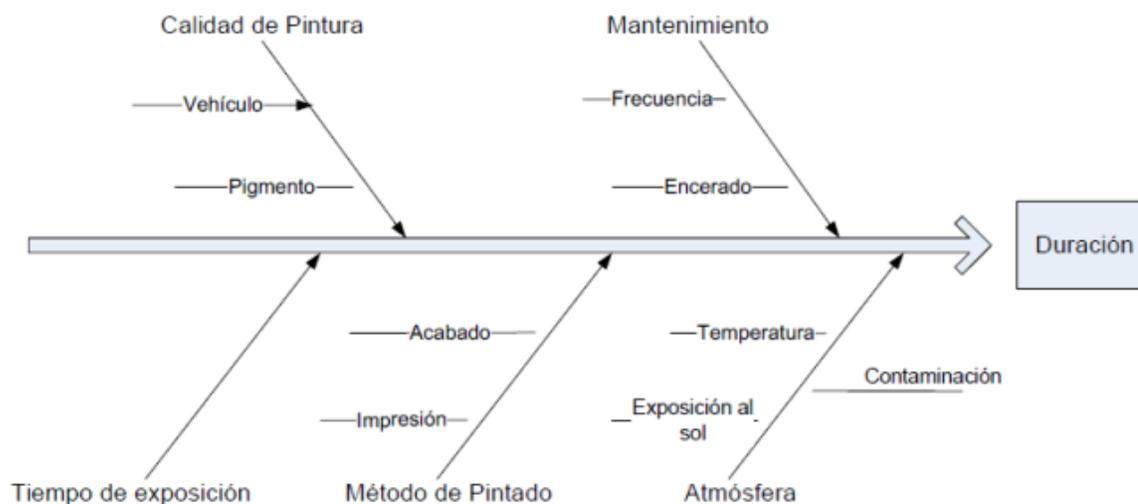
Figuras 8 Diagrama Ishikawa (Método de flujo de proceso)



Fuente: Autor desconocido.

- Método de estratificación o numeración de causas:** Este método va directo a las principales causas potenciales. La selección de los factores que pueden afectar muchas veces se hace a través de una sesión de lluvia de ideas. Esto para atacar causas reales y no consecuencias o reflejos, es importante preguntarse varias veces el porqué del problema, con lo que se profundiza en la búsqueda de las causas. Esta manera de construir un diagrama de Ishikawa es natural cuando es posible subdividir las categorías de las causas potenciales.

Figuras 9 Diagrama Ishikawa (Método de numeración de causas)



Fuente: Autor desconocido.

2.2.5. Diagrama de Pareto

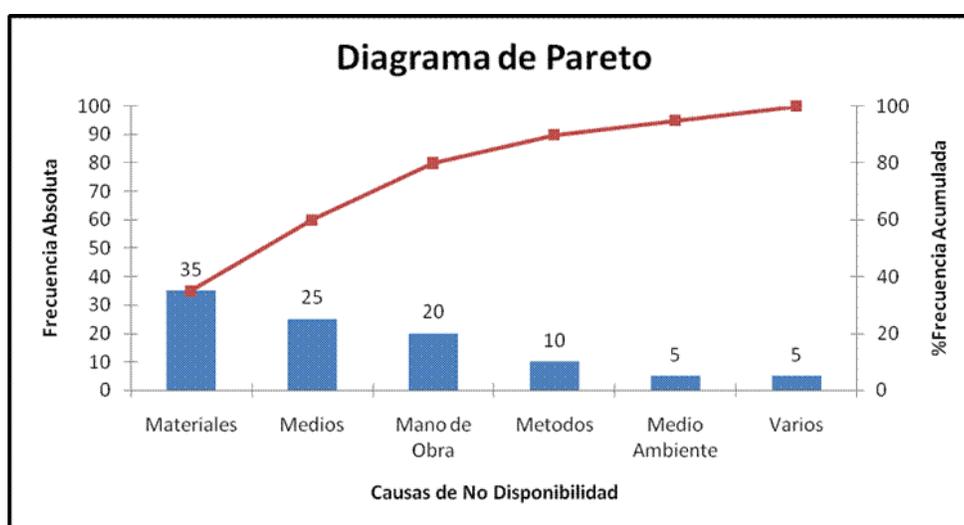
La definición del diagrama de Pareto es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menos esfuerzo. Este gráfico de barras se utiliza para separar los “pocos vitales” de los “muchos triviales”.

Estos gráficos se basan en el principio de Pareto, que establece que el 80% de los problemas provienen del 20% de las causas. Los diagramas de Pareto son extremadamente útiles porque pueden ser utilizados para identificar aquellos factores que tienen el mayor efecto acumulativo

en el sistema, y por lo tanto descartar los factores menos importantes en el análisis. Idealmente, esto permite al usuario, centrar la atención en algunos de los factores importantes en el proceso.

La técnica de análisis de Pareto se utiliza principalmente para identificar y evaluar las no conformidades, aunque puede resumir todos los tipos de datos. Es tal vez el diagrama de se usa con más frecuencia en las presentaciones de gestión.

Figuras 10 Diagrama de Pareto



Fuente: Autor desconocido.

2.2.5.1. Pasos para elaborar un diagrama de flujo

- Decidir cómo clasificar los datos

Después de tener clara la cuestión a analizar, se debe elegir el método de clasificación de los datos que deben recogerse. Por ejemplo, se pueden clasificar por tipo de defecto (forma muy usual de hacerlo), por máquina, por fase del proceso, por turno, etc.

- Determinar el tiempo de recogida de los datos

Consiste en decidir cuándo y durante cuánto tiempo se recogerán los datos, en términos de horas, días, semanas o meses.

- Obtener los datos y ordenarlos

En esta fase se debe preparar la hoja de recogida de datos. Por ejemplo, si se ha decidido clasificar por tipo de defecto y se define un periodo de observación de cuatro semanas consecutivas.

- Dibujar los ejes de coordenadas

Se colocan en el eje vertical la escala de medida de las frecuencias o coste y en el eje horizontal las causas en orden decreciente de la unidad de medida.

- Dibujar el diagrama

Consiste en la representación gráfica de los datos recogidos en la hoja. Para ello se observa cuál es el defecto ocurrido con más frecuencia y se representa en el extremo izquierdo, junto al eje vertical, mediante una barra ancha que tendrá la altura correspondiente a su frecuencia. Posteriormente, se representa el segundo defecto en frecuencia, y así sucesivamente.

Antes de dibujar el diagrama de Pareto hay que colocar los defectos en orden decreciente en función del número de veces que se hayan detectado.

- Construir una línea de frecuencia acumulada

Consiste en trazar a la derecha una línea de porcentajes que sitúa a la altura de 90, total de los defectos observados en las cuatro semanas, el 100 %. Esta línea muestra los porcentajes acumulados.

- El análisis de Pareto

El diagrama pone de relieve los problemas más importantes sobre los que será necesario actuar. Si se consigue eliminar o disminuir drásticamente estos defectos, se habrá eliminado la mayoría de los defectos; por tanto, se debe centrar los esfuerzos en esta dirección.

2.2.6. Herramientas de los 5 por qué

Los 5 porqués es una técnica de hacer preguntas, utilizado para explorar las relaciones de causa-efecto que subyacen a un determinado problema. El objetivo principal de esta técnica es determinar la causa raíz de un problema detectado.

El interrogatorio puede, por supuesto, tener más de 5 (es decir, sexto, séptimo, octavo, o el nivel superior), pero, cinco interacciones de preguntas por qué generalmente son suficientes para llegar a la raíz del problema.

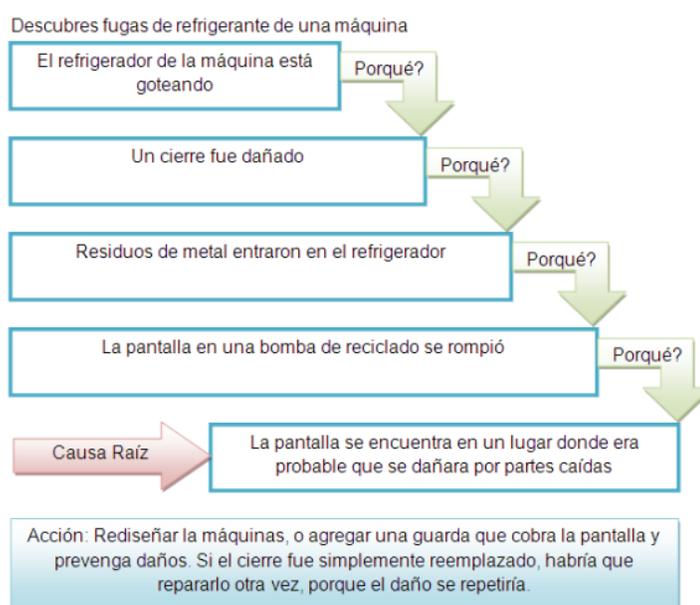
La clave es fomentar el solucionador de problemas para evitar qué supuestos y las trampas de la lógica y en su lugar rastrear la cadena de la causalidad en incrementos directos de los efectos a través de las capas de abstracción que una de las causas que todavía tiene alguna relación con el problema original. Tenga en cuenta que la última respuesta apunta a un proceso.

Este es uno de los aspectos más importantes en el enfoque de los 5 porqués. La causa raíz real debe apuntar hacia un proceso que no está funcionando bien o no existe. Los facilitadores

frecuentemente observan que las respuestas parecen apuntar hacia respuestas clásicas tales como el tiempo no son suficiente, no es suficiente la inversión, o no hay suficiente mano de obra.

Estas respuestas pueden a veces ser ciertas, pero en la mayoría de los casos, dar lugar a respuestas fuera de nuestro control. Por lo tanto, en lugar de preguntar el ¿por qué?, pregunta ¿por qué falló el proceso? Una frase clave a tener en cuenta en el ejercicio de los 5 porqués es "la gente no falla, los procesos lo hacen".

Figuras 11 Herramienta de 5 por qué



Fuente: Autor desconocido.

2.2.7. OEE

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) es un método de medición de la eficiencia operativa de los equipos que integra datos de la disponibilidad del equipamiento, de la eficiencia

de la performance y de la tasa de calidad que se logra. Es aplicable a cualquier proceso productivo que tenga un estándar de trabajo definido previamente.

Esta herramienta ingenieril es calculada de la siguiente manera:

Disponibilidad=Tiempo de operación disponible/tiempo de operación total

El OEE se expresa en porcentaje y su valor siempre está entre 0% y 100%, representando el 100% de la situación óptima de producción (Solo se fabrican piezas buenas, a la máxima velocidad y sin paradas).

El OEE tiene 3 variables como:

- Calidad: Se obtiene a partir del cálculo de piezas buenas a la primera frente al total de piezas producidas.
- Velocidad: Este parámetro indica lo fabricado (bueno y malo) durante el tiempo de operación, respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.
- Disponibilidad: Resulta de dividir el tiempo de operación entre el tiempo planificado de producción.

2.3. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

El impacto de este proyecto está compuesto por los efectos a mediano y largo plazo que estos tienen, para la población objetivo y para el entorno siendo estas efectos o consecuencias deseadas (planificadas) o sean no deseadas. (Banco Mundial,2011)

El impacto de este proyecto se vería reflejado de corto a mediano plazo haciendo que el proceso de trabajo sea más productivo y eficiente para así poder alcanzar los estándares establecidos en cada producción del proceso de extrusión alcanzando la calidad optima de los productos en un tiempo establecido sin generación de paros que me afecten el cumplimiento de mi meta establecida mensual por presidencia y así mismo la entrega optima a los clientes tanto nacionales e internacionales.

2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

Actualmente el tema de propuestas de mejoramiento de productividad es fundamental en la industria, pues permite hacer producciones más eficientes cumpliendo estándares de producción y en condiciones óptimas de calidad.

A nivel nacional no se ha identificado proyectos de investigación que abarquen el tema de mejoramiento de productividad en el proceso de extrusión en la producción de plástico por lo que no existe una referencia tan específica al respecto. Sin embargo, a nivel internacional se ha identificado mención de proyectos similares como el del estudiante Garces Muñoz Luis Alfredo (2016) de la escuela politécnica nacional, a través de su tesis “Mejoramiento de la productividad de la línea de extrusión de la empresa CEDAL, empleando la metodología "Six Sigma” donde

detalla que el objetivo es el mejoramiento de la productividad del proceso de extrusión en la empresa CEDAL, empleando la metodología “Six Sigma”. Para esto, se analizó la situación actual del proceso de extrusión por medio de 4 indicadores claves de desempeño o KPI. Se concluyó, que el KPI que mide la cantidad de rechazos de material no conforme obtuvo una mejora en la productividad después de la implementación de las fases DMAMC, al tener una línea base del indicador en el mes de junio del 2015 del 5,64% de material rechazado a 4,32% en el mes de diciembre de 2015, conociendo que la meta del proceso es de 4,5%, así se demostró una mejora del KPI en un 23,4%. Con respecto al KPI que mide la productividad de la fabricación de perfiles extruidos, se evidencio una mejora, puesto que la línea base del indicador en el mes de junio de 2015 fue de 255 kg/h-h, y después de la implementación de la metodología “Six Sigma”, el indicador se posicionó en 269 kg/h-h en el mes de diciembre de 2015, por lo que se afirmó una mejora en el indicador del 5,5%. En el KPI que mide la eficacia de la producción en el proceso de extrusión, que se encontraba con un valor como línea base en el mes de junio de 2015 del 71% de cumplimiento y posterior a la mejora con la implementación de las fases del “Six Sigma”, se incrementó el indicador clave de desempeño al mes de diciembre de 2015 al 84%, por lo que se demostró una mejora del 18,3%. En el KPI que mide la eficiencia del tiempo de entrega de perfiles extruidos, se constató que mantenía un valor de cumplimiento como línea base en el mes de junio de 2015 del 76%, se aumentó la eficiencia al mes de diciembre de 2015 al 90%, por lo que se observó una mejora del 18,42% en el indicador.

Actualmente en Plásticos Modernos no se cuenta con alguna otra investigación para un proyecto de tesina sin embargo durante la búsqueda para la recolección de datos se evidencio que en años anteriores se realizaron proyectos de investigación como el de la estudiante Mariana Villareal Acuña (2022), Wendy Moya Salazar (2019) las cuales fueron desarrolladas en el

Procedimiento de control interno administrativo y contable que aplica Asociación Solidarista ASOPLASMO de la empresa Plásticos Modernos y Propuesta de mejora para la disminución de scrap en el departamento de termoformado en la empresa Plásticos Modernos respectivamente según como se mencionan.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL TRABAJO

3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para definir el problema se utilizó la herramienta lluvia de observaciones que se realizó con el coordinador del área, operadores de alta experiencia y el gerente de producción en los cuales se determinaron aspectos significativos y de alta frecuencia que se generan en el proceso y así poder para identificar con mayor facilidad la problemática por medio de gráficos según los reportes de producción y así mismo buscar las futuras propuestas de mejora.

El planteamiento del problema surgió debido a la necesidad de analizar y reducir la productividad del departamento de extrusión, con el propósito de cumplir con las metas establecidas por presidencia y gerencia general para cada departamento, así como los estándares de productividad ya establecidos para cada producto según cada una de las maquinas del proceso de extrusión.

3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

Posteriormente, se busca medir los resultados actuales del departamento por lo cual se recurrirá a herramienta como diagramas de Pareto esto para poder definir por medio de estos las causas de afectación entre los problemas los cuales provienen del 20% de las causas que se tiene en la problemática.

Por otra parte, el ciclo Deming está basado en la mejor continua la cual se tendrá que ver evidenciada en este proceso de extrusión para poder Planificar, Hacer, Verificar y Actuar según las metas ya establecidas por presidencia y así poder alcanzar los estándares de producción tal como se establecen por medio de un OEE para así medir la eficiencia operativa de las máquinas.

Con estas herramientas se busca esclarecer si lo que está generando el proceso de extrusión es lo que requiere la empresa y en qué porcentaje es la diferencia según lo que se debe alcanzar para así tener un proceso centrado y controlado.

3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE NUEVOS PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

Con el análisis realizado y los resultados obtenidos se creará una propuesta que permita reducir las afectaciones para el cumplimiento de productividad. Para esto, se realizó una lluvia de ideas con la ayuda del coordinador de área y gerente de producción, de los posibles factores contribuyentes al problema, estas, se trasladan a un Diagrama de Ishikawa tomando como referencia las 6 M para identificar la principal causa raíz, posteriormente con la herramienta de los 5 por qué se ira depurando la información hasta para encontrar la causa real a los problemas identificados.

3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Una vez sean identificadas las causas de mayor afectación y se tengan sus propuestas de mejora para así alcanzar los estándares y las metas establecidas se procede a realizar recomendaciones por medio de un plan de acción o cuadros comparativos de beneficios económicos al implementar la propuesta de mejora.

Esto generara una reducción en las afectaciones donde se promoverá producciones más continuas y a tiempo para poder generar un alta en el indicador y así mismo explicar a los operadores las recomendaciones desde algo operativo en reducción de tiempos o bien en

mejoras de programación para que la misma sea viable para el proceso y se admita su puesta en marcha a corto o mediano plazo.

3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS

Se desarrollará un procedimiento donde se evidencie todas las mejoras propuestas para alcanzar la productividad del proceso siendo estas supervisadas por el coordinador del área para que este sea el que se encargue de dar el seguimiento con producción y el acompañamiento a los operadores para que no se generen paros innecesarios y se tenga una mayor cantidad de horas productivas en cada producción para alcanzar los estándares en cada producto.

Se espera que la propuesta sea llevada o efectuada por el personal del departamento a corto o mediano plazo y así mismo las partes interesadas sean certeras al momento de programar las producciones para que estas se mantengan en el turno y no se efectúen tantos paros. Si el problema persiste en el tiempo nunca se llegará a alcanzar la meta ni los estándares provocando una disconformidad para la presidencia y una respuesta tardía para la entrega de los clientes y trabajo bajo presión de los operadores y ayudantes en la cual se puede provocar accidentes laborales en aspectos físicos o psicológicos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

En este capítulo se estará desarrollando todos los análisis para poder realizar la investigación respecto al mejoramiento de productividad del primer cuatrimestre del 2023 en el proceso de extrusión.

4.1. ESTUDIO DEL PROCESO SIPOC

Figuras 12 SIPOC de Extrusión

Plásticos Modernos, S.A.		Diagrama S.I.P.O.C																
 • Teléfono (504) 4700-6000 • Fax: (504) 2290-4017 • E-mail: info@plasticosmodernos.com • P.O. Box 4014955, La Fibra de Bate, Heredia, Costa Rica www.plasticosmodernos.com																		
CRITERIOS DE EVALUACION																		
Riesgo																		
Impacto	Definición	Calificación	Probabilidad	Definición	Calificación													
Alto	Puede significar una pérdida mayor a \$ 5000	5	Alto	Se ha presentado al menos una vez, en el último año	7													
Medio	Puede significar una pérdida entre \$1000 a \$ 4999	3	Medio	Se ha presentado al menos una vez en los últimos 3 años	5													
Bajo	Puede significar una pérdida menor a \$ 1000	1	Bajo	Se ha presentado al menos una vez en los últimos 5 años	3													
No aplica	No producirá impacto económico	0	No aplica	No se ha presentado	0													
#	Proveedor	Entradas (Documentos)	Descripción de la actividad	Descripción del Riesgo	El riesgo identificado afecta a los siguientes Sistemas de Gestion					Evaluación del Riesgo								
					SGC	SGA	SGST	SGEh	SGIA	Impacto (CALIFICACION)	Calificación	Probabilidad (CALIFICACION)	Calificación	(*) Impacto (tiempo)	Significancia			
1	Planificación de la producción	Ordenes de producción	Elaboración del programa semanal de producción.	Errores códigos o cantidades, produciendo un artículo no necesario	X						Alto	5	Medio	5	25	NO SIGNIFICATIVO		
2	Planificación de la producción	Orden de producción por producto	Alisto de requerimientos de materia prima, insumos, equipos y servicios para la producción	Se solicite un material equivocado o en cantidad diferente a lo necesario	X						Alto	5	Medio	5	25	NO SIGNIFICATIVO		
3	Planificación de la producción	Orden de producción Programa de producción	Alisto de máquinas y equipos de apoyo en las actividades productivas	Disminución de la productividad y eficiencia en máquinas	X			X			Medio	3	Alto	7	21	NO SIGNIFICATIVO		
4	Proceso de Producción Proceso de Logística	Materia prima, Energía, Mano de Obra, Maquinaria, otros insumos	Fabricación y verificación de productos	R-SI-PRO-01: El producto inconforme es entregado no intencionalmente al Cliente	X				X		Alto	5	Alto	7	35	SIGNIFICATIVO		
5				El producto no cumple y se entregue inconforme al Cliente interno	X				X			Medio	3	Alto	7	21	NO SIGNIFICATIVO	
6				Contaminación de materia prima, producto en proceso o terminado	X	X	X		X				Alto	5	Medio	5	25	NO SIGNIFICATIVO
7				Disminución de la productividad y eficiencia en máquina	X			X					Medio	3	Alto	7	21	NO SIGNIFICATIVO
8				Pérdida de trazabilidad del reproceso	X				X				Medio	3	Alto	7	21	NO SIGNIFICATIVO
9				Que un producto no conforme o potencialmente no inocuo sea utilizado en una etapa posterior e incluso sea enviado al Cliente	X				X				Alto	5	Bajo	3	15	NO SIGNIFICATIVO
10				Inadecuado llenado de los reportes, afectando para una toma de decisión inadecuada referente a la producción, calidad o inocuidad.	X	X	X	X	X				Bajo	1	Medio	5	5	NO SIGNIFICATIVO
11	Producción	Productos terminados, en proceso y scrap	Entrega de productos a logística	Producto no entregado a tiempo	X						Medio	3	Alto	7	21	NO SIGNIFICATIVO		

Fuente: Plásticos Modernos

Por medio del SIPOC se tiene el número de actividades en el proceso las cuales por medio de la asignación del proveedor, entradas, descripción de la actividad, descripción del riesgo, clasificación de riesgo según las normas establecidas en Plásticos Modernos y evaluación de riesgo se evidencia que solo se tiene una actividad de alta significancia para el proceso como lo es la número 4 la cual es basada en la entrega del producto inconforme al cliente de manera intencional la cual según la tabla de criterios de evaluación es un riesgo que se tiene en la compañía.

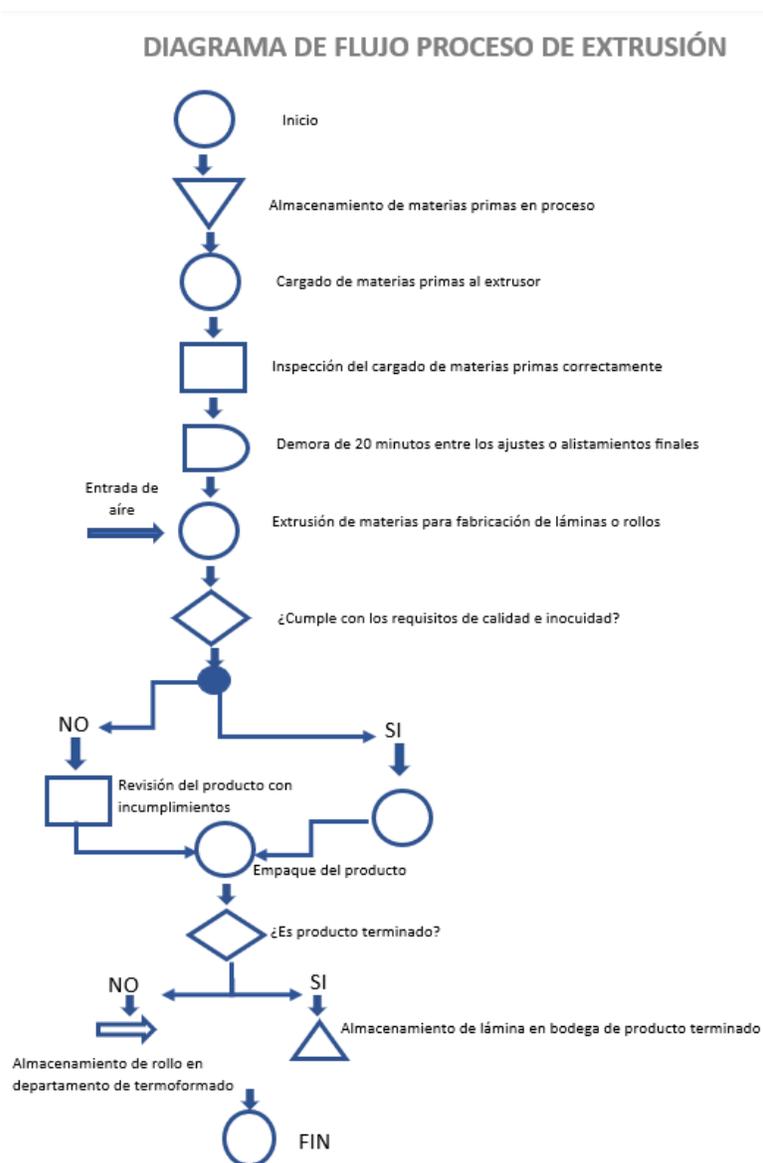
Figuras 13 Imágenes del proceso del extrusor 4



Fuente: Plásticos Modernos.

4.2. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DE FLUJO

Figuras 14 Diagrama de flujo Extrusión



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se explica el proceso desde su almacenaje hasta que se termina su producción para así mismo ser despachado:

- 1- Se traslada la materia prima de la bodega hacia la máquina de extrusión: estas se dividen en 3 sacos que contienen resina virgen, scrap y masterbacht. Posteriormente, se le introducen los tubos de succión.
- 2- El operario debe programar la máquina para que succione la cantidad de materia requerida para la fabricación de la lámina o rollos, las cuales corresponden a cada ficha técnica según el producto. A continuación, los tubos o chuzas succionarán la cantidad indicada.
- 3- La materia prima es pesada automáticamente en una romana antes de mezclarse.
- 4- La mezcla pasa por una tolva ubicada debajo de la romana
- 5- Para posteriormente ingresar al extrusor, el cual consiste en tubo dividido por resistencias, compuesto en su interior por un molino sin fin, la materia en este proceso será calentada aproximadamente 225 Grados Celsius y mezclados para lograr su completa homogeneización.
- 6- La mezcla pasa por un filtro colocado en la bomba de engranaje para evitar cualquier suciedad.
- 7- El operario debe monitorear que la presión del aire comprimido del extrusor se mantenga estable en 80 psi, si disminuye, significa que la temperatura esta alta y que el material está muy líquido, si por el contrario aumenta, el operario debe revisar la máquina y comprobar si hay atasco de material y cambiar el filtro.
- 8- La mezcla filtrada posteriormente pasa por un labio metálico, el cual se encarga de darle el grosor requerido a la lámina.
- 9- La lámina es recibida por los rodillos cromados para darle tensión.

- 10- Pasa por los rodillos de arrastre o también llamado calandria hacia el conjunto de cuchillas, donde será ajustado el ancho de la lámina.
- 11- El scrap resultante es cortado y trasladado por medio de una banda al molino, donde será triturado y, seguidamente, utilizada para ser reprocesado.
- 12- La lámina cortada pasa por el contador de metros para darle el largo.
- 13- Luego pasa al sistema de arrollado, donde la lámina será enrollada.
- 14- El operario junto con los CCP's realizan la inspección de calidad.
- 15- Y se lleva a producto terminado.

4.3. ANÁLISIS DEL OEE

Para el análisis de este capítulo 4 se realizó un OEE el cual está dividido en dos ejercicios ya que se tomó un ejemplo de la producción de lámina rollo de 1.10x515 mm y otro de lámina plana 1.50x1220x2440 mm producidas en el extrusor 4 para poder tener datos de la eficiencia de la máquina. Por otra parte, se toma como referencia la cantidad producida por turno y el desperdicio que se puede generar por un ajuste de 25 minutos según la producción total que se tiene cada hora según cada uno de los productos.

4.3.1. Análisis del OEE #1 (Lámina plana)

Figuras 15 Análisis de OEE (Lámina plana)

Disponibilidad					
Descripción: Un turno de 12 horas es programado para producir laminas planas de 1.50x1220x2440 mm como se muestra a continuación. El turno consta de 3 descansos con 15 minutos para el desayuno, 30 minutos para el almuerzo y 15 minutos cafe y un periodo al inicio del turno de 1 hora por limpieza profunda					
12 horas por turno				Disponibilidad	91,64%
Tiempo planeado (comida y limpieza)	2	hora	0,033	Horas laboradas	10,97
Tiempo no planeado (sobrecarga)	1	hora	0,017		
Tiempo de operación	11,97				
Eficiencia					
400 kg por hora (Sin ajustes)	4800	Producción de turno (Sin ajustes)		Eficiencia	75,00%
300 kg producidos por hora (Con ajuste de 25 minutos)	3600	Producción de turno (Con ajustes)			
Calidad					
400 kg producidos por turno	100 kg	Desperdicio	100 kg	Calidad	97,22%
100 kg de desperdicio por turno					
OEE					
Dato general de OEE					66,82%

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar el análisis de la disponibilidad, eficiencia y calidad generados para la producción de láminas planas específicamente en la nombrada en la descripción en la cual se tiene toda una obtención de datos donde se muestra que de 12 horas por turno aproximadamente 11 horas son laboradas obteniendo una disponibilidad de producción de 91.64 % así mismo se cuenta con una eficiencia de 75 % según las unidades producidas por hora y lo divido entre lo

producido cada vez que se genera un ajuste rápido de 25 minutos y por último la calidad que es la medición del total de los desperdicios de la producción por turno obteniendo un 97.22% de manera significativa.

Mediante la aplicación de la fórmula para la obtención del OEE general de la producción de lámina plana se tuvo un resultado de 66.82% por turno de 12 horas en los cuales se puede realizar la sugerencia a presidencia de un extrusor de mayor eficiencia y con menor desperdicio.

4.3.2. Análisis del OEE #2 (Lámina rollo)

Figuras 16 Análisis de OEE (Lámina rollo)

Descripción: Un turno de 12 horas es programado para producir láminas rollo de 1.10X515 mm como se muestra a continuación con un desperdicio de 218 kilogramos. El turno consta de 3 descansos con 15 minutos para el desayuno, 30 minutos para el almuerzo y 15 minutos café y un periodo al inicio del turno de 1 hora por limpieza profunda					
Disponibilidad					
12 horas por turno			Disponibilidad		91,64%
Tiempo planeado (comida y limpieza)	2	hora	0,033	Horas laboradas	10,97
Tiempo no planeado (sobrecarga)	1	hora	0,017		
Tiempo de operación	11,97				
Eficiencia					
520 kg por hora (Sin ajustes)	6240 Producción de turno (Sin ajustes)			Eficiencia	58,08%
302 kg producidos por hora (Con ajuste de 25 minutos)	3624 Producción de turno (Con ajustes)				
Calidad					
520 kg producidos por turno	Desperdicio 218 kg			Calidad	97,24%
218 kg de desperdicio por turno					
OEE					
Dato general de OEE				51,76%	

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar el análisis de la disponibilidad, eficiencia y calidad generados para la producción de láminas rollos específicamente en la nombrada en la descripción en la cual se tiene toda una obtención de datos donde se muestra que de 12 horas por turno aproximadamente 11 horas son laboradas obteniendo una disponibilidad de producción de 91.64% así mismo se cuenta con una eficiencia de 58.08% según las unidades producidas por hora y lo divido entre lo producido cada vez que se genera un ajuste rápido de 25 minutos obteniendo un desperdicio de 218 kilogramos cada 520 kilogramos producidos por hora aproximadamente un poco menos de la mitad y por último la calidad que es la medición del total de los desperdicios de la producción por turno obteniendo un 97.24% de manera significativa.

Mediante la aplicación de la fórmula para la obtención del OEE general de la producción de lámina rollo se tuvo un resultado de 51.76% por turno de 12 horas en los cuales se puede realizar la sugerencia a presidencia de un extrusor de mayor eficiencia y con menor desperdicio donde sus producciones puedan ser más continuas y con mayor velocidad manteniendo los estándares de calidad e inocuidad establecidos por cada producción.

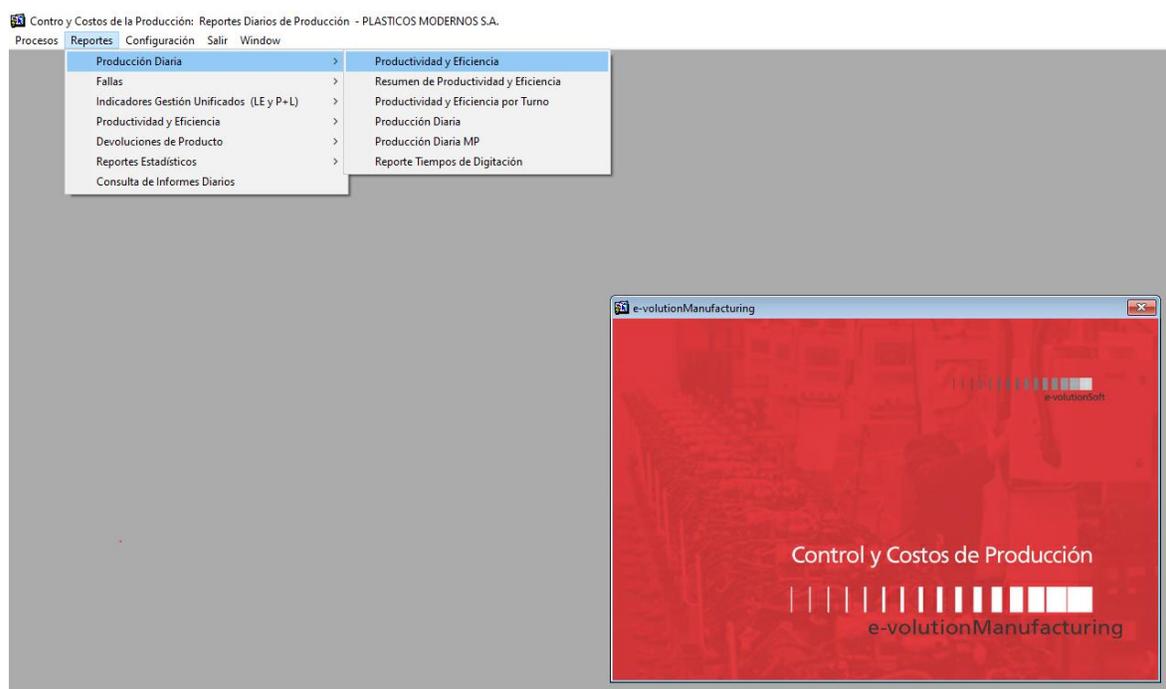
Por lo cual haciendo un comparativo entre los dos análisis del OEE ambos mantienen la misma disponibilidad y calidad a pesar de que tengan una cantidad de kilogramos producidos diferentes por turno según cada producción mencionada al inicio.

Los datos del análisis que se muestra más adelante en las herramientas utilizadas son gestionados por medio del sistema de software Oracle ya establecido por Plásticos Modernos como fuente principal para el desarrollo de las necesidades en cada uno de los sistemas según las necesidades de los departamentos. En el caso de esta investigación se utiliza el módulo de “Reporte de producción diaria” el cual según sus pestañas me procesa los datos necesarios según la frecuencia establecida. Así mismo se utilizó la pestaña de “Reporte” seguidamente la opción

de “Producción diaria” estableciendo el lapso de fecha del primer cuatrimestre del 2023 para arrojar el resultado de los datos también se generan en el apartado de “Fallas” según el lapso de fechas ya establecidas un control de las fallas mecánicas y eléctricas más representativas, así como también se puede contabilizar la cantidad de tiempo en cambios, ajustes, alistamiento y fallas.

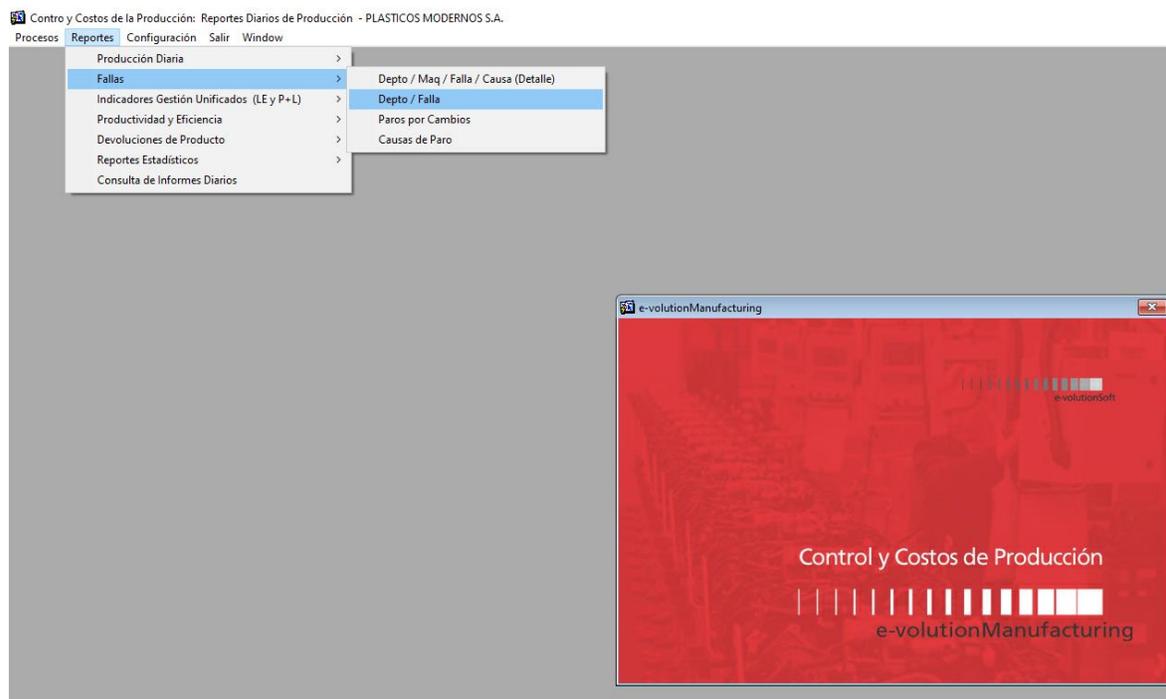
Tal y como se muestra en las siguientes imágenes:

Figuras 17 Imagen de evidencia del módulo (Producción diaria)



Fuente: Plásticos Modernos.

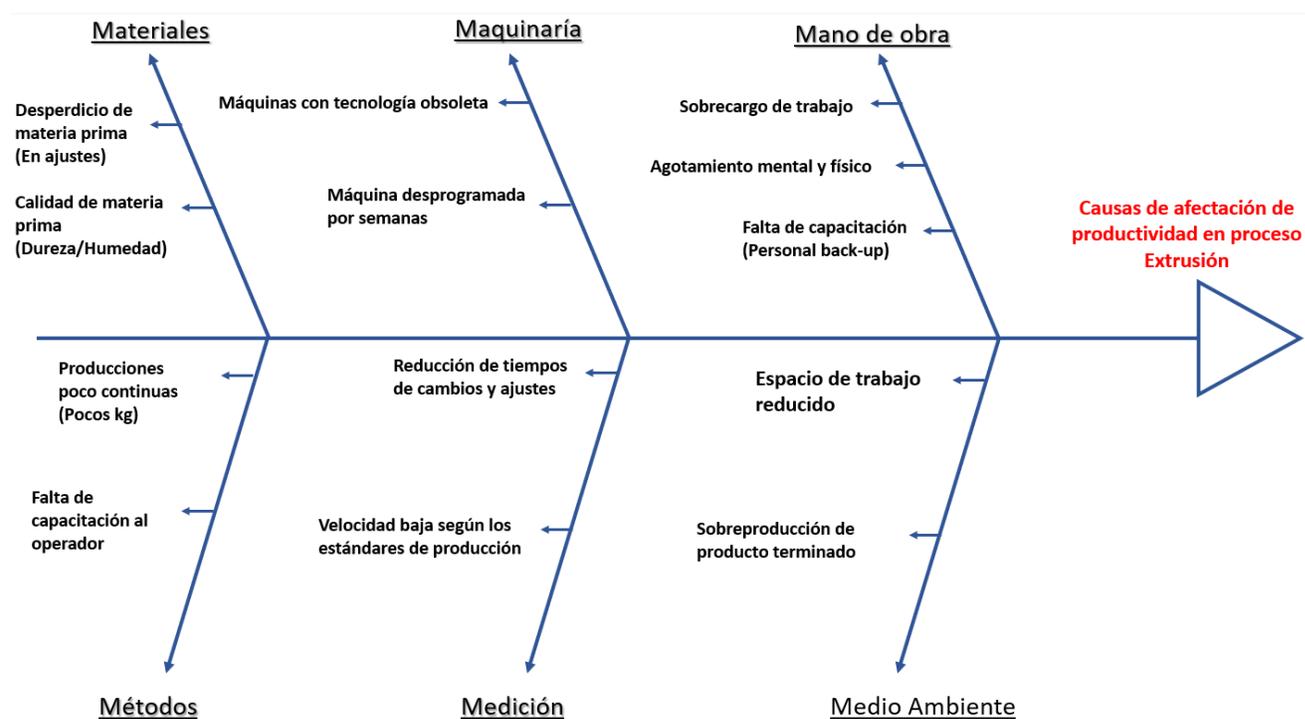
Figuras 18 Imagen de evidencia del módulo (Fallas)



Fuente: Plásticos Modernos.

4.4. ANÁLISIS DE DIAGRAMA ISHIKAWA

Figuras 19 Análisis de diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se mostró en el diagrama de Ishikawa o también llamado diagrama de causa y efecto se puede evidenciar por medio de las 6M las causas de afectación de la productividad en proceso de Extrusión.

Cada una de las 6 M son de suma importancia en el proceso al ser factores de importancia para los operadores al momento de producir. A continuación, se detalla:

- Materiales: Dentro de las causas se presenta el desperdicio de materia prima durante los ajustes de cada producción y así mismo la calidad de la materia prima

entre el proveedor, dureza o humedad que está presente para poder iniciar el proceso de la manera más óptima según los estándares de calidad.

- Maquinaria: Se cuenta con máquinas con tecnología obsoleta ya que cuentan con más de 10 años de fabricación por lo cual se ha visto la intervención por parte del taller de mantenimiento en mejoras o cambios de PLC, equipos de cargado, pantallas, rodillos entre mejoras en las acometidas de los cableados hacia los paneles. También se encuentra la posibilidad de que producción mantenga la maquina desprogramada por días o semanas por falta de ventas o bien por escases de materia prima.
- Mano de obra: Se hace enfoque al sobrecargo de trabajo de los operadores provocando agotamiento mental y físico por sus extensas jornadas de 12 horas y 6 días a la semana las cuales en ocasiones provocan padecimientos generando incapacidades o algún operador fuera del trabajo por necesidad del espacio para el respectivo descanso.

Así mismo la falta de capacitación para tener en el proceso personal back-up el cual pueda dar una mejor respuesta al faltante de algún compañero para que así mismo no se vea afectada la producción del turno o bien la semana.
- Métodos: Durante el periodo de funcionamiento de los extrusores se tienen producciones poco continuas generando pocos kilogramos producidos en comparación al consumo energético del extrusor. También se enfatiza en la capacitación del personal, ya que en ocasiones es muy básica generando errores en la producción por falta de experiencia.

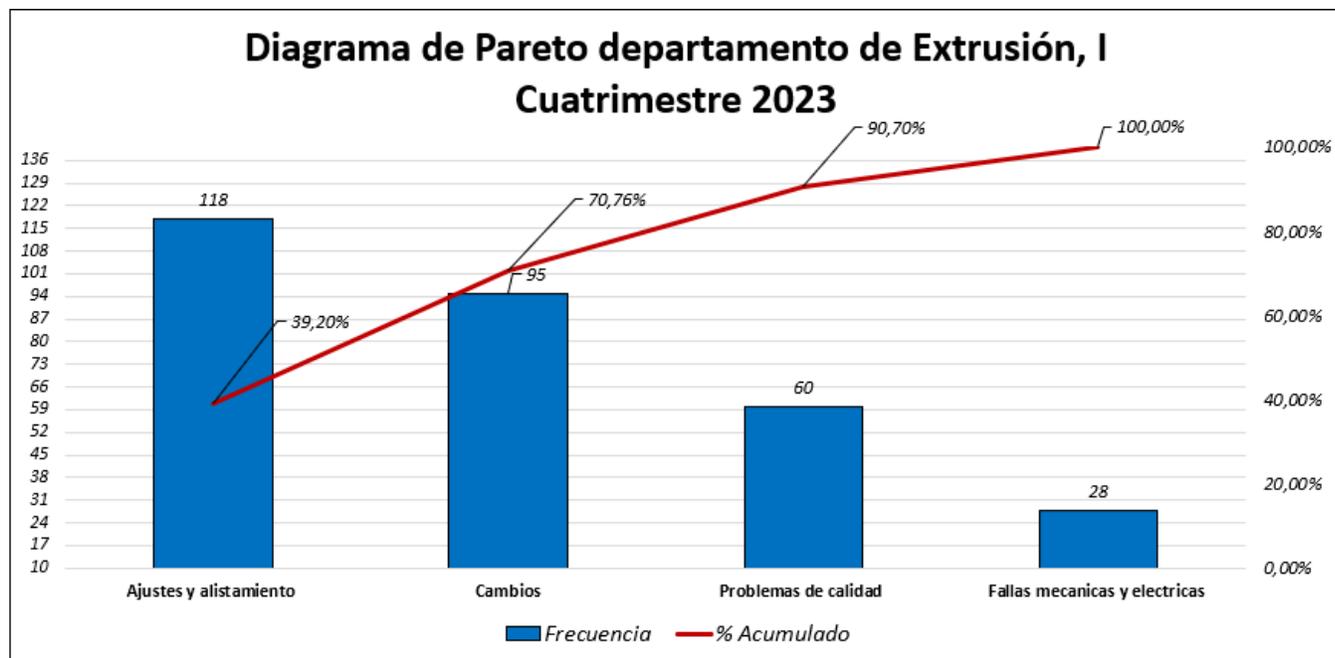
- Medición: Se cuenta con una cantidad de tiempos altos al momento de realizar cambios o ajustes en los extrusores esto por complicaciones del producto por temas de calidad, inocuidad o estándares de producción o bien por falta de experiencia de los operadores los cuales no tienen suficiente rapidez o agilidad para realizar los mismos.

También se cuenta con productos que requieren un alto estándar de producción por lo cual se deben de trabajar a una velocidad baja para lograr las condiciones óptimas.

- Medio Ambiente: En el área del departamento de extrusión se cuenta con un espacio de trabajo reducido generando en ocasiones una sobreproducción de producto terminado haciendo los espacios hacia los pasillos más estrechos generando más posibilidades de un accidente laboral.

4.5. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA PARETO

Figuras 20 Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los resultados obtenidos por el gráfico de Pareto se evidencia que durante el I cuatrimestre del 2023 sus principales desviaciones son presentadas por 4 afectaciones principales donde se obtuvo un impacto de 118 paros entre ajustes y alistamiento de maquina con una significancia de 39,20% de la causa principal del problema de productividad en el extrusor también 95 eventos en cambios los cuales pueden ser cambios generales o parciales según como se solicite en la producción con una afectación de 31,56% esto porque las producciones pueden no ser continuas a tal modo de que se tenga en un turno producción de calibre 5 mm con color blanco y luego se pase a calibre 3mm con color verde y al día siguiente se regrese al calibre 5 mm con color blanco esto por la manera de programación y ventas del departamento de mercadeo.

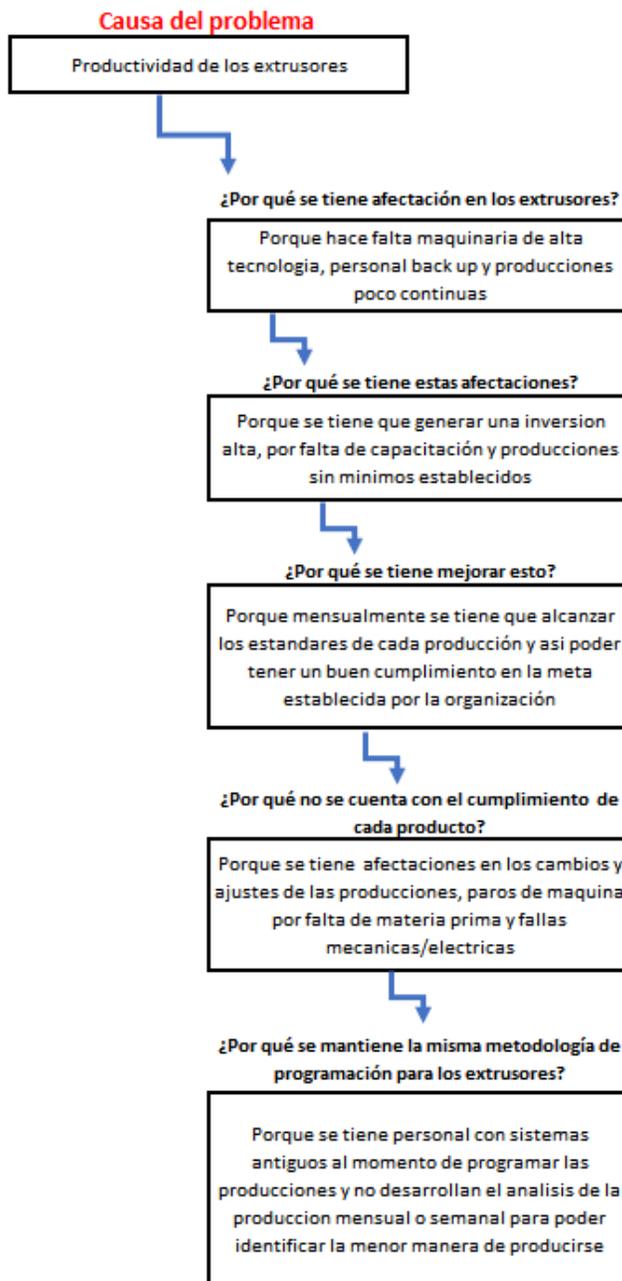
También se puede evidenciar el impacto de problemas de calidad como 3 barra en el grafico el cual obtiene un 19,93% esto por cambios de marca de la materia prima o bien materia prima húmeda la cual ha sido una causa importante durante el proceso por temas de lluvias y por último la barra de fallas eléctricas y mecánicas con una frecuencia de 28 eventos y 9,30% de impacto en el cumplimiento de la productividad de los extrusores. Esta aun siendo la de menos impacto es de suma importancia ya que en ocasiones al tener la maquina tan llenas de producciones no se da un mantenimiento programado mensual implicando mayores fallas correctivas durante el proceso.

4.6. ANÁLISIS DE 5 PORQUES

Esta herramienta se implementa bajo una secuencia de 5 preguntas así el porqué de las posibles causas que se generen en la afectación de la productividad de los extrusores.

Es generada en conjunto con los operadores donde se discutieron las causas de la afectación de productividad en el primer cuatrimestre del 2023.

Figuras 21 Análisis de 5 porque



Fuente: Elaboración propia

Parte de lo analizado en este capítulo se evidencia como las herramientas implementadas me dan alto valor para poder elaborar las posibles propuestas según las causas que se identifican

esto siendo de importancia para ir concluyendo el proyecto y poder realizar un plan de acción con fechas donde se visualice la posible implementación y seguimiento del gerente de producción en conjunto con las partes interesadas.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Plásticos Modernos tiene oportunidades de mejoramiento en el departamento de extrusión y se analizaron los datos comprendidos en el primer cuatrimestre del 2023. Con la información recopilada se logra evidenciar las causas más comunes que afectan el cumplimiento de la productividad por lo cual se estará desarrollando posibles soluciones o mejoras para un diseño de implementación y cumplimiento óptimo en cumplimiento de los estándares de producción ya establecidos para cada producto.

Se determinó realizar una matriz que resume las propuestas planteadas según las diferentes causas identificadas.

5.2. ANÁLISIS DE LLUVIA DE IDEAS

Este análisis fue realizado por medio de sugerencias del coordinador de área, gerente de producción y los operadores del departamento de extrusión, siendo estas personas de gran experiencia y calidad de trabajo para poder desarrollar el mismo.

Tabla 3 Lluvia de ideas

LLUVIA DE IDEAS PARA EL MEJORAMIENTO DE PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN			Escala de clasificación: 1 a 5 / 1 es más alto
IDEAS	VENTAJAS	INCONVENIENTES	CLASIFICACIÓN
Mejoramiento de capacitación al personal operativo	Ampliar el conocimiento de manera optima para el personal nuevo o back-up	Falta de mano de obra en RRHH Falta de tiempo del supervisor	1
Mantenimientos programados mensuales	Abarcamiento en su totalidad de actividades según las frecuencias establecidas	El departamento de producción no asigna el tiempo necesario para el taller de mantenimiento Fallas mecánicas y eléctricas con mayor impacto	1
Ventas con mayor alcance	Producciones mas continuas y sin menos cambios o ajustes	Arranque de un extrusor por producciones de 2 horas para una venta de 100 laminas	2
Implementación de operadores back-up con mayores conocimientos	Estandarización de los operadores para que cualquiera pueda producir en la maquina en caso de ausencia	Falta de apoyo, capacitación y mano de obra	2
Definir un mínimo de producción para cada producto a nivel de mercadeo	Buen uso energético del extrusor Alta producción alcanzando los estándares	Perdida de pequeños clientes	2
Renovación o compra de maquinaria con mejor tecnología	Mayor capacidad de producción	Alta inversión	2

Fuente: Elaboración propia.

Se evidencia que dentro del análisis se plasman ideas simples las cuales pueden generar mejores resultados en las producciones del extrusor y así tener una mejora significativa en el indicador de productividad con el cumplimiento de los estándares establecidos por Plásticos Modernos SA para la venta de sus productos al mercado nacional e internacional.

Es de importancia que la alta gerencia tome en cuenta las propuestas de mejora para que así se logre una empresa con equipo de alta tecnología y personal competente y apto para la producción.

5.3. CAUSAS Y PROPUESTAS PLANTEADAS

Para el desarrollo de este apartado el cual es basado en las causas encontradas en el diagrama de Pareto en el apartado 4.5 se realiza una segregación de causas esto para poder hilar un poco más en la problemática que se presenta durante el proceso. Tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4 Segmentación de causas

Segmentación de causas según diagrama Pareto	
Causa- Pareto	Sub-Causa
Ajustes y alistamiento	Falta de capacitación para mantener personal back-up
Cambios	Producciones poco continuas
	Tiempo de ajustes y cambios muy extensos
Problemas de calidad	Problemas de calidad en materia prima
Fallas mecánicas y eléctricas	Falta de mantenimiento programado en los extrusores

Fuente: Elaboración propia.

Causa 5.3.1. Falta de capacitación para tener personal back-up

Propuestas 5.3.1.

- Realizar una inducción por parte del departamento de Recursos Humanos más directa al proceso al que se dirija el nuevo empleado y así mismo se encarguen de programar los planes trimestrales de capacitación y la revisión anual de los instructivos para ampliar el conocimiento o bien hacer un refrescamiento del funcionamiento y partes del extrusor como tal.
- Mayor acompañamiento por parte del supervisor del área para que este pueda dar una capacitación más extensa y llena de aprendizaje valioso para los operadores y así mismo que este pueda asignar un operador 1 para el acompañamiento al proceso de adaptación al nuevo operador y así se aclaren todas las dudas que se puedan generar.

Causa 5.3.2. Producciones poco continuas

Propuestas 5.3.2.

- Optar por una compra de sistema de software para que la programación sea generada por el mismo semanalmente y no manualmente en Excel para que sean producidas según el color, calibre y diámetro para no generar tantos cambios y tener una programación continua.

Actualmente se cuenta con producciones poco continuas o bien muy repetitivas por la falta de una programación de alta tecnología para la gran demanda de ventas que se tiene en la organización.

- Implementar un mínimo de ventas en el departamento de mercadeo para las producciones según cada producto teniendo un funcionamiento óptimo del extrusor y

así mismo se pueda generar un balance entre lo producido y lo consumido por este como lo es el impacto de energía eléctrica y la materia prima consumida la cual luego debe de purgarse para poder generar una nueva orden de producción.

Causa 5.3.3. Tiempos en ajustes y cambios muy extensos

Propuesta 5.3.3.

- Revisión de instructivos anualmente para poder evidenciar si la metodología descrita en cada una sigue siendo la misma o bien si tuvo alguna modificación para realizar la actualización respectiva y mantenerlo actualizado para la capacitación del personal nuevo o bien para un refrescamiento a nivel operativo.
- Realizar un chequeo por parte del departamento de Mantenimiento o bien por el supervisor para poder evidenciar el estado de la herramienta de los operadores asegurando que sean las adecuadas y se encuentren en condiciones óptimas de funcionamiento y no al contrario que los operadores cuenten con herramientas hechas o de poca confiabilidad que puedan afectar el tiempo de respuesta de los operadores en un cambio o ajuste.

Causa 5.3.4. Falta de mantenimiento programado en los extrusores

Cada mes el departamento de mantenimiento desarrolla un análisis de la sumatoria de fallas mecánicas y eléctricas vs las horas programadas por maquina en las cuales se programan las máquinas de mayor impacto para la intervención del mantenimiento programado mensual.

Propuesta 5.3.4.

- Respetar el programa de mantenimiento mensual y programar las producciones de manera que se cuente con los 7 días hábiles solicitados para abarcar el mayor número de actividades y así generar un buen indicador de efectividad en las listas de mantenimiento programado según las frecuencias establecidas para realizarse disminuyendo las fallas mecánicas y eléctricas de manera correctiva semanalmente.

Ya que en ocasiones por no entregar la maquina al departamento de mantenimiento o bien acortar los días de este se generan daños de mayor impacto en los extrusores o bien no se pueden implementar mejoras de estética entre otras.

Causa 5.3.5. Problemas de calidad en materia prima

Actualmente se tiene varios proveedores que se encargan del suministro de la materia prima para toda la organización sin embargo factores como la pandemia por COVID 19 o la guerra de Rusia contra Ucrania han hecho que algunos caigan en bancarrota o también se ha tenido casos de que se restringen las exportaciones a países como Costa Rica.

Esto a detonado en la búsqueda de proveedores que se mantengan en el tiempo a pesar de las circunstancias que se presenten y que se generen los envíos tanto por vía aérea o vía marítima siendo un proceso un poco más lento para poder realizar la llegada a la organización y hacer todo el procedimiento de aduanas y cálculos de costos para poder suministrarlo en el proceso.

Propuesta 5.3.5.

- Mantener un stock de materia prima de alta calidad y óptima para el proceso en los cuales no se tenga desabastecimiento por lo sucedido mundialmente para no generar un impacto de paro en las producciones de los extrusores en Plásticos Modernos.

Teniendo esta propuesta implementada en el sistema se logrará una estándar de producciones ya que no se tendrá que utilizar materia prima con características o formulaciones diferentes que llegarían afectar la calidad de la lámina o rollo que se requiera.

- Realizar un área de techado de materia prima esto para que se reduzca el impacto de afectación de materia prima contaminada o húmeda en el proceso la cual ha generado mayor scrap en la producción según la orden del cliente y se ha generado un impacto energético extra ya que se utilizan los secadores para secar la materia prima y así no se tengan problemas con apariencia en lamina o rollo no deseadas.

5.4. DESARROLLO DE PLAN DE ACCIÓN

Como parte del desarrollo del análisis de las causas y propuestas descritas en el apartado 5.3 se desarrolló un plan de acción en el cual se cuenta con todas las problemáticas, responsables y fecha de inicio, fecha final y la duración en días esto para poder planificar las actividades a realizar en la empresa según las problemáticas.

5.4.1. Plan de acción

Tabla 5 Plan de acción

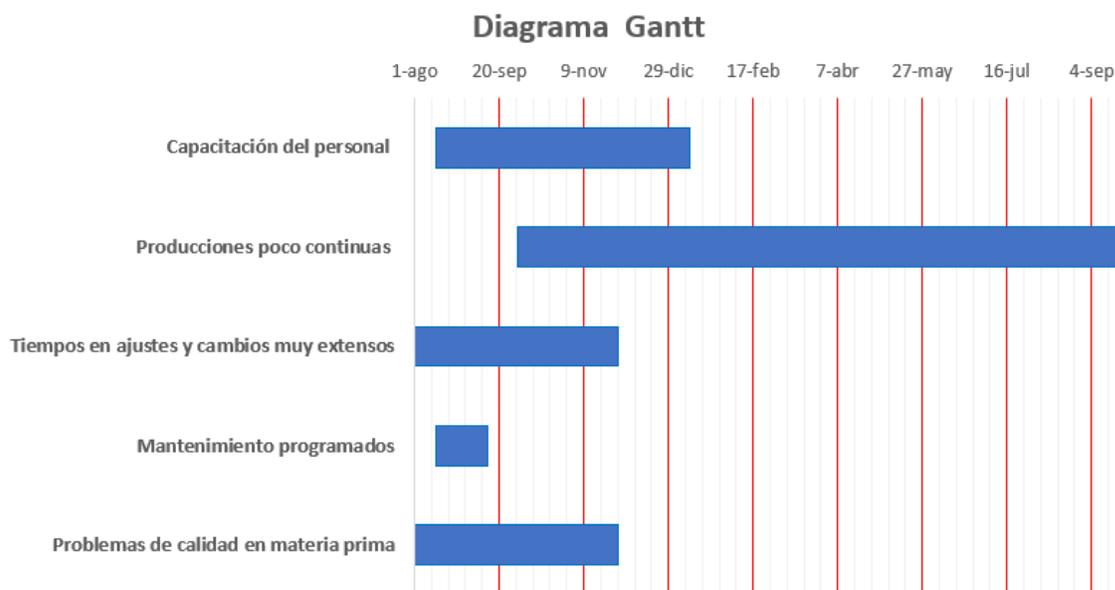
Plan de acción para el proceso de Extrusión				
Problemática	Responsable	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha final
Capacitación del personal	Supervisor del proceso y departamento de RRHH	14/8/2023	150	14/1/2024
Producciones poco continuas	Departamento TI y gerente de mercadeo	1/10/2023	360	1/10/2024
Tiempos en ajustes y cambios muy extensos	Supervisor del proceso y coordinador de Mantenimiento	1/8/2023	120	1/12/2023
Mantenimiento programados	Programador de producción	14/8/2023	30	14/9/2023
Problemas de calidad en materia prima	Encargado de compras y exportaciones	1/8/2023	120	1/12/2023

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Diagrama de Gantt

Se realiza un diagrama de Gantt para poder tener una gestión de las propuestas de mejora para agilizar el cumplimiento y tener un mejor control por medio de la visibilidad de las barras de inicio a fin según las fechas establecidas en el mismo.

Figuras 22 Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia.

5.4.3. Propuesta de implementación del software

Se mostrará una tabla con el análisis de 3 proveedores en los cuales se detalla ampliamente el software que se adquiriría y su integración para adaptarse con mayor similitud a lo que se tiene en Plásticos Modernos actualmente con el sistema de Oracle y así mismo poder dar el paso de actualización del software y ampliar las necesidades de la empresa con mayor calidad y agilidad hacia los procesos que requieren módulos para el día a día.

Tabla 6 Propuesta de implementación

Propuesta de implementación de Software de Programación							
Proveedor	Software	Integración de software	Arquitectura del software	Complejidad de implementación	Soporte	Costo \$ aproximado de implementación (I Etapa)	Costo ₡ aproximado de implementación (I Etapa)
Novitec Consultores	SAP	BEAS	Base de datos externa y desarrollo Servicio a la nube	Alta	Costa Rica	\$ 23 210,00	₡ 12 410 226,50
Novus	CODISA	INTEGRATUM	Base de datos externa y desarrollo Servicio a la nube	Alta	Costa Rica	\$ 16 434,87	₡ 8 786 438,10
Vauxoo	ODOO	N/A	Base de datos externa y desarrollo Servicio a la nube	Alta	Costa Rica	\$ 15 553,12	₡ 8 304 719,00

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 5 se detallan los 3 proveedores de servicio para la implementación del cambio del software en general de la empresa sin embargo se tomó los datos del módulo de programación para el desarrollo de este análisis para que los datos fueron precisos y certeros ante la gran necesidad de esta implementación en la producción.

Se comprueba que la diferencia es notoria entre los proveedores de software en cuanto a precios totales ya que la implementación de SAP para el módulo de programación tendría un costo aproximado de ₡12 410 226,50 en su primera etapa mientras que CODISA tendría un monto de ₡8 786 438,10 y ODOO un monto de ₡8 304 719,00. Por otra parte, se tiene una misma arquitectura en el software de estos proveedores esto porque cada uno brindaría un sistema de base de datos externa y de desarrollo según las necesidades y servicio a la nube como

parte fundamental para el almacenamiento de los datos generados en la empresa.

5.4.4. Costo de la licenciatuara del software

Según la escogencia del software por los compañeros del departamento de TI y el análisis desarrollado según las necesidades de cada módulo ya implementado por Oracle para cada uno de los módulos de la empresa según las necesidades que se presentan. Se muestra una tabla donde se podrá evidenciar el costo de estas y el costo por usuario esto de importancia por la alta demanda de consulta al momento de realizar una programación desde ventas, inventarios, logística o programación de los mantenimientos programados en máquina.

Tabla 7 Costo de licencia por software

COSTO DEL LICENCIA POR ACTUALIZACIÓN			
Proveedor	Costo anual (\$)	Costo anual (¢)	Costo por usuario (80 en total)
Novitec Consultores	\$ 2 696,00	¢ 1 441 416,00	¢ 18 017,70
Novus	Incluye en precio de implementación		
Vauxoo	\$ 2 014,00	¢ 1 076 785,10	¢ 13 459,81

Fuente: Elaboración propia.

Como parte de la ejecución del objetivo general por medio de la propuesta de mejoramiento de productividad en el proceso de extrusión mediante el DMAIC se espera que según la implementación de las mejoras desarrolladas en las herramientas ingenieriles estas sean ejecutadas a un mediano plazo tal como se muestra en la tabla 5. Plan de acción estableciendo un tiempo máximo de 12 meses en la problemática con las producciones poco continuas por la falta del software de programación el cual una vez este implementado se espera una reducción de cambios en los extrusores los cuales me generan un impacto negativo en las producciones afectando el cumplimiento de la productividad.

Por otra parte, se espera que con las mejoras propuestas en dicho proyecto una vez sean presentadas a presidencia y gerencia general como parte de la finalización del proyecto, las mismas sean aprobadas y así se logre cumplir con el indicador de 81% ya establecido por estos y se espera que se pueda mejorar de manera significativa alrededor de un 5%-7% llegando aproximadamente a un 86% o 88% de productividad alcanzada según los estándares de calidad ya establecidos para cada una de las clasificaciones de los productos como lo son láminas planas, laminas rollos, laminas decorativas y laminas cementeras.

Las mejoras del proyecto de graduación serán implementadas una vez aprobadas y presentadas a presidencia y gerencia general siendo esto el visto bueno para el inicio a la implementación de la mejora de productividades en el proceso de extrusión, esperando dar inicio a finales del año 2023 y principios del 2024 ya que se requiere de apoyo del coordinador del área y los operadores para poder empezar con las propuestas generadas en este proyecto y así mismo alcanzar con mayor efectividad las intervenciones. También se estima que se programen capacitaciones como parte del conocimiento a los cambios que se tienen que generar

y sus avances por medio de reuniones del departamento para concientizar y motivar a los operadores al cambio y la mejora continua durante el proceso.

Por otra parte, una vez realizadas las capacitaciones con el personal y teniendo el apoyo del coordinador del área según como se muestra en el diagrama de Gantt en el punto 5.4.2 se empezara con la reducción de tiempos en ajustes y cambios por falta de capacitación siguiendo con la disminución de los problemas de calidad con materia prima teniendo las capacitaciones donde se les darán los instructivos y tips para mejorar los tiempos de la reducción en los tiempos y así mismo se buscara una mejor comunicación y planificación con el departamento de logística para que no exista un desabastecimiento de materia prima.

No obstante, según como se muestra en los análisis del punto 5.4.3 y 5.4.4 la necesidad del cambio a la implementación de un nuevo software de programación se comparte la información con el departamento de TI donde los mismos estiman que a mediados del 2024 se genere el cambio al nuevo software de programación considerado por presidencia y gerencia de producción como el que mejor se adapte a las necesidades de la empresa y se implemente de la mejor manera para los usuarios de este y una vez implementado este software se tendrá la mejora considerable en la manera de producirse ya que no se tendría tanta variación de producción generando cambios o producciones poco continuas o repetitivos durante la semana siendo esto generado por la existencia del error humano y también se mejoraría la programaciones de mantenimientos programados ya que se contemplaría según las necesidades de mantenimiento y el avanece que se tenga en las producciones solicitadas por el departamento de mercadeo durante el mes.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Con el estudio realizado en la empresa Plásticos Modernos se logra identificar puntos de mejora que si no son resueltos a largo plazo podrían representar un descontrol en la productividad del proceso de extrusión.

Obteniendo las siguientes:

- Se identifico por medio de las herramientas desarrolladas las principales causas de afectación para el alcance de la productividad en los extrusores siendo esto de importancia para el desarrollo de las mejoras propuestas.
- Se logra realizar un diagrama de Gantt en el cual se podrá tener una mayor visibilidad para el cumplimiento de las mejoras a implementar según el plan de acción realizado con las causas, responsables y sus fechas aproximadas respectivamente.
- Se logra la búsqueda de información para el cambio de software de programación detallando los proveedores, soporte, arquitectura, costo de implementación y licenciatuara después de la primera etapa tal y como corresponde para el análisis completo de los compañeros del departamento de TI.
- Para la implementación del cambio del software se logra hacer un análisis del costo por usuario para poder identificar el impacto por usuario según la necesidad presentada en cada una de las funciones.
- Se estima que una vez implementadas las propuestas de mejora en el proceso de extrusión se tendrá un aumento de 5% a 7% aproximadamente haciendo los extrusores mayormente productivos y con mayor eficiencia.

6.2. RECOMENDACIONES

El proyecto de tesina realizado sirve como punto de partida para la intervención del gerente de producción con respecto a la mejora continua que debe tener la empresa y cada uno de los procesos en este caso el departamento de extrusión.

- Es necesario la implementación del software de programación esto para que se deje de realizar en Excel y evitar los errores humanos.
- Es de importancia realizar un estudio de compras de cada proveedor esto para implementar un análisis en el cual se haga un promedio de mínimos en ventas para que la cantidad sea adecuada para el rendimiento energético y de productividad de los extrusores.
- Aumentar el acompañamiento por parte del supervisor del proceso en conjunto con los operadores 1 para que estos tengan grado de capacitación apto para refrescamiento o bien para una capacitación a un nuevo operador el cual se convertirá a mediano plazo en un operador back-up en caso de ausencia, renuncia o despido.
- Revisión de instructivos a un menor tiempo, actualmente se revisa cada 6 meses sin embargo cada vez que el departamento de Mantenimiento interviene en alguna mejora se debería de revisar el mismo para poder asegurar que se mantenga igual o bien generar el cambio de inmediato para que la lectura en caso de dudas de un operador sea optima.
- Realizar una capacitación de inducción más relacionada con la planta de producción donde se evidencie el proceso de los departamentos y no que sea algo teórico y aburrido para los nuevos colaboradores de la empresa.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

Barquero, J. (2019). Biblioteca digital UH. Propuesta de mejora para la disminución de scrap en los procesos de producción en el departamento de extrusión en la empresa Plásticos Modernos para el primer cuatrimestre del 2019.

<http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/cenit/4063/IND-HE%200624.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Belohlavek, P. (2006). Google Libros. Overall Equipment Effectiveness.

https://www.google.co.cr/books/edition/OEE_Overall_Equipment_Effectiveness/gmvnz-lljGYC?hl=es&gbpv=1&dq=OEE&pg=PA21&printsec=frontcover

Ben, A. (2016). Google libros. El método seis sigma.

https://www.google.co.cr/books/edition/El_m%C3%A9todo_Seis_Sigma/x28ODAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+el+proceso+dmaic&printsec=frontcover

Cueva, Y. , Trujillo, J. y Duameth, J. (2019). Google académico. Mejora continúa basada en la metodología DMAIC en los procesos para incrementar la productividad de un almacén de tiendas por departamento.

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2793>

Galgano, A. (1995). Google Libros. Los 7 instrumentos de la calidad total.

https://www.google.co.cr/books/edition/Los_siete_instrumentos_de_la_calidad_tot/PwF4AQ2F4mgC?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+un+diagrama+de+pareto+en+calidad&pg=PA125&printsec=frontcover

Garces, L. (2016). Bibdigital. Mejoramiento de la productividad de la línea de extrusión de la empresa CEDAL, empleando la metodología “Six Sigma”.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16888>

Gomez, J. y Gutierrez, J. (2007). Google académico. Diseño de una extrusora para plástico.

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/145b2ecf-d956-4b4e-b2f5-5406d77c76fe/content>

Lopez, J. (2012). Google libros.

Productividad. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=K7DDWeLQ7QUC&oi=fnd&pg=PA4&dq=productividad+&ots=8srcHfLUu&sig=61WeDZP3UmRPVRTwETkHJMBICOA#v=onepage&q=productividad&f=false>

Moya, G. (2016). Google académico. Estudio, diseño, simulación y optimización de una matriz de extrusión de

plástico. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72723/MOYA%20-%20Estudio%20dise%C3%B1o%20simulaci%C3%B3n%20y%20optimizaci%C3%B3n%20de%20una%20matriz%20de%20extrusi%C3%B3n%20de%20pl%C3%A1stico..pdf?sequence=1>

Perez, J. (2022). Google. DMAIC: Qué es y cuáles son sus pasos.

<https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>

Rodríguez, G. (2022). Biblioteca digital UH. Propuesta de mejoramiento de la productividad para el proceso de instalación enlaces de última milla inalámbrica empresarial en el

departamento de operaciones de AB Tecnología en Goicochea, San José, en el periodo de enero a mayo del 2022. <http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/123456789/7717/IND-1063.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, J. (2017). Biblioteca digital UH. Mejora de productividad en la máquina KBN2#9 del departamento de armado en Bridgestone de Costa Rica en el año 2016.

<http://13.87.204.143/xmlui/handle/cenit/2402>

Salas, D. (2018). Biblioteca digital UH. Plan de mejora de la productividad de la planta GRAS Servicios Técnicos Agropecuarios S.A en el segundo cuatrimestre del 2018.

[http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/cenit/4085/IND-](http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/cenit/4085/IND-HE%200635.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[HE%200635.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/cenit/4085/IND-HE%200635.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ugalde, L. (2023). Biblioteca digital UH. Propuesta de mejoramiento del sistema de control de inventarios en la empresa Motorepuestos Louis en el último semestre 2022.

[http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/123456789/7719/IND-](http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/123456789/7719/IND-1073.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[1073.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/123456789/7719/IND-1073.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

Figuras 23 Reporte de producción diaria por departamento

C2PRP1R: Previewer
File View Help

PLASTICOS MODERNOS, S.A.
Reporte de Producción Diaria por Departamento
Del 01-JAN-23 al 30-JAN-23

Fecha 27-JUL-23 C2PRP1R

Departamento	Product. Maquina	Máquina	Horas Productivas	Horas Paradas	Horas No Program	Horas Turno	Eficiencia Maquina	Eficiencia Departam
EXTRUSION	84.60%	Bandera	478:20	87:05	30:20	595:45	84.70%	82.85%
	80.00%	Extrusor #4	413:27	103:23	15:10	532:00	83.04%	
	81.82%	Extrusor #7	9:00	2:00	74:00	85:00	58.89%	
% Productivo	75.89%	Oman	71:20	22:40	6:40	100:40	76.36%	
81.90%	91.67%	Rebobinador	2:45	0:15	0:00	3:00	127.44%	
		Total horas	974:52	215:23	126:10	1316:25		
		1101:02						

Figuras 24 Sistema Gerencial Diario

Sistema de Información Gerencial - PLASTICOS MODERNOS S.A.
Módulo Editar Navegar Consultar Window Ayuda

Resumen de Producción Diaria - Resumen_RPD.fmx

Departamento	% Product. Máquina	Máquina	Horas Productivas	Horas Paro No Programadas	Horas Paro Programadas	Horas Turno	% Eficiencia Máquina	% Eficiencia Depto.
	74.73	Bandera	1065:10	360:10	123:31	1548:51	86.32	
	78.78	Oman	716:20	193:00	78:10	987:30	80.36	
	81.00	Extrusor #4	1377:17	323:07	149:01	1849:25	82.42	
	99.50	Rebobinador	49:35	0:15	0:00	49:50	113.09	
	82.24	Extrusor #7	897:00	193:40	133:35	1224:15	94.52	
		Total Horas:						
		Total Prog.:						

Parámetros
Fecha Inicial 01/01/2023
Fecha Final 30/04/2023

Figuras 25 Sistema Reporte Producción Diaria: Fallas

Sistema de Inventarios

File View Help

Desde el: 01-01-2023 Hasta el: 30-04-2023 C2PRF1R

Departamento	Máquina	Tipo de paro	Hrs Produc	Duración	Paros	No Prog	% Paros
EXTRUSION	Oman	Ajustes					
		Total Falla:		7:45	7:45	0:00	4.02%
		Alistamiento de máquina					
		Ajustes (arranques)		20:00			
		Calentamiento de máquina		15:05			
		Cargado de máquina		6:40			
		Total Falla:		41:45	41:45	0:00	21.68%
		Cambios					
		Cambio de labio		0:10			
		Total Falla:		0:10	0:10	0:00	0.09%
		Cambios Lam ROLLO					
		Cambio de CALIBRE Lam Rollo		12:20			
		Cambio COLOR Lam Rollo		2:45			
		Cambio de CALIBRE + Cambio de COLOR Lam Rollo		4:20			
		Cambio de CALIBRE + Cambio medidas/colocar shim La		8:45			
		Cambio de CALIBRE + Cambio medidas/colocar shims+c		4:00			
		Total Falla:		32:10	32:10	0:00	16.70%
		Falla eléctrica					
		En panel		0:45			
		Máquina se dispara		1:20			
		En rodillos		6:40			
		En cabezal		1:20			
		En cuello		0:20			
		En block		11:25			
		En pirómetro		6:30			
		Total Falla:		28:20	28:20	0:00	14.71%
		Falla mecánica					
		En rodillos		3:35			
		Fuga de agua		14:50			
		En arrollador		0:25			
		Fuga de material		1:20			
		En cabezal		2:50			
		En Foremost: material no baja		1:45			
		En Foremost: taco de material		1:00			
		Equipos Auxiliares		4:15			
		Total Falla:		30:00	30:00	0:00	15.58%
		Falta de fluido eléctrico					
		Paro por sobrecarga		14:05			
		Total Falla:		14:05	0:00	14:05	0.00%
		Falta de insumos					
		Falta de montacargas		1:00			
		Total Falla:		1:00	1:00	0:00	0.52%
		Falta de personal					
		Comidas		4:45			
		Prioridad otra máquina		5:10			
		Total Falla:		9:55	9:55	0:00	5.15%
		Inventario					
		Inventario		8:20			
		Total Falla:		8:20	0:00	8:20	0.00%
		Limpieza					
		Limpieza de máquina		0:30			
		Limpieza de molde		3:00			
		Sacar scrap de cajón (Termo 12)		1:00			
		Limpieza de Foremost		8:45			