

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

INCREMENTO DE LA ADHERENCIA DEL PLAN PRODUCTIVO

EN LA EMPRESA TEGRA MEDICAL CR EN UN TIEMPO

DEFINIDO DE ENERO A JUNIO 2023

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR LA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL


ESTUDIANTE: JEAN CARLO CASTILLO CALDERÓN

TUTOR: ING. FREDDY MONGE CALVO. MBA

HEREDIA, 2023

Declaración jurada**DECLARACIÓN JURADA**

Yo **Jean Carlo Castillo Calderón**, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **1-1667-0717** 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 **Licenciatura**, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Incremento en la adherencia del plan productivo en la empresa Tegra Medical CR en un tiempo definido de enero a junio 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 **23** días del mes de **agosto** del año dos mil **veintitrés**.



1-1667-0717

Firma del estudiante

Cédula

Carta del Tutor

San José 9 de setiembre de 2023

*Destinatario: Dirección de Carrera de Ingeniería Industrial
Carrera: Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana*

Estimado señor:

El estudiante Jean Carlo Castillo Calderón, cédula de identidad número 1-1667-0717, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **INCREMENTO DE LA ADHERENCIA DEL PLAN PRODUCTIVO EN LA EMPRESA TEGRA MEDICAL CR EN UN TIEMPO DEFINIDO DE ENERO A JUNIO 2023**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de LICENCIATURA EN INGENIERIA INDUSTRIAL.

En mi calidad de tutor, he 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)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	19%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	19%
	TOTAL		94%

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

Atentamente,

FREDDY MONGE
CALVO (FIRMA)

Digitally signed by FREDDY
MONGE CALVO (FIRMA)
Date: 2023.09.10 12:01:01 -06'00'

ING. FREDDY MONGE CALVO, MBA
Cédula identidad N 303260154

Carta del Lector

San José, 02 de octubre de 2023

***Estimados Señores
Carrera Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana***

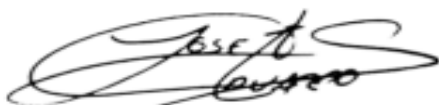
Estimados señores:

El estudiante Jean Carlo Castillo Calderón, cédula de identidad 1-1667-0717, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: Incremento de la adherencia del plan productivo en la empresa TEGRA MEDICAL CR en un tiempo definido de enero a junio 2023, durante el primer Cuatrimestre del año 2023, el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,



***Ing. Jose Eduardo Vargas Solís
Cédula: 1-1559-0116***

Carta aprobación CENIT.

**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, 04-septiembre-2023

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Jean Carlo Castillo Calderón** con número de identificación **1-1667-0717** autor (a) del trabajo de graduación titulado **Incremento de la adherencia del plan productivo en la empresa Tegra Medical CR en un tiempo definido de enero a junio 2023** presentado y aprobado en el año **2023** como requisito para optar por el título de **Licenciatura**; (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,

1-1667-0717



Firma y Documento de Identidad

Dedicatoria.

En primer lugar, dedico mis logros a Dios quien es mi guía y soporte para salir adelante y alcanzar mis metas, en segundo lugar, se lo dedico a mi madre, a mi padre y pareja quienes a lo largo de mi carrera han estado siempre para apoyarme y darme esas palabras de aliento a seguir adelante cuando más las necesité, lo dedico a ellos quienes son para mí el ejemplo por seguir de superación, trabajo duro y esfuerzo.

Agradecimientos.

Agradezco principalmente a Dios por jamás abandonarme y siempre marcar mi camino al bien y el éxito.

Le agradezco a mi madre, a mi padre quienes desde pequeño me fueron educando para hoy ser la persona que soy, me enseñaron el camino del bien, del mal y que en la mayoría de las ocasiones las cosas buenas cuestan trabajo duro.

Agradezco a mi pareja por apoyarme e impulsarme a salir adelante para alcanzar mis sueños y metas, por apoyarme en las buenas y las malas.

Me encuentro agradecido con todos los profesores de la universidad hispanoamericana quienes a lo largo de la carrera realizaron su aporte a mis conocimientos y crecimiento profesional, agradezco a mi tutor Ing. Freddy Monge Calvo. MBA quien como tutor y profesor me ha orientado y transmitido un poco de su experiencia y conocimiento.

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDOS

Declaración jurada.....	i
Acta de aprobación tutor.....	ii
Carta del lector.....	iii
Carta aprobación CENIT.	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción general del proyecto.....	2
1.2. Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto.....	4
1.2.1 Descripción general de la organización.....	6
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución.....	9
1.3 Planteamiento del problema	10
1.3.1 Definición y medición del problema	10
1.3.2 Justificación del proyecto	10
1.4 Objetivos del proyecto	12
1.4.1 Objetivo general	12
1.4.2 Objetivos específicos	12
1.5 Alcances y limitaciones	12

1.5.1	Alcances	12
1.5.2	Limitaciones.....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		14
2.1	Marco conceptual relativo a la carrera.....	15
2.1.1	Ingeniería Industrial.....	15
2.1.2	Cadena de suministros.....	15
2.1.3	Producción	16
2.1.4	Planeación	18
2.1.5	Procesos productivos	19
2.1.6	Plan productivo	19
2.1.7	Logística	20
2.2	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.....	21
2.3	Marco conceptual referente al impacto del proyecto.	23
2.3.1	Diagrama Gantt	23
2.3.2	Gráficos de Control.....	24
2.3.3	Diagrama de Pareto	25
2.3.4	Ishikawa.....	26
2.4	Antecedentes del proyecto o historias semejantes.....	27
2.4.1	Antecedente 1	27
2.4.2	Antecedente 2	28
2.4.3	Antecedente 3	31
2.4.4	Antecedente 4	33
2.4.5	Antecedente 5	35

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO	39
3.1 Metodología para la definición del problema.....	40
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto	42
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.	43
3.4 Metodología para la implementación del proyecto.....	44
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.	46
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	48
4.1 Recopilación de información y base de datos.....	49
4.2 Interpretación de los datos recopilados.	53
4.2.1 Tendencia Mensual.....	54
4.2.2 Porcentaje de principales impactos // Cuantitativo	55
4.2.3 Impacto por centro de trabajo.....	56
4.2.4 Impacto por Número de Parte	57
4.2.5 Porcentaje de adherencia al plan semanal.....	57
4.2.6 Ventas mensuales enero a abril	58
4.2.7 Diagrama Ishikawa.....	59
4.2.8 Cinco ¿Por qué? y análisis multi-voto. // Cualitativo	62
4.2.9 Lean Manufacturing.....	65
4.3 Conclusiones de la situación actual.	66
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	68
5.1 Implementación de la solución.....	69

5.1.1	Situación.....	69
5.1.2	Implementación 1.....	69
5.1.3	Implementación 2.....	71
5.1.4	Diagrama de actividades Gantt	74
5.1.5	Análisis de resultados sobre la implementación.....	75
5.1.6	Análisis Costo Beneficio de la implementación.....	78
5.1.7	Plan de control sobre la implementación.....	81
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		84
6.1	Conclusiones	85
6.2	Recomendaciones.....	87
BIBLIOGRAFIA.....		88
ANEXOS.....		90
	Anexo 1.....	90
	Anexo 2.....	90
	Anexo 3.....	91
	Anexo 4.....	91
	Anexo 5.....	92
	Anexo 6.....	92
	Anexo 7.....	93
	Anexo 8.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Gráfica de tendencia en ventas mensuales 2022</i>	3
Figura 2 <i>On time delivery (Entregas a tiempo)</i>	3
Figura 3 <i>Montly Trend (Tendencia Mensual)</i>	4
Figura 4 <i>Tegra Medical CR equipo de cadena de suministros</i>	5
Figura 5 <i>Visión</i>	6
Figura 6 <i>Organigrama de la empresa</i>	7
Figura 7 <i>Dispositivos metálicos con procedimiento de moldeo</i>	8
Figura 8 <i>Planta Tegra Medical CR</i>	9
Figura 9 <i>Ejemplo de Diagrama de Gantt</i>	24
Figura 10 <i>Ejemplo Gráfica de Control</i>	25
Figura 11 <i>Adherencia al plan Excel primera y segunda parte</i>	49
Figura 12 <i>Datos del archivo Excel</i>	51
Figura 13 <i>Adherencia al plan Excel tercera parte</i>	51
Figura 14 <i>Herramienta de planeación</i>	52
Figura 15 <i>(Work Center) Centro de trabajo</i>	53
Figura 16 <i>Montly Trend (Tendencia Mensual)</i>	54
Figura 17 <i>Pareto Principal Impacto</i>	55
Figura 18 <i>Pareto de Impacto por centro de trabajo</i>	56
Figura 19 <i>Pareto de impacto por número de parte</i>	57
Figura 20 <i>Porcentaje de adherencia al plan semanal</i>	57
Figura 21 <i>Ventas mensuales 2023</i>	58
Figura 22 <i>Diagrama Ishikawa</i>	59

Figura 23 <i>Aplicación de Multi Voto</i>	63
Figura 24 <i>Análisis ABC Multi Voto</i>	63
Figura 25 <i>Pareto 5 ¿Por qué? Multi Voto</i>	64
Figura 26 <i>Gráfica de pastel Multi Voto</i>	65
Figura 27 <i>Resumen comparativo datos Cualitativos y Cuantitativos</i>	70
Figura 28 <i>Análisis ABC principales productos</i>	72
Figura 29 <i>Resumen de resultados sobre el ABC</i>	72
Figura 30 <i>Pareto de análisis ABC</i>	72
Figura 31 <i>Distribución del VST por producto</i>	73
Figura 32 <i>Diagrama Gantt de actividades</i>	74
Figura 33 <i>Ventas Mensuales 2023 con implementación</i>	75
Figura 34 <i>Tendencia de adherencia al plan con implementación</i>	76
Figura 35 <i>Tendencia semanal de la adherencia al plan con implementación</i>	77
Figura 36 <i>Pareto principal impacto con implementación</i>	78
Figura 37 <i>Datos para análisis costo beneficio Excel</i>	79
Figura 38 <i>Análisis VAN y TIR sobre implementación</i>	79
Figura 39 <i>Resumen de resultados Ganancias promedio, VAN y TIR</i>	80
Figura 40 <i>Notificación de tareas en los VST</i>	82
Figura 41 <i>Dash Board (Resumen de los resultados para el control de la implementación)</i>	83
Figura 42 <i>Trabajo en equipo</i>	87

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

OTD: On Time Delivery

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar

PDS: Past Due Sales

VST: Value Stream Team

TIR: Tasa Interna Retorno

VAN: Valor Actual Neto

RESUMEN

Castillo, Jean Carlo. (2023). Proyecto de graduación para optar por la licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana. Ing. Freddy Monge Calvo. MBA

El presente proyecto se enfocará en la propuesta e implementación de mejora para el seguimiento y cumplimiento del plan productivo en la empresa Tegra Medical CR, ubicada en Global Park en la Aurora de Heredia y así identificar, proponer e implementar un proceso de mejora continua, con el fin de que la empresa pueda llevar un óptimo control de la gestión de sus procesos productivos, disminuyendo atrasos que podrán significar pérdidas económicas, bajas en métricas internas de entregas a tiempo y ventas mensuales.

Para el desarrollo del proyecto se implementó la filosofía DMAIC vista en la carrera de Ingeniería Industrial en la cual en las primeras etapas se detecta que la causa raíz del problema es la falta de capacitación para la concientización, seguimiento, entendimiento y control del plan productivo siendo el punto de enfoque para el desarrollo de la implementación.

Las implementaciones se basaron en capacitación, concientización y orientación del personal productivo hacia el cumplimiento de las metas, se crea un análisis ABC para determinar los 4 principales productos de la compañía y posteriormente la creación de los Value Stream Team a los que se les asignó la responsabilidad de velar por el cumplimiento de las métricas para cada uno de los principales productos, implementación la cual presenta un incremento en promedio de 13% (\$336,783.82) en las ventas de la compañía en los meses de mayo y junio, por otra parte, con el análisis financiero se determina que la inversión en comparación a las ganancias concluye que el proyecto es aceptable al obtener un VAN de \$3 129 918,16 y un (TIR) de 205% en un análisis realizado a un periodo de 10 años con una inversión de \$ 295 308,51.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción general del proyecto.

Para la empresa Tegra Medical es de suma importancia la adherencia al plan productivo para el cumplimiento de las métricas internas tales como OTD, ventas y entregas satisfactorias al cliente, para cualquier empresa que desee mantenerse competitiva en el mercado estos son factores vitales, por lo tanto, con el desarrollo del proyecto actual para la mejora de la adherencia al plan productivo se busca colaborar de forma positiva a la empresa en el cumplimiento de sus métricas, en cuanto a tiempo, cantidad y calidad del producto.

En congruencia con lo anterior, la implementación se realizará mediante el uso de herramientas ingenieriles como lo es el DMAIC, adquiridas durante la carrera de ingeniería industrial y así proponer a la empresa Tegra Medical herramientas para mejorar el desarrollo y cumplimiento de su plan productivo o bien la detección temprana de problemas tipo cuellos de botella, equipos detenidos o falta de personal suficiente para cubrir los requerimientos de producción, así como otros factores que se podrán determinar con el desarrollo de la investigación.

Según bases de datos históricos de la empresa se detecta que la adherencia al plan ronda en aproximadamente 50% del cumplimiento, lo que genera un impacto negativo en ventas, pérdidas monetarias y en métricas de la compañía como lo son el OTD (On Time Delivery) y PDS (Past Due Sales) que hace referencia a ordenes vencidas o pendientes de entrega al cliente.

Figura 1

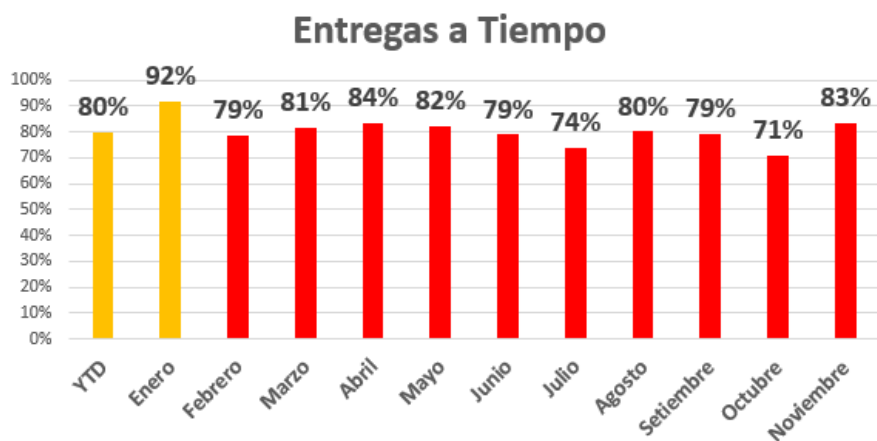
Gráfica de tendencia en ventas mensuales 2022



Nota. En la figura 1 se puede observar una gráfica de la tendencia de ventas mensuales de enero a noviembre del 2022.

Figura 2

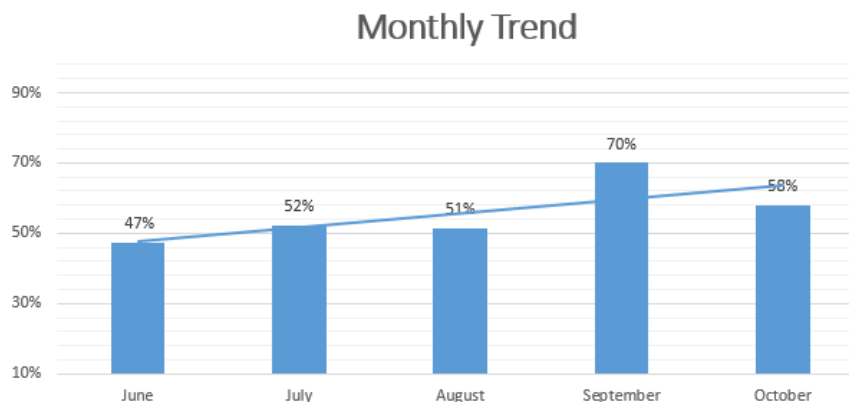
On time delivery (Entregas a tiempo)



Nota. En la figura 2 se puede observar el porcentaje de cumplimiento de entregas a tiempo para el 2022.

Figura 3

Montly Trend (Tendencia Mensual)



Nota. La figura 3, muestra datos recolectados sobre el cumplimiento del plan productivo que brinda el área de planeación en el departamento de producción.

Como podemos observar en las imágenes anteriores las tendencias no alcanzan el 100% del cumplimiento en las metas de ventas o entregas a tiempo, así como se puede observar que la adherencia al plan productivo es relativamente baja lo cual genera un efecto en cadena dirigido a los resultados finales de la compañía.

1.2. Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto.

Tegra Medical es un fabricante por contrato de dispositivos médicos y componentes complejos que incluyen instrumentos quirúrgicos, agujas e implantes. Sus oficinas centrales se encuentran ubicadas en Franklin, Massachusetts, cuenta con otras filiales en Dartmouth, Massachusetts; Hernando, Mississippi; Heredia Costa Rica; Altstätten, Hallau y Heerbrugg, Suiza; y Johor Bahru, Malasia.

Fue fundada en el año 2007, por la combinación de cuatro firmas confiables de la industria de fabricación de dispositivos médicos, cuyas raíces se remontan a décadas.

En 2016, Tegra Medical fue adquirida por SFS que ahora es el núcleo de la División Médica que abarca las capacidades de fabricación de otras partes de SFS incluido el modelo por inyección de StamAG. El proyecto será realizado en la sede Tegra Medical, Heredia, Costa Rica.

Figura 4

Tegra Medical CR equipo de cadena de suministros.



1.2.1 Descripción general de la organización.

Organización seleccionada: Tegra Medical CR

Misión.

Tegra Medical se centra exclusivamente en el mecanizado de precisión y servicios de fabricación para la industria de dispositivos médicos, produciendo componentes y ensamblajes para las compañías líderes en tecnología de cirugía e intervención quirúrgica. Nuestros servicios abarcan desde el prototipo hasta la producción completa, a partir de componentes hasta finalizar el dispositivo.

Visión.

Con más de 20 años de experiencia en la fabricación de dispositivos, Tegra Medical se focaliza en brindar a sus clientes las mejoras soluciones, rapidez, calidad y servicio.

Figura 5

Visión



Se necesita calidad sin concesiones, por tanto nos preocupamos por exigir calidad en cada uno de nuestros pasos.



Se necesita soluciones innovadoras que resuelvan los problemas que tienen los desafíos. Tegra Medical ofrece novedosas y rentables soluciones para todos los retos de fabricación.



Se necesita rapidez. Una respuesta brindada a tiempo asegura convertir prototipos en productos, logrando una rápida ubicación en el mercado.

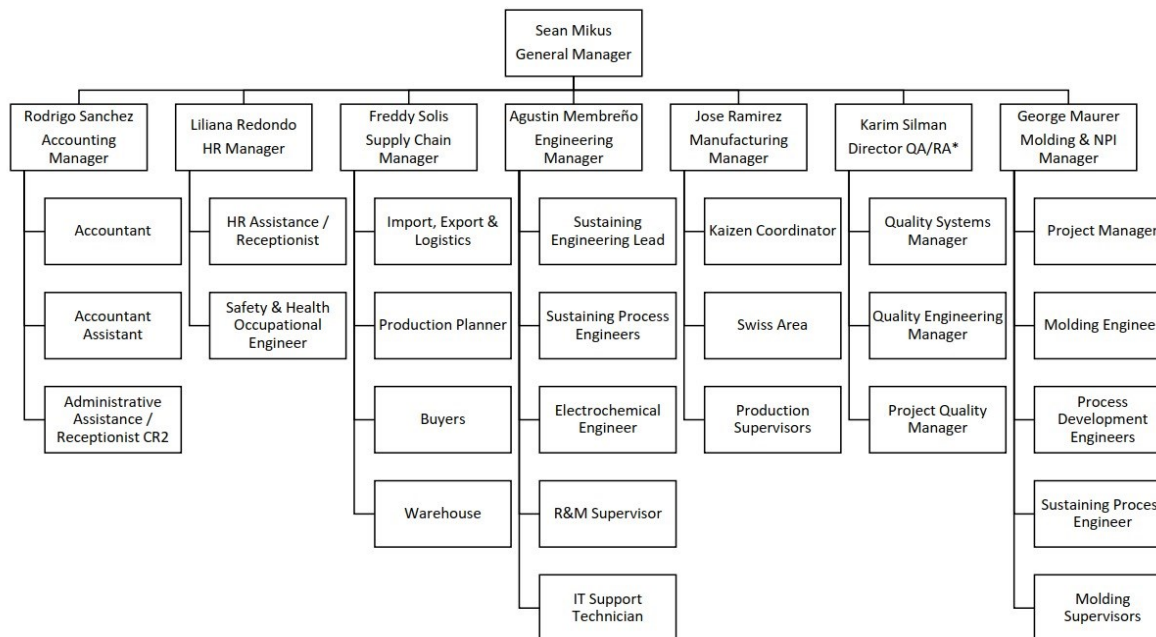


Se necesitan socios que sean flexibles y dedicados a las necesidades de los cliente, sin importar que tan difícil y desafiantes sean sus necesidades.

Organigrama General de la empresa:

Figura 6

Organigrama de la empresa



Tegra Medical CR se encuentra conformado por aproximadamente 350 colaboradores en Costa Rica distribuidos en sus dos sedes CR-1 CR-2

En su estructura organizativa se llega a distribuir como se presenta en el organigrama figura 6 encabezada por el General Manager, se subdivide en los departamentos de: Accounting Manager, HR Manager, Supply Chain Manager, Engineering Manager, Manufacturing Manager, director QA/RA y Molding & NPI Manager.

La cadena de suministros es el departamento seleccionado ya que es el lugar en donde inicia el desarrollo de la información brindada al departamento productivo para el seguimiento del plan, Jean Carlo Castillo Calderón planeador de la compañía asume el proyecto para desarrollo y crecimiento interno, así como proyecto para optar por la licenciatura de la carrera de ingeniería.

Tipos de productos:

Tegra Medical CR fabrica una alta gama de productos y dispositivos médicos, sus principales procesos de manufactura giran en torno a dispositivos metálicos en donde se toma la materia prima tipo barras o tubos y se transforman en los diferentes procesos productivos en diferentes tipos de agujas insertos entre otras, también se procesan operaciones en plástico en máquinas moldeadoras en donde toman los insertos metálicos y les agregan partes moldeadas, sus productos abarcan dispositivos para especialidades médicas como lo es ortopedia, atención cardiaca, salud de la mujer y del hombre, neurología, oftalmología, otorrinolaringología, radiología, control del dolor, diabetes, entre otros.

Figura 7

Dispositivos metálicos con procedimiento de moldeo.



Nota. Recuperada de: [Medical Device Contract Manufacturing \(tegramedical.com\)](http://tegramedical.com)

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución

Tegra Medical fue formada en 2007 por la combinación de 4 firmas confiables de la industria de fabricación de dispositivos médicos. Tegra Medical en sus inicios fue llamada Pen United una fábrica la cual basaba sus procesos en la fabricación de partes metálicas y troqueles, con el pasar de los años esta empresa pasó a ser parte de la familia Tegra Medical y orientó su manufactura en torno a dispositivos médicos.

Figura 8

Planta Tegra Medical CR



En 2016 Tegra Medical fue adquirida por SFS. Ahora Tegra Medical forma un núcleo de la división médica de SFS que abarca las capacidades médicas de otras áreas que no cubre SFS incluyendo el moldeo por inyección, su sede principal se encuentra en Franklin Massachusetts y cuenta con otras facilidades en Dartmouth, Massachusetts; Hernando, Mississippi y 2 edificios en Heredia, Costa Rica.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Definición y medición del problema

El problema de la presente investigación gira en torno al incumplimiento del plan productivo elaborado por el departamento de planeación, siendo que tal incumplimiento, genera pérdidas monetarias para la compañía, dado que, entre menos apego al plan, menos producto llegará al final del proceso para ser vendido, esto genera discordancia con los objetivos de la empresa, insatisfacción por parte de los clientes en cuanto al producto que esperan y bajas en las métricas críticas que dan sostenibilidad y competitividad a cualquier compañía como lo son la ventas y entregas a tiempo de producto que fomenta el buen servicio al cliente y por ende fortalece la relación comercial.

Actualmente se tiene un promedio de 55% de adherencia al plan, por tanto, un 55% de entregas a tiempo, viéndolo desde otro punto de vista se tiene un 45% de producto que no está siendo vendido o entregado en el tiempo requerido por el cliente, en resumen, menos ventas mensuales, pues quedan ordenes que serán postergadas para la venta en otro mes, generando reprocesos y limitando la oferta de la compañía para cumplir con la demanda de los clientes.

1.3.2 Justificación del proyecto

La ejecución del proyecto se busca maximizar el porcentaje de adherencia en el plan productivo esto brindando mediante herramientas ingenieriles como DMAIC el análisis de datos los cuales permitan la toma de decisiones y la ejecución de mejoras para el aumento de dicha adherencia que traiga consigo el incremento o retención de las ganancias mensuales de la compañía.

Actualmente la empresa presenta porcentajes no deseables en temas del cumplimiento del plan, por ende, un número en ventas que podría ser mejor al actual y una tasa de satisfacción del cliente baja por órdenes que presentan atrasos en las fechas de entrega.

El proyecto busca brindar al departamento de producción un plan dividido por máquina o centro de trabajo y no un plan general como normalmente se hacía, Tegra Medical no cuenta con producción en línea, sus máquinas o equipos comparten capacidad con diferentes tipos de productos, al brindar un plan por máquina permite analizar el cumplimiento y su porcentaje de adherencia, si el personal es suficiente, si la máquina genera un cuello de botella e incluso permite ordenar set ups (ajustes en máquina) para correr varias órdenes de un mismo producto sin parar, haciendo la máquina más efectiva.

Los principales beneficios del proyecto son para la empresa en general ya que al cumplir sus planes y tener datos estadísticos para la toma de decisiones, mejorará de la mano el cumplimiento de métricas establecidas en ventas, cumplimiento del plan, satisfacción del cliente y también ayudará a las áreas de producción a mantener un mejor flujo de proceso corrigiendo el mal manejo de la capacidad de las máquinas y la distribución del personal.

Se pretende que los resultados obtenidos beneficien a las diferentes áreas de la empresa, contribuyendo a mejorar la capacidad de reacción frente a la demanda del mercado y el cumplimiento de compromisos con los clientes, con ello aumentar la rentabilidad de la compañía, sin embargo, es un proyecto que requiere de seguimiento y análisis constante de los datos productivos siendo un proyecto de mejora continua, esto impactará de forma positiva en toda la industria médica, Tegra Medical atenderá de mejor manera los requerimientos de sus clientes y a su vez, estos harán llegar de forma eficiente sus productos a los centros médicos donde serán utilizados en los pacientes que lo necesiten.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar una investigación que permita identificar las causas del incumplimiento del plan productivo haciendo uso de herramientas ingenieriles como DMAIC con el fin de incrementar el porcentaje de adherencia al plan, impactar en el incremento de ventas, potencializar las entregas a tiempo y la reducción de ordenes tardías.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar los estudios necesarios para el conocimiento de las deficiencias que se están presentando en el área de producción con el cumplimiento del plan.
- Identificar todo aquello que produzca un atraso, embotellamiento o fallo en el seguimiento del plan brindado por el departamento de planeación.
- Seleccionar de manera óptima la propuesta a implementar que mejor se adapte en el área de producción según las observaciones que se puedan identificar para el cumplimiento del plan.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

El proyecto se enfocará en la propuesta e implementación de mejora para el seguimiento y cumplimiento del plan productivo por área en la empresa Tegra Medical, ubicada en Global Park en la Aurora de Heredia y así identificar, proponer e implementar un proceso de mejora continua, con el fin de que la empresa pueda llevar un óptimo control de la gestión de sus procesos productivos, disminuyendo atrasos que podrán significar pérdidas económicas y bajas en las métricas internas en los tiempos de entrega y ventas mensuales.

El análisis dará inicio en el área de planeación ya que es donde nace el plan productivo brindado al departamento de producción y el mismo se extenderá a los centros de trabajo de la empresa Tegra Medical donde se le dará seguimiento al cumplimiento de este con las diferentes personas y estaciones de trabajo implicadas.

Este proyecto involucra a los colaboradores del área de planeación de la cadena de suministros, así como personas a cargo del departamento productivo entre ellos gerentes, supervisores y líderes a cargo de los procesos con el fin de contemplar toda la gestión que concierne la ejecución del plan productivo de la empresa.

1.5.2 Limitaciones

El horario laboral implica una limitante para el desarrollo del proyecto ya que no se podrá dedicar un 100% del tiempo al desarrollo de este sin embargo al ser en el área de planeación las mejoras y desarrollo del proyecto podrán considerarse como parte del puesto de planeación.

La disponibilidad del equipo de producción para la atención de reuniones, análisis de datos y revisión de las operaciones es una limitante ya que cada miembro de la organización tiene sus roles asignados lo cual puede limitar la participación de estos en la investigación, mejoras e implementaciones.

Las industrias medicas mantienen confidencialidad con el manejo o acceso a la información, por tanto, el análisis de los datos se podrá realizar de forma interna y la información expuesta en el proyecto no podrá presentar nombres o datos 100% reales de la empresa, sin embargo, se buscará la adaptación a esta limitante y mostrar en la medida de lo posible datos apegados a la realidad respetando las normas de confidencialidad anteriormente mencionada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual relativo a la carrera

En esta etapa para el desarrollo del proyecto se busca realizar investigaciones sustentadas en la ingeniería sobre conceptos relacionados al tema en estudio los cuales permitirán dar una mejor dirección y enfoque al problema para establecer una buena línea de desarrollo y análisis del proyecto.

2.1.1 Ingeniería Industrial

Se entiende por ingeniería industrial que es la rama encargada de los procesos productivos trabajando con el principio fundamental de llevar los procesos y todo lo que involucra a la mayor eficiencia, hacer el mejor de los trabajos con el menor de los recursos, aquí se habla de personal, máquinas, procesos y recursos en general que son utilizados para brindar un producto o un servicio de la forma más efectiva posible aumentando ganancias para las empresas y reduciendo gastos.

El concepto de Ingeniería Industrial es definido por Juan José Méndez Murillo como: A la Ingeniería Industrial corresponde el diseño, mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, equipos, energía e información. Requiere conocimiento especializado y habilidades en matemáticas, física y ciencias sociales junto con los principios de análisis y diseño ingenieriles para especificar, predecir y evaluar los resultados de esos sistemas. (Murillo, 2021)

2.1.2 Cadena de suministros

Podríamos interpretar que la cadena de suministros es el área que cubre la fabricación de un producto desde el momento en el que se recibe un pedido por parte de un cliente, se compra la materia prima, se planea la producción y se despacha el producto final al cliente, en este departamento podemos encontrar áreas como compras, logística, planeación y almacén o bodega.

Con base al libro Supply Chain Managment 2ed menciona (Chavez, 2012) “La cadena de suministros abarca los procesos desde la materia prima inicial hasta el consumo final del producto terminado, enlazados a través de compañías promovedoras-clientes y las funciones dentro y fuera de una compañía que posibilitan a la cadena de suministros para producir productos y proveer servicios al cliente”.

De acuerdo con (Calatayud & Katz, 2019) los principales actores que participan en la cadena de suministros son, los proveedores de insumos de primer y segundo nivel. Los de primer nivel suministran insumos de manera directa a las grandes organizaciones, los de segundo nivel son los que brindan de las materias primas a las compañías proveedoras de primer nivel, es decir, que se consideran proveedores indirectos de las grandes empresas, estas usualmente son de mayor tamaño y pertenecen a diversas industrias como de alimentación, textil o automotriz. Para que todos estos insumos lleguen a ser un producto final, deben de pasar por diversos procesos de transformación utilizando materias primas que las provee los de primer nivel.

Por otra parte, se encuentran los mayoristas o minoristas los cuales son empresas encargadas de comercializar los productos hacia los clientes finales.

Por último, tenemos a los operadores de infraestructura, empresas de transporte y proveedores de servicios logísticos quienes tienen como responsabilidad el traslado de insumos y productos finales mediante diversos medios de transporte ya sea marítimo, terrestre, aéreo o férreo, los que dan un servicio de gestión de inventario, almacenamiento y embalaje.

2.1.3 Producción

Basado en la experiencia se entiende por producción que es el conjunto de procesos que cubre la ejecución de un producto o servicio, por ejemplo: En una fábrica de dispositivos médicos la

producción abarca desde que se toma la materia prima, cruza a través de diferentes procesos productivos los cuales modifican las características de esta materia prima para formar un producto final el cual será vendido al cliente.

El concepto de producción de acuerdo con (Etecé, 2023) “En economía, la producción es el proceso mediante el cual se transforma la materia prima en bienes para el consumo, y se le añade valor al resultado (es decir, valor agregado). Los sistemas económicos tienen como fin la producción de recursos, ya que a través de este satisfacen distintas necesidades humanas”.

De acuerdo con el libro Gestión de la producción y operaciones definen (Caba Villalobos, Chamorro Altahona, & Fontalvo Herrera, 2011) que, dado el número y la diversidad de los procedimientos industriales y de servicio, sólo pueden establecerse clasificaciones generales según la continuidad del proceso de producción, las cuales se dividen en tres diferentes categorías de procesos que se describirán a continuación.

Continua: el proceso no se interrumpe a lo largo del año; si dan interrupciones, estas serán por reparaciones o para mantenimiento mayor. Ejemplo: refinación de petróleo, fábricas de fundiciones y aleaciones, tratamientos de aguas en acueductos, etc.

En serie: el procedimiento se utiliza para la producción en masa a intervalos de tiempo irregulares. Ejemplo: fabricación de productos alimenticios, de automóviles, de electrodomésticos, etc.

Intermitente: el procedimiento se utiliza para cantidades limitadas e intervalos de tiempo regulares. Ejemplo: producción por pedido en talleres, industria de la aeronáutica, industria de la construcción, etc.

2.1.4 Planeación

Según se entiende la planeación es una de las bases fundamentales para la buena gestión y administración de los recursos siendo la primera fase y la más importante de (planear, organizar, dirigir y controlar) principios que se imparten a los futuros profesionales de la ingeniería como base para el desarrollo de sus trabajos, proyectos entre otros. Básicamente la planeación es pensar anticipadamente en las metas a futuro realizándose las preguntas, ¿Qué se quiere lograr?, ¿Cómo? y ¿De qué manera se va a lograr? acá es donde se delimita el camino y se fija un rumbo a seguir para la buena gestión del trabajo.

Es señalada como la primera función administrativa ya que sirve de base para las demás funciones (organización, coordinación y control); a la vez propone objetivos y señala cómo alcanzarlos; permite organizar mejor las responsabilidades y los recursos de la empresa, coordinar las tareas o actividades, controlar y evaluar mejor los resultados. (Monge Vílquez, 2018)

Investigando profundamente se encuentra que (Chilon Rojas , 2018) muestra a la planificación como el procedimiento por el cual se elige la direccionalidad de las asociaciones. Se establecen los objetivos futuros y se dibujan las direcciones para la consecución de las historias objetivo. Además, arregla la paridad versátil de la asociación a su condición, tratando de reaccionar productivamente a las solicitudes naturales de un flujo constante de datos. Las asociaciones no tienen hijos en el ámbito del medio, a través de las actividades organizadas que se esfuerzan por cambiar en esa condición, teniendo en cuenta el objetivo final para cambiar sus circunstancias.

2.1.5 Procesos productivos

Los procesos productivos en relación con la industria médica abarcan desde el momento en el que se recibe la materia prima y se transforma en productos finales para la venta a los clientes, en otras palabras, se puede definir un proceso productivo como todas aquellas operaciones que debe ejecutar una empresa para realizar un producto o un servicio, entre estos procesos productivos se pueden encontrar procesos de manufactura, maquinados, lavados, inspecciones entre otras.

Un proceso productivo puede ser definido por un diagrama de flujo el cual va a señalar el flujo consecutivo de operaciones por las que debe pasar el producto antes de llegar al final, cada uno de estos procesos está envuelto en la cadena de valor del producto donde cada etapa modifica o transforma el producto para al final del proceso productivo tener un producto final para ser vendido.

El proceso de producción de una empresa es un conjunto de operaciones que son necesarias para llevar a cabo la transformación y elaboración de un producto o el diseño de un servicio. El proceso de transformación de los materiales en productos finales es un proceso que debe ser estudiado y planificado previamente, pues de él dependerá la calidad final de nuestros productos, así como los recursos y costes precisos para su realización. (Wong Rivas , 2019)

2.1.6 Plan productivo

El plan productivo es aquel que tiene como principal objetivo definir y describir todo lo relacionado a un proceso productivo en donde se define la forma en cómo se va a desarrollar el mismo y todos los requerimientos que esto conlleva como, por ejemplo: Flujo del proceso, materiales, máquinas, recursos humanos y tecnológicos necesarios para lograr un fin en específico que es la ejecución de algún producto o servicio.

En el plan productivo se determinan fechas estimadas, inicio, fin, se planea la fecha en la que el producto podrá ser despachado al cliente y cantidades que deben ser manufacturadas.

Siendo el plan productivo parte de la planeación (Vera Cubas, 2018) nos indica que la planificación agregada es un instrumento de coordinación de las decisiones tácticas en las diversas áreas funcionales de la empresa, es decir, se trata de prever suficiente las necesidades de recursos para poder tomar en el momento oportuno las decisiones adecuadas para tenerlos a su debido tiempo y todo ello con la mayor eficiencia posible.

Basado en lo anterior podemos resaltar que el plan productivo debe contemplar todo aquello que pueda afectar tanto de forma positiva como negativa y asegurar que se cuenta con todo lo necesario para el cumplimiento del plan y la meta establecida.

2.1.7 Logística

Un proceso logístico es de suma importancia en la cadena de suministros, se conoce como el encargado de importar y exportar, las personas encargadas del mismo importan todo aquello necesario para la fabricación de los productos de la empresa tales como materia prima, componentes y suministros necesarios para que el proceso productivo del mismo sea alcanzable así como también logística se encarga de realizar la facturación, venta, fletes y envío del producto final haciéndolo llegar donde el cliente.

De acuerdo con (Araya Venegas & González Cordoba , 2021) la logística va a depender mucho de la empresa que se va a analizar por su diferente enfoque. Una definición de la logística no tan amplia como quieren muchos, ni tan estrecha como prefieren otros, pero basada en un principio lógico: la logística es una actividad de apoyo para que la organización funcione y cumpla con su objetivo.

(Araya Venegas & Gonzáles Cordoba , 2021) La logística está compuesta por una serie de actividades o procesos que, unidos y desarrollados de una forma eficiente, deben dar como resultado un producto o servicio óptimo, entregando al cliente en el lugar y tiempo estipulado.

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.

El presente proyecto se desarrollará utilizando la metodología DMAIC de Seis Sigma, cuyas siglas se refieren a Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

(Garza Ríos, 2016) define DMAIC como parte de la metodología Seis Sigma que permite identificar la capacidad de los procesos para reducir los defectos por millón de estos, acá es donde se hace uso de la metodología DMAIC la cual es definida como: Proceso interactivo que sigue un formato estructurado y disciplinado para la realización de experimentos y consecuentemente su evaluación.

Definición de la metodología DMAIC: La metodología DMAIC establece mediante un orden los pasos a seguir para el desarrollo de una investigación para la búsqueda de soluciones sobre un tema determinado previamente definido, como se menciona anteriormente la metodología DMAIC debe dar inicio durante el proceso de la definición del tema a investigar y consecuentemente llegar hasta la última fase llamada control, si en esta última fase no alcanza los resultados esperados se debe retomar la investigación desde el inicio dándole un rumbo diferente. La metodología DMAIC es utilizada por la amplitud de opciones que brinda para el desarrollo del proyecto; debido a que busca instaurar el punto de origen de las variaciones o problemas y proponer e iniciar las mejoras que se establezcan. El método DMAIC es una de las herramientas ingenieriles más estructuradas y utilizadas en la resolución de problemas, donde cada una de sus fases depende de la anterior para dar una correcta dirección a la resolución del problema.

A continuación, se describe brevemente lo que corresponde a cada una de las fases de la metodología DMAIC según su orden para el desarrollo como se menciona anteriormente.

Definir: Siendo esta la etapa inicial del proceso se debe analizar de forma detallada el entendimiento del problema por solucionar por parte del equipo de trabajo y definir las expectativas para el proceso, esta etapa es de suma importancia ya que es la base que va a dirigir el enfoque del proyecto de investigación y dará el entendimiento de la dolencia que se espera solucionar para la empresa en la que se desarrolle.

Medir: Consiste en la caracterización del proceso, identificando los requisitos fundamentales para el entendimiento del impacto y la afectación, en la etapa de medición se deben de agrupar todas las características claves del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso y las características o variables clave.

Análisis: La etapa de análisis en conjunto con la información recolectada para la medición desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto, utilizando las herramientas estadísticas pertinentes.

Mejora: Una vez el análisis de datos haya sido realizado el equipo de trabajo debe desarrollar, implementar y validar alternativas de mejora para el problema establecido en la etapa de definición, en esta etapa es donde se aplican los conocimientos adquiridos con el fin de obtener la solución al problema y por consecuente mejoras en la dolencia de la compañía.

Control: Consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios, acá también con estos controles se pueden extraer los resultados obtenidos, los

mismos pueden ser positivos donde se concluye el proyecto con éxito o negativos en donde la mejora aplicada no solventó la dolencia establecida.

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto.

2.3.1 Diagrama Gantt

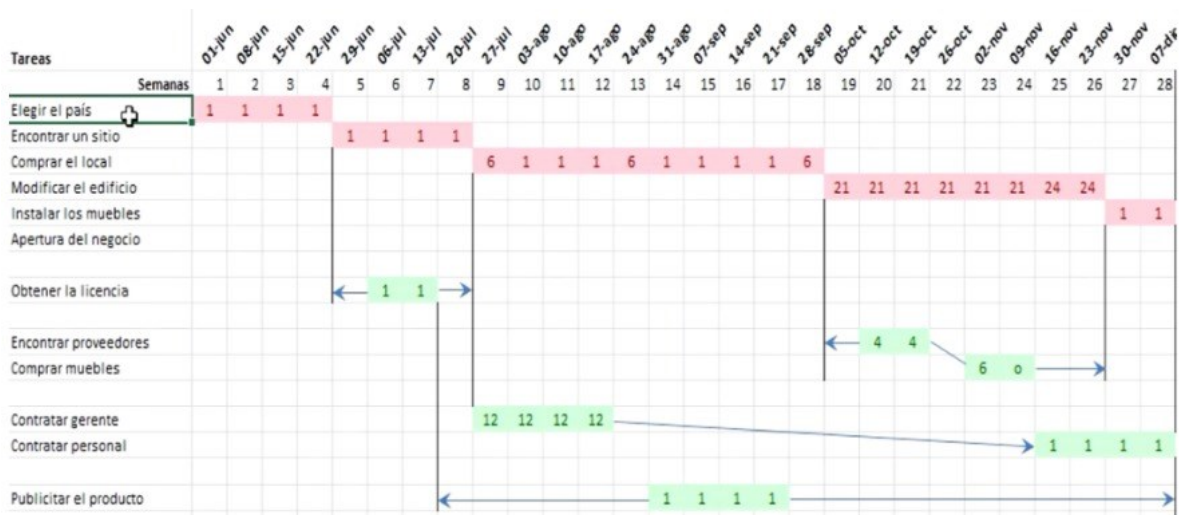
Un Diagrama Gantt es una herramienta de planificación que brinda gran ayuda los procesos productivos en la cual se define cronológicamente las fechas en las que una tarea debe ser ejecutada o bien, aplicándolo a la industria medica el Gantt se puede utilizar para brindar el orden de operaciones que un determinado producto debe seguir para ser modificado de forma eficiente, del diagrama de Gantt podemos observar las fechas de inicio, hasta las fechas de fin para una tarea establecida.

El diagrama de Gantt también puede considerarse como una herramienta de control para el seguimiento de cada una de las etapas de un proyecto o proceso, mostrando las tareas, su duración y secuencia además del calendario general del proyecto.

De acuerdo al libro Gestión de Proyectos (Pinargote Chóez & Conforme Cedeño, 2020) indican que los gráficos de Gantt son una de las herramientas de gestión más antiguas que aún están en uso, fueron inventadas por un americano llamado Henry Gantt en 1910 y es sorprendente, que en más de 100 años nadie haya encontrado algo mejor, esto hace pensar que simplemente no hay nada que mejorar.

Figura 9

Ejemplo de Diagrama de Gantt



Nota. Recuperada de (Pinargote Chóez & Conforme Cedeño, 2020)

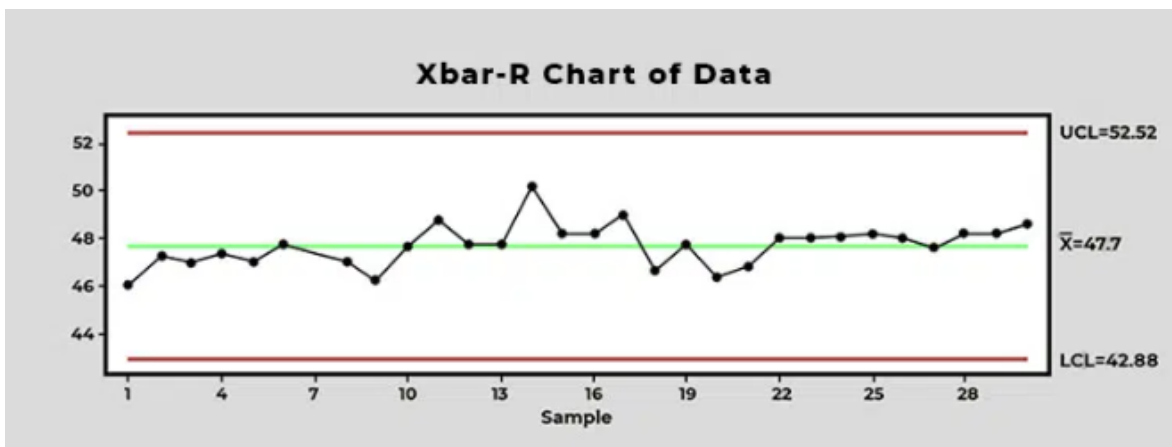
En la figura anterior, se puede ver que el gráfico es bastante intuitivo, se puede ver fechas en la parte superior que pueden expresarse en semanas o meses, incluso días y luego las tareas enumeradas en el lateral, las barras muestran cuánto tiempo va a durar cada tarea.

2.3.2 Gráficos de Control

Un gráfico de control es una herramienta que permite controlar situaciones en específico, las mismas podrían ser el control de un proceso, una característica de calidad o bien la concurrencia de una situación puntual, los gráficos de control pueden ser reactivos, para controlar una situación existente o bien preventivos en donde se desean controlar procesos, su variabilidad y prevenir retrasos e inconvenientes, también permiten realizar predicciones a futuro.

Figura 10

Ejemplo Gráfica de Control



Nota. Gráfica de control recuperada de: Gráficas de Control | SPC Consulting Group

spcgroup.com.mx

2.3.3 Diagrama de Pareto

Vilfredo Federico Pareto fue el ingeniero que formuló por primera vez la regla que rige el del diagrama de Pareto (80/20).

(Rodríguez, 2022) El diagrama de Pareto consta de barras y líneas en donde la altura de las primeras representa cualquier unidad de medida importante, como la frecuencia de ocurrencia o el costo (tiempo o dinero); mientras que las líneas representan el porcentaje acumulado de defectos. Los porcentajes acumulativos indican qué porcentaje de todos los defectos se pueden eliminar si se da solución a sus causas. Una de las características más importantes del diagrama de Pareto es que mientras la línea de porcentaje acumulativa sea ascendente, los tipos de defectos tienen un efecto acumulativo significativo. Esto indica la importancia de encontrar su causa y solucionarlo.

Acorde con conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial se entiende como diagrama de Pareto a la herramienta para graficar resultados que permite identificar que el 80% de las consecuencias obtenidas de un proceso son el 20% de las causas, por esta razón se le conoce como 80/20. Basado en esto el diagrama de Pareto brinda un enfoque para el desarrollo de implementaciones dando un foco más claro de las causas a atacar para obtener un mejor resultado.

2.3.4 Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es una herramienta ingenieril de suma importancia para el análisis y la solución de problemas, Yelitza Ramos indica que el diagrama de Ishikawa fue creado por el profesor de Kaoru Ishikawa quien fue ingeniero químico en la universidad de Tokio, el objetivo del diagrama es analizar gráficamente y de forma estructurada los vínculos de causa-efecto de un problema concreto y utilizar la herramienta como guía para la solución del problema, el diagrama no solamente permite resolver el problema sino también contribuye a preverlo considerándose no solamente una herramienta de análisis y de búsqueda de la calidad sino también de gestión de riesgos. (Ramos, 2021)

2.4 Antecedentes del proyecto o historias semejantes.

En esta etapa se procederá con la exposición de proyectos de investigación con similitud al proyecto en desarrollo del incremento en la adherencia al plan productivo, esto con el objetivo de obtener un mayor respaldo que permita dar soporte y objetividad a la teoría de la presente investigación mediante puntos de vista de otros profesionales.

2.4.1 Antecedente 1

(Espejo Martinez, 2019) realiza un proyecto de investigación basado en el plan de mejoramiento del proceso de producción y gestión operativa para nacional de cortes S.A.S. El proyecto de Luz se basa en una empresa industrial dedicada a la comercialización y fabricación de piezas cortadas y dobladas sobre medida en láminas y figuras de hierro dicho en otras palabras es un proceso de fabricación metalmeccánica y fabricaciones de estructuras metálicas.

Luz indica que el principal problema del presente proyecto es el no mantener un orden en la llegada de los pedidos por parte de los clientes y que para cada uno de los clientes se espera la priorización de sus productos, sin embargo, en ocasiones los tiempos son demasiado mínimos para elaborar un proceso para un pedido específico.

Una de las principales dolencias para la compañía S.A.S. es que muchas veces se presentan devoluciones y quejas por parte de los clientes por falta de control de calidad en los productos ya que por el sentido de urgencia de cada uno de los productos los operarios caen en la falta de verificación y cumplimiento de sus funciones, también es importante resaltar que la falta de personal y ayudantes en el proceso ya que esto es sumamente importante en el impacto y retraso de los productos.

La autora expresa en su investigación que los indicadores de gestión se convierten en los signos vitales de la organización y su continuo monitoreo, ya que permiten establecer las condiciones e identificar los diversos síntomas que derivan el desarrollo normal del proceso, también se indica que la falta de capacitación es de gran impacto para los operarios para comprender como dar seguimiento al plan y hacer buen uso de las máquinas del proceso, todo lo anterior propicia atrasos en el proceso productivo y tardías en las entregas al cliente.

Luz Martínez focaliza gran parte de sus ideas para el desarrollo del proyecto en la parte humana de la empresa en dónde indica que concientizar a cada uno de los operarios de la importancia de elaborar trabajos de calidad con buena eficiencia les permitirá mantener la moral de los operarios al demostrar sus capacidades frente a su puesto de trabajo y sus demás compañeros.

Como conclusiones la autora indica desarrollar por medio del método Gantt los controles diarios de la producción y la operatividad de cada máquina ya que, de esta manera se identifican las fallas, controlan el ingreso y las salidas del proceso, también concluye en capacitar el personal para la manipulación apropiada de las máquinas y herramientas de uso diario, por otra parte, implementar herramientas de medición con precisión para mantener el límite de errores e incluir un acompañamiento en el proceso operativo manteniendo la moral y la buena armonía de la planta de producción.

2.4.2 Antecedente 2

La carrera de Ingeniería Industrial busca realizar los procesos productivos de una manera más eficiente y eficaz haciendo uso óptimo de los recursos reduciendo gastos, desperdicios y con esto generando ganancias monetarias para las compañías, tal es el caso del proyecto de mejora continua de la Ingeniera (Solano Vallecillo, 2019) quien realiza un proceso de mejora para

aumentar la productividad en 5% en la línea 3, en la planta de Molinos Modernos Cuétara en el año 2019.

Solano Vallecillo argumenta que en métricas de productividad la empresa durante el año 2018 solamente alcanza la meta de 30 kg/hora – hombre en el mes de junio y octubre, a raíz del crecimiento industrial y un aumento en la demanda nace la necesidad de aumentar dicha meta, los datos históricos para el 2018 reflejan que el cierre del año presentó un resultado de 28.5n Kg/hora – hombre.

El aumento y mejora de estos resultados va de la mano con la planeación de paros programados reduciendo el impacto en el proceso lo cual ayudará a elevar la cantidad producida de unidades y ayudará en la reducción de insumos utilizados en las máquinas, es importante resaltar que al ser un proceso de producción en línea un paro en uno de los equipos genera una afectación importante en el resto de la línea productiva, Solano indica que cada uno de estos paros no programados genera aproximadamente 10 minutos en cada nuevo arranque del proceso y este nuevo arranque del proceso trae de la mano desperdicios de insumos y materiales, durante el año 2018 la empresa genera un registro de datos donde el desperdicio de insumos en este caso es de un 2.99% y el registro del gas desperdiciado en el proceso por semana es alrededor de 387.71 kg esto equivale a un monto de 189602.82 colones lo cual genera un impacto importante en la demanda de la compañía y atrasos en la línea productiva.

Solano basa el desarrollo de su proceso haciendo uso de la metodología de DMAIC donde paso a paso va a desarrollar cada una de las etapas hasta encontrar la causa raíz del problema y poder ofrecer una posible mejora en el proceso para la compañía. La empresa molinos modernos basa su productividad en la manufactura o elaboración de galletas, la línea 3 es la línea con más carga laboral la cual se encarga de producir el producto estrella de la compañía, cuenta con 16 personas

por turno y un total de 48 colaboradores sin tomar en cuenta supervisor y personal de mantenimiento, calidad y administrativos.

Durante el desarrollo de la investigación la autora aduce que el desarrollo de la investigación arroja como resultados la importancia de realizar paros programados en las líneas productivas haciendo aprovechamiento de los tiempos de descanso como desayuno, almuerzo, café y cena para que así los paros programados por mantenimiento se ejecuten en estos tiempos de descanso y con esto obtener un aprovechamiento mayor de los insumos y la máquina, basado en lo anterior la ingeniera Solano implementa una nueva metodología a la cual llamó metodología de auto relevos, la cual consiste en relevar los colaboradores en las máquinas durante sus tiempos de descanso para realizar cualquier tipo de ajuste.

Los resultados en la propuesta realizada por Solano refieren un aumento en la productividad al aprovechar los tiempos de comidas en los 3 turnos, al trabajar en las líneas continuamente, no se genera la amiga como sucede en cada arranque de la línea, se permite su disminución y ayuda al aumento de la productividad, hoy también se expresa una disminución en los tiempos improductivos al no parar la línea, las máquinas trabajan constantemente, no hay que estarlas ajustando en cada arranque y esto a la vez permite un funcionamiento más efectivo.

Con la generación de la nueva metodología la autora comenta que la propuesta de mejorar un 5% en la productividad de la compañía fue positiva ya que los registros de las bases de datos indican que la productividad en el mes de junio del 2019 aumentó en un 7.32% sobrepasando las expectativas propuestas, la autora resalta la importancia de realizar un plan para el desarrollo de paros programados ya que esto ayudó significativamente al cumplimiento de las metas y la disminución de desperdicios en el proceso.

2.4.3 Antecedente 3

Las entregas a tiempo son una de las métricas más importantes que rigen las nuevas compañías ya que las mismas van de la mano con la satisfacción del cliente, de acuerdo con (Lobo Mussio, Biblioteca Digital UH, 2021) quien es ingeniera industrial, desarrolla un proyecto de mejora continua basado en la generación de un sistema que garantice la entrega a tiempo de ordenes al cliente en la empresa llamada Grafo Print.

La empresa Grafo Print sustenta sus funciones en la impresión de artes gráficas de materiales de empaque para la industria alimenticia y farmacéutica, la autora de este proyecto basa el desarrollo en la optimización del sistema de producción ya que a causa de atrasos en esta área se presenta incumplimientos en las entregas a tiempo de los productos terminados a los clientes.

La ingeniera Sandra manifiesta que en la actualidad la empresa Grafo Print procesan en promedio 300 órdenes de trabajo en donde un 30% de estas órdenes no son entregadas a tiempo al cliente, esto trae a la empresa consecuencias tales como molestia por parte de los clientes y retrasos en el pago de los servicios prestados lo que impide la pronta recuperación de la inversión, el registro semanal de la empresa indica que se generan alrededor de 5 a 6 quejas semanales por parte de los clientes relacionada a rechazos de producto terminado y registran aproximadamente unas 10 quejas con respecto a retrasos e incumplimientos.

Sandra indica que la empresa Grafito se dedica a satisfacer prioritariamente las necesidades del cliente Pfizer y al dejar de lado la prioridad que deberían tener otros clientes a generado pérdidas considerables dejando de percibir una facturación promedio por mes de 40000 USD aproximadamente.

Durante el desarrollo de la implementación en la empresa Grafito la ingeniera Sandra obtiene que no existe estandarización ni delimitación del proceso y que en la empresa solamente hay un proceso común para todos los productos, no existen mantenimientos preventivos y tampoco existe un sistema definido de planeación de la producción.

La empresa grafito no cuenta con un sistema de planeación de la producción y basa sus procesos en el método FIFO el cual hace referencia a (first in first out) en el caso especial del cliente Pfizer entra al proceso y desplaza a los demás a una última prioridad tomando el primer lugar en prioridad y esto genera un atraso y tardías a otros clientes.

Durante la investigación la autora Sandra logra determinar qué el producto cajas presenta un mayor porcentaje de quejas, además este producto ensucia a la máquina la cual cuenta con un alto tiempo de mantenimiento correctivo provocando hoy un 47% de las quejas recibidas por parte del cliente.

La ingeniera Sandra define la clasificación de los clientes utilizando el método ABC y concluye que Pfizer a pesar de ser la que más realizo pedidos en el año 2020 no es el cliente más importante, con el resultado del análisis indica que el cliente Irex es el cliente quién solicitó un 38% más pedidos que los demás.

Una de las propuestas planteadas por Sandra es elaborar un rediseño del proceso y brindar a la empresa un diagrama de flujo donde se eliminen todas las tareas o funciones que no aplican para ciertas líneas de trabajo y se incorporan otras tareas que agregan un valor importante a cada uno de los productos por ejemplo muestreo de aceptación, diseño, incorporación de requerimientos de calidad y producción.

El estudio realizado por Sandra concluye que la productividad aumentó un 19% respecto al mes de enero y un 22% en lo que respecta a la medición inicial realizada para el planteamiento del problema, se logró reducir el tiempo de producción de un lote estándar de 1000 cajas en un 8% logrando gracias a la disminución del 13% de las horas extra de producción.

Finalmente, con toda la recopilación de los datos la ingeniera Sandra logra definir que el proyecto es viable al aumentar el cumplimiento de entregas a tiempo y el aumento de la satisfacción del cliente, aumentando ganancias para la compañía y reduciendo no conformidades por parte de los clientes.

2.4.4 Antecedente 4

La ingeniera (García Erazo, 2020) realizó un proyecto de mejora relacionado a la carrera de Ingeniería Industrial el cual lo enfocó en el departamento de producción de la empresa Remodularsa S.A la misma es una empresa familiar dedicada a la fabricación de muebles para el hogar en donde el fuerte de sus principales productos se consideran la fabricación de muebles de cocina, closets y baño. En la actualidad la alta demanda y la competencia generan a las industrias una presión por mantener sus procesos cada vez más eficientes realizando entregas en el menor tiempo posible y el proyecto de la Ingeniera Andrea Catalina busca contribuir en esta causa mejorando la productividad de la compañía Remodularsa S.A

La autora basa el desarrollo de su investigación en la teoría de restricciones que contempla una metodología fundamentada en un pensamiento sistemático que brinda herramientas ingenieriles para mejorar la productividad, maximizar las ventas, reducir los inventarios y minimizar los gastos de operación.

Andrea con el estudio realizado determinó que existían líneas productivas con deficiencias las cuales no alcanzaban las metas establecidas como lo eran la línea 1 que se encuentra determinada por el subproceso de laminado, con una productividad de 0.56, con toda la información recolectada la autora puede analizarla y tomar decisiones en el proceso y establecer mejoras en los puntos en donde se evidenció que el proceso estaba generando pérdidas productivas.

Asociado a lo anterior la autora determina que se deben aplicar mejoras es el subproceso de laminado y armado, este proceso es el que debe aumentar su productividad, de acuerdo con los registros que recopilaron en la investigación indican que la línea fue de 146 piezas/día y la línea 2 fue de 50 muebles/día.

Para todo el análisis de los resultados la ingeniera recomienda que se mantengan registros de la productividad en cada uno de los subprocesos del departamento de producción de forma trimestral, esto le permitirá a la empresa mantener un panorama claro de la productividad y brinda un enfoque para resolver problemas.

Andrea evidencia la importancia de mantener personal capacitado realizando sus procesos y que en cada contratación realizada sean analizados los nuevos ingresos en base a las funciones a realizar, esto con el fin de asegurar que las operaciones desarrolladas en la compañía sean de forma correcta evitando problemas de calidad en los productos.

En el desarrollo del proyecto se presenta la importancia de enfocar los esfuerzos de la compañía en la mejora continua y de la mano mantener altos estándares de calidad para que de esa forma la empresa se mantenga posicionada en el mercado y con la mejora continua de la productividad en los procesos obtener beneficios económicos para la compañía.

Adicional a lo que conlleva el proceso productivo la autora recomienda la importancia de que la empresa ataque temas de mantenimientos de equipos dañados los cuales podrían estar generando un valor adicional para el negocio.

Como finalización de la investigación la autora concluye que se prevé que una vez la empresa implemente todas las propuestas realizadas en la investigación sobre los procesos que generan una restricción en la salida del producto se incrementará la productividad de los subprocesos 1 y 2 antes mencionados en un 25% y se indica que la teoría de restricciones siendo la base de la investigación les permitió conocer de forma eficiente cuales eran los cuellos de botella de la compañía para así analizarlos, atacarlos y generar impactos positivos en las ventas de la empresa Remodularsa S.A.

2.4.5 Antecedente 5

En la actualidad las compañías están en constante crecimiento y cada día los clientes se vuelven más exigentes, una de estas exigencias es garantizar las entregas a tiempo, esto genera una buena satisfacción al cliente ya que está cubriendo la necesidad de recibir su producto a tiempo ya sea producto para satisfacer líneas productivas o bien producto que se será entregado a un cliente final, en ambos casos la entrega a tiempo del producto es de suma importancia.

En concordancia con lo anterior es el caso desarrollado por el licenciado en Ingeniería Industrial Alfredo Arrieta (Arrieta Pérez, 2017) que creó un proyecto de mejora con el fin de aumentar la capacidad de liberación de material en el proceso de inspección de materia prima en la empresa Boston Scientific, Alfredo señala que el proceso de inspección de materia prima es de suma importancia ya que de esto depende la manufactura de los productos en la planta, hoy la empresa cuenta con una métrica establecida para la liberación de producto que sería 1200 lotes liberados al mes los cuales están generando actualmente un 20% de aumento en horas extras para el

alcance de estas metas. Es importante resaltar que la empresa ya cuenta con métricas definidas para el tiempo en el que el material debe estar en espera, de ser inspeccionado este tiempo debe ser de uno a 7 días manteniendo la métrica positiva.

El objetivo principal que se plantea el ingeniero Arrieta es diseñar una propuesta que le permita aumentar la capacidad de liberación del material a 1200 lotes al mes, sin la necesidad de realizar horas extra, este proyecto de mejora planea ser implementado mediante el uso de técnicas ingenieriles y conceptos de manufactura esbelta, algunas de las herramientas ingenieriles que utilizó el ingeniero Arrieta para el desarrollo de su proyecto son Six Sigma y DMAIC las cuales le permitirán paso a paso investigar analizar y desarrollar implementaciones para el proyecto de mejora.

Con el desarrollo de la investigación Arrieta llega a la conclusión de que en los laboratorios hay una falta de capacidad para la liberación de la materia prima y esto conlleva a un aumento en el costo de almacenaje de la materia prima que está en espera de ser procesada, el aumento presente en el costo de almacenaje de material es de \$523.962 diariamente sumado a la falta de capacidad mencionada anteriormente hace que no se liberen a tiempo los materiales y la empresa no logre el cumplimiento de la meta que es un 85% de salida del material.

Con el fin de alcanzar las metas establecidas por la compañía una medida de contención fue aumentar las horas extras en un 20% en busca de alcanzar el porcentaje de cumplimiento para la liberación de la materia prima por mes, de acuerdo con los datos recopilados por el autor Arrieta el costo en el primer semestre del año 2017 es de \$18.784 y aún con esta medida no se alcanzó la meta de los 1200 lotes por mes.

Para la ingeniería la reducción de las mudas es de suma importancia, el autor logra identificar que una muda presente que limita la salida del proceso de inspección para la liberación del material es el recorrido que el material debe pasar para lograr ser procesado, en el registro de los datos se obtiene que el material debe transitar aproximadamente 1.103 m por cada inspector de calidad en la verificación del material lo cual es un impedimento para alcanzar la meta establecida de 1200 lotes por mes y el tiempo genera una muda de transporte en el proceso.

El autor de la investigación logra detectar que también hay un desperdicio importante en el tiempo que toma a los colaboradores de la compañía buscar el material para realizar el debido proceso de inspección este tiempo desperdiciado en la búsqueda del material genera un atraso de más de 300 lotes diariamente, Arrieta realiza un estudio de tiempos e identifico los tiempos estándares para la búsqueda de material en el área de recibo de materiales siendo para los materiales de empaque 6 minutos, para los metales 5 minutos, para los plásticos 6 y químicos 4.

Con el fin de atacar el tema de capacidad y la reducción de las horas extra el autor Arrieta propone una nueva distribución de localizaciones del laboratorio, ya que en el diseño actual hace que los colaboradores de calidad deban realizar un largo recorrido para encontrar una mesa de trabajo disponible, mediante el proceso de producción lineal se realiza una nueva distribución de la planta y localizaciones del laboratorio con el fin de minimizar los tiempos de recorrido entre las distancia de los equipos y máquinas de mediciones, con esta implementación Arrieta logra alcanzar la meta establecida de 1.200 lotes por mes lo que hace del proyecto en desarrollo exitoso.

Es importante resaltar que con esta nueva distribución de los laboratorios el autor del proyecto logró un ahorro total de 12.011 m de recorrido durante toda la jornada laboral de los inspectores de calidad y como punto positivo del desarrollo de dicho proyecto se puede decir que las

medidas de mejora fueron avaladas por el ingeniero a cargo del área de laboratorios en la empresa Boston Scientific.

El ingeniero Arrieta concluye que basado en la meta principal del proyecto se logra con éxito aumentando la capacidad de salida del proceso de inspección a 1.200 lotes por mes de la mano con la reducción de un 42% de las horas extralaborales en el primer semestre del año 2017, este resultado positivo también generó un impacto en el aumento de la capacidad en el primer mes un 17% y el segundo mes obtuvo un resultado de 36%.

Adicionalmente Arrieta determina que con la reducción de los desperdicios de transporte también disminuye las distancias totales de recorridos de inspección de material de 12.136 metros a 124.3 metros, este ahorro en metros representa un ahorro de 216 minutos por día laboral lo que también representa un factor importante en el resultado final de la capacidad de liberación de material por mes.

En un inicio el autor menciona que el costo por almacenamiento del material era de \$523.962 lo cual logró disminuirlo por debajo de \$367.000 manteniendo un flujo constante del material.

Para finalizar con su proyecto Arrieta recomienda a la compañía realizar un procedimiento en donde se establezcan tiempos estándares para la búsqueda de los materiales y que con esto logren mantener un flujo constante de lotes en el tiempo, también Arrieta sugiere a la compañía Boston Scientific crear una métrica para el registro de datos del material que se encuentra en espera de inspección con el fin de tener una herramienta visual donde se puedan generar un sistema de alarmas en donde el total de las ordenes en espera no aumente de 150 lotes en espera de inspección.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Metodología para la definición del problema

En esta etapa para el desarrollo del proyecto se llevará a cabo la implementación de la etapa DEFINIR correspondiente al DMAIC, para Tegra Medical es de suma importancia el cumplimiento de sus métricas internas para mantenerse sostenible en el mercado de dispositivos médicos, durante el desarrollo del presente proyecto se realizan diferentes análisis los cuales permitirán definir los problemas encontrados.

Tegra Medical basa sus procesos productivos en diferentes tipos de áreas como, por ejemplo, corte por láser, áreas de torneado, operaciones manuales, áreas de maquinado y áreas de moldeo, cada uno de estos departamentos está agrupados en sectores específicos de la compañía. La planeación de la producción en Tegra Medical se realiza mediante herramientas internas las cuales permiten planear ordenes utilizando diagramas Gantt, este sistema busca los espacios disponibles en cada una de las máquinas para una orden en específico y mediante este diagrama indicar la fecha y la duración para cada proceso, a través de este diagrama y haciendo visitas al área productiva se detecta que los encargados de estas áreas no cuentan con la información clara de la secuencia con la que deben ejecutar sus procesos y se orientan por lo que su supervisor directo les asigne.

Conforme a la información anterior y mediante entrevistas abiertas realizadas a los encargados de cada área se define que el hecho del incumplimiento de las métricas en la empresa proviene de atrasos en los productos por no tener una clara la lista de prioridades, una secuencia o algún documento del sistema que indique el orden congruente de la producción.

Por medio del uso de metodologías como entrevistas, observaciones directas en el proceso, estimaciones de las ventas, lluvias de ideas y Pareto se logra detectar el problema que causa el

incumplimiento en las métricas de la empresa Tegra Medical, cada una de las metodologías mencionadas anteriormente agregan un valor a la investigación y permiten mantener un mejor enfoque de esta.

Durante el recorrido en el estudio de la carrera de Ingeniería Industrial se aprende que las personas expertas en los procesos productivos son quienes están día a día trabajando en los mismos, dicho lo anterior para lograr definir el problema se utiliza la metodología Gemba Walk la cual es una práctica que permite ir al proceso productivo, realizar observaciones directas, mezclarse con los expertos de las áreas y tener una idea más clara del funcionamiento del proceso productivo.

Durante el desarrollo de la investigación se define que las estimaciones económicas o las metas en ventas seteadas por la compañía son el punto clave de partida para el desarrollo del proyecto de mejora, viendo acá la importancia de colaborar con la empresa Tegra Medical CR en mejorar sus ventas mensuales aumentando sus ganancias y al mismo tiempo colaborando a dicha empresa en mantenerse competitiva y en constante crecimiento en el mercado de dispositivos médicos.

Según lo mencionado anteriormente se realiza un enfoque cuantitativo donde se busca como principal objetivo colaborar en la mejora del cumplimiento de las métricas internas de la compañía como lo es el cumplimiento del plan productivo el cual consecuentemente va a beneficiar en el aumento y cumplimiento de métricas de ventas mensuales, todas las compañías basan sus funciones en obtener ganancias de los productos o servicios a los cuales se dedican, por tanto, a causa de todo lo anterior se realiza un enfoque en las metodologías que en el tipo de procesos productivos de Tegra Medical agregan un mejor valor.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

La metodología para el respaldo cualitativo del proyecto se realizará basado en la etapa “Medir” de la metodología DMAIC la cual tiene como objetivo realizar la recopilación y análisis de datos cuantitativos y cualitativos que respaldarán el desarrollo del proyecto en investigación.

De acuerdo con el punto de enfoque del proyecto, la idea principal es buscar la forma de evidenciar el impacto que genera el incumplimiento del plan productivo en las diferentes métricas establecidas por la empresa, la base de datos utilizada para la recopilación de la información es mediante un archivo Excel en donde se extrae la información del sistema y en conjunto con las visitas al área productiva se puede recopilar y analizar la información importante para el desarrollo del proyecto.

Algunas de las herramientas ingenieriles que son parte de la etapa de medición de la metodología DMAIC que mejor se ajustan al proyecto en desarrollo es el Pareto, ya que con el análisis de esta gráfica se puede observar las principales causas que están generando un mayor impacto en el incumplimiento de las metas.

En el análisis de datos que se realizará es importante también la aplicación de diagrama Ishikawa ya que con esta herramienta se puede obtener una ayuda para encontrar la causa raíz del problema en investigación.

Para obtener un buen entendimiento de los problemas que se quieren atacar también es importante realizar análisis de los datos históricos de donde proviene este problema con el fin de tener una mejor visión del panorama en enfoque y lograr interpretar y definir los datos obtenidos.

Haciendo uso de todas las herramientas ingenieriles mencionadas anteriormente se espera lograr obtener los datos estadísticos que apoyen como guía para alcanzar el aumento del cumplimiento

en el plan productivo, una vez analizados los datos se podrá definir una o varias implementaciones las cuales ayuden a alcanzar los resultados deseados.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.

En esta etapa del proceso de investigación se hace referencia a la fase de “Analizar” en la metodología DMAIC, basado en el análisis de los datos recopilados en el proceso y a las visitas realizadas en las áreas productivas (Gemba Walk) donde se realizaron las observaciones con el personal experto en las áreas.

Como consecuencia de lo mencionado anteriormente se procede a hacer uso de filosofía Lean para la aplicación en el proyecto ya que dicha filosofía busca eliminar los desperdicios y la variabilidad presentes en el proyecto en investigación, dicha filosofía se adapta de buena forma al desarrollo del proyecto ya que la principal idea del mismo es llevar a las áreas productivas un plan el cual les permita desarrollar sus funciones con un orden cronológico de prioridades basado en las necesidades de la empresa y el cliente, así con este dicho plan evitar la variabilidad en el proceso y los desperdicios de tiempos en ajustes innecesarios en máquinas por cambios de productos no requeridos, con la herramienta Lean se busca dirigir a la compañía Tegra Medical a ejecutar sus funciones de una mejor manera optimizando sus procesos desde el punto de vista del departamento de planeación.

Posteriormente, se planea desarrollar la aplicación de la metodología cinco ¿por qué? aplicada a líderes y supervisores encargados de cada área para determinar la causa por la cual el plan productivo no se cumple en tiempo requerido por la compañía, a este cinco ¿por qué? se le aplicará un análisis multi-voto con el fin de categorizar las causas obtenidas.

Todo lo anterior puede considerarse dentro de la metodología de la mejora continua ya que en las industrias de procesos productivos siempre habrá procedimientos o situaciones que mejorar para el logro de los objetivos.

Las metodologías descritas anteriormente son seleccionadas ya que son las que mejor aplican al proyecto en desarrollo debido a que dicho proyecto no busca mejorar solamente un área o proceso como tal sino busca desde el área de planeación trabajar de manera colaborativa con el área de producción para brindar herramientas que ayuden al cumplimiento del plan productivo y consecuentemente colaborar en el incremento de los resultados y métricas para la empresa Tegra Medical.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto.

La metodología para la implementación corresponde a la etapa “Implementar” de la metodología DMAIC, esta etapa es considerada una de las más importantes para el desarrollo del proyecto ya que aquí es donde se van a definir las acciones a tomar para la implementación de las mejoras en la compañía en búsqueda de la obtención de resultados positivos.

Con base en el conocimiento adquirido en la carrera de Ingeniería Industrial se considera de mayor relevancia el uso de herramientas para la implementación tales como análisis financiero en donde se expondrá la propuesta de mejora a la empresa Tegra Medical en números, haciendo un estudio de costo beneficio en donde monetariamente se mostrará a la empresa la implementación a desarrollar basado en los datos históricos y actuales de la compañía, se evidenciará el costo que esto conlleva y la ganancia que se puede obtener de dicha implementación siendo las mejoras aplicadas positivas para la empresa.

Por otra parte, para la implementación y registro de los datos de la compañía se propondrá realizar la planeación mediante diagramas de Gantt que el sistema de la compañía brinda y mediante el diagrama ofrecer a cada departamento un documento el cual presente las fechas y la duración para cada una de las órdenes a desarrollar, con la implementación de estas herramientas ingenieriles se podrá ir analizando la información que va saliendo del proceso para definir planes de acción de cómo alcanzar las métricas de la empresa de forma eficiente.

Los planes de acción desarrollados también van orientados con base a la información recolectada en la etapa de Analizar, donde se analizarán cuáles son aquellas causas de mayor impacto del proceso mediante diagramas de Pareto para la definición e implementación de planes de acción en búsqueda de la mejora.

Para el desarrollo de dichas implementaciones los principales encargados son el departamento de Planeación de la empresa Tegra Medical ya que son los responsables de recopilar la información de las variables presentes en producción, realizar un plan productivo que se adapte a las necesidades de la compañía y brindar dicho plan de forma clara, entendible y alcanzable al departamento de producción manteniendo un seguimiento para la verificación del cumplimiento.

Adicional a lo anterior y no menos importantes son los encargados del departamento productivo, líderes y supervisores ya que son los responsables de asegurarse del cumplimiento del plan productivo y levantar la mano en caso de ser necesario para la atención de alguna cuestión que genere un impacto en el seguimiento y cumplimiento del plan productivo.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.

En esta sección se busca realizar la implementación de la etapa “Controlar” correspondiente a la metodología DMAIC, en donde se busca garantizar la sostenibilidad del proyecto implementado en la empresa Tegra Medical mediante diferentes tipos de herramientas ingenieriles que a continuación se desarrollarán.

Para el desarrollo del presente proyecto la más importante es generar una mejora en el cumplimiento de las métricas de la compañía, por lo tanto, para la etapa de controlar lo que se espera dar es un seguimiento a estos mismos resultados mediante indicadores de cumplimiento del plan productivo y porcentaje de adherencia al plan, (cumple o no cumple) también indicadores que permitan visualizar las ventas mensuales con el fin de controlar si se está alcanzando la meta en cuanto al cumplimiento del plan y el objetivo de las ventas mensuales, por otra parte, también se planea desarrollar indicadores de control que permitan identificar las principales causas del incumplimiento, principales áreas, principales productos, esto mediante gráficas de Pareto 80/20 con el fin de dar una guía a la empresa para continuar con la mejora continua y desarrollar planes de acción.

Es importante resaltar que el área encargada de generar estos indicadores es el departamento de planeación, sin embargo, la mayor parte de la información recolectada para los indicadores será generada por el departamento de producción por medio de reuniones semanales de seguimiento dirigidas por ambas áreas de trabajo, la mayor parte de la información se extraerá de la base de datos interna de la empresa la cual contiene datos de cantidades, fechas, productos y operaciones.

Cabe mencionar que los procesos productivos para la empresa médica son variables y dependen también de disponibilidad de equipos, uno de los riesgos asociados a la implementación es que las máquinas utilizadas en el proceso en cualquier momento pueden fallar, también el personal que las opera puede ausentarse por diferentes circunstancias, esto genera posibilidad de que puedan verse afectados los resultados finales deseados, por tanto, como plan de acción para mitigar estos riesgos asociados al desarrollo de la propuesta serán la atención de estos temas de forma semanal con el equipo para la toma de decisiones y proporcionar al departamento productivo un plan que se ajuste y cubra las nuevos requerimientos o necesidades.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

4.1 Recopilación de información y base de datos.

En esta etapa se pretende desarrollar la argumentación del diagnóstico utilizando herramientas ingenieriles las cuales permitan justificar y servir como guía para el resto de las etapas del desarrollo del proyecto.

En esta etapa de la investigación se desarrolla un archivo Excel el cual extrae información directamente del sistema, en este archivo se logra recopilar la información que el departamento de planeación genera en el sistema interno de la compañía, también se pueden encontrar todas las ordenes que deben ser procesadas y las mismas se encuentran segregadas por áreas de trabajo, operaciones, cantidades de unidades requeridas y el tiempo en el que estas órdenes de trabajo deben ser procesadas en cada una de las áreas, esta información se utilizará para ser evaluada por el departamento de planeación en conjunto con líderes y supervisores del departamento productivo y de esta forma medir el impacto actual de la adherencia al plan productivo y por ende la situación actual que este resultado de adherencia al plan implica en las ventas de la compañía.

Figura 11

Adherencia al plan Excel primera y segunda parte

Work Center	Area	Job #	Customer	Part Number	Start Date	End Date	Promise date	Week #	Status	Reason	Recovery Plan	Attended BY
Afilado 2	Grinding	32730-03	Tegra Medical 2	300-456	05/17/2023	05/18/2023	05/30/2023	20	Complete			#N/D
Erocionado 1	Erocionado	32731-04	Tegra Medical2	300-456	05/18/2023	05/18/2023	05/31/2023	20	Complete			#N/D
Marcadora 1	Laser	32731-01	Tegra Medical2	300-456	05/18/2023	05/19/2023	05/31/2023	20	Complete			#N/D
Robot 021	Grinding	33419-67	Tegra Medical1	46829050	05/13/2023	05/15/2023	06/19/2023	20	Incomplete	Material Availability in WC	Over Time	Production
Torno 4	Swiss	33841-03	Tegra Medical4	48003	05/15/2023	05/15/2023	06/23/2023	20	Incomplete	Machine Down	Re-schedule	Maintenance
Elec Cortadora 2	Grinding	33841-02	Tegra Medical1	46829050	05/15/2023	05/16/2023	06/21/2023	20	Incomplete	Machine Down	Re-schedule	Maintenance
Cortadora Laser 1	Laser Cut	33841-05	Tegra Medical3	FAB-05406	05/16/2023	05/16/2023	06/26/2023	20	Incomplete	LC Raw Mat	Re-schedule	Supply Chain
Grit blast	Secondary	33841-04	Tegra Medical3	FAB-05406	05/16/2023	05/17/2023	06/26/2023	20	Incomplete	Staff	Over Time	Production
Inspección visual	Secondary	33841-07	Tegra Medical3	FAB-05406	05/17/2023	05/17/2023	07/10/2023	20	Incomplete	Shortages Sum-xxx	Re-schedule	Supply Chain

Primera Parte
Segunda Parte

En la imagen anterior se puede observar que el archivo Excel se divide en varias partes, la primera parte del archivo contiene información recopilada directamente del sistema como se menciona a continuación: work center, area, job, customer, part number, start date, end date y week.

En la segunda parte de la imagen se puede observar la información que será evaluada por el departamento de planeación en conjunto con los encargados de cada área productiva en donde se definirá si las ordenes cumplen o no el plan productivo asignando “Complete” para ordenes terminadas en el tiempo requerido o antes, e “Incomplete” para las ordenes pendientes de procesar o en proceso durante la fecha de la revisión, posterior a esto si las ordenes no fueron completadas en tiempo requerido se deben asignar razón por la cual no se corrió y dichas razones ya están previamente definidas en el sistema, estas razones se les asigna una responsabilidad para el plan de recuperación el cual puede ser reprogramación o bien tiempo extra, algunas de las razones son:

- 1- Material disponible en tiempo requerido: Hace referencia a que la orden no ha llegado a la estación de trabajo en el tiempo que es requerido, por ejemplo, ordenes atrasadas en operaciones anteriores, esta acción debe ser atendida por el departamento productivo ya que en muchas ocasiones el producto no llega a la operación siguiente por falta de seguimiento.
- 2- Maquina dañada: Hace referencia a máquinas con algún desperfecto mecánico que impide el buen funcionamiento, esta razón es atendida por el departamento de mantenimiento y las ordenes impactadas deben ser recalendarizadas para dar nuevas fechas al cliente basado en el impacto de la máquina.

- 3- Falta de materia prima en diferentes áreas: Hace referencia a la falta de materia prima en el inicio de una orden, esto puede presentarse por retrasos con los proveedores y las ordenes deben ser reprogramadas para dar nuevas fechas al cliente.
- 4- Personal: Hace referencia a la falta de personal en el departamento de producción, esto genera atrasos en el producto ya que los supervisores y líderes no tienen personal suficiente para cubrir todas las operaciones, esta acción debe ser atendida por el departamento productivo en tiempo extra y deben colocar órdenes para contratación de nuevo personal, también este tema se puede presentar por incapacidades, rotación de personal o vacaciones.

Figura 12

Datos del archivo Excel

Status	Reason	Recovery Plan	Attended by
Complete	LC Raw Mat	Reprogramación	Supply Chain
Incomplete	Swiss Raw Mat		
	Thrufeed Raw Mat		
	Ecc Raw Mat		
	Shortages Sum-xxx		
	Machine Down		Mantenimiento
	Material Availability in WC	Tiempo Extra	Producción
	Staff		Producción

Figura 13

Adherencia al plan Excel tercera parte

N	O	P	Q	R
New Hrs demand	Complete	Incomplete	Month	Year
N/A	1	0	May	2023
N/A	1	0	May	2023
N/A	1	0	May	2023
6.55	0	1	May	2023
9.82	0	1	May	2023
9.82	0	1	May	2023
9.82	0	1	May	2023
9.82	0	1	May	2023
9.82	0	1	May	2023

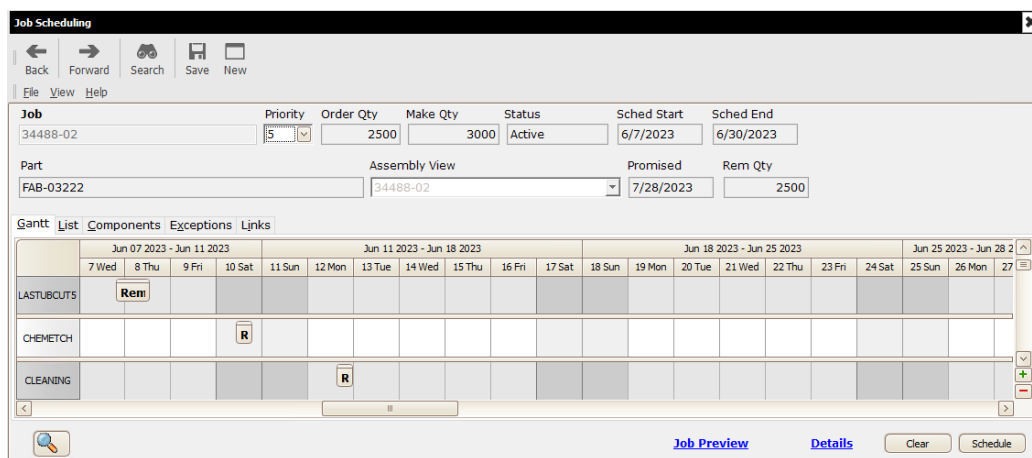
Tercera Parte

En esta tercera parte se indica la cantidad de horas que son demandadas para la recuperación del plan productivo y el archivo Excel genera un recuento de operaciones completas e incompletas por mes y año para la generación de gráficas para la interpretación de datos.

Es importante entender que todos los datos anteriores son entregados a cada uno de los encargados de las áreas para que sea de conocimiento de ellos las operaciones que deben procesar y el consecutivo de las mismas, el plan es realizado mediante una herramienta de planeación del sistema interno de la compañía y el mismo es compartido a las áreas productivas mediante un documento PDF.

Figura 14

Herramienta de planeación



Nota. En la imagen anterior se puede observar la herramienta interna de la compañía en donde mediante diagrama Gantt permite calendarizar cada una de las ordenes de acuerdo con la disponibilidad de los equipos.

Figura 15*(Work Center) Centro de trabajo*

WORK CENTER = ELECTROCUT												6/16/2023 6:46:26AM	
Job Started												Past Due	
Job #	Customer	Part_Number	Description	Make Qty	Run Qty	Balance	Remaining Hrs	Start Date	End Date	Hrs Remain	Promised_Date		
34532	Nombre de los clientes	42003	Tipo de producto	2,200	0	2,200	3.9	08/02/2023	08/02/2023	116	09/05/2023		
34038		91036640-01		16,500	0	16,500	12.8	08/02/2023	08/03/2023	269	09/01/2023		
35972-04		FAB-14026		2,500	0	2,500	7.3	08/04/2023	08/04/2023	72	08/22/2023		
34342-05		M968231A002		2,420	0	2,420	41.3	08/09/2023	08/11/2023	51	09/01/2023		
34039		91036640-01		11,000	0	11,000	8.9	08/11/2023	08/11/2023	183	09/01/2023		
34224		Y200376		550	40	510	0.4	08/12/2023	08/12/2023	22	08/24/2023		

Nota. La figura anterior representa el archivo PDF que se le entrega a cada una de las áreas para dar seguimiento a sus operaciones (Work Center).

Este WC es la herramienta en donde se indica el número de orden, cliente, número de parte, cantidad de piezas, horas requeridas, fecha de inicio y fecha de fin para cada una de las ordenes, es importante resaltar que por políticas de confidencialidad de la compañía se mantiene a discreción nombres de clientes y descripción del producto.

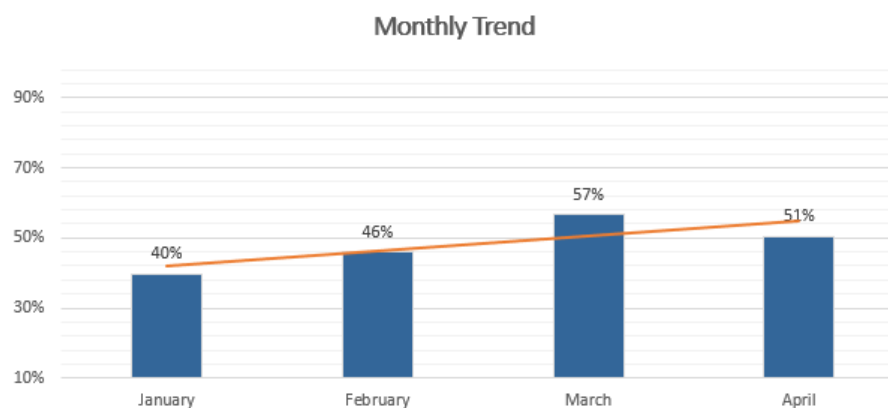
4.2 Interpretación de los datos recopilados.

Basado en el archivo Excel para la recopilación de datos que se explicó anteriormente se procede a realizar gráficas tipo Pareto y de barras para la revisión de los datos obtenidos que permitirán realizar un análisis de la situación actual presente en la empresa Tegra Medical con respecto a la adherencia al plan productivo.

4.2.1 Tendencia Mensual

Figura 16

Montly Trend (Tendencia Mensual)



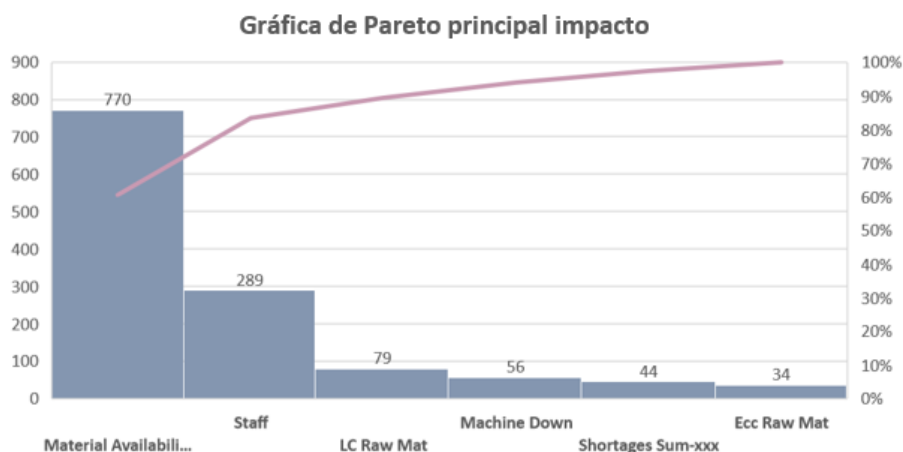
En la imagen anterior se muestra la tendencia obtenida de la adherencia al plan en los primeros 4 meses del año 2023 en donde podemos observar como la gráfica tiene una tendencia hacia arriba sin embargo mantiene porcentajes de cumplimiento bajos del plan productivo lo que consecuentemente genera impacto en los resultados finales de las ventas de la compañía.

Para identificar cual es la causa principal del incumplimiento en el plan productivo se genera un Pareto 80/20 en donde se agrupan las razones brindadas por el departamento productivo del incumplimiento en la gráfica para determinar cuál es la mayor dolencia y tener un enfoque más claro para la propuesta de mejora del proyecto en desarrollo.

4.2.2 Porcentaje de principales impactos // Cuantitativo

Figura 17

Gráfica de Pareto Principal Impacto



En la figura 17, porcentaje del principal impacto se pueden observar las causas que significan el principal impacto en el incumplimiento del plan con un enfoque cuantitativo ya que la base de datos de donde se obtiene la información es el sistema interno de la compañía, analizando la gráfica se puede observar que (Material Availability) o bien disponibilidad del material es la causa que genera el principal impacto en la afectación de la adherencia al plan lo cual hace referencia a que el material no llega en tiempo requerido a las operaciones, esto a causa de falta de seguimiento, atrasos en procesos anteriores, material procesado no transferido a la siguiente operación, no conformidades detectadas en el proceso o bien falta de entendimiento claro del funcionamiento de los procesos y las necesidades del negocio.

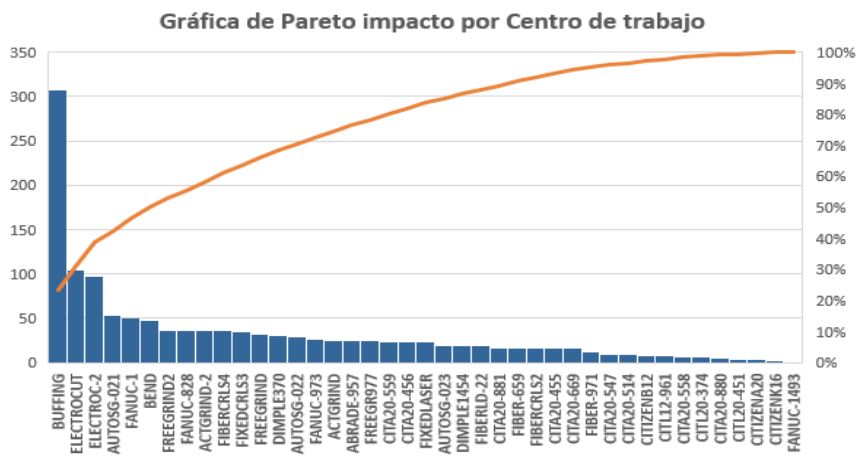
Con el fin de delimitar un poco más la información y tener claro cuáles son las áreas en las que se presenta principalmente problemas de atrasos se generan gráficas de Pareto las cuales identificarán las operaciones y los números de parte que generan un mayor aporte a los datos del incumplimiento, esto con la idea de visualizar el proceso más profundamente y definir para los

encargados de las áreas cuáles son sus productos y operaciones en los cuales se deben enfocar para mejorar los resultados de la adherencia al plan productivo.

4.2.3 Impacto por centro de trabajo

Figura 18

Gráfico de Pareto impacto por centro de trabajo

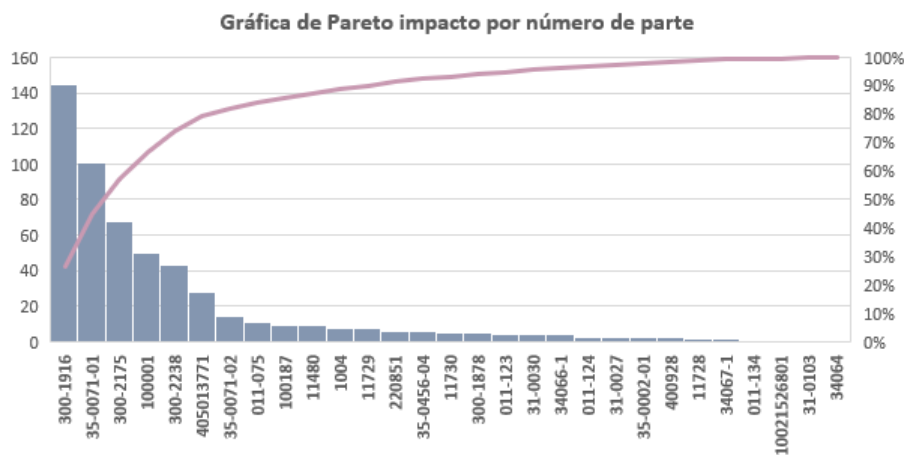


La figura llamada (Impact by WC) de acuerdo a los datos internos de la empresa, hace referencia al centro de trabajo el cual genera un mayor impacto en el incumplimiento del plan productivo en donde se puede observar que la operación (Buffing) es una de las principales causantes de los atrasos.

4.2.4 Impacto por Número de Parte

Figura 19

Gráfica de Pareto impacto por número de parte

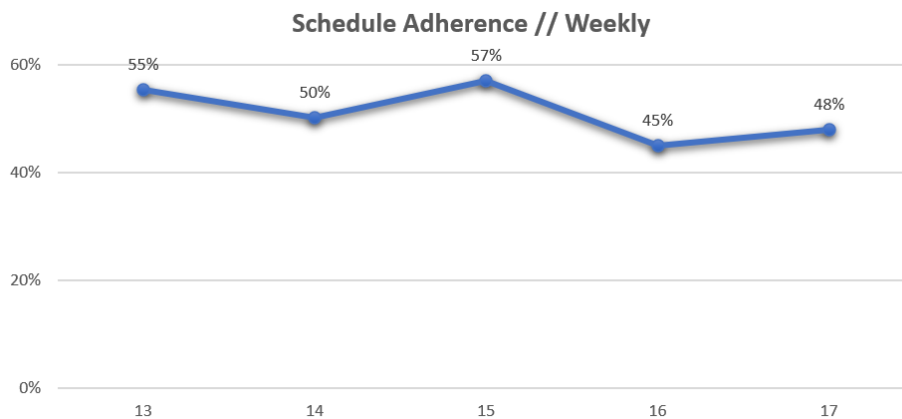


La figura anterior muestra cual es el número de parte procesado que representa un mayor impacto en los atrasos de la adherencia al plan, esta gráfica al igual que la anterior permite tener un enfoque de en cual producto dedicar un mayor esfuerzo para mejorar el cumplimiento al plan.

4.2.5 Porcentaje de adherencia al plan semanal

Figura 20

Porcentaje de adherencia al plan semanal



Adicionalmente, se genera una gráfica de control en donde se registra el porcentaje de adherencia al plan correspondientes a las semanas calendario del mes de abril, esto para tener una mayor visualización del comportamiento de la adherencia al plan de forma semanal y la tendencia que esta mantiene.

4.2.6 Ventas mensuales enero a abril

Figura 21

Ventas mensuales 2023

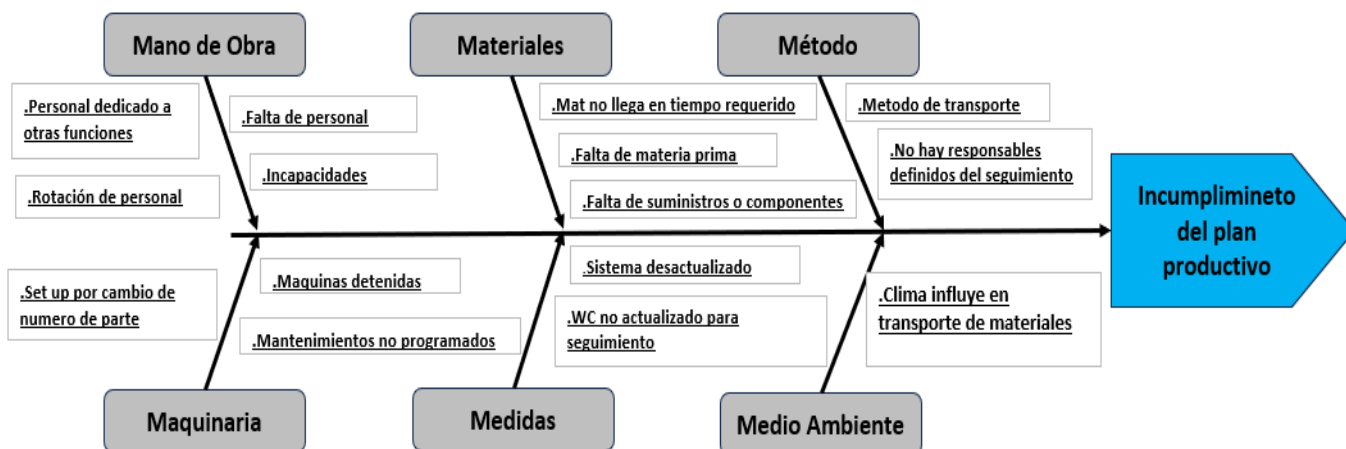


De acuerdo con la recopilación de los datos en la gráfica anterior se puede observar la tendencia de las ventas mensuales que obtiene Tegra Medical en el primer cuatrimestre del 2023, en la gráfica se representa la meta mensual de \$2.500.000.00 y el resultado mensual en donde no se llega a la meta de ventas mensuales, como bien se sabe todas las compañías tienen como meta incrementar sus ingresos y expandir el alcance de sus productos en el mercado y con la gráfica anterior se desea conocer la situación actual de la compañía y ver el cambio una vez sea implementada la mejora.

4.2.7 Diagrama Ishikawa

Figura 22

Diagrama Ishikawa



Para el desarrollo del proyecto con respecto a la medición y recaudación de información se desarrolla una lluvia de ideas basada en el diagrama Ishikawa en donde se definen variables importantes que agregan valor a la investigación con respecto a los factores influyentes en el problema que en este caso sería el incumplimiento del plan productivo.

La lluvia de ideas arroja información de suma importancia proveniente de las personas encargadas de los procesos (Líderes y Supervisores) quienes desarrollan sus funciones en la planta de producción y son los expertos en los procesos, siendo ellos quienes conocen mejor las causas que les genera atrasos en el cumplimiento del plan se toma la acción de reunirlos y desarrollar dicha actividad.

A continuación, se procederá a desarrollar las 6 M correspondientes del Ishikawa y lo que se obtuvo de la lluvia de ideas aplicada a los líderes y supervisores:

Mano de obra: En esta sección se indica la afectación que tiene la falta de personal en el proceso ya que al no tener el personal suficiente para realizar todas las operaciones los encargados de las áreas debe priorizar según su entendimiento sea lo más urgente impactando otros centros de trabajo, por otra parte no es un secreto que la rotación del personal impacta a todas las compañías ya que las nuevas generaciones son muy cambiantes en sus trabajos y no generan estabilidad, también todo el tiempo invertido en capacitaciones para que el personal pueda operar de forma efectiva genera retrasos en el plan productivo, por último y no menos importante, todas las personas están expuestas a incapacitarse por accidentes, enfermedades entre otros y esto también genera un impacto en el seguimiento del plan productivo al no tener el personal completo para cubrir todos los requerimientos de la planta.

Materiales: En esta sección se habla de materiales relacionados a una orden de trabajo o bien a materias primas o componentes, para el caso de que no llega material en tiempo requerido hace referencia a que cuando una operación ya debe iniciar a procesar una orden en específico los materiales se encuentran aún en proceso de la operación anterior o bien procesados, pero no fueron llevados a la siguiente estación, en caso de falta de materia prima hace referencia a las operaciones iniciales de los procesos productivos en donde se da la transformación de la materia prima sean barras o tubos en números de parte específicos de la empresa y el problema viene cuando una operación requiere iniciar y no hay materia prima, esto es responsabilidad del equipo de compras de Supply Chain y genera atrasos en el proceso productivo, hablando de suministros y componentes viene siendo similar a lo anterior, en donde una operación no puede ser desarrollada a causa de que no hay algún suministro o componente requerido desde artículos simples hasta delicados como piedras de afilado, tapas, coolant, alcohol entre otros.

Método: En la variable método del Ishikawa los encargados resaltan la necesidad de definir claramente los métodos de transporte y también los responsables de los mismos ya que expresan que se dificulta pasar material de un edificio a otro al Tegra Medical tener dos edificios de manufactura pero no están cerca uno de otro y por otra parte al no tener definidos responsables para mover el producto u horas establecidas, el producto en ocasiones es procesado y no es llevado a la siguiente operación generando atrasos en el cumplimiento del plan y mudas de esperas.

Maquinaria: En cuanto a maquinaria el equipo de producción solicita a Supply Chain planear reduciendo la mayor cantidad de ajustes de maquina por cambio de un producto a otro, esto para evitar ajustes de máquina y producir de forma más efectiva, por otra parte al ser los procedimientos de Tegra Medical basados en máquinas y manufactura sabemos que los equipos pueden fallar en cualquier momento, esto genera impacto en el seguimiento del plan y dependerá del tiempo de reacción del departamento de mantenimiento o bien dependerá de la gravedad de la situación de la máquina, por último los líderes y supervisores indican la necesidad de que los mantenimientos preventivos sean programados ya que en la actualidad los técnicos detienen el equipo y generan atrasos en la producción para dar el mantenimiento preventivo a los equipos, estos mantenimientos son conversados con líderes pero deberían estar en el plan productivo calendarizados.

Medidas: El cumplimiento al plan productivo se mide por medio del sistema interno de la empresa el cual debería ser actualizado de forma diaria por los líderes de los procesos sin embargo esto no ocurre así y en ocasiones cuando se corre el reporte de la adherencia al plan puede darse que hayan operaciones que ya han sido corridas pero el sistema no ha sido

actualizado, esto genera que el reporte no esté reflejando la realidad dando información del incumplimiento errónea y bajos porcentajes de adherencia al plan.

Medio ambiente: Tegra Medical cuenta con dos fábricas ubicadas en la zona franca Global Park, ambos edificios cuentan con procesos de manufactura para diferentes números de parte y operaciones, en ocasiones algunos productos son fabricados en la planta CR1 y deben ser transportados a la planta CR2 y acá es donde el factor climático se vuelve importante ya que el material es transportado en carretillos para material y si el clima es lluvioso el material debe ser transportado por el departamento de bodega en el camión de la empresa, sin embargo, la disponibilidad es condicionada por la cantidad de material a trasladar y esto genera de igual forma mudas de materiales en espera de ser transportados y mudas de transporte de materiales de un edificio a otro.

4.2.8 Cinco ¿Por qué? y análisis multi-voto. // Cualitativo

Como parte del análisis cualitativo para el desarrollo de los datos se decide realizar un análisis cinco ¿Por qué? a los líderes y supervisores encargados de las diferentes áreas de los procesos de manufactura, en donde en conjunto se nombran las cinco principales razones del por qué se da el incumplimiento del plan productivo.

El tamaño de la muestra para la aplicación del cinco ¿Por qué? es de catorce personas entre ellas se encuentran diez líderes de las diferentes áreas de la empresa Tegra Medical y cuatro supervisores de producción, se analizaron en conjunto las cinco razones principales del impacto en el incumplimiento del plan productivo y se realiza el análisis multi-voto en donde se les indica a cada una de las personas que deben asignar un valor de 1 a 5 a cada una de las variables según consideren sea de mayor importancia, donde 1 es menos importante y 5 es la de mayor relevancia, esto sin repetir el dato numérico en diferentes opciones.

A continuación, se mostrará la evidencia del análisis realizado:

Figura 23

Aplicación de Multi Voto

Tamaño muestra	Líderes / Supervisores	Turno	1 ¿Por qué? Falta de Mat	2 ¿Por qué? Falta personal	3 ¿Por qué? Falta Mat Prima	4 ¿Por qué? Equipo detenido	5 ¿Por qué? Falta de suministros o componentes
1	Líder Secundarias	B	5	4	2	1	3
2	Líder Laser	A	5	4	1	3	2
3	Líder Secundarias	A	5	4	1	3	2
4	Líder Laser	B	2	3	1	5	4
5	Líder Swiss	A	5	2	1	4	3
6	Líder Laser Cut	A	3	4	5	2	1
7	Líder Laser Cut	B	3	4	5	2	1
8	Líder Grinding	B	2	4	5	3	1
9	Líder Erosionado	A	5	3	2	4	1
10	Líder Moldeo	A	5	1	4	3	2
11	Supervisor CR1	A	4	5	1	3	2
12	Supervisor CR2	A	4	5	3	2	1
13	Supervisor CR1 y CR2	B	5	4	1	3	2
14	Supervisor de Moldeo	A	5	2	1	3	4
Sumatoria			58	49	33	41	29

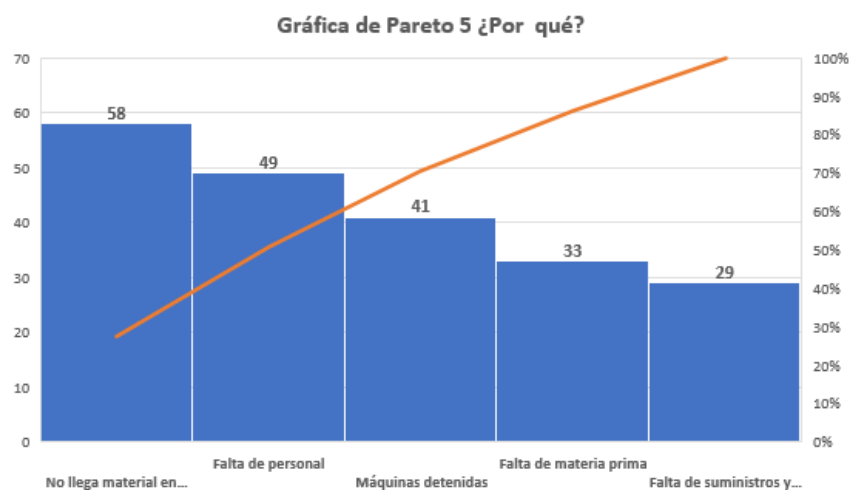
Figura 24

Análisis ABC Multi-Voto

	5 ¿por qué?	Valor	Impacto	% acumulado	Analisis A/B/C
1	No llega material en tiempo requerido	58	28%	28%	A
2	Falta de personal	49	23%	51%	A
3	Máquinas detenidas	41	20%	70%	A
4	Falta de materia prima	33	16%	86%	B
5	Falta de suministros y componentes	29	14%	100%	C
Sumatoria		210	100%		

Figura 25

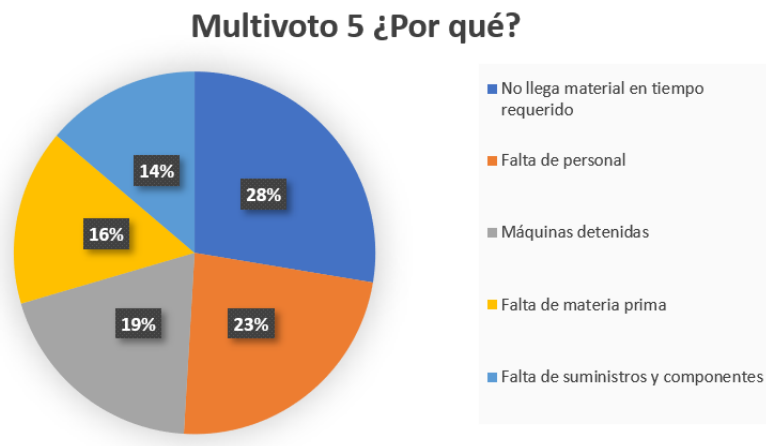
Gráfica de Pareto Cinco ¿Por qué? Multi-Voto



De acuerdo con el resultado obtenido del cinco ¿Por qué? aplicado al personal de producción se proceden a utilizar herramientas ingenieriles para identificar las causas de mayor impacto, las herramientas utilizadas fueron el Análisis ABC y Diagrama Pareto para el análisis de la información recolectada donde se observa que la opción (No llega material en tiempo requerido) representa el mayor impacto en la afectación del cumplimiento del plan productivo siendo esta la base de enfoque para el desarrollo de la propuesta de mejora.

Figura 26

Gráfica de pastel Multi Voto



De acuerdo con lo anterior interpretando los datos recopilados se puede determinar que un 28% de la muestra indica que el material no llega en tiempo requerido a la operación de trabajo, un 23% indica que no cuentan con el personal suficiente para cubrir el requerimiento de las áreas, un 19% de la muestra seleccionó que las principales causas son por máquinas detenidas en los procesos, un 16% por falta de materia prima en operaciones iniciales del proceso y por último un 14% por falta de suministros o componentes.

4.2.9 Lean Manufacturing.

Basado en la filosofía Lean Manufacturing para la mejora continua, se obtiene que, de la información recopilada anteriormente en el proceso para el cumplimiento del plan productivo se tienen mudas de espera las cuales ocasionan atrasos de las operaciones siendo una de las principales causas que el material no llega a tiempo a la operación requerida, esto debido a mudas de espera donde el material es retenido posterior a un proceso y no es llevado a la operación siguiente en tiempo requerido y por otra parte mudas de transporte donde el material debe viajar largas distancias para llegar a las siguientes operaciones donde el factor clima es

importante en el impacto de este atraso al tener que mover un producto de una planta a otra. En búsqueda de la mejora continua del proceso se obtiene que el seguimiento de los productos, la asignación de responsabilidades y el buen entendimiento del plan productivo que brinda el departamento de planeación es de suma importancia para que las ordenes lleguen en tiempo requerido y de la mano aumentar el porcentaje de adherencia al plan junto con las ventas de la compañía.

4.3 Conclusiones de la situación actual.

En relación con lo anterior y con base a los análisis realizados de los diferentes datos recopilados de la investigación se pueden definir los siguientes hallazgos como los de principal impacto para que se dé el incumplimiento del plan productivo en la empresa Tegra Medical CR.

- 1- Acorde a lo anterior se considera que el seguimiento de los procesos es de suma importancia para evitar las mudas de espera en donde el producto se procesa, pero es retenido y no es llevado a la siguiente operación, es importante establecer responsables para esta tarea y que esto en conjunto con el buen entendimiento del plan se pueda mejorar el flujo del proceso y aumentar el porcentaje de adherencia al plan productivo.
- 2- La falta de personal es otro de los factores que afecta el seguimiento del plan productivo, ya que al no tener el personal suficiente los líderes deben priorizar con los colaboradores que tienen para mover el producto y esto genera impactos negativos en el cumplimiento del plan.
- 3- Por otra parte, las mudas de transporte impactan considerablemente, ya que el material debe viajar largas distancias para llegar a las operaciones siguientes, esto requiere movimientos excesivos del producto y mucho desplazamiento de personal para llevar el producto de un lugar a otro y adicional a esto el factor climático influye al no permitir

que el producto pueda transportarse de un edificio a otro si el clima se encuentra en malas condiciones y hace a este proceso dependiente del uso del camión para el transporte de materiales, causando que el material no llega a la operación en tiempo requerido.

- 4- Por último, se puede determinar que la principal causa del incumplimiento de la adherencia al plan productivo es debido a que el material no llega a las estaciones de trabajo en tiempo requerido, el departamento de planeación realiza el plan proyectado a futuro según los requerimientos internos de la compañía en componentes o bien productos de venta, sin embargo, la falta de entendimiento del plan puede generar impacto negativo en el seguimiento de las operaciones al provocar atrasos en diferentes procesos. Se considera que la falta de capacitación para la concientización, seguimiento, entendimiento y control del plan productivo es la principal causa del impacto negativo y esto trae consigo impacto en ventas, por tanto, se considera esta la causa raíz del problema sobre el incumplimiento del plan productivo y es el punto de enfoque para el desarrollo de la implementación.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Implementación de la solución.

5.1.1 Situación.

El presente capítulo del proyecto hace referencia a la etapa de implementar y controlar de la metodología DMAIC, en esta etapa es donde se desarrollará toda la información relacionada a la implementación de acuerdo con la información recolectada en el capítulo anterior. Se definirán las acciones aplicadas a la mejora en la empresa Tegra Medical con su debido análisis financiero el cual justificará la aplicación de este y demostrará la mejora presente en el proyecto en términos de ganancias para la compañía.

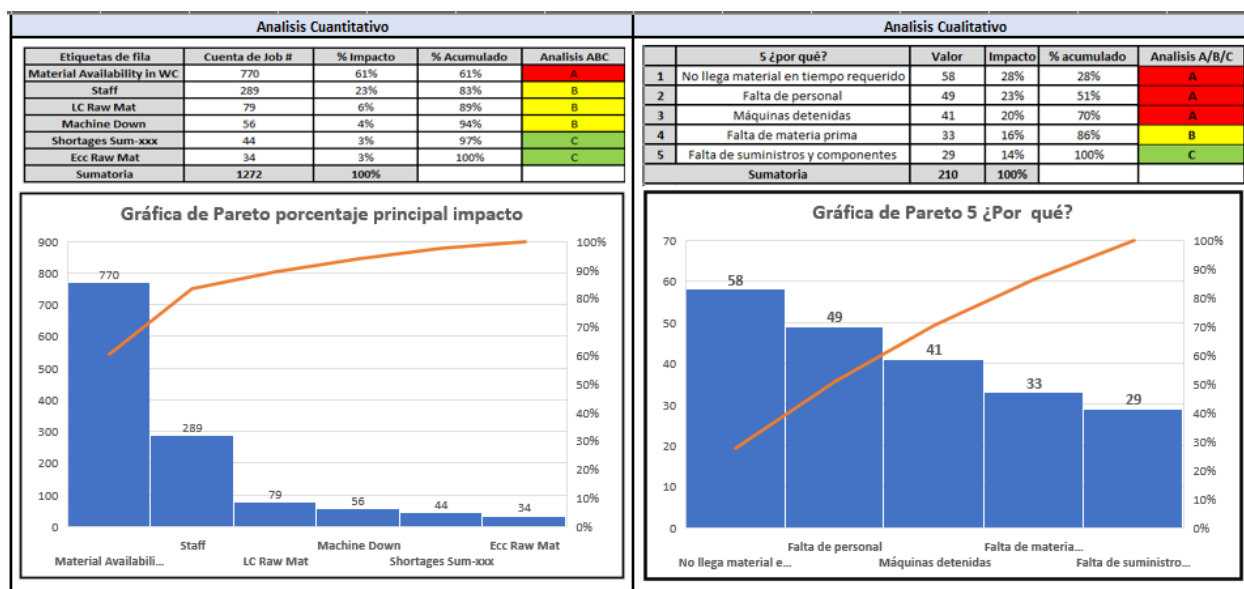
Tegra Medical cuenta con productos los cuales pasan por diferentes procesos de manufactura para ser terminados y los atrasos en el plan productivo generan un efecto en cadena en donde si una operación se atrasa o no sigue el plan productivo la afectación se presentará en todas las operaciones siguientes.

5.1.2 Implementación 1.

Dado lo anterior, el enfoque de la implementación está basada en los datos obtenidos de las principales causas, ya que al realizar el análisis de los datos se obtiene como resultado que la información que proviene del sistema concuerda con la información que brindan los expertos de las áreas, a continuación se mostrará una tabla resumen donde se puede observar la información recolectada del sistema y de los cinco por qué en donde la principal razón que encabeza el análisis es (Material Availability) la cual los líderes expresan como (No llega material en tiempo requerido).

Figura 27

Resumen comparativo datos Cualitativos y Cuantitativos



Como bien se menciona y se ejemplifica en el resumen de las gráficas anteriores, la principal causa del incumplimiento ocasiona que los líderes de cada área interrumpa el seguimiento del plan productivo para correr algún otro producto que no es urgente, o bien, se generan máquinas detenidas en espera de que llegue la orden que debe ser procesada, esta causa viene siendo debido al mal seguimiento del plan en otras operaciones, donde los líderes de las áreas corren otros productos al no tener claro el cómo dar seguimiento al plan y poco conocimiento sobre las implicaciones que tiene la falta de cumplimiento del plan productivo.

Por lo tanto, la implementación se desarrollará con capacitaciones las cuales permitirán la concientización para el seguimiento, entendimiento y control del plan productivo en donde los líderes y supervisores comprendan la importancia e impacto del seguimiento del plan productivo y se apeguen al mismo.

Se brindan charlas y capacitaciones a los expertos de las áreas sobre cómo hacer uso de la herramienta en PDF brindada a cada una de las áreas en donde se indica el orden cronológico del plan productivo, se les explica sobre el impacto que tiene la falta de seguimiento de una orden sobre otras operaciones, lo cual genera máquinas y personas detenidas así mismo se busca llevarlos a entender el impacto monetario que presenta el incumplimiento del plan en las ventas de la compañía.

5.1.3 Implementación 2.

Durante otra sesión con los supervisores y las gerencias en búsqueda de aumentar el porcentaje de adherencia al plan productivo, se implementa y desarrollan equipos de trabajo para dar seguimiento a los productos clave de la compañía, dichos grupos se nombran Value Stream Team en donde mediante un análisis ABC se definen los principales 3 productos para la compañía y se asignan equipos al seguimiento de las líneas de producción de estos productos, se asigna un VST a cada producto conformado por, líderes, supervisores, ingenieros y planeadores. El fin de estos VST es programar en conjunto reuniones para el seguimiento en donde se definen roles y responsabilidades, así como también, se buscan deficiencias en los procesos los cuales deben ser atacados por el departamento de ingeniería o por el departamento de producción, mejoras en el plan que debe corregir el departamento de planeación basada en acuerdos con el equipo y así en conjunto dar un mejor flujo y seguimiento de los procesos de la empresa mejorando de la mano la adherencia al plan productivo y las ventas para la empresa Tegra Medical CR.

A continuación, se evidencia el análisis ABC desarrollado a los diferentes productos de la empresa Tegra Medical.

Figura 28

Análisis ABC principales productos

Part_Number	Sumatoria demanda	Precio / Unidad	Demanda	D. Acumulado	% D. Acumulado	Zona	%
Producto 1	133000	\$ 5.94	\$ 790,020.00	\$ 790,020.00	35.26%	A	78.06%
Producto 2	77500	\$ 5.10	\$ 395,250.00	\$1,185,270.00	52.90%	A	
Producto 3	90000	\$ 3.92	\$ 352,800.00	\$1,538,070.00	68.64%	A	
Producto 4	47434	\$ 4.45	\$ 211,081.30	\$1,749,151.30	78.06%	A	
Producto 5	32500	\$ 5.08	\$ 165,100.00	\$1,914,251.30	85.43%	B	16.54%
Producto 6	36250	\$ 4.45	\$ 161,312.50	\$2,075,563.80	92.63%	B	
Producto 7	11250	\$ 3.92	\$ 44,100.00	\$2,119,663.80	94.60%	B	
Producto 8	8750	\$ 4.40	\$ 38,500.00	\$2,158,163.80	96.31%	C	5.40%
Producto 9	6250	\$ 4.45	\$ 27,812.50	\$2,185,976.30	97.56%	C	
Producto 10	5067	\$ 5.08	\$ 25,740.36	\$2,211,716.66	98.70%	C	
Producto 11	2500	\$ 5.08	\$ 12,700.00	\$2,224,416.66	99.27%	C	
Producto 12	2500	\$ 4.57	\$ 11,425.00	\$2,235,841.66	99.78%	C	
Producto 13	1250	\$ 3.92	\$ 4,900.00	\$2,240,741.66	100.00%	C	
Total	454251		\$2,240,741.66				100.00%

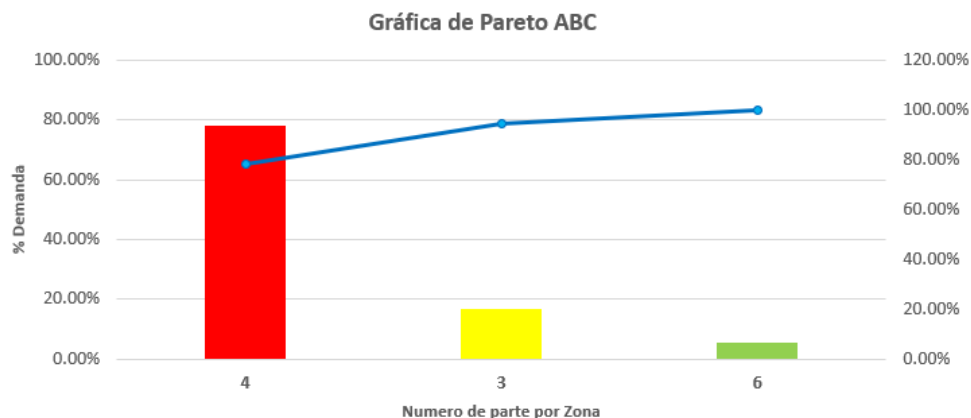
Figura 29

Resumen de resultados sobre el ABC

	Zona	Número de elementos	% números de parte	% acumulado	% Demanda	% demanda acumulada
0 - 80\$	A	4	30.77%	30.77%	78.06%	78.06%
80% - 95%	B	3	23.08%	53.85%	16.54%	94.60%
95% - 100%	C	6	46.15%	100.00%	5.40%	100.00%
	Total	13	100.00%		100.00%	

Figura 30

Gráfica de Pareto análisis ABC



Por confidencialidad de la empresa se modifican los nombres de los productos, sin embargo, cabe resaltar que los datos fueron extraídos directamente del sistema interno de la compañía. De acuerdo con el análisis ABC se determinan los productos de mayor relevancia de la empresa en donde se tomarán los principales 4 productos para distribuirlos en los 3 diferentes Value Stream Team, donde se clasifican de la siguiente forma:

Figura 31

Distribución del VST por producto

Distribución VST por producto	
VST	Asignación
Grupo 1	Producto 1
Grupo 2	Producto 2
Grupo 3	Producto 3 y 4

De acuerdo con la distribución de los productos se asigna el producto 1 para el grupo 1 del VST, de igual forma se procede para el grupo 2 al cual se le asigna el producto 2, en los casos anteriores la distribución es de uno a uno debido a la importancia y el peso de los principales dos productos ya que su flujo de proceso es de los más elevados y son los que representan un mayor impacto en las ganancias de la compañía, por otra parte se distribuye el producto 3 y 4 al último VST grupo 3, al ser un producto de menor peso cuyo impacto económico en la compañía es menor que los anteriores.

5.1.4 Diagrama de actividades Gantt

Figura 32

Diagrama Gantt de actividades

Diagrama Gantt / Adherencia al plan productivo															
Actividad	Duración/h	7-Feb-23	10-Feb-23	14-Feb-23	17-Feb-23	22-Feb-23	15-Mar-23	27-Mar-23	11-Apr-23	21-Apr-23	25-Apr-23	9-May-23	23-May-23	6-Jun-23	20-Jun-23
1 Gemba Walk - Area Laser	2	X													
2 Gemba Walk - Area Grinding CR-1 y CR-2	2		X												
3 Gemba Walk - Area Corte Laser	2			X											
4 Gemba Walk - Area Moldeo	2				X										
5 Gemma Walk - Area Swiss y Erocionado	2					X									
6 Reuniones con supervisores y líderes para recopilar información	2						X								
7 Reunión y capacitación Líderes y supervisores	1							X							
8 Creación de ABC principales clientes	2								X						
9 Reunión para creación de los VST para seguimiento	3									X					
10 Reuniones Bisemales de seguimiento con los 3 VST 1 h cada uno	15										X	X	X	X	X

En el Diagrama Gantt desarrollado anteriormente, se muestra la lista de actividades para las acciones que se implementaron en el proyecto para la mejora en la adherencia al plan productivo, donde se puede observar que las actividades dan inicio desde los Gemba Walk realizados a las distintas áreas productivas de Tegra Medical en conjunto con los supervisores y líderes con el fin de observar y tomar datos para el desarrollo de la implementación.

Una vez recopilada la información se procede a calendarizar una reunión con supervisores y líderes con el fin de analizar las observaciones de los Gemba Walk realizados, posterior a esta reunión entendiendo la necesidad de la falta de seguimiento de las áreas y la falta de concientización sobre el impacto que esto genera sobre la ganancia de la empresa se desarrolla una capacitación para supervisores y líderes en donde se les menciona la importancia y el impacto de este seguimiento en la mejora.

Una vez el personal ha sido capacitado y orientado hacia la necesidad de dar seguimiento a las distintas operaciones, se procede a realizar el análisis ABC de los principales 4 clientes para posteriormente asignarlos a los Value Stream Team que se crearon y con los equipos de trabajo

definidos se procede a calendarizar y ejecutar reuniones de seguimiento para la medición y evaluación de los resultados.

5.1.5 Análisis de resultados sobre la implementación.

Ventas:

Una vez realizadas las diferentes etapas de la mejora para el proyecto en desarrollo se procese a la recaudación de la información con el fin de identificar si la implementación generó resultados positivos para la empresa Tegra Medical ya que el fin del presente proyecto es el aumento de la adherencia al plan productivo y de la mano el aumento de las ventas para la compañía.

De acuerdo a la base de datos interna de la compañía la información recopilada sobre ventas muestra el siguiente resultado, en donde se considera de enero a abril el periodo de recaudación de información y desarrollo de la implementación, posteriormente de mayo a junio la implementación realizada al proyecto de incremento de la adherencia al plan productivo.

Figura 33

Ventas Mensuales 2023 con implementación



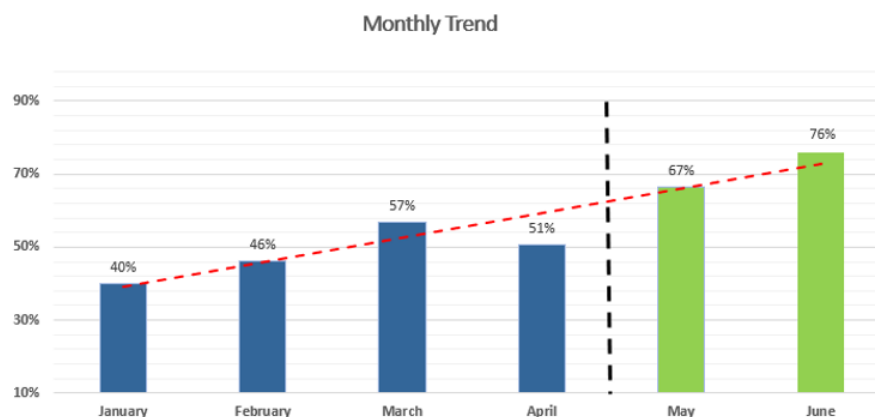
La figura 33 muestra el resultado obtenido de la implementación sobre las ventas mensuales de la empresa Tegra Medical CR, en donde, se toma como base el promedio de enero a abril siendo igual a \$2,009,696.19 en ventas y posterior a la implementación se toma como resultado el promedio en ventas para los meses de mayo y junio siendo igual a \$2,346,480.02, por tanto, teniendo en cuenta los resultados obtenidos posterior al periodo de implementación se puede evidenciar que en promedio hubo un incremento de aproximadamente \$336,783.82 esto es equivalente a un incremento en promedio del 13% en las ventas mensuales de la compañía y adicional se puede determinar que la gráfica presenta una tendencia a la alta en donde se espera con el seguimiento y control del proyecto llegar a alcanzar en un futuro la meta interna de la compañía.

Se toma como porcentaje de ganancia neta un 15% sobre el promedio mensual de ventas de \$336,783.82, por lo tanto, la ganancia neta es de \$50,517.57 por mes, este dato se considera en el flujo de neto de efectivo que se analizará en el punto 5.1.6.

Adherencia al Plan productivo Mensual.

Figura 34

Tendencia de adherencia al plan con implementación

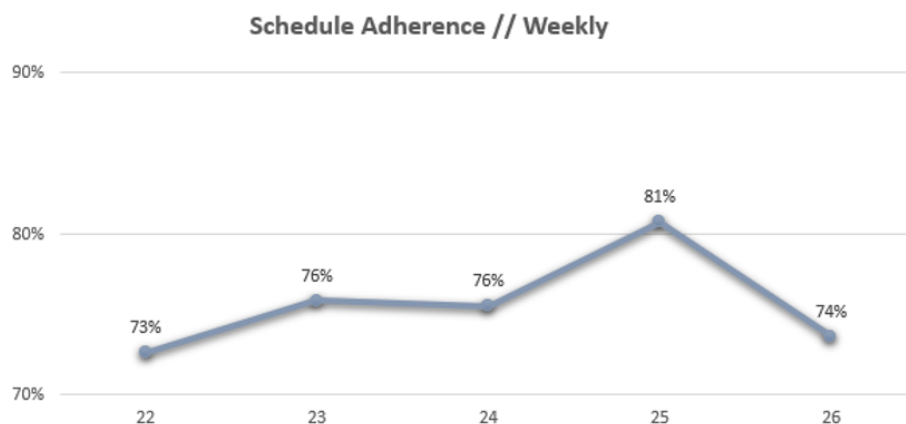


Posterior a la implementación y al seguimiento que se le ha realizado a los principales productos de la empresa Tegra Medical con los diferentes equipos de los Value Stream Team, se obtiene la siguiente gráfica de tendencia mensual para el cumplimiento del plan productivo en donde se puede observar como la gráfica presenta una tendencia en incremento la cual pasa de un promedio de 48% mensual en los primeros cuatro meses a un 71% del cumplimiento del plan productivo posterior a la implementación en los meses de mayo y junio, esto significa un incremento de un 23% en el cumplimiento lo cual repercute directamente en las ventas de la compañía como se mencionó en la gráfica anterior de ventas mensuales.

Tendencia Semanal de la adherencia al plan.

Figura 35

Tendencia semanal de la adherencia al plan con implementación

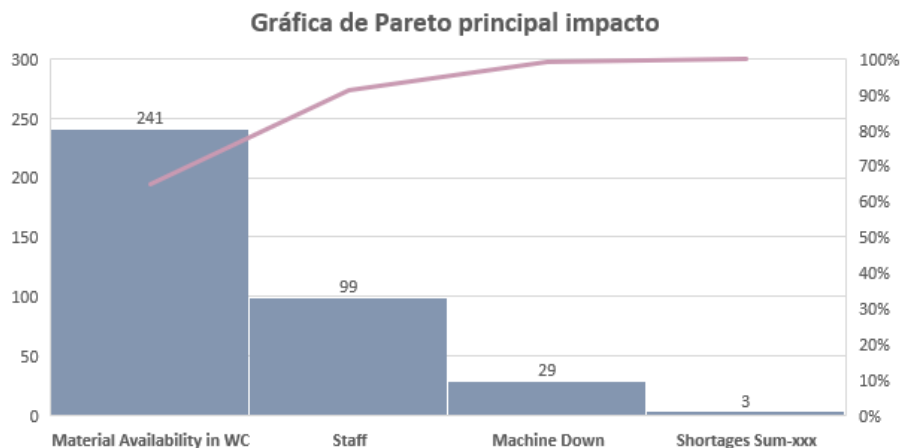


En la figura 35 se evidencia el resultado para las semanas calendario correspondientes al mes de junio en donde se observa como la gráfica permanece en un porcentaje de cumplimiento del plan productivo sobre el 70%, la meta interna seteada por los diferentes equipos Value Stream Team es llevar esta gráfica de control a los 90% del cumplimiento y seguir con la mejora continua en los resultados de la empresa Tegra Medical CR.

Pareto Principal impacto

Figura 36

Gráfica de Pareto principal impacto con implementación



Posterior a la implementación se genera nuevamente el Pareto para identificar las principales causas que siguen presentándose para el incumplimiento del plan productivo en donde se observa que la opción disponibilidad de material representa la principal causa del impacto, esto es parte de la mejora continua de la ingeniería industrial en donde poco a poco se van atacando puntos de mejora para optimizar los resultados deseados, los Value Stream Team son parte de la mejora desarrollada y su función es continuar con el seguimiento del plan productivo atacando factores que afecten a esta métrica y llevando a la empresa Tegra al incremento en sus resultados disminuyendo esta variable.

5.1.6 Análisis Costo Beneficio de la implementación.

De acuerdo con la implementación realizada se procede a desarrollar el análisis costo beneficio en donde se evidencia el costo que representa la inversión contra las ganancias obtenidas. Para el desarrollo de la investigación del presente proyecto fueron necesarios la inversión de horas Ingeniero para la planeación, organización, dirección y control del proyecto en desarrollo.

Cabe resaltar que la información para el cálculo de la hora ingeniero fue recuperada de un sitio web (Tusalario.org/CostaRica, 2023) esto por apego a la confidencialidad la empresa Tegra Medical.

A continuación, se detalla a modo resumen de la información utilizada para el análisis costo beneficio:

Figura 37

Datos para análisis costo beneficio Excel.

Inversión // Datos		cantidad	
Horas para el Gantt	Horas dedicadas a las actividades del Gantt	33	
Duración de proyecto	Meses	6	
Cálculo en semanas	Tiempo en semanas	25,98	
Horas semana	Horas dedicadas por semana	40	
Hrs * Semana	Semanas x Hrs por semana	1039,2	
Cantidad de recursos	20 personas	20	20784
h semana + hrs gantt	Total hrs dedicadas + horas de actividades Gantt	1072,2	
Total Horas		21856,2	
Inversión en dinero		Colones	Dolares
Tipo de cambio		₡ 535,44	\$ 1,00
Cargas Sociales	Porcentaje de cargas sociales 44%	₡ 2 210,56	\$ 4,13
Hora Ingeniero		₡ 5 024,00	\$ 9,38
Hora lng + cargas sociales		₡ 7 234,56	\$ 13,51
Inversión total	H lng * Hrs Invertidas	₡ 158 119 990,27	\$ 295 308,51

Figura 38

Análisis VAN y TIR sobre implementación.

Flujos de efectivo				
Año	Flujo de efectivo	Acumulado	VAN	Tasa costo capital
0	\$ (295 308,51)		\$3 129 918,16	12%
1	\$ 606 210,88	\$ 606 210,88		
2	\$ 606 210,88	\$ 1 212 421,76		
3	\$ 606 210,88	\$ 1 818 632,64		
4	\$ 606 210,88	\$ 2 424 843,52		
5	\$ 606 210,88	\$ 3 031 054,40		
6	\$ 606 210,88	\$ 3 637 265,28		
7	\$ 606 210,88	\$ 4 243 476,16		
8	\$ 606 210,88	\$ 4 849 687,04		
9	\$ 606 210,88	\$ 5 455 897,92		
10	\$ 606 210,88	\$ 6 062 108,81		

Se considera una ganancia constante debido a que no se tiene una referencia de cuánto puede incrementar mes a mes.

Figura 39

Resumen de resultados Ganancias promedio, VAN, TIR y Periodo de recuperación.

Ganancia 13%	\$336 783,82	Ganancia promedio por mes posterior a la implementación
G.Neta.Mensual	\$50 517,57	Estimado en 15% neto sobre ventas
VAN	\$3 129 918,16	VAN > 0 es aceptable
TIR	205%	TIR > r es aceptable
P.Recuperación	0,49	Años

Los datos del análisis financiero para identificar si el proyecto es viable indican que el Valor Actual Neto (VAN) representa un monto mayor a 0 y superior a la inversión por tanto se considera que es un proyecto aceptable, adicional a esto la Tasa Interna de Retorno (TIR) es superior a la tasa mínima de rentabilidad lo cual permite concluir que el proyecto tendrá una buena rentabilidad y a nivel financiero es aceptable para la compañía, posteriormente se resalta que la ganancia para el proyecto una vez iniciadas las implementaciones fue de un 13% de incremento en el promedio de las ventas de la empresa Tegra Medical CR para los meses de mayo y junio lo cual es un punto más a favor para la aceptación financiera de la implementación.

Con las horas invertidas se logra determinar la causa raíz del problema y realizar las implementaciones de capacitaciones y creación de los VST quienes son los que se encargarán de continuar con el control de la implementación.

Es importante resaltar que la mejora no radica en compra de equipos, aumento de capacidad de líneas y demás, la mejora implementada para el proyecto de incremento en la adherencia al plan productivo hace énfasis en la optimización del recurso humano con el que actualmente cuenta la empresa Tegra Medical, capacitándolos y orientándolos hacia una misma dirección la cual es incrementar el cumplimiento del plan y así mismo mejorar el flujo del proceso para que una mayor cantidad de producto llegue al final y pueda ser vendido en tiempo requerido esto

mediante los VST quienes tienen a cargo velar por el cumplimiento de los 4 principales productos de la compañía, distribuyendo tareas, atacando problemas en conjunto, recalendarizando ante algún impacto en el plan y siempre con un mismo enfoque que es la mejora continua.

5.1.7 Plan de control sobre la implementación.

Una de las etapas más importantes de todo proyecto es la etapa del Control la cual es la última etapa de la metodología DMAIC en la que se busca implementar mecanismos los cuales aseguren en el tiempo las soluciones implementadas.

Por medio de los VST creados para el monitoreo de los 4 principales productos de la empresa Tegra Medical se seguirán desarrollando reuniones bisemanales con el fin de analizar la situación de la compañía, estas reuniones son flexibles y pueden programarse de forma semanal dependiendo de la situación de algún producto o bien algún estado de urgencia, en las reuniones de los VST se analizará la información recolectada por el departamento de planeación sobre el cumplimiento del plan (ver figura 41) y el panorama para el cumplimiento de las metas mensuales así como el estado de sus productos para velar por el flujo constante de los mismos, en esta reunión se abarcarán temas con el equipo de ingeniería donde se asignarán tareas con fechas de cumplimiento las cuales se observará su estado de progreso mediante el sistema interno de la compañía con fecha límite de cumplimiento según la urgencia, (ver figura 40) esto con el fin de atacar y solventar cualquier necesidad del departamento productivo en cuanto a defectos, cuellos de botella, flujos de proceso o algunas otras observaciones que provengan del departamento de producción.

Además, durante las reuniones de los VST se asignarán roles y responsabilidades del seguimiento para mantener el flujo del proceso evitando Mudras de espera y desperdicios. Por

Figura 41

Dash Board (Resumen de los resultados para el control de la implementación)



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con base en la investigación realizada y los hallazgos obtenidos de la misma, se llega a las siguientes conclusiones:

- A través del DMAIC se logró determinar que las principales causas del incumplimiento del plan son la no disponibilidad del material en tiempo requerido, falta de personal, máquinas detenidas y falta de suministros o componentes.
- Mediante la aplicación del análisis cuantitativo de bases de datos de la empresa y un multi-voto realizado con los encargados del departamento productivo se logró definir que el proyecto se enfocaría en la disponibilidad de material en tiempo requerido (Material Availavility) como causa raíz de la problemática.
- Por otra parte, mediante la aplicación de la metodología Gemba Walk se concluye que la falta de concientización, capacitación, orientación y entendimiento de las herramientas internas de la compañía para el seguimiento del producto son los factores que influyen en la causa raíz del problema mencionado en el punto anterior.
- Por consiguiente, se desarrollaron dos implementaciones, la primera hace énfasis en la capacitación sobre las herramientas para el seguimiento del plan productivo, concientización y entendimiento del impacto económico que el incumplimiento representa, la segunda implementación se basó en la creación de los Value Stream Team para el seguimiento y control periódico en reuniones donde se van a monitorear los principales cuatro productos de la empresa Tegra Medical definidos mediante un análisis ABC.
- El análisis comparativo previo y posterior a la implementación evidenció un incremento promedio del 13% significando esto una ganancia de \$336,783.82, un aumento en la

adherencia del plan productivo del 23%, todo lo anterior para los meses de mayo y junio 2023 dando resultados positivos sobre la meta inicial.

- Por último, se concluye que el proyecto es aceptable ya que presenta una buena rentabilidad obteniendo un valor actual neto (VAN) de \$3 129 918,16 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 205% en un análisis realizado a un periodo de 10 años donde se obtiene un Periodo de recuperación de 0.49 años con una inversión de \$295 308,51 dando el proyecto en conformidad con los objetivos planteados.

6.2 Recomendaciones.

Basado en el aprendizaje adquirido con el proyecto desarrollado se recomienda a la empresa

Tegra Medical lo siguiente:

- Asegurarse de que el personal a cargo de los procesos productivos, líderes y supervisores estén capacitados sobre las herramientas de planeación y seguimiento para los productos de la empresa.
- Definir roles y responsabilidades claras a todo el nuevo personal en cuanto al seguimiento del producto para mantener un flujo de proceso constante evitando desperdicios por esperas.
- Realizar análisis periódicos ABC para los principales clientes de la empresa ya que esto puede cambiar con el tiempo y así enfocar las fuerzas de los Value Stream Team en los productos de mayor impacto para la compañía.
- Mantener las reuniones de los VST para seguimiento y control de los productos y una buena comunicación entre departamentos de la compañía así de forma grupal entender las dolencias y la dirección del negocio para enfocar las fuerzas de trabajo.
- Por último, se recomienda trabajar en equipo dirigidos hacia la mejora continua.

Figura 42

Trabajo en equipo



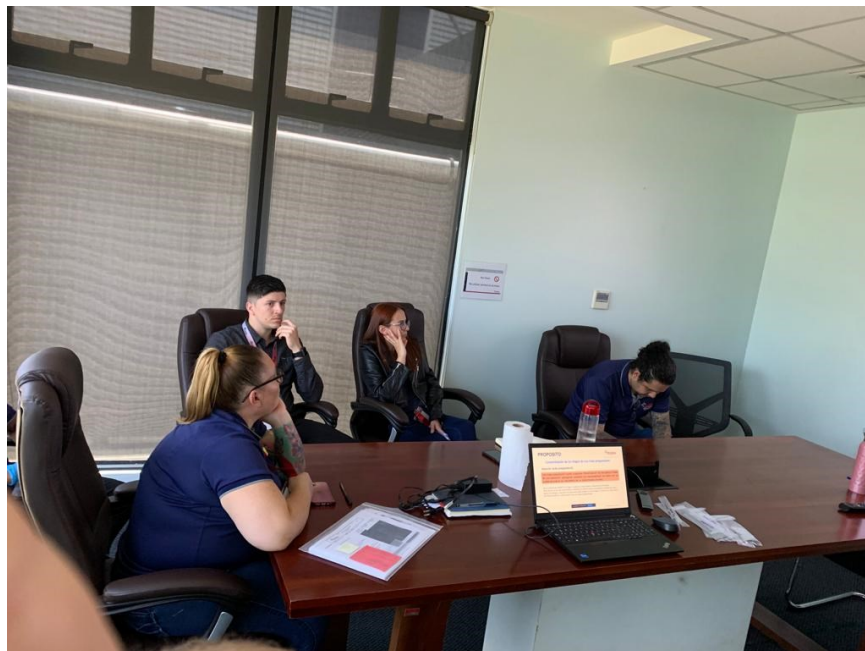
BIBLIOGRAFIA

- Alfaro Camacho, R. A. (12 de Septiembre de 2021). *Biblioteca Digital UH*. Obtenido de <http://13.87.204.143/xmlui/handle/123456789/6876>
- Araya Venegas , K., & Gonzáles Cordoba , A. (2021). *Repositorio.utn*. Obtenido de <https://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/20.500.13077/749/ANALISIS%20DEL%20SISTEMA%20LOGISTICO.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Arrieta Pérez, A. Z. (Noviembre de 2017). *Biblioteca Digital UH* . Obtenido de <http://13.87.204.143/xmlui/handle/cenit/2529>
- Borrego, A. (Junio de 2012). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81624969002.pdf>
- Caba Villalobos, N., Chamorro Altahona, O., & Fontalvo Herrera, T. J. (27 de Abril de 2011). *Gestión de la producción y Operaciones*. Obtenido de https://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55847.pdf
- Calatayud, A., & Katz, R. (Octubre de 2019). *Inter-American Development Bank*. Obtenido de https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Cadena_de_suministro_4.0_Mejores_pr%C3%A1cticas_internacionales_y_hoja_de_ruta_para_Am%C3%A9rica_Latina_es.pdf
- Chavez, J. H. (2012). *elibro*. Obtenido de <https://elibro-net-uh.knimbus.com/es/ereader/bibliouh/68279>
- Chilon Rojas , B. P. (2018). *Repositorio.ucv*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28761/Chilon_RBP.pdf?sequence=1
- Espejo Martinez, L. D. (2019). *PLAN DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y GESTIÓN OPERATIVA PARA NACIONAL DE CORTES S.A.S*. Obtenido de <https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1630/PLAN%20DE%20MEJORAMIENTO%20DEL%20PROCESO%20DE%20PRODUCCION%20Y%20GESTION%20OPERATIVA%20NC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Etecé, E. (6 de Febrero de 2023). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/produccion/>
- García Erazo, A. C. (Febrero de 2020). *Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20729>
- Garza Ríos, R. (Diciembre de 2016). *Revista de Metodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>
- Lobo Mussio, S. D. (16 de Marzo de 2020). *Biblioteca Digital UH*. Obtenido de <http://13.87.204.143/xmlui/handle/123456789/6526>

- Lobo Mussio, S. D. (Marzo de 2021). *Biblioteca Digital UH*. Obtenido de <http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/123456789/6526/IND-0864.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Monge Vilquez, M. A. (2018). *Kerwa*. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/77118/Tesis%20Marco%20Monge%20Vilchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Murillo, J. J. (2021). *TFG_Ulatina*. Obtenido de https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1577/1/TFG_Ulatina_Juan_Mendez_Murillo_20150230277.pdf
- Pinargote Chóez, J., & Conforme Cedeño, G. (Octubre de 2020). *LA GESTIÓN DE PROYECTOS DESDE LA FORMACIÓN DE EQUIPOS, GESTIÓN DE CAMBIOS Y LA PLANIFICACIÓN MEDIANTE LOS DIAGRAMAS DE GANTT*. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2020/10/LA-GESTION-DE-PROYECTOS-DESDE-LA-FORMACION-DE-EQUIPOS-GESTION-DE-CAMBIOS-Y-LA-PLANIFICACION-MEDIANTE-LOS-DIAGRAMAS-DE-GANTT.pdf>
- Ramos, Y. (Mayo de 2021). *Economía y Empresa*. Obtenido de <https://yelitzaramos.files.wordpress.com/2021/05/el-diagrama-de-ishikawa.pdf>
- Rodriguez, J. (11 de Julio de 2022). *Diagrama de Pareto: Qué es, para qué sirve, cómo hacerlo y ejemplos*. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/sales/como-hacer-diagrama-pareto#:~:text=El%20diagrama%20de%20Pareto%20es,del%2020%20%25%20de%20las%20causas>
- Solano Vallecillo, W. (Septiembre de 2019). *Biblioteca Digital UH*. Obtenido de <http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/cenit/5622/IND%20-%2000680.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tusalarario.org/CostaRica. (2023). *TUSALARARIO.ORG*. Obtenido de <https://tusalarario.org/costarica/tu-salario/reporte-de-salarios/el-salario-por-hora-para-ingenieros-industriales-y-de-produccion-sin-experiencia-es-de-20a12-812-a-20a15-024#:~:text=%E2%82%A15%20024-,El%20salario%20por%20hora%20para%20ingenieros%20industria>
- Vera Cubas, S. G. (16 de Julio de 2018). *Tesis.usat*. Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1371/1/TL_VeraCubasSharon.pdf
- Wong Rivas , J. E. (Setiembre de 2019). *Biblioteca Digital UH*. Obtenido de <http://13.87.204.143/xmlui/bitstream/handle/cenit/6148/IND-0732.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1



Anexo 2



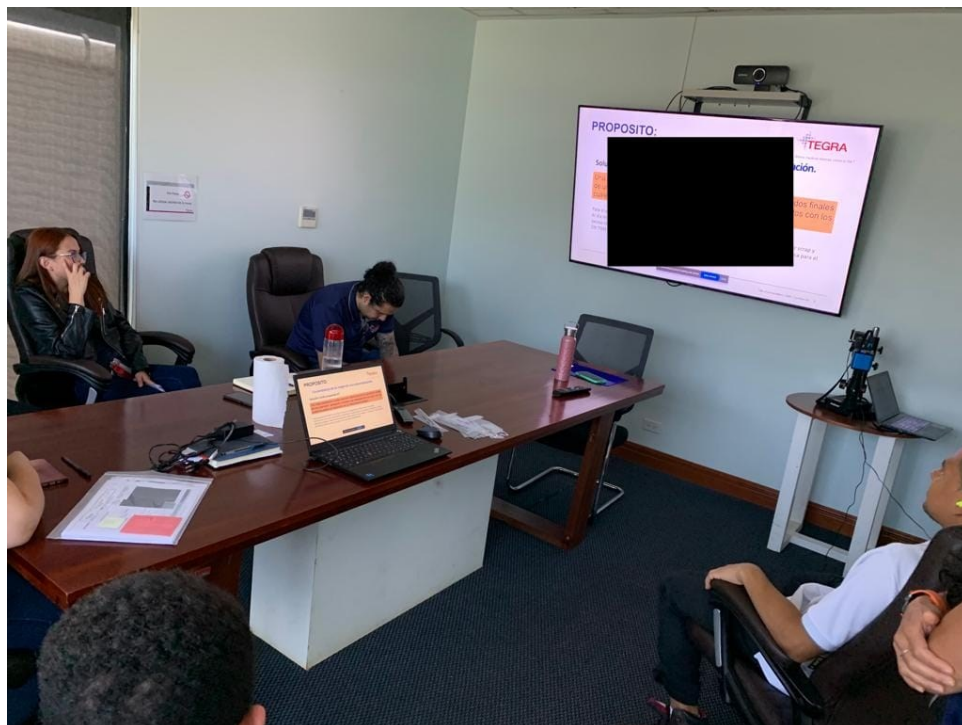
Anexo 3



Anexo 4



Anexo 5



Anexo 6



Anexo 7

Carta de confidencialidad.



SOLUTIONS = SPEED = SERVICE

A QUIEN INTERESE

Agosto 23, 2023

Señores
Universidad Hispanoamericana
Presente

Estimados señores

Por este medio Tegra Medical le comunica que el señor Jean Carlo Castillo Calderón se encuentra con nosotros realizando su proyecto universitario para optar por su título de licenciatura en la carrera de Ingeniería Industrial, sin embargo, por políticas de la empresa el estudiante tiene ciertas limitantes. Debido a que la empresa está situada en Zona Franca, y nos dedicamos a realizar dispositivos médicos para diferentes empresas por ende todos los datos, procesos, materiales, formulas, instructivos y demás documentos son totalmente confidenciales, por lo que el estudiante Jean Carlo no puede extraer información o exponer de forma táctica este tipo de información en presentaciones o informes.

Cualquier información adicional estamos para servirles.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "F. Solis", enclosed within a large, loopy oval shape.

Freddy Solis
Supply Chain Manager
Tegra Medical Where medical devices come to life.
Global Park # 602, La Aurora de Heredia, Costa Rica
Tel.4070-0999 ext. 734 Cel. 83022866
fsolis@tegramedical.com
www.tegramedical.com

A member of SFS

Anexo 8

Carta de conformidad.



SOLUTIONS = SPEED = SERVICE

A QUIEN INTERESE

Agosto 23, 2023

Señores
Universidad Hispanoamericana
Presente

La presente es para informarle que el señor Jean Carlo Castillo Calderón, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial portador de la cédula de identidad 1-1667-0717 realizó su proyecto de Tesis llamado Incremento de la adherencia del plan productivo en la empresa Tegra Medical CR en un tiempo definido de enero a junio 2023, por este medio se indica la conformidad con los resultados obtenidos de este proyecto.

Cualquier información adicional estamos para servirles.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "FS Solis", enclosed within a hand-drawn oval.

Freddy Solis
Supply Chain Manager
Tegra Medical Where medical devices come to life.
Global Park # 602, La Aurora de Heredia, Costa Rica
Tel.4070-0999 ext. 734 Cel. 83022866
fsolis@tegramedical.com
www.tegramedical.com

A member of SFS