



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE CALIDAD, MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA, PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE UNA EMPRESA DE ARTES GRÁFICAS, TRUJILLO 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Karla Mariajose Viteri Vitteri

Bach. Diego Manuel Sanchez Perez

Asesor:

Ing. Teodoro Alberto Geldres Marchena

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

A mi gran equipo, mi familia, por el apoyo incondicional y la fuerza necesaria en cada momento de mi vida.

A mi angelito en el cielo que partió hace 4 años y guía mis pasos día a día desde entonces. Por ser luz en sus años aquí en la tierra, transmitiéndome su fuerza, ternura y bondad. A mi Susanita.

Mariajosé Viteri.

AGRADECIMIENTO

En primer a lugar a Dios, por tenerme en sus planes y darme sabiduría para entender sus momentos perfectos y por cuidarme y guiarme en las adversidades.

A mis padres Antonio y Lesslie por el esfuerzo y sacrificio al haberme dado la oportunidad de cumplir mis metas aquí y en el extranjero.

Mi profundo agradecimiento a mis hermanos Antonio, Brissia y Mariapaula por ser mi motor y motivo para continuar adelante y no desistir.

A mis segundos papás Cesar, Isabel, Susana y Manuel por creer en mí y mostrarme su apoyo en todo momento.

Mariajosé Viteri.

DEDICATORIA

A mis padres, Manuel y Soledad, por apoyarme siempre, por brindarme su confianza y su constante apoyo a lo largo de mi vida, ambos son mi más grande ejemplo.

A mi hermano Daniel, por ser mi compañero y una motivación inmensa para seguir adelante.

A mi abuelo Carlos y padrino Calin, que desde el cielo sé que estarán orgullosos de cada logro que obtenga.

A mí abuelita Ana y mis tías, por acogerme y ayudarme siempre que lo necesito. Dedico este logro también a Sofi por sus palabras de aliento, su compañía y apoyo incondicional.

Diego Sánchez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Todopoderoso por guiar mis pasos, por permitirme ver siempre una luz de esperanza cuando más lo necesito, por cuidarme y cuidar a todos mis seres queridos que han sido el soporte más importante en esta etapa universitaria.

Agradezco a mis padres, Manuel y Soledad, por su amor y apoyo incondicional, por ser los principales motores de mis sueños, por cada día confiar y creer en mí, por sus consejos e inculcarme valores que me guían a través de la vida.

A mi hermano Daniel por sus palabras de aliento, por ser mi chochera, mi motivación para no rendirme y mi soporte siempre que lo necesito.

Agradezco a mis hermanas, Lizet, Sandra y Karina por ayudarme siempre que pudieron.

Y a mi familia en general por ser mi más grande fortaleza para seguir adelante.

Agradezco a Sofi por haberme acompañado siempre y a todos mis amigos por hacer de esta etapa universitaria un periodo de mi vida muy ameno, divertido y lleno de buenas anécdotas que quedarán grabadas en mí a lo largo de mi vida.

Finalmente agradezco a mi alma mater, Universidad Privada del Norte, y a mis formadores, excelentes profesionales, que debido a sus enseñanzas y consejos me ayudaron a alcanzar este objetivo.

Diego Sánchez.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
RESUMEN	IX
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.1.1. Antecedentes.....	9
1.2. Formulación del problema	28
1.3. Objetivos	28
1.4. Hipótesis	28
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	29
2.1. Tipo de investigación	29
2.2. Población y Muestra	29
2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos.....	29
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	32
2.5. Procedimiento.....	33
Evaluación Económica y Financiera	73
Aspectos Éticos.....	75
CAPÍTULO III. RESULTADOS	76
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	79
4.1. Discusión	79
4.2. Conclusiones	82
REFERENCIAS	83
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	29
Tabla 2. Instrumentos y métodos de procesamiento de datos	32
Tabla 3. Operacionalización de variables	34
Tabla 4. FODA de la empresa	36
Tabla 5. Priorización por impacto económico	41
Tabla 6. Matriz de indicadores	42
Tabla 7. MTTR y MTBF de impresora Mimaki	44
Tabla 8. MTTR y MTBF de laminadora	45
Tabla 9. Resumen de MTTR y MTBF	46
Tabla 10. Monetización de pérdidas	46
Tabla 11. Cálculo p-value para la serie de datos	49
Tabla 12. Estadística de ventas 2018	58
Tabla 13. Estadística de ventas 2019	58
Tabla 14. Índice de estacionalidad	59
Tabla 15. Evaluación del pronóstico estacional 2020	60
Tabla 16. Estadística de ventas 2020	62
Tabla 17. Ventas 2020 con pronóstico estacional	62
Tabla 18. Plan agregado de producción	63
Tabla 19. Plan Maestro de producción	63
Tabla 20. Maestro de materiales	63
Tabla 21. Plan maestro de producción 2020	65
Tabla 22. Órdenes de abastecimiento	65
Tabla 23. Resumen de indicadores de mantenimiento	66
Tabla 24. Matriz AMFE del rodillo alimentador	68
Tabla 25. Priorización de causas potenciales por riesgo	71
Tabla 26. Hoja de decisiones de mantenimiento preventivo	72
Tabla 27. Flujo de caja proyectado	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación de la Inversión Publicitaria 2020	3
Figura 2. Gasto en publicidad proyectada para 2021	3
Figura 3. Control estadístico del proceso de impresión	15
Figura 4. Control de calidad de la impresión.....	16
Figura 5. Matriz AMFE de diseño	22
Figura 6. Procedimiento de investigación	33
Figura 7. Organigrama.....	35
Figura 8. Layout actual	35
Figura 9. Mapa de procesos.....	37
Figura 10. Diagrama de operaciones actual.....	37
Figura 11. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa del área de Calidad	38
Figura 12. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa del área de Mantenimiento	39
Figura 13. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa del área de Logística	40
Figura 14. Pareto de causas raíz de la problemática	41
Figura 15. Logotipo Google con código CMYK	50
Figura 16. Carta Pantone	51
Figura 17. Cálculo de Delta-e mediante software	52
Figura 18. Control estadístico de calidad de color en producción.....	53
Figura 19. Gráfica de control de Delta-E	54
Figura 20. Paleta de colores general.....	54
Figura 21. Paleta CMYK pág I.....	55
Figura 22. Tendencia de la demanda	59
Figura 23. Comportamiento de la señal de rastreo	61
Figura 24. Disminución pérdida CR5 Rotura de Stock.....	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Publicidad exterior elaborada por la empresa para el Mall Aventura Trujillo.....	86
Anexo 2. Costeo de vinil laminado 2 x 4m (8m ²).....	87
Anexo 3. Costeo de vinil laminado 2 x 4m (8m ²).....	88
Anexo 4. Costeo de vinil laminado 2 x 4m (8m ²).....	89
Anexo 5. Costeo de vinil laminado 2 x 4m (8m ²).....	90
Anexo 6. Costeo de vinil laminado 2 x 4m (8m ²).....	92

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general aplicar la propuesta de mejora en la gestión de calidad, mantenimiento y logística de una empresa fabricante de artes gráficas mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial para el incremento de rentabilidad, ya sean por falta de control estadístico, rotura de stock y falta de mantenimiento preventivo.

Planteado el problema, objetivos, hipótesis y variables, se hizo uso de la gestión de calidad, mantenimiento y logística, en el cual se aplicaron herramientas como control estadístico de calidad, asistido con equipos de verificación de especificaciones, pronósticos de producción, MRP y Plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad, dichas propuestas de mejora se aplicaron a cada una de las causas raíz que presentaba la empresa mediante el diagrama Ishikawa, enfocándose en las que tienen mayor impacto en la rentabilidad de la empresa con un total de 3.

Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de herramientas de ingeniería industrial lo que permitió eliminar o disminuir actividades que no generaban valor alguno para la empresa ocasionando insatisfacción en el cliente. Implementando dichas mejoras, se obtendría una ganancia total de S/25,564. El VAN fue S/4,446. El TIR, 62.99%; El Beneficio-Costo 1.71 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 6 meses. Estos indicadores demuestran la conveniencia de la propuesta.

Palabras clave: calidad, mantenimiento, logística, rentabilidad y artes gráficas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Aunque pareciera que la publicidad llegó con la invención de los medios de comunicación tradicionales como la prensa, la radio o la televisión, hay evidencias que hace 3.000 años en la Antigua Mesopotamia ya existía.

Ya en la época faraónica, los mercaderes egipcios realizaban una incipiente promoción de ventas inscribiendo mensajes en piedras que colocaban en los caminos de acceso a la ciudad. Mucho más tarde, se popularizaron los anuncios pintados.

En las ciudades del Imperio romano se reservaban espacios donde colocar murales decorados para este mismo propósito. En las ruinas de Pompeya se han encontrado diversos carteles anunciadores de comercios. Por otra parte, en la antigua Grecia se mostraban anuncios de los juegos olímpicos colocados en las paredes exteriores del estadio (Muriel, 2018)

La publicidad trata de una serie de estrategias que permiten ofertar y dar a conocer las bondades y ventajas de consumir un producto, bien o servicio de alguna empresa en concreto.

Sus objetivos son diversos, como, por ejemplo, que la sociedad conozca un producto, promocionarlo, hacer que este tenga un lugar de preferencia entre el público, dar a conocer su nueva imagen y la importancia de la publicidad radica en que es un pilar importante para la economía de un país. Cabe destacar que términos como publicidad y propaganda, si bien son similares, no significan lo mismo, pues el segundo se refiere a la promoción de una causa de manera subjetiva o parcial (Martínez, A.)

Si se le preguntase a un consumidor qué marca cree que es la que invierte más en publicidad en todo el mundo, posiblemente acabaría dando nombres de marcas de distribución. Quizás

acaben indicando el nombre de Coca-Cola o de alguna cadena de comida rápida. Quizás se acaben decantando por algún gigante de la ropa deportiva, como Nike o Adidas. Sin embargo, ninguno de ellos tendrá razón. El principal anunciante del mundo, la compañía que más dinero gasta en publicidad, es ya Amazon.

Amazon se ha convertido en el mayor anunciante de todo el mundo, como concluyen en *Campaign*, gracias a una inversión anual muy elevada en publicidad. Los costes publicitarios con los que cerró su último año fiscal, y que acaba de publicar en sus datos a inversores, hablan ya de una inversión en anuncios de 11.000 millones de dólares. La cifra supone una subida de un 34% interanual. El crecimiento del gasto en publicidad es también superior en el crecimiento que logra en ventas (Redacción, 2020)

En el reporte *Market Report* (2018), de la Compañía peruana de Estudios de Mercado y Opinión Pública, se comenta que “La publicidad puede ser impresa, que se realiza en cualquier medio impreso, ya sean periódicos, revistas o folletos”.

También puede ser online, a través de internet. Emplea banners insertados en un sitio web, anuncios en el buscador que aparecen cuando los usuarios hacen una determinada búsqueda o anuncios en las redes sociales.

La publicidad radial que hace anuncios en las pausas publicitarias de los programas de radio.

La publicidad televisiva es uno de los medios favoritos de las empresas para anunciarse. Tiene un gran alcance, y permite anuncios de impacto que combinan imagen y sonido.

Y, por último, existe la publicidad exterior, que aparece en lugares públicos. Los elementos publicitarios más habituales son paneles, carteles, vallas publicitarias, rótulos luminosos, banderolas, marquesinas, etc.

En el siguiente gráfico de la Compañía de estudios de mercado y opinión pública S.A., podemos que un importante 9.5% pertenece a la inversión en publicidad exterior.

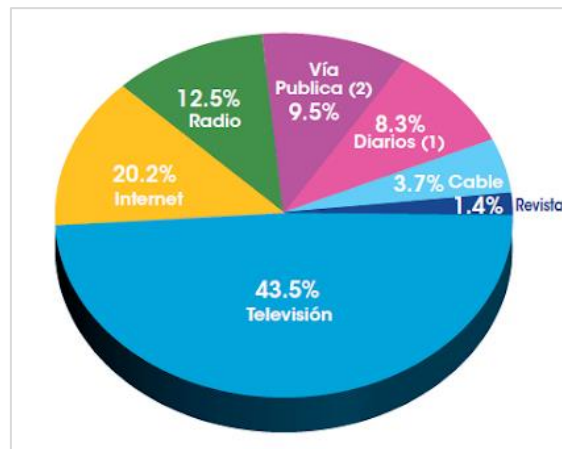


Figura 1. Participación de la Inversión Publicitaria 2020

Fuente: Compañía Peruana de Estudios de Mercados y Opinión Pública S.A.C.

La proyección de la inversión en publicidad, por medio, en el año 2021, sería de la siguiente manera.

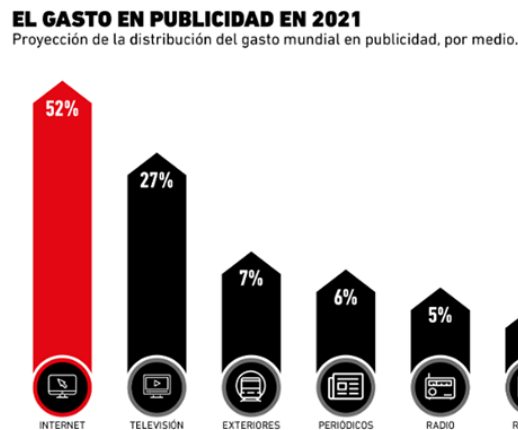


Figura 2. Gasto en publicidad proyectada para 2021

Fuente : solucionespm.com

En la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad, está ubicada la empresa de creatividad, diseño y publicidad gráfica, en la que se realiza esta tesis.

Su especialidad es la rotulación digital; *stickers* publicitarios e informativos; diseños corporativos; señalización y cartelería; letreros luminosos e iluminados; rotulación de vehículos y letras corporativas en 3D, con leds o neón.

Las impresiones de banners tienen como base o sustrato una lona de algodón de 1.20 metros a 3.20 metros, con otras medidas intermedias. El largo es 50 metros. Se usa este material por ser muy resistente a la intemperie y se emplea generalmente para colocarlos en paneles, con fines de propaganda comercial o política.

Las dimensiones más usuales son 7.2 metros de altura por 14.4 metros de largo, aunque varían mucho, según el criterio o preferencias de los clientes. Se colocan adosadas a estructuras metálicas, sobre los techos de edificios o a un costado de las carreteras. El gramaje es variado. El que usa la empresa es 13 onzas/m² o 368.5 g/m²

Las impresiones en vinil se hacen sobre un sustrato autoadhesivo en formatos de 1.05 o 1.50 metros por, hasta 50 metros, que es el largo del rollo. Pueden ser de uso industrial; de alta definición o de acabado sencillo.

Para ambos casos, la impresión se hace por secciones, si el diseño lo exige y luego se unen por traslape pegado o termo sellado, para conformar el diseño completo.

Según el gerente de la empresa, el 70% de su facturación ha procedido de las impresiones en vinil. Para este material la empresa tiene tres impresoras.

- Impresora Mimaki: Para productos industriales con alta resolución. Estos vinilos son solicitados por fábricas y minas principalmente, para comunicar sus protocolos para afrontar la actual pandemia de covid-19.
- Impresora Juman: Para producir avisos sencillos, rápidos y económicos con baja resolución, generalmente solicitados por establecimientos comerciales, que buscan promocionar sus ventas. Estuvo parada todo el año, por falta de demanda.

- Impresora Rolan: se empleó para apoyar en casos de apuro en eventualidades.
- Laminadora *Guangzhou*: Superpone un vinil transparente sobre el vinil impreso, para preservarlo y darle más consistencia. El acabado es superior.

Las impresoras *Mimaki* y Rolan, tienen una capacidad, según catálogo de 12 M²/Hora en *high definition*.

Las fallas mecánicas solo se registran, pero no se gestionan. Las reparaciones mecánicas, las hace el mismo operario de máquina, específicamente a los sistemas de ingreso y salida de vinil a la impresora y a la mesa de secado. Estos componentes requieren acciones preventivas, que frecuentemente se obvian y como consecuencia de ello, hay paralizaciones para ajustar la velocidad de los rodillos o la tensión de la lámina, para corregir arrugas o secado deficiente, previo a su enrollado.

El mantenimiento electrónico al cabezal, lo da un técnico certificado externo, quien acude cada seis meses en forma ordinaria y/o cuando fuesen requeridos sus servicios. Esta unidad, funciona correctamente y salvo algunas paralizaciones para limpiar las boquillas de tinta, cuando el sistema automático que lo hace, no funcionó bien, normalmente no para, en forma no programada.

Se ha calculado que el tiempo medio de reparaciones MTTR es 6 horas, el MTBF es 344 horas.

Además, la disponibilidad combinada de las 2 máquinas que trabajan en línea, es de 96%, que es bastante buena, pero, aun así, ha motivado que no se puedan aceptar pedidos de 108 vinilos de 4 x 8, por no poder cumplir oportunamente con ellos. La confiabilidad combinada del mantenimiento es de 87%.

El año 2020, la empresa operó de lunes a viernes, reservando el sábado para limpieza y planeamiento de producción y preparación de los artes que se utilizarán durante la semana. En total, dispuso de 2000 horas.

De acuerdo a la disponibilidad determinada, dejó de percibir una ganancia de S/7,763 en las 72 horas que la maquinaria no estuvo operativa.

Respecto a la calidad de la impresión, los operarios la cuidan calibrando los colores de las máquinas antes de cualquier tiraje de impresión. Además, los insumos y materiales que se emplean son de primera categoría.

Las impresoras cuentan con el *Rip Software and color management*, que permite crear la mejor amplitud de color del plotter, logrando colores correctos, que no viran y sin desperdiciar tinta, ya que los perfiles le indican a este, cuanta tinta se necesita según el material.

Si el cliente pide un color en especial, esta herramienta lo encontrará. Además, determina cuánto cuesta un trabajo antes de imprimirlo. Esta herramienta calcula cuanto gasto habrá de tintas y de papel según el archivo a imprimir.

A lo largo de la producción se suscitan algunas variaciones graduales, que pueden terminar desviándose de las especificaciones iniciales significativamente, y que no son detectadas oportunamente, pues el control del proceso no es estadístico y además muy empírico.

Las tintas usadas en el proceso de impresión son traslúcidas, no opacas, por lo que, en las impresiones, se superponen, sumando sus colores. El *software RIP management*, regula la impresora de acuerdo a las características de color establecidas, pero no se está verificando estadísticamente, usando gráficas de control ni herramientas, como el colorímetro, que mide exactamente el color que se está logrando y permite hacer

correctivos rápidos, eliminando sesgos por diferencias de capacidad visual de las personas o de la cantidad de luz del recinto.

Los registros de la empresa, muestran que en año 2020 ascendieron las devoluciones ascendieron al 2.8% de lo solicitado. Se rechazaron 72 vinilos impresos por diferencia en el tono, respecto a lo solicitado. El perjuicio fue el costo de producción total, S/12,814.

Esto sucede a pesar de tener una máquina equipada con software de control de color y que, por lo general, el inicio de la producción se da con el visto bueno del cliente, quien recibe una muestra de color.

Igualmente sucede con el inexistente control metrológico durante el proceso. El error en las dimensiones de la imagen, se puede deber a ligeros ajustes en el formateo que hace el operario y que a veces determina que no cumpla las expectativas o estándares del cliente.

Por ejemplo, cuando el logo queda ubicado fuera de lo especificado por el cliente.

Este problema, se debe a la falta de capacitación y actualización de los operarios y afortunadamente, no es frecuente. Solo en siete oportunidades hubo rechazos por este motivo. Se transó con el cliente, que solo pagaría el costo de producción. El lucro cesante en la ganancia fue S/1,246.

Los materiales se compran en Lima. Los fabricantes principales son 3M de Estados Unidos y Arclad de Colombia. También se encuentran productos asiáticos, de menor costo y calidad, que suelen destinarse a productos de poca exigencia en su acabado.

El lead time es de 15 días, en promedio y los inventarios son generalmente, bastante ajustados, por seguridad. Son altamente inflamables. Además, el coste de la tinta en las impresoras es muy elevado.

Esta situación obliga a tener un planeamiento del abastecimiento muy minucioso. En la empresa esta es una debilidad que ocasionó se desestime la producción de 97 viniles de 4

x 8, con un lucro cesante en la utilidad durante el año, de S/6,960, por rotura de stock de materiales.

Esta deficiencia en algunas oportunidades trató de resolverse, cambiando inconsulta y unilateralmente, el sustrato o la tinta estándar, por otras alternativas. El cliente finalmente no aceptó esta situación y devolvió el producto, ocasionando una pérdida total, pues no fue posible reprocesarlo o darle otro uso.

Los 21 vinilos devueltos, significaron una pérdida total que ascendió a S/3,737.

Con el personal, existen dos oportunidades de mejora en particular. El ausentismo no justificado, causado aparentemente por las restricciones en el servicio público, que se dieron por la pandemia, es uno de ellos. Por esta situación, no se pudo atender ocho pedidos de último minuto, de una cadena de farmacias. El lucro cesante en la utilidad fue S/576

Por otro lado, el personal rota con frecuencia. El índice de rotación fue 8% y a pesar de que el reemplazo tiene el conocimiento técnico, desconoce los detalles propios de cada máquina y mientras adquieren la práctica, suceden algunos inconvenientes.

En algunas ocasiones se descartó vinilos impresos listos, que presentaban ligeras manchas, de un tono más pálido, por una dilución inapropiada, cuando hubo obstrucción de las tuberías de tinta, por incremento de viscosidad de la tinta. En este caso, la falta de experiencia del operario, para aplicar la solución adecuada, significó se rechacen seis vinilos impresos. El perjuicio económico fue S/1,068

En la página web *infocapitalhumano.com*, comenta la presidenta ejecutiva de DBM Perú, que en este nivel de rotación no solo se debe al avance de la economía nacional, sino también a que los sueldos en el mercado laboral se encuentran atrasados desde hace mucho tiempo y ante el surgimiento de una mejor oferta salarial no dudan en aceptar.

1.1.1. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Ruiz, Correa, John. “Implementación del colorímetro como estándar de calidad para la tela teñida en Tincol S.A.S”. (2020). Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería Medellín, Colombia.

Uno de los problemas más habituales de la tela teñida terminada es que el tono final obtenido en el proceso no es el tono deseado por el cliente, esto se debe a una gran diversidad de factores como insuficiencia o exceso de los colorantes requeridos, relaciones de baño inadecuadas en el proceso, curvas de teñido mal diseñadas, daños o condiciones especiales de la máquina que realiza el teñido, entre otras.

Para prevenir que la tela terminada llegue a los clientes con este problema se han desarrollado varios puntos de control de calidad para corregir los problemas que se presentaban en la tela debido a tono equivocado o desviación del tono. Para ello se hacen chequeos visuales durante varios puntos del proceso de teñido, cuando se ha terminado el teñido y después de darle las condiciones de acabado. Pero estos controles han sido ineficaces debido a que la inspección visual es subjetiva al observador que la realice.

En el caso de Tincol S.A.S este problema fue de tal magnitud que el porcentaje de devoluciones a causa de tono desviado represento alrededor del 60 % de las devoluciones totales en los meses de febrero a abril del 2019, para corregir este problema se propuso un proyecto en el cual se cuantificaron las desviaciones de tono con ayuda del colorímetro que cuenta el laboratorio de la empresa para mejorar la calidad de la tela terminada en el área de producción.

Con este proyecto se mejoraron los criterios de calidad de la empresa, para ello se planteó una clasificación de los criterios a partir de las tolerancias permitidas por los clientes.

Además, se propuso un proceso de matizados en marcha utilizando el colorímetro, con el cual se espera que a partir del protocolo que se planteó, el cual sustenta la base para futuros proyectos, ya que solo se deberán alimentar los colorantes y las fórmulas de tintura para automatizar el proceso de matizado y así, obtener la cantidad de cada colorante para realizarlo.

Aguilar Rivera José Enrique. “Desarrollo de un software aplicado al control de procesos en la tintura de tejido jersey en algodón con colorantes reactivos” (2020). Universidad Técnica del Norte, Ecuador. En el siguiente escrito se presenta una propuesta frente a la problemática identificada dentro de la producción textil, el contexto es el proceso de tintura por agotamiento de tejidos de algodón con colorantes reactivos, en las pequeñas empresas textiles no se cuenta con sistemas de control automatizado que ayuden a supervisar de manera correcta dicho proceso, debido a que en muchas de las fábricas no hay un protocolo que facilite su dirección, una de las causas es mantener el registro de recetas y variables importantes para la tintura en cuadernos o en hojas que se pueden extraviar con facilidad y monopolizar su ejecución. El proyecto en mención realizó la investigación, desarrollo y aplicación de un software de control de procesos, fundamentado en la prevención y cuidado de los procesos de tintorería que permita garantizar la calidad del tejido una vez culminado el proceso de producción. Durante este proyecto se identificó, seleccionó y estudió las variables que son críticas en el proceso de tintorería como por el ejemplo el ph entre subproceso y subproceso, tiempo de proceso, hoja de consumo de químicos, auxiliares y cantidad de kilos producidos al mes, para posteriormente incluirlos dentro del software, el cual es una ayuda para poder cumplir con los requerimientos mensuales que la empresa necesite y mejore la toma de decisiones. Si bien los resultados significativos de un sistema de control de procesos se obtienen en

el mediano y largo plazo, el presente trabajo expone la aplicación práctica del software, de tal manera que en corto tiempo se constituya una estructura sólida que permita mayor control y mejores niveles de calidad.

Antecedentes Nacionales

Huamaní Sánchez, F. “Calidad de servicio y la satisfacción del cliente de la Imprenta Niko E.I.R.L. (2019). Universidad César Vallejo, sede Callao.

Se recomienda instaurar entre su personal la filosofía de la calidad total, buscando con esto reducir los niveles de insatisfacción que presenta un sector importante de sus clientes, puesto que la calidad de servicio y la satisfacción del cliente son percepciones que parten de valoraciones subjetivas. No existen los clientes 100% cautivos e Imprenta Niko E.I.R.L. cometería un error si se arriesgara a perder la preferencia que aún tiene.

Similarmente se recomienda capacitar constantemente a su personal sobre el uso de sus equipos y maquinarias, y los tipos de servicios que si pueden brindar sin riesgo de incumplir las demandas del cliente. Sus trabajadores deben conocer al detalle las necesidades de su público y saber qué es aquello que si pueden ofrecer para satisfacerlo. Igualmente se recomienda informar constantemente a sus clientes de la tecnología moderna de sus equipos, software y del instrumental que le permite brindar un servicio más depurado y especializado en cuanto a diversidad de formatos, calidad de impresiones, gama de colores, etcétera. Esto podrá convencerlos de la calidad técnica que la empresa pone a su disposición.

Pinedo Chapa, Joely Mireilli . “Propuesta de un modelo de pronósticos de demanda y gestión de inventarios para la planeación de demanda en prendas de vestir juvenil”. (2018). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) “Se concluyó que usar métodos de pronósticos cuantitativos son más asertivos al método que realiza la empresa.

Los métodos actuales son generales y basados en lo que el área comercial crea vender, sin embargo, no se analiza la venta histórica por línea. La experiencia de los compradores les permite reconocer las fechas de campaña o de eventos picos de la demanda sobre cada línea de producto. El método de Holt-Winters permite un ahorro de S/. 6,000,000 para la temporada PV 2018.

Utilizar la clasificación ABC a los inventarios es una herramienta que permite conocer al detalle las líneas de producto que maneja y saber cuáles son las principales, con esta información de los productos permite darle prioridad al manejo de inventario necesario para la temporada.

En síntesis, se recomienda la implementación del uso de esta herramienta para cada temporada, ya que las líneas principales hacen el 80% de la venta de la temporada en ejecución.

Se establece el uso del método estadístico de Holt-Winters; ya que considera nivel, tendencia y estacionalidad de la demanda, la cual se ha observado en las 4 líneas principales. Este método de pronóstico tiene la ventaja de ser fácil de adaptar fácilmente información disponible actualizada. • El método de Holt-Winters realiza un triple suavizado exponencial, el cual es necesario calibrar la información mediante tres índices alfa, beta y gamma, los cuales varían entre 0 y 1.

Antecedentes Locales

Vargas y Enriques (2020) en su tesis titulada “Propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad para incrementar la rentabilidad de aportes Multigráficos para el Perú SAC” presentada en la Universidad Privada del Norte el tipo de investigación es aplicada Población son todos los procesos de la empresa y la muestra son los procesos de producción y calidad. Observación entrevista, análisis de documentos, encuesta a los

colaboradores del área de producción. Concluyen en que la gestión de producción y logística de la empresa impacta positivamente en la rentabilidad, incrementándola en 2%, si se aplican herramientas de la ingeniería industrial como el método Kanban para mejorar el planeamiento de la producción, y se adquieren instrumentos para el control de calidad colorimétrico y en el acabado como el densitómetro, el higrómetro, el potenciómetro y el micrómetro.

González Corvera, Zoraida. “Propuesta de mejora en el área de operaciones para reducir los costos operacionales de la empresa imprenta editora gráfica real S.A.C”. (2020) . Universidad Privada del Norte, sede Trujillo. La propuesta de mejora en el área de operaciones dio un impacto positivo sobre los costos operacionales de la empresa Imprenta Editora Gráfica Real S.A.C.

Mediante el diagnóstico se determina que son 3 las causas raíces que generan sobrecostos en el área de operaciones de la empresa Imprenta Editora Gráfica Real S.A.C.

Se realizan las propuestas de mejora en el área de operaciones de la empresa Imprenta Editora Gráfica Real S.A.C, siendo éstas ; un Sistema de Gestión de Proveedores para tener mayor control de los recursos utilizados; un Plan de 5S, básico para mantener el orden y limpieza en las distintas zonas de trabajo con el fin de minimizar tiempos de búsqueda de los implementos; y finalmente, un Plan de Mantenimiento Preventivo, con el cual se busca llevar de mejor manera la trazabilidad de información referente al área y actuar sobre los puntos críticos generadores de paradas de producción.

1.1.2. Bases Teóricas

Control Estadístico de Procesos.

El Control Estadístico de Procesos también conocido como SPC por sus siglas en inglés de Statistical Process Control, es la aplicación de técnicas estadísticas para determinar si el resultado de un proceso concuerda con el diseño del producto o servicio correspondiente (Carro y González, 2012). Las herramientas conocidas como gráficas de control se usan en el SPC para detectar la elaboración de productos o servicios defectuoso; o bien, para indicar que el proceso de producción se ha modificado y los productos o servicios se desviarán de sus respectivas especificaciones de diseño, a menos que se tomen medidas para corregir esa situación. El Control Estadístico también suele utilizarse con el propósito de informar a la gerencia sobre los cambios introducidos en los procesos que hayan repercutido favorablemente en la producción resultante de dichos procesos.

Gráficas de control.

Como se mencionó, permiten conocer si hay desviaciones en los procesos. De acuerdo a lo señalado por Montgomery (2005), pueden ser:

- Gráficas de control por atributos. Existen tres cartas de control para atributos. La primera de ellas se relaciona con la fracción disconforme o de productos defectuoso y se llama la carta de control para la fracción disconforme, o carta p. en algunas situaciones es más conveniente trabajar con el número de defectos o disconformidades observadas que usar la fracción disconforme. El segundo tipo de carta de control que se estudia, llamada la carta de control de disconformidades, o carta c está diseñada para tratar este caso. Por último, se presenta la carta de control para disconformidad por unidad, o carta u, que es útil en

situaciones en las que el número promedio de disconformidades por unidad es una base más conveniente para controlar el proceso.

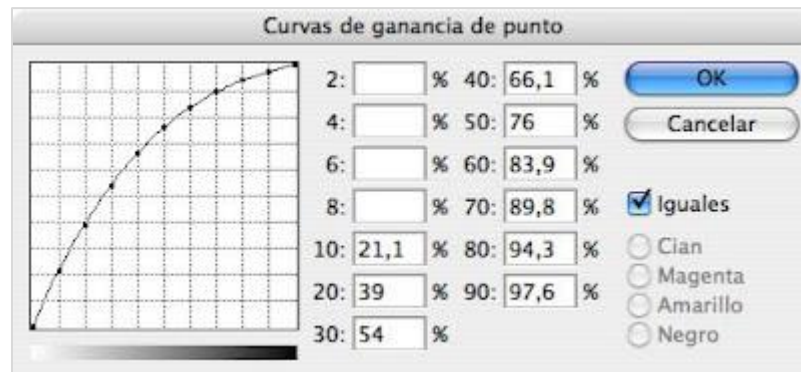


Figura 3. Control estadístico del proceso de impresión

Fuente: portalgraf.com

Para poder aplicar el gráfico de control, Ruiz-Falcó (2006) señala que el proceso ha de tener una estabilidad suficiente que permita un cierto grado de predicción. Si se está frente a un proceso caótico, no es previsible y no puede ser controlado; un proceso de este tipo debe ser estudiado mediante herramientas estadísticas avanzadas hasta que el grado de conocimiento empírico obtenido sobre el mismo permita conocer las causas de la estabilidad y se eliminen.

Calidad.

La calidad ha sido concebida de distintas maneras a lo largo del tiempo. Para la Real Academia Española (2020) este término hace referencia a una propiedad o conjunto de propiedades relacionadas a algo y que permiten juzgar su valor.

Mientras tanto, para Deming et al. (1998), calidad es el compromiso de mejora constante. Además, el autor recomienda sustituir la inspección, como medio para conseguir la calidad, por una metodología que involucre la participación y compromiso de todos.

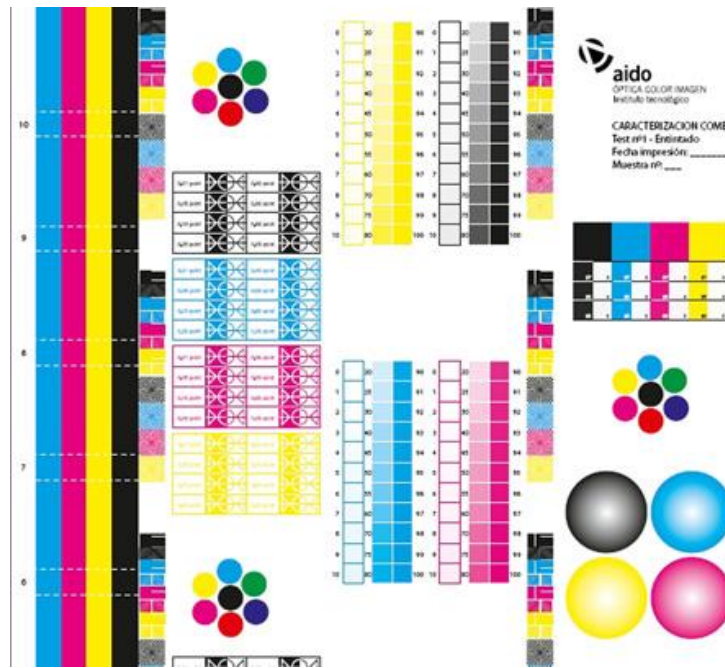


Figura 4. Control de calidad de la impresión

Fuente : interempresas.com

Por su parte, Crosby (1996) señala que para lograr la calidad es imperantemente necesario el cambio de la cultura de la propia organización para orientarla hacia la prevención del error. Desde su óptica, el cumplimiento de los requisitos era basto para afirmar que era un producto de calidad (Miranda, 2007).

Evolución de la calidad. Según señala Bounds et al. (1995), la calidad ha evolucionado en cuatro eras: la de inspección, en el siglo XIX, caracterizada por la falta de uniformidad del producto; la era de control estadístico del proceso, en la década de los treinta, enfocada al control de los procesos y la aparición de métodos estadísticos para el mismo fin y para la reducción de los niveles de inspección; la del aseguramiento de la calidad, en la década de los cincuenta, cuando surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en el diseño, planeación y ejecución de políticas de calidad; y la era de la administración estratégica de la calidad total.

Gestión de la calidad. Es el compromiso de las organizaciones para hacer bien las cosas, que por consiguiente, requiere ser aceptada por los colaboradores de todos los niveles (Atkinson, 1990). Para Herrera (2008) se puede considerar a la gestión de la calidad como el modo de dirección de una empresa que apunta a la satisfacción del cliente y al beneficio de todos los integrantes de la sociedad. Considera, además, que esta define la política de la calidad, los objetivos y las responsabilidades y las implementa por medios tales como su planificación y control a lo largo del sistema de la calidad. Operé (1995) resalta que la gestión de la calidad está en manos de cada miembro de la empresa y parte de la dirección de la misma.

Los elementos para la gestión de calidad, según afirma James (1997), son:

- Proceso, incluyendo a la organización y sus sistemas, la planificación de la calidad, dirección, control y metodología del diseño
- Auditoría, considerando su estructura, las personas que participan y las tareas que se asignen
- Tecnología, empleada tanto en la línea de producción como en el uso de la información
- Estructura organizacional, que incluye responsabilidades, comunicación y administración
- Personas, desde la construcción del equipo de trabajo, su formación, dirección, desarrollo, incentivos y refuerzos
- Tarea, que son los aspectos de la calidad y cambio.

Respecto a las funciones necesarias para la gestión de la calidad, James (1997) destaca a la planificación, organización, dirección, personal y el control. Incluye

también al análisis del entorno, la misión de la calidad, el establecimiento de la política de calidad, los objetivos estratégicos de calidad y los planes de acción de la calidad.

Control de calidad. El enfoque de control de calidad se da con el notable incremento de la capacidad de las organizaciones para producir grandes volúmenes de productos cada vez más complejos. Como su inspección al 100% resultaba más complicada y mucho más costosa, se empezó a recurrir a técnicas estadísticas basadas en el muestreo. (Miranda et al., 2007). Fue en 1924, cuando Walter Shewhart desarrolló el control estadístico de procesos y el concepto de la prevención para el control económico de la calidad de productos manufacturados. Años más tarde, Montgomery (2001) brinda un concepto sobre ingeniería de la calidad más moderno, definiéndola como inversa proporcional a la variabilidad, haciendo referencia específicamente a la variabilidad no deseada. La ingeniería de la calidad consiste en un conjunto de actividades operacionales, administrativas y de ingeniería que una organización lleva a cabo con el fin de asegurar que las características de la calidad de un producto se encuentren en los niveles nominales o requeridos. No obstante, todos los productos poseen cierta variabilidad; es más, se dice que no existe en el mercado dos productos completamente iguales (Garvin 1987).

Mantenimiento.

Holguin (2018) afirma que el mantenimiento en la actualidad engloba no solo la reparación de averías, sino también gestionar los recursos necesarios para que la gestión de mantenimiento sea eficiente. Boero (2009) señala el principal objetivo del mantenimiento es lograr la máxima disponibilidad y altos niveles de calidad,

al mínimo de costo, asegurando la seguridad del personal y el mínimo impacto negativo al medio ambiente. También refiere que los principales propósitos del mantenimiento son:

- Aumentar el buen funcionamiento de las instalaciones
- Reducir costos
- Prolongar la vida útil de los equipos
- Contribuir a mejorar la calidad
- Mejorar la seguridad del personal
- Contribuir al medio ambiente
- Evitar toda pérdida

Mantenimiento preventivo. También denominado “mantenimiento planificado”, se da antes de que ocurra la falla. Este consiste en servicios de inspección, control, conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir detectar o corregir defectos tratando de evitar fallas (Ferrén, 2005). Lo expresado implica entonces, que el mantenimiento preventivo es aquel que se realiza periódicamente para mayor vida útil de cada equipo al que se le aplique para un debido seguimiento.

Además, se afirma que está destinado a asegurar el mínimo tiempo de paros no previstos y el máximo de tiempo de funcionamiento productivo; por tanto, un programa de mantenimiento preventivo debe incluir dos actividades básicas: Inspección periódica de los equipos, con el fin de descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción; y conservación de la planta, con el fin de anular dichos

aspectos, adaptarlos o repararlos cuando se encuentren todavía en etapa incipiente.

Por su parte, Martin (2005) refiere que las ventajas de contar con un programa de mantenimiento son, entre otras:

- Progresiva disminución de las paradas imprevistas de equipos, que serán reemplazados por paradas programados.
- Notoria mejora en la eficiencia de los equipos y el nivel de producción.
- Reducción de los costos transcurrido el tiempo de estabilización del programa. Esto debido a que disminuyen las fallas repetitivas, la duplicación de reparaciones y las grandes reparaciones; mejora el control del trabajo, el nivel de confiabilidad de los equipos al programar oportunamente las fallas incipientes; y se reducen los costos de producción, los tiempos muertos y las existencias en almacén.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad. También conocido como RCM por sus siglas del inglés Reliability Centred Maintenance, es una técnica para elaborar un plan de mantenimiento en que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costos derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaban la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

El objetivo fundamental de su implantación es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios, son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento.

El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.
- Las acciones tendentes a evitar los fallos pueden ser de varios tipos:
 - Determinación de tareas de mantenimiento que evitan o reducen estas averías.
 - Mejoras y modificaciones en la instalación.
 - Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.
 - Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en planta, como una de las medidas paliativas de las consecuencias de un fallo.

- Procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.
- Planes de formación.

AMFE. El Análisis del Modo y Efecto de Fallas, es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención. El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso (Salazar, 2019).

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA
AMEF de Diseño

Componente _____ Responsable del Diseño _____ AMEF Número _____
 Ensamble _____ Preparó _____ Página _____ de _____
 Equipo de Trabajo _____ FECHA(orig) de FMEA _____ (rev.) _____

Artículo / Función	Modo Potencial de Falla	Efecto (s) Potencial (es) de falla	S e v e r i d a d	C a u s a s	Causa(s) Potencial(es) / Mecanismos de la falla	O c c u r r e n c i a	Controles de Diseño Actuales Prevención	Controles de Diseño Actuales Detección	D e t e c t a d o	R e p a r a d o	Acción (es) Recomendada (s)	Responsable y fecha objetivo de Terminación	Resultados de Acción						
													Acciones Tomadas	S e v e r i d a d	O c c u r r e n c i a	R e p a r a d o			

Figura 5. Matriz AMFE de diseño

Fuente : monograffias.com

Para Bezada y Cardenas (2013), el AMFE tiene como objetivos:

- Satisfacer al cliente
- Introducir en las empresas la filosofía de la prevención
- Identificar los modos de fallo que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, etc.
- Precisar para cada modo de fallo los medios y procedimientos de detección
- Adoptar acciones correctoras y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de fallo del producto, en diseño o proceso.

Dichos autores señalan, además, que brinda los siguientes beneficios:

- Mejora la calidad, confiabilidad y seguridad de los productos, servicios, maquinaria y procesos.
- Mejora la imagen y competitividad de la compañía.
- Mejora la satisfacción del cliente.
- Reduce el tiempo y costo en el desarrollo del producto / soporte integrado al desarrollo del producto.
- Documentos y acciones de seguimiento tomadas para reducir los riesgos.
- Reduce las inquietudes por Garantías probables.
- Integración con las técnicas de Diseño para Manufactura y Ensamble.

Indicadores de mantenimiento. Es posible identificar, dentro de los procesos de mantenimiento, cuatro grupos de indicadores: generales, de impacto, de planeamiento y otros (Ayesta, 2020). Entre los generales se encuentra:

- MTBS. Que mide el tiempo medio entre paralizaciones, incluyendo todos los mantenimientos y reparaciones a excepción de los engrases diarios, reabastecimientos de combustible e inspecciones diarias del operador. Excluye también las demoras operativas, los cambios de turno, las horas de almuerzo y actividades similares.

Para determinar su valor, es necesaria la aplicación de la siguiente fórmula:

Ecuación 1.

Cálculo de MTBS

$$MTBS \text{ (hrs)} = \frac{H_o}{\#p}$$

Donde:

H_o = Horas de operación

$\#p$ = número de paralizaciones

- MTBS. Que mide el tiempo medio de reparación. Este indicador resulta útil puesto que permite usar el tiempo de parada de equipo de manera efectiva, no solo para PMs, sino también para inspecciones y ejecución de backlogs. Brinda datos sobre la facilidad y eficiencia del mantenimiento.

Para determinar su valor, es necesaria la aplicación de la siguiente fórmula:

Ecuación 2.

Cálculo de MTTR

$$MTTR \text{ (hrs)} = \frac{D_m}{\#p}$$

Donde:

H_0 = Horas de paralización

#p = número de paralizaciones

1.1.3. Definición de Términos

- **Colorimetría:** Podemos definir la colorimetría como la ciencia que estudia las medidas cualitativas y cuantitativas del color. Nos ayuda a medir y combinar los colores según las necesidades de cada momento. Las variables del color son:
 - Luminosidad: cantidad de luz
 - Tono: longitud de onda dominante
 - Saturación: medida en que un color se aleja del gris

Es fundamental conocer las armonías del color. Por una parte, encontramos los colores análogos, que serían aquellos próximos en el círculo cromático. Se asocian con la naturaleza y armonizan bien como consecuencia de su similitud. Por otra parte, están los complementarios, que son los colores contrarios u opuestos y conforman el máximo contraste. En cuanto a las triadas, son aquellos que conforman un triángulo equilátero, es decir, con sus tres lados y ángulos iguales. Un ejemplo sería la combinación magenta-amarillo-cian. Además, siempre los colores fríos dominan a los cálidos.

Otro punto a tener en cuenta es la temperatura de color, que es el dominio de un color del espectro lumínico sobre los demás. Lo podemos controlar con el balance de blancos de nuestra máquina fotográfica, que se mide en grados Kelvin.

- **Colorímetro:** Los colorímetros son instrumentos sofisticados para medir el color que realizan mediciones “triestímulos” basadas en el pasaje de la luz a través de los tres filtros primarios, rojo, verde y azul, los que simulan la forma en que el ojo humano es sensible a la luz. Las mediciones de color triestímulos brindan información sobre la cantidad de éstos tres componentes presentes en la luz reflejada o transmitida por un producto. Ésta información puede ser transmitida para ajustar los componentes de color.
- **El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)**, es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención. El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso (Salazar, 2019)

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla. La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis.

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación.

Ecuación 3.

Criticidad

$$Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$$

- **Calidad:** Por otro lado con un concepto sin mucho detalle la serie ISO 9000:2005, define la calidad como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos
- Se entiende por especificaciones a las tolerancias u objetivos determinados por los diseñadores del producto. Según James (1997), la estrategia de fabricación busca asegurar que se minimicen las desviaciones del modelo estándar ya que éstas reducen la calidad del producto fabricado.
- **Pronósticos:** El *forecasting*, como se le conoce en el entorno económico al proceso de pronosticar la demanda, se define como el arte y la ciencia para predecir la demanda futura para un bien, componente o servicio en particular, con base en datos históricos, estimaciones de mercadeo e información promocional, mediante la aplicación de diversas técnicas de previsión.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de calidad, mantenimiento y logística en la rentabilidad de una empresa fabricante de artes gráficas en la ciudad de Trujillo, 2020?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de calidad, mantenimiento y logística en la rentabilidad de una empresa fabricante de artes gráficas en la ciudad de Trujillo, 2020.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de las gestiones de calidad, mantenimiento y logística de una empresa fabricante de artes gráficas.
- Proponer metodologías, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en las gestiones de calidad, mantenimiento y logística de la empresa fabricante de artes gráficas.
- Evaluar la viabilidad económica y financiera de la propuesta de mejora y su impacto en la rentabilidad de la empresa fabricante de artes gráficas.

1.4. Hipótesis

La propuesta de mejora en las gestiones de calidad, y mantenimiento y logística influye en la rentabilidad de la empresa fabricante de artes gráficas.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente tesis es una investigación propositiva, ya que, como afirma Gallego (2017), utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales; encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas; estudiar la relación entre factores y acontecimientos o a generar conocimientos científicos.

2.2. Población y Muestra

Población: Todos los procesos de la empresa fabricante de artes gráficas.

Muestra: Todos los procesos de calidad, mantenimiento y logística de la empresa fabricante de artes gráficas.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

En la siguiente tabla se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio:

Tabla 1.
Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICADO EN
Observación de campo	Permitió observar las gestiones de la empresa, las actividades, procesos y problemas en ellos.	-Cuaderno de apuntes -Cámara fotográfica -Cronómetro	En el área de calidad, mantenimiento y logística.
Entrevista	Permitió obtener mayor detalle del funcionamiento y gestión de la empresa en cuanto a calidad, mantenimiento y logística.	-Guía de entrevista-cuestionario -Cuaderno de apuntes. -Cámara fotográfica	En el jefe de operaciones
Análisis de documentos	Permitió descifrar información solicitada obteniendo una base de datos de los procesos de calidad, mantenimiento y logística.	-Microsoft Excel -Laptop -Cuaderno de apuntes	Base de datos de la empresa en estudio.
Encuesta	Permitió analizar los factores que intervienen en la calidad, mantenimiento y logística.	-Cámara fotográfica -Guía de encuesta -Lapiceros	Personas que labora en el área de calidad, mantenimiento y logística.

Fuente. Elaboración propia

Observación directa

Objetivo:

Identificar fallas críticas en el área de calidad, mantenimiento y logística y las consecuencias que este genera con respecto a su rentabilidad.

Procedimiento:

Mantener un seguimiento continuo, toma de tiempos, entre otros; de los procesos en el área de calidad, mantenimiento y logística de la empresa.

Instrumentos:

Breviario de apuntes y lápices.

Entrevista

La entrevista se realizará al jefe de operaciones.

Objetivo:

Determinar la situación actual de la empresa, conocer con mayor detalle el funcionamiento y gestión de la empresa. De tal modo, puntualizar los problemas fundamentales en el área de calidad, mantenimiento y logística que están directamente relacionados con la baja rentabilidad.

Parámetros:

Duración: 45 minutos

Lugar: Oficina del jefe de operaciones

Procedimiento:

Con el fin de obtener la información necesaria para conocer dicha problemática, se procede a realizar una sucesión de preguntas.

Instrumentos:

Guía de entrevista, cámara fotográfica y lapiceros.

Análisis de documentos

Objetivo:

Indagar la problemática en documentos físicos y virtuales, que mantenga la empresa y contrastarlos con lo observado.

Procedimiento:

Organizar los instrumentos adecuados para realizar el análisis de documentación histórica.

Instrumentos:

USB, laptop, breviarío de apuntes, lapicero.

Encuesta

Objetivo:

Obtener información de todos los procesos del área de calidad, mantenimiento y logística para verificar el periodo de producción y la ejecución de los trabajadores. Se aplican las encuestas a expertos para conocer más de las causas raíces.

Parámetros:

Duración: 50 minutos

Lugar: Empresa fabricante de artes gráficas

Procedimiento:

Realizar una serie de preguntas a los trabajadores del área de logística, fin de conocer los puntos resaltantes del área.

Instrumentos:

- Guía de encuesta, lapiceros y cámara fotográfica.
- Estadísticas de producción y ventas oficiales.
- Estadística aplicada.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los resultados obtenidos se muestran mediante las siguientes herramientas:

Tabla 2.
Instrumentos y métodos de procesamiento de datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Se elabora un Diagrama Ishikawa para plasmar las causas raíces.
Matriz de priorización	Se utiliza con el fin de ordenar las causas raíces halladas de acuerdo a su impacto económico en el periodo 2021.
Pareto	Esta herramienta permite obtener las causas raíces que generan un 80% de impacto en el problema de baja rentabilidad.
Matriz de indicadores	Se elaboran indicadores para medir el impacto de la mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elabora para determinar las actividades productivas e improductivas presentes en el proceso de producción.

Fuente. Elaboración propia

Procesamiento de información

Para analizar los datos se ha utilizado Microsoft Office Excel, para el cálculo de indicadores y valores en general que forman parte de la presente investigación.

2.5. Procedimiento

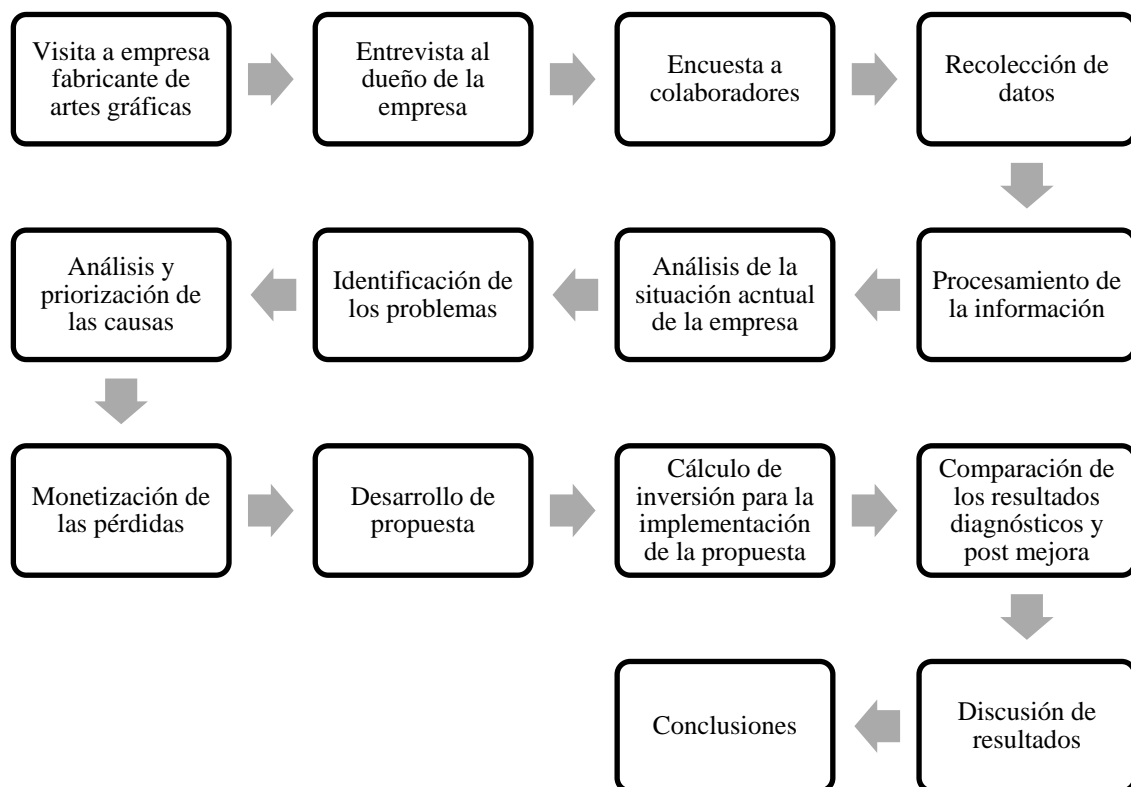


Figura 6. Procedimiento de investigación

2.5.1. Operacionalización de variables

Tabla 3.
Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
Independientes Propuesta de mejora en la gestión de calidad, mantenimiento y logística	La gestión de calidad busca evitar productos defectuosos (Cuatrecasas, Luis). La gestión de mantenimiento, es el conjunto de actividades desarrollados con el fin de asegurar que cualquier activo siga desempeñando las funciones deseadas o de diseño, de la manera previsat (Render, B, Heizer, J) La gestión logística, es la gestión del flujo de materias primas, productos, servicios e información a lo largo de toda la cadena de suministro de un producto o servicio.	La propuesta permite mejorar la gestión de calidad y con ello, incrementar la rentabilidad de la empresa	Calidad	Rechazos	$\frac{\text{Productos rechazados}}{\text{Total producido}} \%$
		La propuesta permite mejorar la gestión de mantenimiento y con ello, incrementar la rentabilidad de la empresa	Mantenimiento	Disponibilidad	$\frac{\text{Ventas perdidas x disponibilidad}}{\text{Total solicitado}} \%$
		La propuesta permite mejorar la gestión logística y con ello, incrementar la rentabilidad de la empresa	Logística	Rotura de stock	$\frac{\text{Ventas perdidas x rotura stock}}{\text{Total solicitado}} \%$
Dependiente Rentabilidad	Capacidad de generar renta. (RAE)	Capacidad de obtener ganancias a partir de una inversión, aplicando la propuesta de mejora en la gestión de calidad, mantenimiento y logística	Rentabilidad	Rentabilidad sobre ventas	Capacidad de obtener ganancias a partir de una inversión, aplicando la propuesta de mejora

Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Diagnóstico de la realidad actual

2.5.2.1. Generalidades de la empresa

Misión. Satisfaremos a nuestros clientes brindándoles productos y servicios de excelente calidad con puntualidad.

Visión. Seremos reconocidos como una empresa de referencia dentro del mundo de las artes gráficas por la excelencia en nuestros trabajos y por la eficiencia en la prestación de servicios a nuestros clientes.

Organigrama.

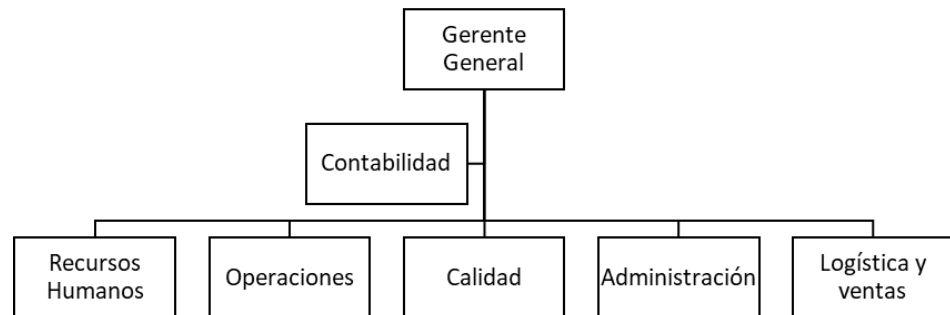


Figura 7. Organigrama

Nota. Fuente: empresa fabricante de artes gráficas

Distribución de la Empresa.

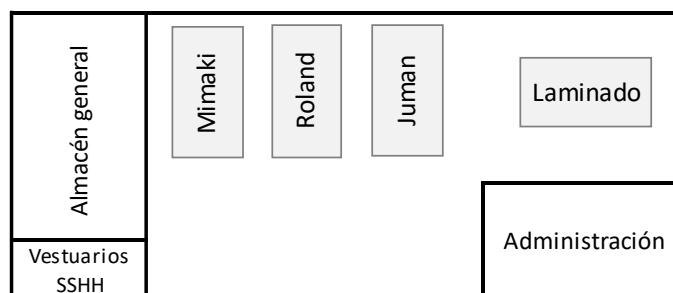


Figura 8. Layout actual

Nota. Fuente: empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Principales clientes.

- Minera Barrick

- SiderPerú
- Pesquera Exalmar
- Pesquera Copesca
- Azucarera Manuelita
- Azucarera Laredo

Principales proveedores.

- 3M
- Arclad

Principales productos.

- Vinilos simple
- Vinilos laminados
- Banners
- Paneles publicitarios acrílicos

Foda

Tabla 4.
FODA de la empresa

<p>Fortalezas Calidad de servicio Cumplimiento Seriedad Reconocimiento en el medio Clientes importantes Capacidad disponible</p>	<p>Oportunidades Nuevos clientes Nuevos mercados Nuevas formas de publicitar Nuevas tecnologías Reducción de costos Mejores pronósticos Nuevos proveedores</p>
<p>Debilidades Alta rotación de personal Local sin capacidad de crecimiento Altos costos de producción Baja disponibilidad de impresora Pronósticos deficientes Anticuado control del proceso Baja disponibilidad de impresora</p>	<p>Amenazas Continuidad en pandemia Nuevos competidores Crecimiento en tasa de cambio Escases de materiales Decrecimiento de la demanda Obsolescencia tecnológica Políticas que desincentiven</p>

Mapa de procesos.

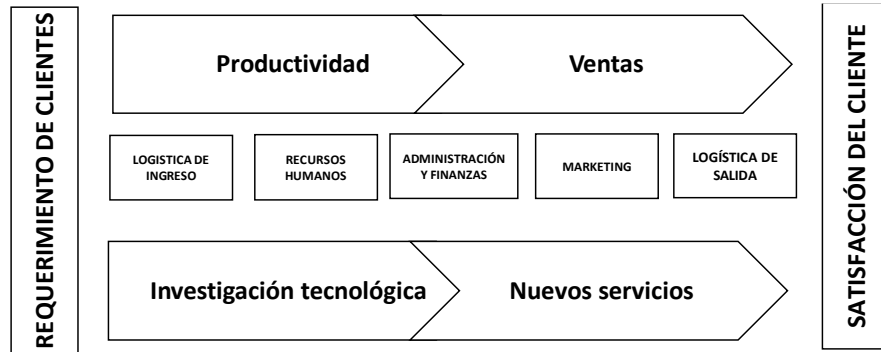


Figura 9. Mapa de procesos

Nota. Fuente: Empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Diagrama del proceso productivo de la empresa

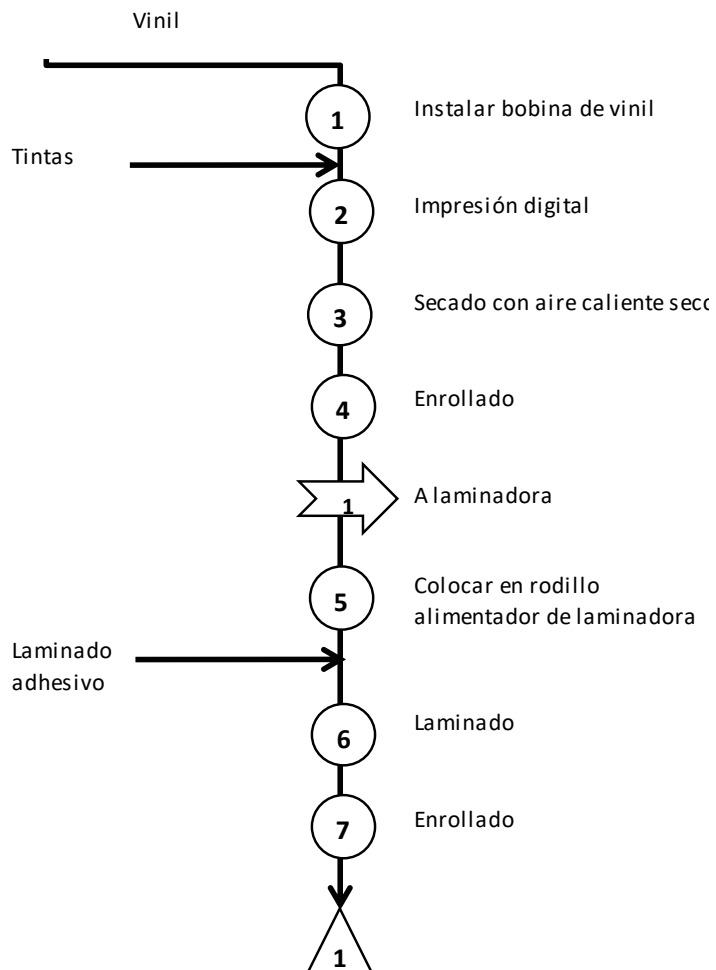


Figura 10. Diagrama de operaciones actual

Nota. Elaboración propia

2.5.2.2. Diagnóstico de problemáticas principales

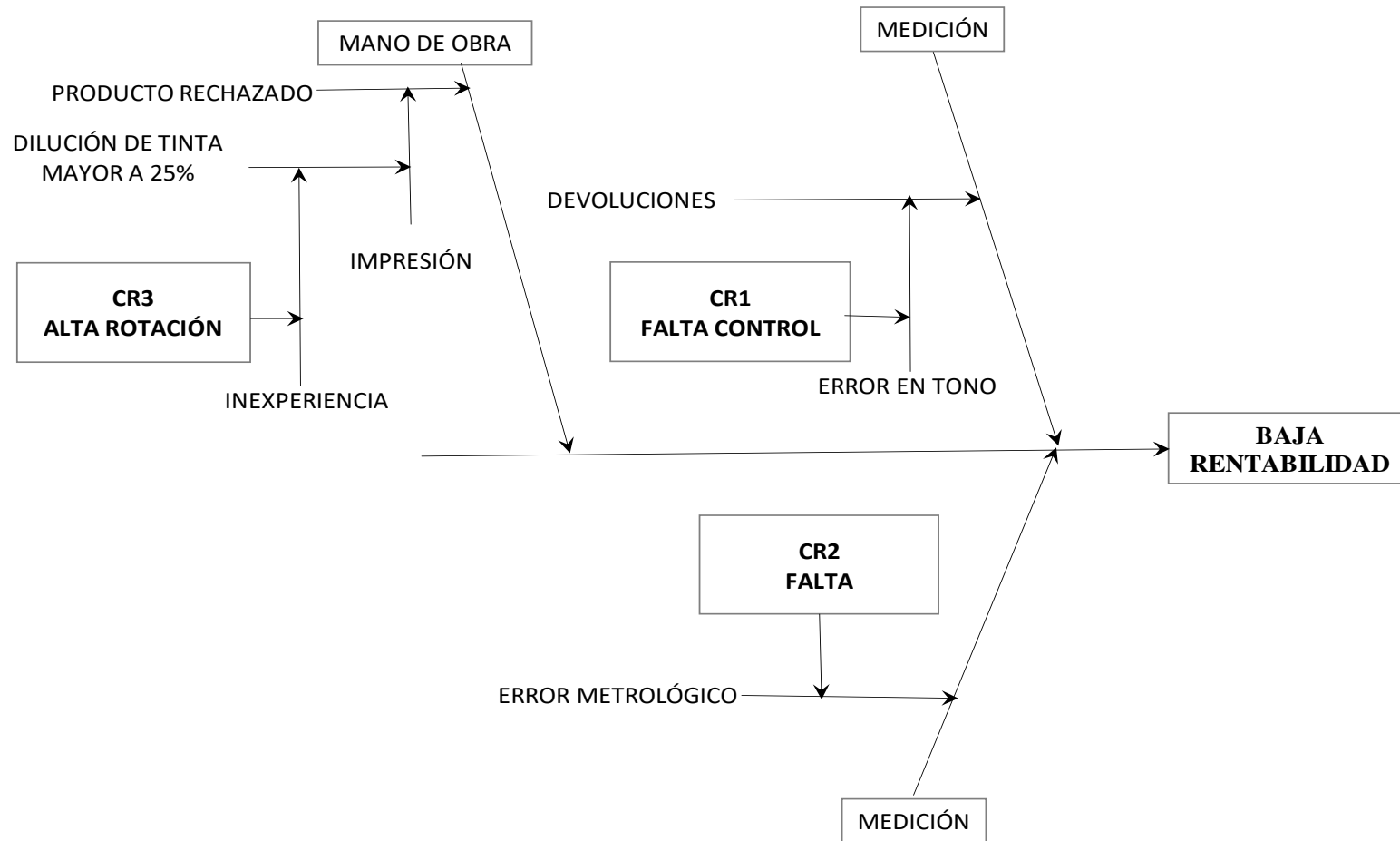


Figura 11. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa del área de Calidad

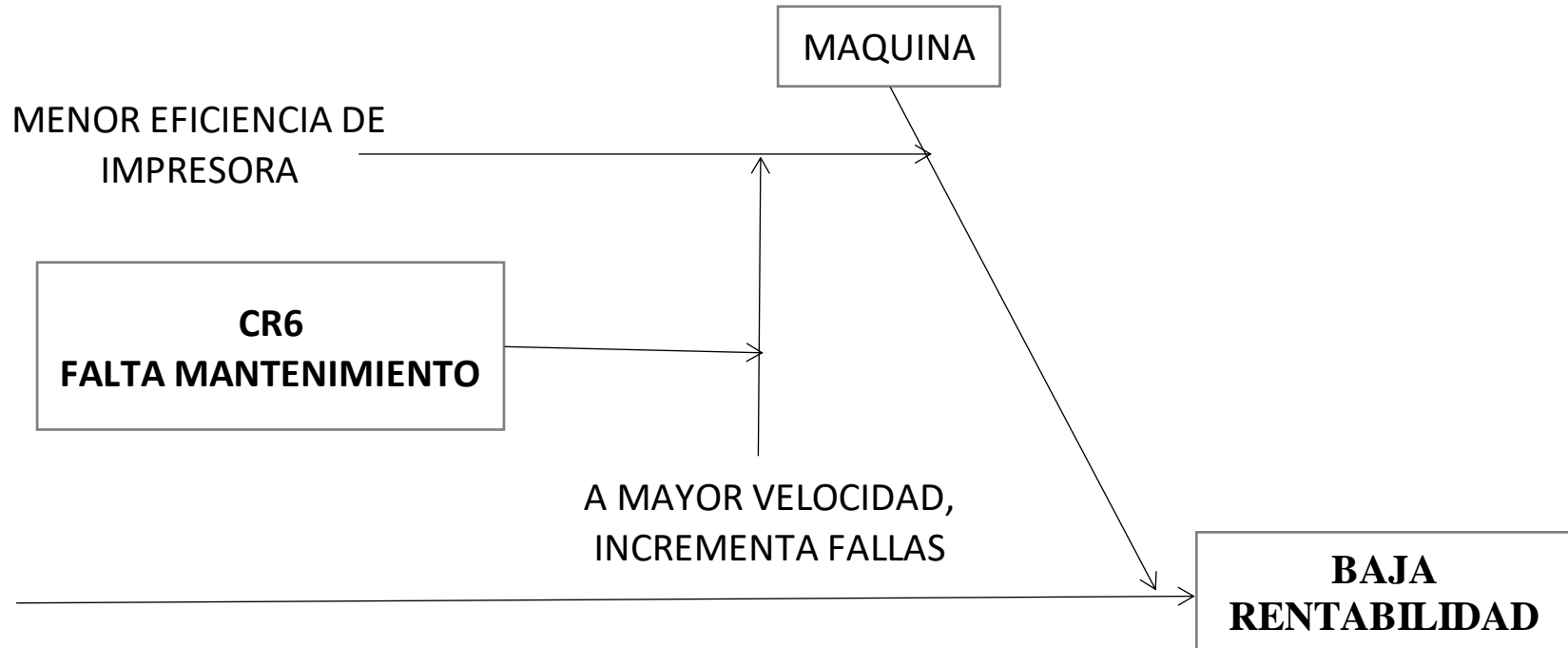


Figura 12. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa del área de Mantenimiento

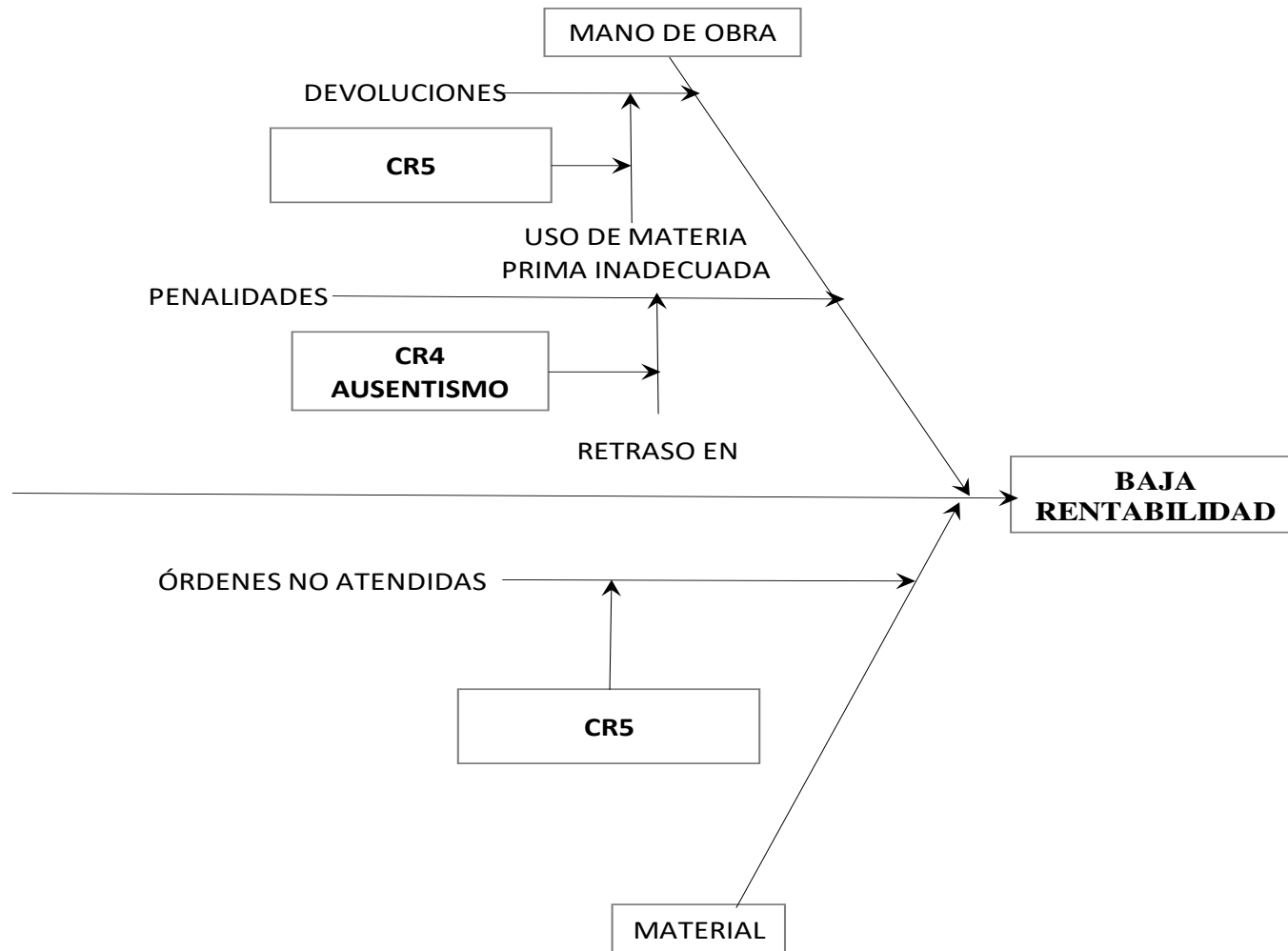


Figura 13. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa del área de Logística

Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíz se hizo según el impacto económico en el periodo anterior por incurrir en ellas, tal como se muestra a continuación:

Tabla 5.

Priorización por impacto económico

	Causa Raíz	Pérdida (S/)	%	%acum
CR1	Falta control estadístico	12,814	38%	38%
CR6	Falta mantenimiento preventivo	7,763	23%	60%
CR5-A	Rotura de stock (falta insumos)	6,960	20%	81%
CR5-B	Rotura de stock (Rechazo por uso indebido)	3,737	11%	92%
CR2	Falta capacitación	1,246	4%	95%
CR3	Alta rotación de personal	1,068	3%	98%
CR4	Ausentismo	576	2%	100%
		34,164	100%	

Nota. Fuente: Empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Diagrama de Pareto de las causas raíz

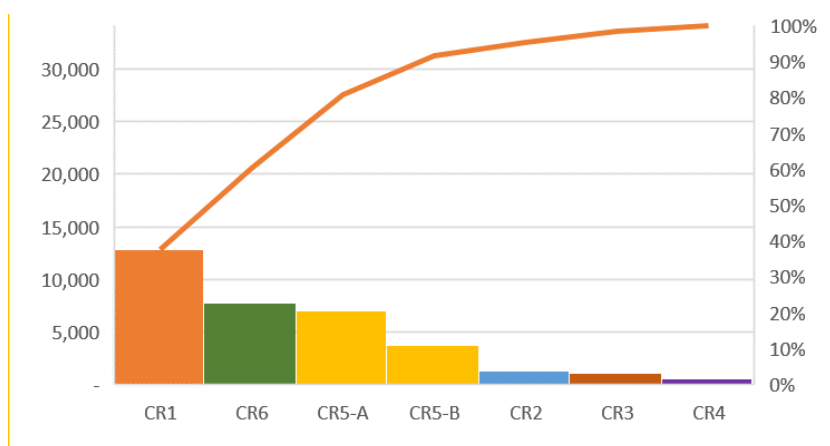


Figura 14. Pareto de causas raíz de la problemática

Nota. Fuente: Empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

2.5.2.3. Identificación de indicadores.

Tabla 6.

Matriz de indicadores

Nº Causa	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Valor Actual	Pérdida	Valor Meta	Pérdida	Beneficio	Dimensiones de la norma	Propuesta SIG	Herramienta de mejora
CR1	Falta de control estadístico	Devoluciones por desviación en el color	$\frac{\text{Devoluciones}}{\text{Total despachos}}\%$	3.59%	S/12,814	0.50%	S/. 1,787	S/.11,027	7.6 Control de los equipos de seguimiento y de medición	Capacitación y concientización del personal en gestión de calidad	Control estadístico de calidad, asistido con equipos de verificación de especificaciones
CR5	Rotura de stock	Devoluciones por uso de otro material no aceptado	$\frac{\text{Rechazos}}{\text{Total solicitado}}\%$	1.05%	S/3,737	0.25%	S/. 893	S/.2,844	7.6 Control de los equipos de seguimiento y de medición	Mejores pronósticos y proyección de requerimientos	Pronósticos de producción y MRP
		Ventas perdidas por falta de materiales	$\frac{\text{Venta frustrada}}{\text{Total solicitado}}\%$	4.81%	S/6,960	0.57%	S/. 861	S/.6,099	7.5.2 Validación del proceso de producción	Mejores pronósticos y proyección de requerimientos	
CR6	Falta mantenimiento preventivo	Ventas perdidas por baja eficiencia de impresora	$\frac{\text{Venta frustrada}}{\text{Total solicitado}}\%$	5.37%	S/.7,763	1.50%	S/.2,169	S/. 5,594	7.5.2 Validación del proceso de producción	Mejor planeamiento de mantenimiento de la maquina de producción	Plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad.

Nota. Elaboración propia

2.5.3. Solución propuesta

Descripción de causas raíz

Causa raíz 1: Falta de control estadístico

La empresa cuenta con *Rip software color*, que determina el color de una impresión con absoluta precisión. Esto permite regular de manera automática la cantidad de cada uno de los colores básicos: cian, magenta, amarillo y negro, saldrá por cada inyector del cabezal.

Sin embargo, en el transcurso de la producción, el equipo da muy ligeras variaciones de carácter acumulativo, que, al no ser corregidas oportunamente, por no llevar un control estadístico, en algún momento hacen que el color se aleje de la especificación establecida con el cliente, generándose reclamos, que afectan el prestigio de la empresa y ocasionando perjuicio económico.

El año 2020, el 3.6% de lo producido, fue observado y rechazado por el cliente. Ante esta realidad, se recomienda el uso de control estadístico, para resolver este problema.

Causa raíz 5: Rotura de stock

La gestión de inventarios es empírica. El año 2020, por efecto de la pandemia de Covid-19 fue especialmente complicado pronosticar y tener confianza de las proyecciones. En la empresa fueron muy cautos y manejaron inventarios muy ajustados.

Sin embargo, las ventas, a pesar de haber sufrido una contracción respecto al año previo, mantuvieron una tendencia lineal, que no fue emulada por el abastecimiento, generándose rotura de stocks.

Esta deficiencia, ocasionó ventas perdidas y adicionalmente, indujo a la empresa a emplear materiales alternos, similares, pero que no habían sido consensuados

con el cliente, quien finalmente los rechazó, considerándose costo hundido o irrecuperable.

Causa raíz 6: Falta mantenimiento preventivo

El mantenimiento del equipo básico de impresión, está encomendado a un técnico externo, con respaldo del fabricante, quien realiza dos inspecciones al año. En esas ocasiones desensambla la máquina; revisa el estado de todas las piezas; hace las sustituciones necesarias; evalúa el stock de repuestos; prepara la lista nueva de repuesto y capacita al personal, en atención a que la impresora, a pesar de no fallar regularmente, ya está acusando desgaste, propios del uso frecuente durante más de 10 años. Particularmente en el sistema de limpieza automática de los inyectores de tinta, que a veces es necesario que el operario, realice su purga manualmente, para evitar impresiones borrosas.

El mantenimiento de las unidades de ingreso de la lámina de vinil y la mesa de secado, son responsabilidad del operador, quien es técnico en mantenimiento industrial. En esta unidad se dan las fallas más recurrentes, que han sido medidos, como a continuación se detalla.

Tabla 7.

MTTR y MTBF de impresora Mimaki

	Inicio de reparación	Reanuda servicio	MTTR	MTBF
1	2/02/2020 08:40	2/02/2020 13:50	00 días y 05:10	
2	15/02/2020 09:45	15/02/2020 14:25	00 días y 04:40	307:55:00
3	25/02/2020 09:45	25/02/2020 13:25	00 días y 03:40	235:20:00
4	15/03/2020 09:40	15/03/2020 14:25	00 días y 04:45	452:15:00
5	25/03/2020 09:50	25/03/2020 14:25	00 días y 04:35	235:25:00
6	10/04/2020 09:50	10/04/2020 19:20	00 días y 09:30	379:25:00
7	20/04/2020 09:50	20/04/2020 15:25	00 días y 05:35	230:30:00
8	5/05/2020 09:42	5/05/2020 15:25	00 días y 05:43	354:17:00
9	15/05/2020 09:42	15/05/2020 11:25	00 días y 01:43	234:17:00
10	30/05/2020 08:20	30/05/2020 14:45	00 días y 06:25	356:55:00

11	9/06/2020 08:50	9/06/2020 19:55	00 días y 11:05	234:05:00
12	19/06/2020 08:20	19/06/2020 13:05	00 días y 04:45	228:25:00
13	9/07/2020 08:20	9/07/2020 13:05	00 días y 04:45	475:15:00
14	2/08/2020 09:45	2/08/2020 14:15	00 días y 04:30	572:40:00
15	16/08/2020 09:45	16/08/2020 14:15	00 días y 04:30	331:30:00
16	1/09/2020 09:40	1/09/2020 14:50	00 días y 05:10	379:25:00
17	15/09/2020 09:40	15/09/2020 14:50	00 días y 05:10	330:50:00
18	30/09/2020 08:40	30/09/2020 13:50	00 días y 05:10	353:50:00
19	2/10/2020 09:45	2/10/2020 14:15	00 días y 04:30	43:55:00
20	15/10/2020 09:40	15/10/2020 19:35	00 días y 09:55	307:25:00
21	2/11/2020 09:45	2/11/2020 15:15	00 días y 05:30	422:10:00
22	13/11/2020 09:45	13/11/2020 14:25	00 días y 04:40	258:30:00
23	23/11/2020 09:45	23/11/2020 14:25	00 días y 04:40	235:20:00
24	6/12/2020 09:45	6/12/2020 15:25	00 días y 05:40	307:20:00
24	8/12/2020 08:45	8/12/2020 20:25	00 días y 11:40	41:20:00
25	19/12/2020 08:55	19/12/2020 10:25	00 días y 01:30	252:30:00
26	22/12/2020 08:45	22/12/2020 19:25	00 días y 10:40	70:20:00
27	24/12/2020 10:45	24/12/2020 14:25	00 días y 03:40	39:20:00
Total			06 días y 15:16	
Promedio			05:41	11 días y 20:05
Horas decimales			5.69	284.08

Nota. Fuente: Empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Tabla 8.

MTTR y MTBF de laminadora

	Inicio de reparación	Reanuda servicio	MTTR	MTBF
1	22/02/2020 09:40	22/02/2020 10:50	00 días y 01:10	
2	7/03/2020 10:00	7/03/2020 11:05	00 días y 01:05	335:10:00
3	7/04/2020 10:00	7/04/2020 13:05	00 días y 03:05	742:55:00
4	9/04/2020 08:30	9/04/2020 09:45	00 días y 01:15	43:25:00
5	9/05/2020 08:50	9/05/2020 12:55	00 días y 04:05	719:05:00
6	10/06/2020 10:45	10/06/2020 14:00	00 días y 03:15	765:50:00
7	16/06/2020 09:30	16/06/2020 12:50	00 días y 03:20	139:30:00
8	6/07/2020 08:30	6/07/2020 10:55	00 días y 02:25	475:40:00
9	14/07/2020 11:45	14/07/2020 20:15	00 días y 08:30	192:50:00
10	5/08/2020 12:45	5/08/2020 13:50	00 días y 01:05	520:30:00
11	28/08/2020 08:45	28/08/2020 11:10	00 días y 02:25	546:55:00
12	29/09/2020 08:30	29/09/2020 10:55	00 días y 02:25	765:20:00
13	10/10/2020 08:15	10/10/2020 18:40	00 días y 10:25	261:20:00

14	12/10/2020 08:00	12/10/2020 11:25	00 días y 03:25	37:20:00
15	19/10/2020 08:00	19/10/2020 11:25	00 días y 03:25	164:35:00
16	15/11/2020 09:05	15/11/2020 11:40	00 días y 02:35	645:40:00
17	22/11/2020 10:00	22/11/2020 19:35	00 días y 09:35	166:20:00
18	7/12/2020 09:45	7/12/2020 11:10	00 días y 01:25	350:10:00
Total			02 días y 16:55	
Promedio			06:50	16 días y 20:16
Horas decimales			6.83	404.27

Nota. Fuente: Empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

De la información consignada en los cuadros anteriores, se resumen los siguientes indicadores.

Tabla 9.
Resumen de MTTR y MTBF

	Impresora Mimaki	Laminadora
Tiempo medio de reparación (MTTR)	5.69	284.08
Tiempo medio entre fallas (MTBF)	6.83	404.27

Nota. Fuente: Empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Monetización de pérdidas

Incurrir en las causas raíz identificadas generaron pérdidas en la empresa, que se detallan seguidamente.

Tabla 10.
Monetización de pérdidas

CALIDAD

CR1 : Falta de control estadístico

Lucro cesante de devoluciones por desviación del color

Total vendido	16,062 m ²
Viniles rechazados	72 viniles
Área	8 m ²
Total rechazado	576 m ²
% rechazo por color	3.6%
Costo de producción por M ²	S/ 22.246
Lucro cesante	S/ 12,814

LOGÍSTICA

CR 5 : Rotura de stock

a) Ventas perdidas por rotura de stock

	Actual
Total vendido	16,062 m ²
Venta perdida por falta materiales	97 viniles
Área	8 m ²
Total rechazado	773 m ²
% rechazo	4.8%
Costo de producción por M ²	S/ 9.003
Lucro cesante	S/ 6,960

b) Pérdida económica por rechazos por usar material no std, por rotura stock

Total vendido	16,062 m ²
Viniles rechazados	21 viniles
Área	8 m ²
Total rechazado	168 m ²
% rechazo por material no estandarizado	1.0%
Costo de producción por M ²	S/ 22.246 m ² /h Irrecuperable
Lucro cesante	S/ 3,737
Total (a + b)	S/ 10,697

MANTENIMIENTO

CR6: Falta de mantenimiento preventivo

Total vendido	16,062 m ²
Horas disponibles para producir	2,000
Disponibilidad	96%
Horas ociosas	72 Hora
Capacidad de producción	12 m ² /h
Dejado de producir	862 m ²
% de venta perdida	5.4%
Utilidad por M ²	S/ 9.003
Lucro cesante	S/ 7,763

Nota. Fuente: Empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Solución propuesta

Propuesta de mejora de la causa raíz 1: Falta de control estadístico

En primer lugar, se planteó la hipótesis que el control estadístico ayuda a reducir o eliminar estas desviaciones.

Se buscó de validarla, midiendo una prueba de percepción del color de diferentes vinilos con el mismo arte, calificando la cercanía con el color objetivo, con un puntaje de 0-10. Cero corresponde a ninguna similitud y 10, significa color idéntico.

Se tomó en cuenta que las personas pueden percibir los colores de manera diferente, dependiendo de cuestiones anatómica del ojo humano, de la cantidad de luz en el momento, etc.

El puntaje asignado a cada muestra, fue consensuado entre el gerente, el técnico impresor y los tesistas.

Se consideró que la población es la producción de vinilos de un día. Aproximadamente 12, de 8M².

Se calculó que el tamaño de muestra, según los datos iniciales es 12. La muestra había sido de 25, de modo que no hay necesidad de tomar otra muestra.

Se calculó el *p-value* de la serie de datos, que es el nivel de significancia más bajo en el que el valor observado de la estadística de prueba, es significativo.

Tabla 11.
Cálculo *p-value* para la serie de datos

	Percepción	Promedio	
1	10	8.12	
2	10	8.12	
3	8	8.12	
4	8	8.12	
5	10	8.12	
6	6	8.12	
7	8	8.12	
8	6	8.12	
9	6	8.12	
10	10	8.12	
11	8	8.12	
12	8	8.12	
13	8	8.12	
14	6	8.12	
15	10	8.12	
16	8	8.12	
17	10	8.12	
18	6	8.12	
19	10	8.12	
20	6	8.12	
21	10	8.12	
22	8	8.12	
23	10	8.12	
24	6	8.12	
25	7	8.12	0.01126% P-Value

Nota. Información tomada de empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

El valor de *p-value* es 0.01126%. Al ser menor de 5%, significa que se puede descartar la hipótesis nula, que dice que el control estadístico no ayuda a reducir o evita las desviaciones del color, en la impresión del vinilo.

Cuando la luz toca un objeto, como una manzana, absorbe parte de la luz y refleja el resto de ella. Cuando observa un objeto, las longitudes de onda de la luz reflejada determinan qué colores ve. Las ondas de luz se reflejan desde el objeto, llegan a la retina sensible a la luz en la parte posterior de su ojo y viajan a lo

largo del nervio óptico hacia la corteza visual del cerebro, que procesa la información y la interpreta como colores.

Se sabe que todas las personas, por cuestiones anatómicas del globo ocular, no percibimos igual los colores. Ante una determinada longitud de onda, uno podría experimentar una sensación de color que otro experimenta de otra manera.

Por ejemplo, lo que una persona percibe de color verde, otro lo puede percibir de tono azulado. Esto sucede siempre, pero convenimos en llamarlo con el mismo nombre, aunque lo percibamos con variaciones.

Esto sugiere que el control estadístico de los colores, no será objetivo, si solo se utiliza el sentido de la vista del operario de la impresora, del jefe de producción, del gerente o del mismo cliente. De acuerdo a esto, se puede concluir que será necesario el uso de tecnología cromática, para identificar plenamente los colores. La 4 combinación de los colores básicos, magenta o rojo; Cian o azul; *Yellow* o amarilla y K, o negro, forman 3,026 colores que Pantone los tiene registrados y codificados en una carta estándar, con un código, cuyo prefijo es CMYK y está precedido por los valores de cada uno de ellos.



Figura 15. Logotipo Google con código CMYK

Nota. Tomado de Google (2021)

La carta de colores se presenta física o virtualmente, de la siguiente manera.

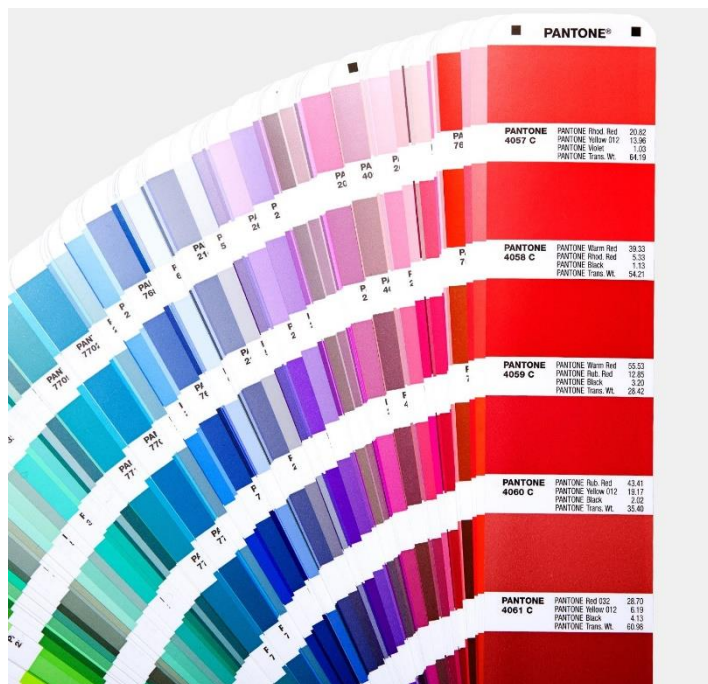


Figura 16. Carta Pantone

Nota. Tomado de *Pantone LLC* (2021)

Para realizar control estadístico, el cliente y la empresa gráfica, necesitará definir las tolerancias de color aceptable, tanto superior como inferior. La media será el color objetivo o ideal.

La unidad de medida de diferencia entre dos colores es conocida como Delta E, que es la métrica de distancia entre dos colores, que el ojo humano puede percibir. Este sistema considera el espacio en forma uniforme y despliega tres ejes espaciales: L (luz, blanco- negro), a (rojo- verde), b (amarillo- azul)

Su fórmula es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las diferencias de los valores objetivo, o de fábrica y de dos objetos a comparar. El colorímetro tiene el software que traduce la información y da el Delta-e inmediatamente.

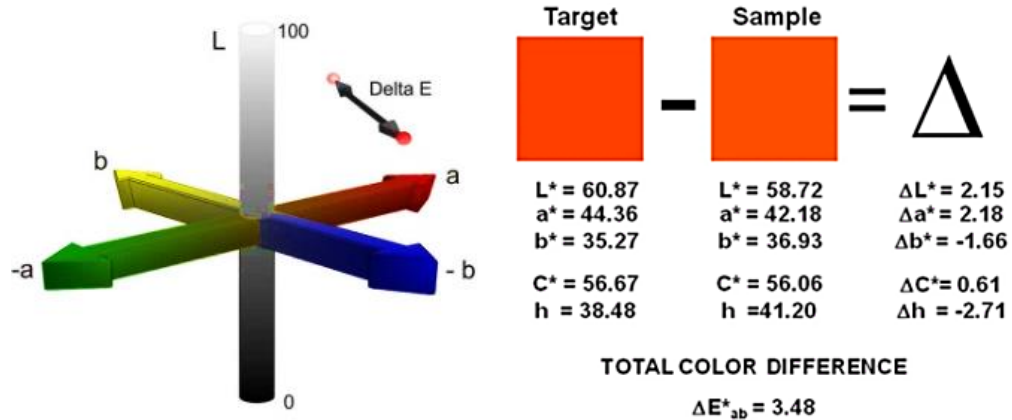


Figura 17. Cálculo de Delta-e mediante software

Nota. Tomado de *Color Navigator* (2021)

Es importante mencionar que ojo humano no puede detectar diferencias en el valor de Delta-E por debajo de aproximadamente 2.

Un Delta-E de entre 1 y 2 es muy buena. Entre 2 y 5 es perfectamente satisfactorio y se trata del nivel a menudo alcanzable. Diferencias mayores a 5 son inaceptables. El ojo las percibe como colores diferentes.

La propuesta es que luego que con el RIP Software con la cuenta la empresa, se determine la cantidad de tinta por color que se requiere, para lograr el color exacto de la muestra u arte, se use un colorímetro durante el proceso, que mida la intensidad del color que transmite o refleja el material. Esto permitirá evitar sesgos de percepción y se podrá corregir la impresión, si es que se viese que se está saliendo del límite aceptable, previniendo errores mayores.

De esta manera el procedimiento será:

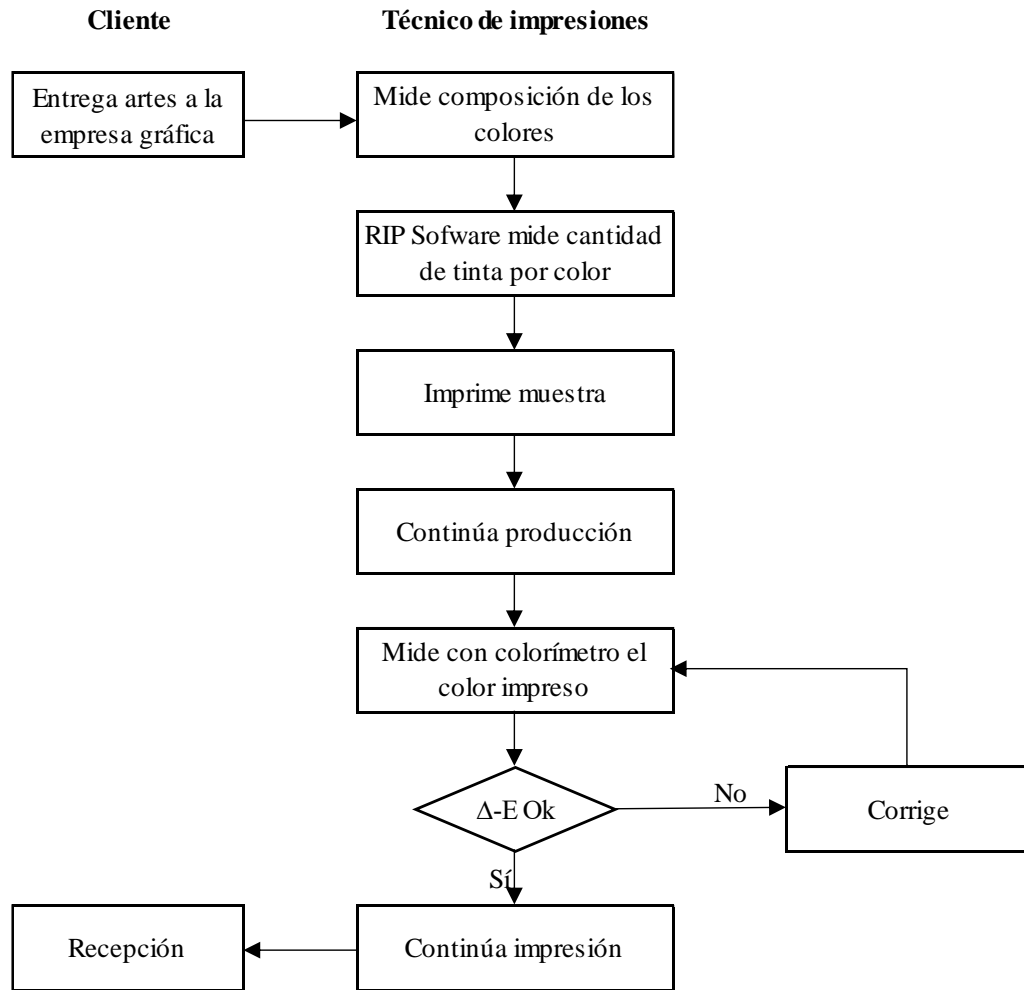


Figura 18. Control estadístico de calidad de color en producción

Nota. Información tomada de empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

La información se registrará en una gráfica de control, donde se graficará el Delta-E y sus límites aceptables. El control se hará cada 15 minutos, lo que significa que se realizará dos veces por cada vinil, aproximadamente.

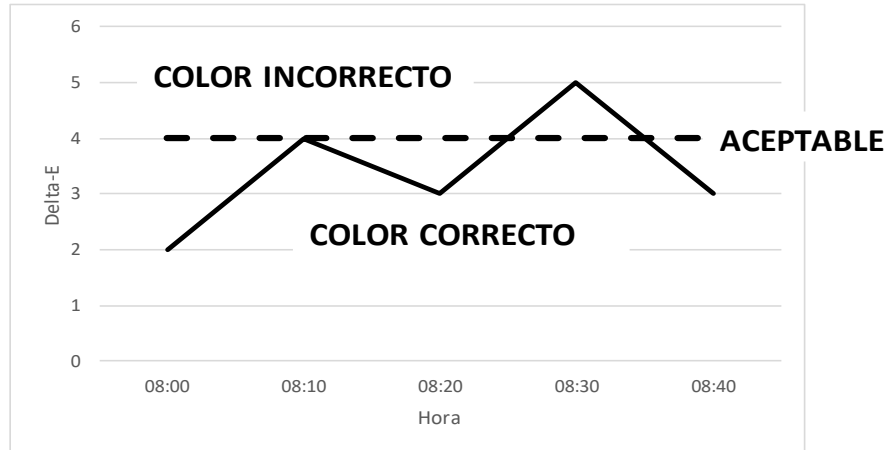


Figura 19. Gráfica de control de Delta-E

Nota. Elaboración propia

Con esta gráfica se manejará el control estadístico del color, durante la impresión. Los límites de control - es recomendable - sean consensuados con los clientes.

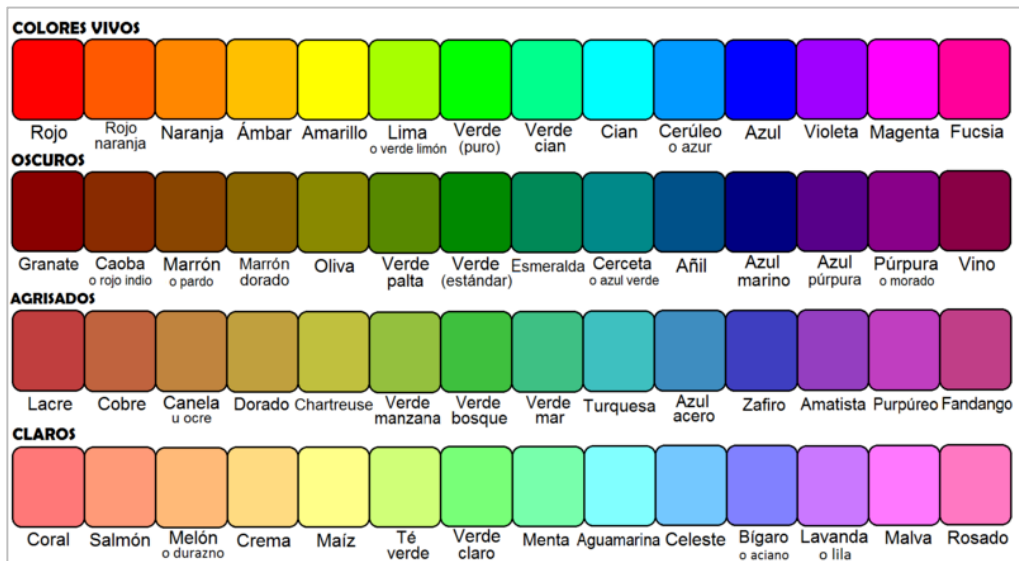


Figura 20. Paleta de colores general



Figura 21. Paleta CMYK pág I

Capacitación en control estadístico con colorímetro

Generalidades

Los colorímetros tienen sensibilidades que se corresponden con las del ojo humano, pero, al utilizar siempre la misma fuente de luz y el mismo método de iluminación, las condiciones de medición son siempre las mismas, independientemente de si es de día o de noche o de si la medición se realiza en interiores o en exteriores. Esto facilita la obtención de unas mediciones precisas. Utilizando los espacios de color descritos previamente, confirme los valores numéricos para su objeto de medición.

Incluso si dos colores parecen iguales al ojo humano, cuando se miden los colores con un colorímetro, pueden detectarse pequeñas diferencias. Adicionalmente, el colorímetro expresa dichas diferencias de un modo preciso en forma numérica.

Si por alguna razón el color de un producto fuera erróneo y se hubiera enviado el producto sin haberse detectado el problema y, como consecuencia, el cliente se quejará, el efecto no sólo se limitaría al departamento de ventas o de producción, dañaría la reputación de la totalidad de la empresa. El control del color juega un papel muy importante para evitar que se produzcan este tipo de problemas.

Objetivo

Al finalizar el curso el participante: Conocerá los conceptos básicos necesarios para entender el proceso de medición realizado por un colorímetro. Conocerá

los componentes y tipos de colorímetros y determinará errores e incertidumbres en las mediciones realizadas por colorímetro.

Temario

Componentes y tipos de colorímetros

1. Calibración: Variables de influencia
2. Práctica de Calibración.
3. Interpretación y aplicación de los resultados a las mediciones.

Requisitos

Que los participantes tengan conocimientos elementales sobre estadística. Es indispensable dominar el uso de la calculadora científica.

Instructor

Senati, sede Lima.

Costo

S/2,500

Propuesta de mejora de la causa raíz 2: rotura de stock

Los pronósticos deficientes, repercutieron en rotura de stock de materiales, que impidió cumplir con pedidos formales.

Se propone proyectar las ventas del año 2020, utilizando la información de los dos años previos, como se observa seguidamente.

Tabla 12.

Estadística de ventas 2018

Año 2018	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Solicitado	1,400	1,410	1,120	1,650	1,425	1,150	1,300	1,565	1,210	1,200	1,305	1,210	
Producido m ²	1,320	1,410	1,120	1,515	1,425	1,100	1,245	1,565	1,210	1,180	1,305	1,210	15,605
No atendido (falta insumos)	80	-	-	135	-	50	55	-	-	20	-	-	340

Nota. Información tomada de empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Tabla 13.

Estadística de ventas 2019

Año 2019	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Solicitado	1,450	1,550	1,200	1,680	1,520	1,215	1,350	1,700	1,335	1,500	1,295	1,120	
Producido m ²	1,450	1,510	1,200	1,665	1,520	1,215	1,300	1,710	1,335	1,405	1,282	1,120	16,712
No atendido (falta insumos)	-	40	-	15	-	-	50	-10	-	95	13	-	203

Nota. Información tomada de empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Con esta data, se procede a graficar la tendencia de la demanda, como sigue a continuación:

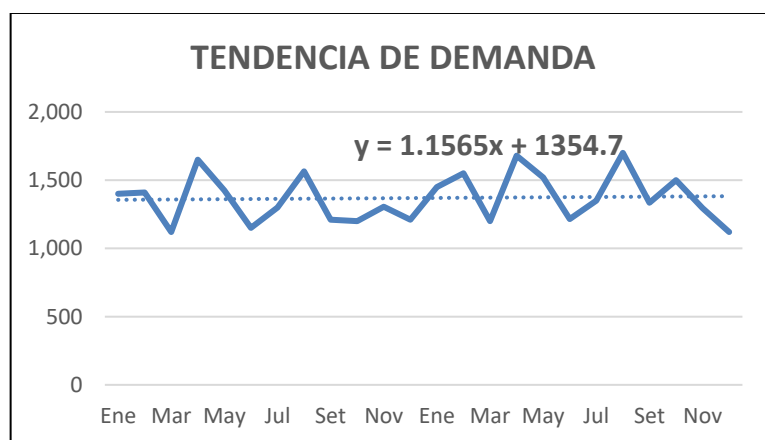


Figura 22. Tendencia de la demanda

Nota. Información tomada de empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Con la línea de tendencia, se determina la proyección para el año 2020, que será corregida por el índice de estacionalidad, que se calculó de la siguiente manera.

Tabla 14.
Índice de estacionalidad

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio
2018	1,400	1,410	1,120	1,650	1,425	1,150	1,300	1,565	1,210	1,200	1,305	1,210	
2019	1,450	1,550	1,200	1,680	1,520	1,215	1,350	1,700	1,335	1,500	1,295	1,120	
Promedio	1,425	1,480	1,160	1,665	1,473	1,183	1,325	1,633	1,273	1,350	1,300	1,165	1,369
índice estacional	1.04	1.08	0.85	1.22	1.08	0.86	0.97	1.19	0.93	0.99	0.95	0.85	

De esta manera, se procede a determinar el pronóstico y a validarlo, de la siguiente manera.

Tabla 15.
Evaluación del pronóstico estacional 2020

Mes	Período (X)	Demanda (At)	Proy estac (Ft)	Índice estac	Proyección lineal	[At - Ft]	Σ[At - Ft]	Σ At - Ft /X	(At - Ft)	Σ(At - Ft)	Σ(At - Ft)/MAD
						Error absoluto	Σ Error absoluto	MAD Error	Error normal	Σ Error normal	Señal de rastreo
1 Ene		1,400	1,411	1.04	1356	11.15	11.15	11.15	- 11.15	- 11.15	- 1.00
2 Feb		1,410	1,467	1.08	1357	56.86	56.86	28.43	- 56.86	- 68.01	- 2.39
3 Mar		1,120	1,151	0.85	1358	30.68	87.55	29.18	- 30.68	- 30.68	- 1.05
4 Abr		1,650	1,653	1.22	1359	3.03	90.58	22.64	- 3.03	- 33.72	- 1.49
5 May		1,425	1,463	1.08	1360	38.16	128.74	25.75	- 38.16	- 38.16	- 1.48
6 Jun		1,150	1,176	0.86	1362	26.00	154.74	25.79	- 26.00	- 64.16	- 2.49
7 Jul		1,300	1,319	0.97	1363	18.83	173.57	24.80	- 18.83	- 18.83	- 0.76
8 Ago		1,565	1,626	1.19	1364	61.28	234.85	29.36	- 61.28	- 80.12	- 2.73
9 Set		1,210	1,269	0.93	1365	58.73	293.58	32.62	- 58.73	- 58.73	- 1.80
10 Oct		1,200	1,347	0.99	1366	147.14	440.72	44.07	-147.14	- 205.87	- 4.67
11 Nov		1,305	1,298	0.95	1367	6.66	447.38	40.67	6.66	6.66	0.16
12 Dic		1,210	1,164	0.85	1369	45.50	492.88	41.07	45.50	52.16	1.27
13 Ene		1,450	1,426	1.04	1370	24.41	517.29	39.79	24.41	24.41	0.61
14 Feb		1,550	1,482	1.08	1371	68.14	585.42	41.82	68.14	92.55	2.21
15 Mar		1,200	1,162	0.85	1372	37.56	622.98	41.53	37.56	37.56	0.90
16 Abr		1,680	1,670	1.22	1373	10.09	633.07	39.57	10.09	47.65	1.20
17 May		1,520	1,478	1.08	1374	41.91	674.99	39.71	41.91	41.91	1.06
18 Jun		1,215	1,188	0.86	1376	27.02	702.00	39.00	27.02	68.93	1.77
19 Jul		1,350	1,332	0.97	1377	17.74	719.74	37.88	17.74	17.74	0.47
20 Ago		1,700	1,643	1.19	1378	57.17	776.91	38.85	57.17	74.91	1.93
21 Set		1,335	1,282	0.93	1379	53.37	830.28	39.54	53.37	53.37	1.35
22 Oct		1,500	1,361	0.99	1380	139.18	969.46	44.07	139.18	192.55	4.37
23 Nov		1,295	1,312	0.95	1381	16.52	985.98	42.87	- 16.52	- 16.52	- 0.39
24 Dic		1,120	1,176	0.85	1382	56.31	1,042.29	43.43	- 56.31	- 72.83	- 1.68
25 Ene			1,440	1.04	1384						
26 Feb			1,497	1.08	1385						
27 Mar			1,174	0.85	1386						
28 Abr			1,687	1.22	1387						
29 May			1,493	1.08	1388						
30 Jun			1,200	0.86	1389						
31 Jul			1,346	0.97	1391						
32 Ago			1,659	1.19	1392						
33 Set			1,295	0.93	1393						
34 Oct			1,375	0.99	1394						
35 Nov			1,325	0.95	1395						
36 Dic			1,188	0.85	1396						

El MAD del pronóstico es 43, que es bastante bajo y podría indicar que la proyección estacional es apropiada. Seguidamente se procede a evaluar el comportamiento de la señal de rastreo.



Figura 23. Comportamiento de la señal de rastreo

Se observa que se mantiene casi constante en el rango apropiado de ± 4 , aunque se nota un sesgo grande. El año 2018 la señal de rastreo se mantiene negativa. Esto sucede cuando el pronóstico es menor que la demanda real.

Para el siguiente año 2019, la señal de rastreo se mantiene siempre positiva, salvo los dos últimos meses. Esto señala que el pronóstico es mayor que la demanda real.

Se podría esperar que el pronóstico sería medianamente confiable. Más aún dentro de un entorno de inestabilidad en las ventas, producto de la crisis económica y sanitaria, que generó la pandemia de Covid-19.

El pronóstico obtenido, será validado reemplazándolo en la fila de Producido de año 2020, para evaluar su comportamiento.

Seguidamente se muestra las estadísticas de venta reales del año 2020 y también, las estadísticas del mismo período, pero reemplazando el pronóstico estacional en la fila de producción, para validar su comportamiento.

Tabla 16.
Estadística de ventas 2020

Año 2020	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	
Solicitado	1,450	1,500	1,150	1,700	1,500	1,150	1,350	1,700	1,300	1,350		1,300	1,200	
Producido M ²	1,450	1,500	1,150	1,450	1,245	1,150	1,350	1,432	1,300	1,350		1,300	1,385	16,062
No atendido por falta insumos	-	-	-	250	255	-	-	268	-	-		-	-	773

Se observa que se dejó de producir 773 M², por falta de insumos, que no estuvo previsto por deficiente programación.

En la siguiente tabla, se reemplazó los pronósticos en la fila de producido, que se interpreta como, qué hubiese sucedido si se aplicaba pronóstico estacional en el planeamiento de requerimientos de materiales.

Tabla 17.
Ventas 2020 con pronóstico estacional

Proyección Estacional 2020	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	
Solicitado	1,450	1,500	1,150	1,700	1,500	1,150	1,350	1,700	1,300	1,350		1,300	1,200	
Producido M ²	1,440	1,497	1,174	1,687	1,493	1,200	1,346	1,659	1,295	1,375		1,325	1,188	16,678
No atendido por falta insumos	10	3	-	13	7	-	4	41	5	-		-	12	96

Se puede ver que de haberse usado pronósticos, las ventas perdidas se hubiesen reducido a solo 96 M².

Luego de haberse hecho los pronósticos y validarlos, se procederá a utilizarlos para gestionar los materiales involucrados en esta proyección. Esto ayudará a mantener un control conveniente en el abastecimiento, que evite que se pierdan ventas, por falta de disponibilidad de insumo.

Para este fin se diseñará un MRP, que dé como resultado, un plan de abastecimiento. En este caso, se realizó este plan, para los 6 primeros meses del año, que puede ampliarse al año completo, aunque haciéndole actualizaciones permanentes, por la inestabilidad actual.

En primer lugar, se muestra el plan agregado de producción, hecho con datos pronosticados.

Tabla 18.
Plan agregado de producción

Pronóstico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Vinil impreso (M ²)	1,440	1,497	1,174	1,687	1,493	1,200	1,346	1,659	1,295	1,375	1,325	1,188	16,678

Tabla 19.
Plan Maestro de producción

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Demanda de vinil (M2)	1,440	1,497	1,174	1,687	1,493	1,200	1,346	1,659	1,295	1,375	1,325	1,188
Horas-Hombre	391	406	319	458	405	326	365	450	351	373	359	322
Horas-Hombre disponible	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
Horas reasignables	89	74	161	22	75	154	115	30	129	107	121	158

Los materiales involucrados son los siguientes

Tabla 20.
Maestro de materiales

Tipo	Descripción	Unidad	Stock disponible	Lead Time (semana)	Tamaño de lote	Stock Seguridad	Mat/Und
Sku 1	Vinil	M ²	200.000	1	50.000	400.000	50.000000
Mat	Laminado	M ²	150.000	1	50.000	400.000	-
Mat	Tinta roja	Litro	2.800	2	3.754	3.754	0.011425
Mat	Tinta azul	Litro	1.200	2	3.754	3.754	0.006529
Mat	Tinta amarilla	Litro	4.050	2	3.754	3.754	0.011425
Mat	Tinta negra	Litro	1.800	1	3.754	3.754	0.003264

Seguidamente se muestra el programa maestro de producción del año 2020. En esta parte de la tesis, se incluirá solo lo concerniente al SKU, que es el vinil impreso, dejando para que obren en anexos, el programa maestro, del resto de insumos necesarios.

Tabla 21.
Plan maestro de producción 2020

Vinil SKU

Stock inicial	Lead Time	Tamaño lote	SS
200	1	50	400

Periodo	Inicial	Ene-20				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Necesidades Brutas		360	360	360	360	374	374	374	374	294	294	294	294	422	422	422	422	373	373	373	373	300	300	300	300
Entradas Previstas																									
Stock Final	200	440	430	420	410	436	412	437	413	420	426	432	439	417	446	424	402	429	406	432	409	409	409	409	409
Necesidades Netas		560	320	330	340	364	338	363	337	280	274	268	261	383	404	376	398	371	344	368	341	291	291	291	291
Pedidos Planeados		600	350	350	350	400	350	400	350	300	300	300	300	400	450	400	400	400	350	400	350	300	300	300	300
Lanzamiento de órdenes		350	350	350	400	350	400	350	300	300	300	300	400	450	400	400	400	350	400	350	300	300	300	300	0

Este MRP, da el siguiente programa de abastecimiento.

Tabla 22.
Órdenes de abastecimiento

Material	Unid	Ene-20				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Skus																									
Vinil	M ²	350.000	350.000	350.000	400.000	350.000	400.000	350.000	300.000	300.000	300.000	300.000	400.000	450.000	400.000	400.000	400.000	350.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	0.000
Componentes																									
Laminado	M ²	350.000	350.000	400.000	350.000	400.000	350.000	300.000	300.000	300.000	300.000	400.000	450.000	400.000	400.000	400.000	350.000	400.000	350.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	0.000
Tinta roja	Litro	3.754	3.754	3.754	3.754	7.508	0.000	3.754	3.754	3.754	3.754	7.508	3.754	3.754	3.754	7.508	3.754	3.754	3.754	0.000	3.754	0.000	0.000	0.000	0.000
Tinta azul	Litro	3.754	3.754	0.000	3.754	0.000	3.754	0.000	3.754	3.754	0.000	3.754	3.754	3.754	0.000	3.754	0.000	3.754	0.000	3.754	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tinta amarilla	Litro	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	7.508	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	3.754	0.000	0.000	0.000
Tinta negra	Litro	3.754	7.508	3.754	0.000	3.754	3.754	3.754	0.000	3.754	3.754	7.508	0.000	3.754	3.754	7.508	0.000	3.754	3.754	3.754	0.000	3.754	0.000	0.000	0.000

Propuesta de mejora de la causa raíz 3: Falta mantenimiento preventivo

En primer lugar, se realizó la medición del Tiempo medio entre fallas – MTBF – y el Tiempo medio de reparación – MTTR -, para evaluar el impacto de las fallas en la capacidad de producción y su influencia en las ventas perdidas.

Con esta información, se determinó la disponibilidad de la maquinaria y la confiabilidad de las reparaciones.

Tabla 23.
Resumen de indicadores de mantenimiento

	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Impresora Mimaki	284.08	5.69	98.0%	91.9%
Laminadora	404.27	6.83	98.3%	94.2%
Promedio	344	6	96%	87%

- La confiabilidad de un equipo se refleja en su MTBF y mejorar este desempeño pasa por mejorar la confiabilidad de cada una de sus partes y esto es una tarea principalmente del área de mantenimiento
- La disponibilidad de un activo se refleja en su MTTR y mejorar este desempeño pasa por mejorar el sistema ya que en este indicador intervienen todos los tiempos involucrados en la reparación.

Teniendo presente estos criterios, se procede a construir la matriz de análisis modal de fallas –AMFE- que es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema.

En esta matriz AMFE, se otorgará - como es su procedimiento - prioridad a los fallos dependiendo de cuan serias sean sus consecuencias, la frecuencia con la que

ocurren y con qué dificultad pueden ser localizadas. Su finalidad es eliminar o reducir los fallos, comenzando por aquellos con una prioridad más alta.

Tabla 24.
Matriz AMFE del rodillo alimentador

Nombre del equipo : Rodillo alimentador				Equipo de diseño:	20/11/2020	AMEF			
Sistema : Impresión digital				Vitteri&Sánchez		Condiciones existentes			
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo Potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas Potenciales de Fallo	Controles Actuales	G	O	D	NPR
Inversor de frecuencia	Convertir la entrada AC a DC , generando un voltaje de frecuencia graduable,	No controla velocidad del rodillo	Arrugas o estiramiento en lámina de vinil impresa	Falla a tierra	<i>Multitester</i>	10	3	3	90
				Variación en voltaje Hidrandina	<i>Multitester</i>	10	5	3	150
				Moho en contactos	visual	5	3	3	45
Tensor de lonas	Mantiene la lona transportadora tensada apropiadamente	Lona muy tensa	Dificulta regular velocidad del transportador	Mala regulación	visual	8	6	5	240
				Lona poco tensa	Reducción en velocidad de lona transportadora	Rodamiento averiado	visual	8	5
						Mala regulación	visual	8	5
Motor	Genera movimiento del rodillo y lonas	Circuito abierto	Falla en el arranque	Rodamiento roto	visual	8	3	4	96
				Rodamiento desgastado	visual	8	3	4	96
		Golpeteo del motor	Alta vibración del motor	cable corroído/sulfatado	visual	10	2	2	40
				Rodamiento roto	visual	2	4	4	32
		Ruido	Detonaciones	Rodamiento desgastado	visual	5	4	4	80

				Rodamiento sin Aceite	visual	9	7	2	126
Nombre del equipo : Rodillo de salida y mesa de secado				Equipo de diseño:	20/11/2020	AMEF			
Sistema : Impresión digital				Vitteri&Sánchez		Condiciones existentes			
Pieza	Función que desempeña	Modo de fallo Potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas Potenciales de Fallo	Controles Actuales	G	O	D	NPR
Inversor de frecuencia	Convertir la entrada AC a DC , generando un voltaje de frecuencia graduable,	No controla velocidad del rodillo	Arrugas o estiramiento en lámina de vinil impresa	Falla a tierra	Multitester	10	4	3	120
				Variación en voltaje Hidrandina	Multitester	10	5	3	150
				Moho en contactos	visual	5	3	3	45
Tensor de lonas	Mantiene la lona transportadora tensada apropiadamente	Lona muy tensa	Dificulta regular velocidad del transportador	Mala regulación	visual	8	6	5	240
				Rodamiento averiado	visual	8	5	4	160
		Lona poco tensa	Reducción en velocidad de lona transportadora	Mala regulación	visual	8	5	2	80
Motor	Genera movimiento del rodillo y lonas	Circuito abierto	Falla en el arranque	Rodamiento roto	visual	8	3	4	96
				Rodamiento desgastado	visual	8	3	4	96
		Golpeteo del motor	Movimiento irregular de transportador	cable corroido/sulfatado	visual	10	2	2	40
				Rodamiento roto	visual	2	4	4	32
		Ruido	Movimiento irregular de transportador	Rodamiento desgastado	visual	5	4	4	80

				Rodamiento sin Aceite	visual	9	7	2	126
Ventilador térmico	Sopla aire caliente para secar tinta impresa sobre sustrato	No calienta	No seca la tinta	Resistencia quemada	Multitester	8	6	2	96
		No gira	No expele aire	Motor quemado	Multitester	10	2	1	20

Con el puntaje de prioridad de riesgo - NPR - de cada causa potencial, se procede seguidamente a priorizarlas por su impacto.

Tabla 25.
Priorización de causas potenciales por riesgo

Causa potencial	NPR	%	Acum	
Mala regulación	240	17%	17%	ALTO RIESGO
Rodamiento averiado	160	12%	29%	
Variación en voltaje Hidrandina	150	11%	40%	
Rodamiento sin Aceite	126	9%	49%	
Falla a tierra	120	9%	58%	
Rodamiento roto	96	7%	65%	RIESGO MEDIO
Rodamiento desgastado	96	7%	72%	
Resistencia quemada	96	7%	78%	
Mala regulación	80	6%	84%	
Rodamiento desgastado	80	6%	90%	BAJO RIESGO
Moho en contactos	45	3%	93%	
cable corroido/sulfatado	40	3%	96%	
Rodamiento roto	32	2%	99%	
Motor quemado	20	1%	100%	

Con esta priorización, se construyó la siguiente Hoja de decisiones, en la que se evalúa la manera de proceder, cuando se realicen las inspecciones rutinarias o se detecte una falla en los equipos.

Tabla 26.
Hoja de decisiones de mantenimiento preventivo

Componente o Pieza	Referencias de la información			Evaluación de las consecuencias										Acción preventiva	Frecuencia de falla	Intervalo entre acciones (Horas)	Responsable
	F Función falla	FF Falla funcional	MF Modo de falla	H Fallo oculto	S Afecta la salud	E Afecta ambiente	O Consecuencia operación	N1 O1 S1 H1 Hay tareas que anticipen y reduzcan efecto de la falla?	N2 O2 S2 H2 Un reacondicionamiento cíclico puede prevenir la falla?	N3 O3 S3 H3 Es técnicamente factible una sustitución	H4 Merece la pena buscar la falla?	H5 Si H4 fue, no podría la falla afectar la seguridad?	S4 Acción técnica o económicamente posible				
Inversores	1	A	No controla velocidad	No	No	No	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Reparación	Alta	280	mecánico
Motores	2	B	Recalienta	No	No	No	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Reparación	Bajo	>2500	mecánico
Tensor	3	C	Ajuste deficiente	No	No	No	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Reparación	Media	280	mecánico

Evaluación Económica y Financiera

Inversión propuesta

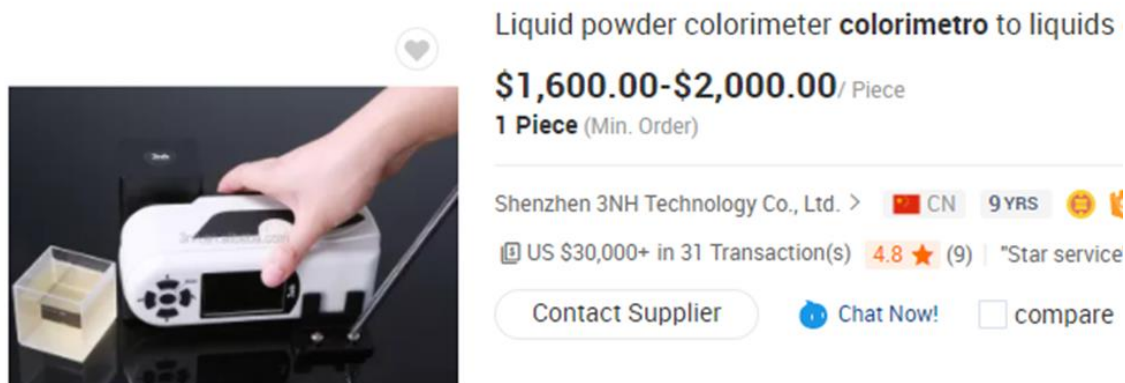


Figura 18. Colorímetro

Fuente : alibaba.com

Tabla 18 Cotización del colorímetro

Fuente : alibaba.com

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Colorímetro	1	2000	2,000	7,300
Flete				2,190
Seguro	3%			219
Base imponible				9,709
Ad valorem	4%			388
Agente aduan	2%			146
Impuestos				
IGV	18%			1,748
Total				11,991
Flete local				30
Total				12,021
Montaje local				-
Total				S/ 12,021

Flujo de caja proyectado

Tabla 27.

Flujo de caja proyectado

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Anual		
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
<u>Inversión</u>															
Colorímetro	-	12,021													
Total inversión	-	12,021													
<u>Ingresos</u>															
Mejora proveniente del control estadístico	919	919	919	919	919	919	919	919	919	919	919	919	919	11,027	
Reducción de rotura de stocks	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	8,943	
Reducción venta perdida por mejor mantenimiento	466	466	466	466	466	466	466	466	466	466	466	466	466	5,594	
Total ingresos	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	25,564	
Total ingresos actualizados	2,120	2,109	2,098	2,088	2,077	2,067	2,056	2,046	2,035	2,025	2,015	2,005	2,005	24,739	
<u>Egresos</u>															
Capacitación en colorimetría	-	2,500												- 2,500	
Total egresos	-	2,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,500	
Total egresos actualizados	-	2,487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,487	
Saldo antes de impuestos	-	370	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	2,130	28,064	
Impuesto a la renta	-	96	554	554	554	554	554	554	554	554	554	554	554	8,419	
Saldo después de impuestos	-	274	1,576	1,576	1,576	1,576	1,576	1,576	1,576	1,576	1,576	1,576	1,576	19,645	
Flujo actualizado	-	12,021	-	272	1,561	1,553	1,545	1,537	1,529	1,521	1,514	1,506	1,499	1,491	1,483

TMAR	6.100% mensual
	0.508% anual
VAN	4,446
TIR	62.99%
B/C	1.71
Tiempo de retorno (años)	0.5
Tiempo de retorno (meses)	6

Aspectos Éticos

Para la realización de la presente tesis, se contó con la aceptación de la empresa, que, desde el comienzo estuvo al tanto de los objetivos, de la tesis se estaría realizando.

Los operarios del taller fueron comunicados, sobre el alcance del presente estudio y se les solicitó su apoyo, que fue brindado abiertamente. Se les informó que se haría estudio de tiempos, con la finalidad de evaluar la posibilidad de incrementar la productividad y, también que se revisarían los procesos actuales, para mejorar las operaciones.

A todos ellos, nuestro profundo agradecimiento.

Los autores se comprometen a ser veraces en sus comentarios y observaciones y guardar prudente discreción con aquella información, considerada confidencial, por la empresa.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Estado de resultados

Tabla 28.
Estado de resultados

	Actual		Mejorado	
Venta de viniles impresos		501,937		521,180
Total ventas	S/	501,937	S/	521,180
Reducción de devoluciones				2,844
Reducción de ventas perdidas por falta de insumos				6,099
Total ingresos	S/	501,937	S/	530,124
Costo de producción de viniles		357,323		371,022
Total costo	S/	357,323	S/	371,022
Utilidad bruta		144,614		159,101
Depreciación				1,202
Utilidad operativa	S/	144,614	S/	160,303
Gastos financieros			-S/	2,404
Utilidad antes de participación e impuestos		144,614		157,899
Impuesto a la renta	-	37,600	-	41,054
Utilidad neta		107,014		116,846
Reserva (10%)		-		-
Resultado del ejercicio	S/	107,014	S/	116,846
Rentabilidad sobre ventas		21.3%		22.4%
			5.2%	

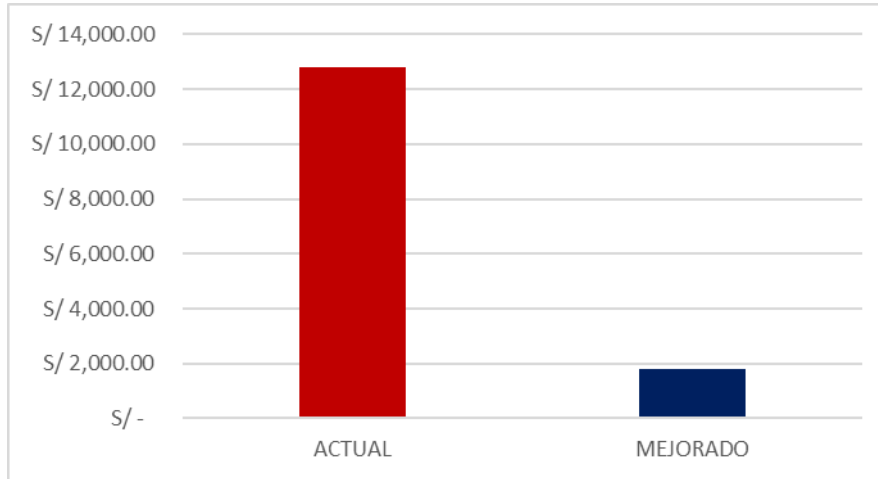


Figura 19. Disminución pérdida CR1 Falta de control estadístico

La mejora en el control de proceso con uso del colorímetro, reducirán los sobrecostos y ventas perdidas, que afectan la rentabilidad de S/12,814 a S/1,787

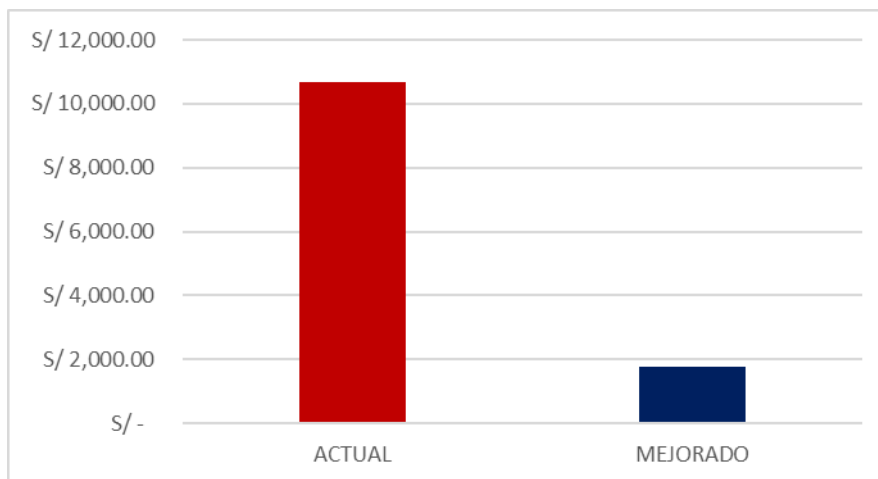


Figura 24. Disminución pérdida CR5 Rotura de Stock

Con mejores pronósticos, se reducirán las ventas perdidas por uso de materiales no aprobados por el cliente, derivado de la rotura de stocks, de S/10,697 a S/1,754

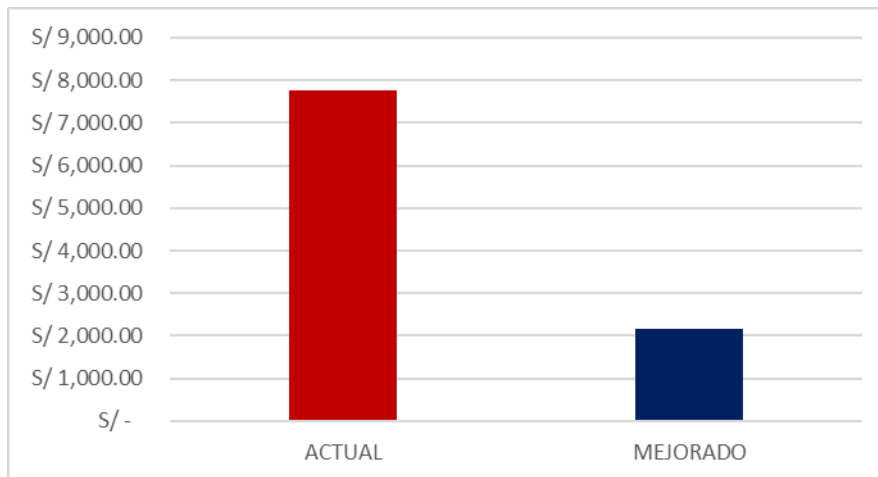


Figura 21. Disminución pérdida CR6 Falta Mantenimiento preventivo

Con la mejora propuesta en el mantenimiento preventivo de la maquinaria, se conseguirá reducir la pérdida en la utilidad de la empresa, de S/7,763 a S/2,169

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Se tiene absoluta coincidencia con Ruiz, Correa, John, cuando explica que, para prevenir que la tela terminada llegue a los clientes con este problema se han desarrollado varios puntos de control de calidad para corregir los problemas que se presentaban en la tela debido a tono equivocado o desviación del tono. Sin embargo, estos controles han sido ineficaces debido a que la inspección visual es subjetiva al observador que la realice.

Con la tecnificación del control estadístico, con el uso de un colorímetro, se mejoraron los criterios de calidad de la empresa, con el uso de tolerancias, consensuadas con los clientes tolerancias permitidas por los clientes.

De igual manera, se coincide con Aguilar Rivera José Enrique. Cuando sostiene que las pequeñas empresas, como la motivo de esta tesis, no se cuenta con sistemas de control automatizado que ayuden a supervisar de manera correcta dicho proceso, recurriéndose al registro de recetas y variables importantes para la tintura en cuadernos o en hojas que se pueden extraviar con facilidad y monopolizar su ejecución. Dicho autor propuso en su proyecto, la aplicación de un *software* de control de procesos, que permita garantizar la calidad del tejido una vez culminado el proceso de producción. Durante este proyecto se identificó, seleccionó y estudió las variables que son críticas en el proceso de tintorería como por el ejemplo el ph entre subproceso y subproceso, tiempo de proceso, hoja de consumo de químicos, auxiliares y cantidad de kilos producidos al mes, para posteriormente incluirlos dentro del software, el cual es una ayuda para poder cumplir con los requerimientos mensuales que la empresa necesite y mejore la toma de decisiones.

La empresa de artes gráficas en la que se desarrolló la presente tesis, emplea el software RIP, que cumple con los requerimientos argumentados por Aguilar Rivera, el cual se

complementa perfectamente con el uso del colorímetro, para el seguimiento del control de la impresión de los vinilos.

En su tesis, Huamaní Sánchez, F, recomienda capacitar constantemente a su personal sobre el uso de sus equipos y maquinarias, y los tipos de servicios que si pueden brindar sin riesgo de incumplir las demandas del cliente. Sus trabajadores deben conocer al detalle las necesidades de su público y saber qué es aquello que si pueden ofrecer para satisfacerlo.

Igualmente se recomienda informar constantemente a sus clientes de la tecnología moderna de sus equipos, software y del instrumental que le permite brindar un servicio más depurado y especializado en cuanto a diversidad de formatos, calidad de impresiones, gama de colores, etcétera. Esto podrá convencerlos de la calidad técnica que la empresa pone a su disposición.

Este aspecto es perfectamente válido, debido a lo altamente tecnificada que es la tecnología cromática, la cual debe ser debidamente controlada para satisfacer plenamente los requerimientos de los clientes. Estos requerimientos suelen ser muy exigentes y específicos, particularmente cuando los clientes son empresas transnacionales.

Pinedo Chapa, Joely Mireilli . sostiene que usar métodos de pronósticos cuantitativos son más asertivos al método que realiza la empresa basado en lo que el área comercial estima vender, sin analizar la venta histórica por línea.

Se establece el uso del método estadístico de Holt-Winters; ya que considera nivel, tendencia y estacionalidad de la demanda, la cual se ha observado en las 4 líneas principales. Este método de pronóstico tiene la ventaja de ser fácil de adaptar fácilmente información disponible actualizada

El método Holt-Winters es una ampliación perfeccionada del enfoque de la suavización exponencial, mientras que el procedimiento de suavización proporciona una impresión general, movimientos a largo plazo en la información y permite la elaboración de pronósticos a corto plazo. Este método permite también el estudio de tendencia a futuro mediante la elaboración de pronósticos a mediano y largo plazo.

En la presente tesis, se recurrió al uso de pronósticos estacionales, basados en estadísticas de ventas de dos años previos al año de estudio.

De la misma manera que Vargas y Enriques (2020) manifiestan que, al aplicar herramientas de la ingeniería industrial para el control del proceso, el planeamiento de la producción e invertir en tecnología para el control de calidad colorimétrico, el impacto en la rentabilidad obtenido fue superior al 2%.

En la presente tesis, la propuesta de mejora tuvo un incremento mayor al 5% en la utilidad sobre las ventas de año 2020.

Por último, Gonzáles Corvera, Zoraida. Argumentan que implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo, se podrá llevar de mejor manera la trazabilidad de información referente al área y actuar sobre los puntos críticos generadores de paradas de producción.

En la presente tesis, se determinó que era importante diseñar un plan de este tipo, que mejore la disponibilidad de los equipos de impresión, no obstante que este indicador era bastante alto.

También se precisó que la confiabilidad de las reparaciones, era fundamental para contribuir con el objetivo anterior.

4.2. Conclusiones

- Se determinó que la propuesta de mejora en la gestión de calidad, mantenimiento y logística incrementa la rentabilidad de la empresa fabricante de artes gráficas en la ciudad de Trujillo en un 5.2%.
- Se diagnosticaron problemas en la gestión actual de calidad, mantenimiento y logística que afectan negativamente a la rentabilidad de la empresa fabricante de artes gráficas en la ciudad de Trujillo. Estas son: falta de control estadístico, rotura de stock y falta de mantenimiento preventivo.
- Se emplearon métodos y herramientas de la ingeniería industrial para incrementar la rentabilidad de la empresa fabricante de artes gráficas de la ciudad de Trujillo, como Control estadístico de calidad, asistido con equipos de verificación de especificaciones, pronósticos de producción, MRP y plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad, obteniendo un beneficio total de S/25,564 al aplicar la propuesta de mejora.
- La propuesta de mejora en la gestión de calidad, mantenimiento y logística en la empresa fabricante de artes gráficas es viable económica y financieramente. Esto se demuestra con un VAN de S/4,446. Además, la Tasa Interna de Retorno es 62.99% y el Beneficio/Costo de 1.71, que indica que, por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se obtendrá una ganancia de S/0.71. El retorno de la inversión será en 6 meses.

REFERENCIAS

- Aguilar, J. (2020). *Desarrollo de un software aplicado al control de procesos en la tintura de tejido Jersey en algodón con colorantes reactivos*. (Tesis de Grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10668/2/04%20IT%20275%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Bounds, G. M., Dobbins, G. H., & Fowler, O. S. (1995). *Management: A total quality perspective*. South-Western Publishing Company.
- Carreño, A. (2011). *Logística de la A a la Z*.
- Carro, R., & González Gómez, D. A. (2012). *Control estadístico de procesos*.
- Crosby, P. B. (1996). *Quality is still free: making quality certain in uncertain times*. McGraw-Hill Companies.
- Deming, W., Medina, J. y Ballester, M. (1998). *La nueva economía: Para la industria, el gobierno y la educación*. Díaz de Santos.
- Esparza, J. (2020). *Estacionalidades*. Recuperado de <http://web.uqroo.mx/archivos/jlesparza/acpsc138/Estacional.pdf>
- García, L. (2016). *GESTION LOGISTICA INTEGRAL: las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. Perú
- González, M. (2020). *Propuesta de mejora en el área de operaciones para reducir los costos operacionales de la empresa Imprenta Editora Gráfica Real S.A.C.* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24212/Gonzalez%20Marly%20Zoraida%20Margarita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, J. M. (2007). *Introducción a la gestión de calidad*. Delta Publicaciones.

Huamani, F. (2019). *Calidad de servicio y la satisfacción del cliente de la imprenta Niko E.I.R.L., Ventanilla 2019* (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46414>

Lean Manufacturing10 (2019). *Previsión de la demanda: Importancia y métodos para realizarla*. Recuperado de <https://leanmanufacturing10.com/prevision-de-la-demanda-importancia-y-metodos-para-realizarla>

Martínez, A. (2021). *Definición de Publicidad*. Recuperado de <https://conceptodefinicion.de/publicidad/>.

Mezones, S., & Monzón, S. (2018). *Rediseño de procesos en la gestión operativa de una imprenta* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13761>

Muriel, C. (2018). *¿Cuáles son los tipos de publicidad que existen?*. Recuperado de <https://digitalisthub.com/cuales-son-los-tipos-de-publicidad-que-existen/>

Pérez, A., Rodríguez, A., & Molina, M. (2002). Factores determinantes de la rentabilidad financiera de las pymes. *Spanish Journal of Finance and Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 31(112), 395-429.

Pinedo, J. (2018). *Propuesta de un modelo de pronósticos de demanda y gestión de inventarios para la planeación de demanda en prendas de vestir juvenil* (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623528/Pinedo_CJ.pdf?sequence=5

Redacción (2020). *Amazon es ya la empresa que más dinero gasta en publicidad en todo el mundo*. Recuperado de <https://www.puromarketing.com/66/33207/amazon-empresa-mas-dinero-gasta-publicidad-todo-mundo.html>

Ruíz, J. (2020). *Implementación del colorímetro como estándar de calidad para la tela teñida en Tincol S.A.S.* (Tesis de Grado). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Recuperado de http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15783/1/RuizJohn_2020_ImplementacionColorimetroEstandar.pdf

Salazar, B. (2019). *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*. Recuperado de [https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20del%20Modo%20y%20Efecto%20de%20Fallas%20\(AMEF\)%2C,un%20m%C3%A9todo%20documentado%20de%20prevenci%C3%B3n.](https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20del%20Modo%20y%20Efecto%20de%20Fallas%20(AMEF)%2C,un%20m%C3%A9todo%20documentado%20de%20prevenci%C3%B3n.)

Salazar, B. (2019). *Pronóstico de la demanda*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/pronostico-de-la-demanda/que-es-el-pronostico-de-la-demanda/>

Vargas L. y Enríques, J. (2020). *Propuesta de mejora en la gestión de producción y calidad para incrementar la rentabilidad de aportes Multigráficos para el Perú SAC*.

Vargas, M. (2015). *La importancia de implementar el uso de pronósticos en las empresas*. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2015/05/11/importancia-implementar-el-uso-de-pronosticos-empresas>

ANEXOS

Anexo 1.

Publicidad exterior elaborada por la empresa para el Mall Aventura Trujillo



Nota. Tomado de empresa fabricante de artes gráficas.

Anexo 2.

Costeo de vinil laminado 2 x 4m (8m²)

Costos directos

	Mezcla CMYK	Und	Uso	Costo unit (Soles)	Costo/vinil (Soles)
Materiales					
Sustrato (2pzas de 1.05x2m)		m ²	8.400	7.475	62.790
Laminado		m ²	8.400	1.800	15.120
Tinta amarilla Yellow	35%	gal	0.010	1,160.000	11.600
Tinta roja Magenta	35%	gal	0.010	1,160.000	11.600
Tinta azul Cyan	20%	gal	0.010	1,160.000	11.600
Tinta negra K	10%	gal	0.002	580.000	1.160
Costo materiales		Kilos			S/ 113.870
Mano de obra directa					
Horas-Hombre obreros		H-H	3.000	5.000	S/ 15.000
Desperdicio por defectos	1.50%				S/ 1.933
Total costos directos					S/ 130.803

Costos indirectos	215	vinil/mes promedio	Costo/vinil (S/)
Horas-hombre indirecta	H-H	1.000	22.500
EsSalud			3.140
Vacaciones			2.907
Gratificaciones			5.814
Depreciación			4.762
Alquiler			2.326
Electricidad			3.721
Varios			2.000
Total costos indirectos			S/ 47.169

Costo de producción		S/ 177.972	S/ 177.972
Precio y margen del panel de 4x2m		Por panel	Por m²
Costo de producción		S/ 177.972	S/ 22.246
Margen de utilidad del Fabricante	40.5%	S/ 72.028	S/ 9.003
Valor venta de 1 vinil		S/ 250.000	S/ 31.250

Nota. Información tomada de empresa fabricante de artes gráficas. Elaboración propia

Anexo 3.

Cálculo de la diferencia entre dos colores Delta

<http://www.jpereira.net/rough-profiler/validar-perfil-color-icc-delta-e>

La diferencia entre dos muestras de color, se le conoce como el ΔE o lo que es lo mismo el error delta o el “delta e”. Donde la letra griega delta es usada en matemáticas para denotar diferencia y la “e” proviene del termino alemán *Empfindung* o Sensación, por lo que su traducción literal es la “diferencia de sensación” que percibimos al exponernos a dos colores.

Habitualmente se escribe también como ΔE^* donde el asterisco denota el uso de valores CIELAB para los cálculos.

Hay varias fórmulas para el cálculo de delta e, siendo la más común y sencilla de implementar la CIE76

$$\Delta E^* = ((L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2)^{1/2}$$

Si ΔE^* se aproxima a 2.3 siendo en todo caso inferior a 3, estaríamos hablando del JND o “*just noticeable difference*” que lo podríamos traducir como diferencia apenas perceptible que se produce entre dos niveles de intensidad de un estímulo sensorial. O lo que es lo mismo, una diferencia de color muy difícilmente apreciable.

La norma ISO 12647-2 es la encargada de los estándares de impresión, entre otras muchas definiciones, aborda los umbrales de tolerancia para delta e:

ΔE^*	Calidad
1	Excelente
1-2	Buena
2-4	Normal

4-5	Suficiente
> 5	Mala

Valores superiores a 5 se proponen como inaceptables en la mayoría de procesos ya que indican que la diferencia de color es especialmente evidente.

Anexo 4.

Medición del color

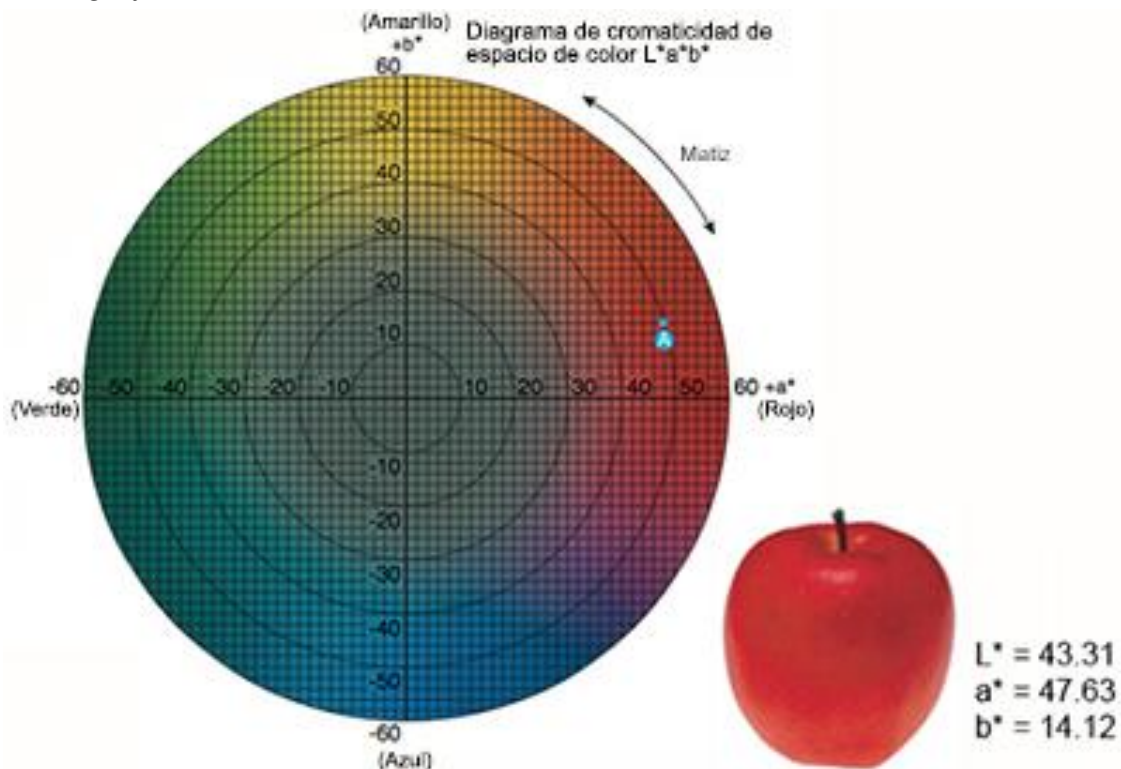
Es interesante remarcar cómo el ojo humano puede percibir millones de colores. Es curioso cómo cada individuo percibe e interpreta los colores de distinta forma y cómo éstas diferencias pueden tener tantos problemas en cuanto al proceso de fabricación y proveedores. Por lo que, ¿cómo se evalúa el color de un objeto o se expresa el color con precisión a otra persona o fabricante utilizando un lenguaje y estándar consistente?

Un espacio de color se puede definir como una manera de expresar el color de un objeto utilizando algún tipo de anotación, así como los números. La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), organización sin ánimo de lucro, es considerada como la máxima autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para expresar el color de forma objetiva.

El espacio de color L*a*b*, también denominado CIELAB, es a día de hoy uno de los espacios de color más famosos y uniformes utilizado para evaluar los colores de los objetos. Este espacio de color es muy utilizado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana. Fabricantes e investigadores lo utilizan para evaluar los atributos de color, detectar incoherencias y expresar de forma precisa los resultados a otros.

Anexo 5.

El Lenguaje Universal del Color



El color corresponde a una percepción e interpretación subjetiva. Dos individuos observando el mismo objeto pueden utilizar diferentes puntos de referencia y expresar el mismo color con una gran variedad de palabras diferentes, llevando finalmente a confundir. Para evitar esto y asegurar que una muestra cumpla con el estándar, el color debe ser expresado en términos numéricos y objetivos. Los colores se pueden clasificar de diferentes formas, así como: Matiz (Color), Luminosidad (Brillo) y Saturación (Pureza).

El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue diseñado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde a la vez, o amarillo y azul al mismo tiempo. Por tanto, L^* indica la Luminosidad, y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas.

L^* = Luminosidad

a^* = Coordenadas rojo / verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = Coordenadas amarillo / azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Los instrumentos de medición de color, incluidos espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar éstos atributos de color de forma sencilla. Éstos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^* .

Aun cuando estamos seguros de que dos colores son iguales, se pueden encontrar diferencias si los llevamos a evaluación con los instrumentos de medición de color de Konica Minolta como los que disponemos en *AQ instruments*. Si el color de una muestra no cumple con el estándar, la satisfacción del consumidor se ve comprometida y la cantidad de trabajo y costes incrementa. Por tanto, cuánta mayor sea la evaluación de colores y los controles de calidad en relación al color que queremos representar, mejor.

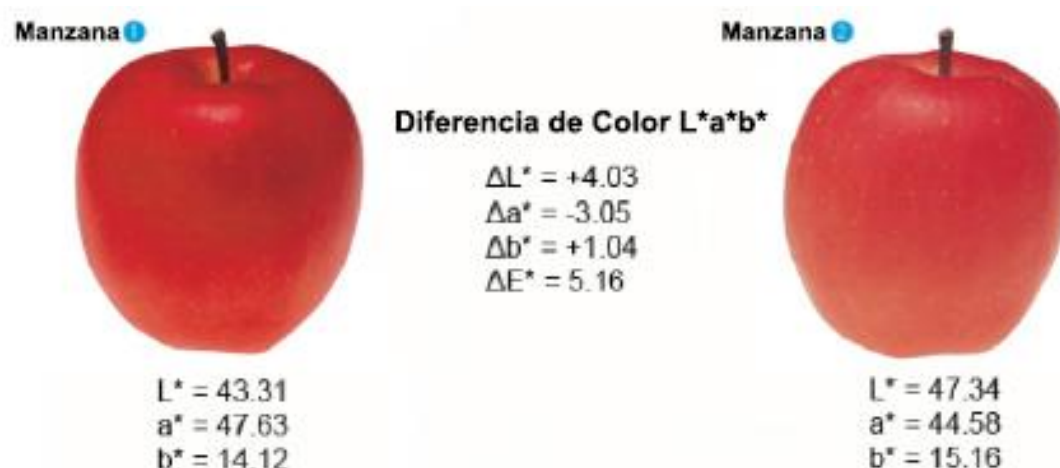
La diferencia de color es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta (Δ). Deltas por L^* (ΔL^*), a^* (Δa^*) y (Δb^*) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva. Estas son expresadas como:

ΔL^* = Diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

Δa^* = Diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

Δb^* = Diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

ΔE^* = Diferencia total de color



Anexo 6.

Tolerancias de Color

La tolerancia de color es el límite de la diferencia de color entre la muestra y el estándar y es permitida para que la muestra sea considerada aceptable. Usando L*a*b*, los usuarios pueden correlacionar las diferencias de color numéricas a sus propias evaluaciones visuales. Los valores de tolerancia se deberían definir entre el proveedor y el consumidor, y utilizados en controles de calidad para determinar si la muestra es correcta o no.

Los valores de tolerancia crean una caja alrededor del estándar. El color que cae dentro de la caja es considerado aceptable, mientras que el color que cae fuera de ella es rechazado. ΔE^* puede ser usado para tolerancias, cuando el usuario también evalúa atributos individuales. El color que queda cerca del borde de ésta caja de tolerancia puede ser aceptable numéricamente pero visualmente inaceptable para el observador. La fórmula de diferencia de color CIE2000 se estableció para solucionar este problema. Esta fórmula establece en forma más precisa cómo el ojo humano percibe el color y provee una mayor exactitud, creando un elipsoide alrededor del estándar dentro del espacio de color.