**Nota de Aceptación:**

**Proyecto de Diseño Aprobado,** en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali para optar el título de Ingeniero Industrial.

P/

HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias

JORGE ENRIQUE ÁLVAREZ PATIÑO
Director Carrera Ingeniería Industrial

Luz Elena Vinasco Isaza
Director(a) Proyecto de Diseño

Maria Isabel Diaz Vega
Jurado 1

(Germán Córdoba Barahona)
Jurado 2

Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Santiago de Cali, junio 30 de 2020

**Jorge Enrique Álvarez Patiño**
Director del programa de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Pontificia Universidad Javeriana Cali
Santiago de Cali

Reciba usted un cordial saludo.

Después de haber hecho seguimiento al proyecto de diseño bajo mi dirección denominado "*Rediseño del Proceso de Fabricación de Snacks de Plátano para Disminuir Desperdicios de una Empresa del Sector Alimenticio*", desarrollado por los estudiantes de Ingeniería Industrial Juan Camilo Ardila Medina, Adriana Lucia Mosquera Miranda y Oscar Daniel Pareja Aguilar con códigos 5183878, 8923038 y 8918632, respectivamente, considero que este cumple a cabalidad con los objetivos propuestos. De igual manera, he leído el documento final a cabalidad el cual avalo para que sea entregado y evaluado.

Cordialmente,

Luis Hernando Garzón Canizalez
Director(a) del Proyecto
CC 94413878 de Cali

DIANA digital

**Santiago de Cali, 19 de Junio del 2021**

**Señor: Jorge Enrique Álvarez Patiño**
Director de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
**Pontificia Universidad Javeriana Cali**

Cordial Saludo,

Por medio de la presente, doy constancia que los estudiantes Tania Shirley Enríquez Criollo identificada con CC 1.113.699.791, Juan Pablo Eraso Portilla identificado con CC 1.144.099.299, David Humberto Holguín Noreña identificado con CC 1.116.277.428 y Valentina Sarria Bonilla identificada con CC 1.007.352.368 desarrollaron su trabajo de grado titulado "Diseño de condiciones de proceso en área de impresión con el propósito de reducir desperdicios en una empresa de comunicación gráfica" en las instalaciones de DIANA DIGITAL, asistiendo personalmente a la empresa para la recolección de datos y entrevistas con los encargados para la debida realización del proyecto.

Atentamente,

Lucas Bravo R.

CC: 1.144.068.532
**Lucas Bravo Reyes**
**Gerente General**
**Diana Digital**

# Diseño de condiciones de proceso en área de impresión con el propósito de reducir desperdicios en una empresa de comunicación gráfica

Tania Shirley Enríquez Criollo[a,c] , Juan Pablo Eraso Portilla[a,c] , David Humberto Holguín Noreña[a,c], Valentina Sarria Bonilla[a,c],

Luz Elena Vinasco[b,c]

[a]*Estudiante de Ingeniería Industrial*
[b]*Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial*
[c]*Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia*

**Resumen en español**

El siguiente proyecto de grado se presenta en Diana Digital, una empresa de comunicación gráfica ubicada en la ciudad de Santiago de Cali, lleva más de 50 años de trayectoria en la industria manufacturera, específicamente en el mercado de la publicidad. Actualmente presenta problemas en el proceso de producción en términos de desperdicio, debido a que no se han encontrado las condiciones óptimas de impresión, provocando que los productos finales presenten fallos de calidad y un porcentaje de no cumplimiento que supera el 80%.

Con este proyecto se plantea por medio de la utilización de herramientas Lean Six Sigma, disminuir o eliminar los problemas de desperdicio actuales que afectan la productividad. Inicialmente se definieron las cantidades de desperdicio y tiempos de preparación e impresión de la empresa dando pie al planteamiento de un modelo de Diseño de Experimentos que pueda ayudar a encontrar las condiciones de impresión óptimas para el área de impresión de pequeño formato. Después de determinar los errores de operación en la empresa, se hace la exploración de herramientas que ayuden a eliminar el problema, por medio de tormenta de ideas, los 5 por qués y la utilización de herramientas Lean Six Sigma se encuentran las condiciones de impresión optimas en el área de pequeño formato y finalmente se evalúa su efecto de mejora en la empresa.

Finalmente, mediante el diseño de experimentos se determinó que para reducir el número de desperdicio se necesita: tener perfil óptimo, giro, línea de corte y dúplex correcto. Además, con la implementación de soluciones de Lean Manufacturing, el cambio del monitor, iluminación y la contratación de un nuevo operario en el área de impresión y el diseño de lista de chequeo, se pasó de un porcentaje de desperdicio del 12,1% a un 0,2% por hojas y por unidades de producto de un 27,71% a un 0,03% cumpliendo así con los objetivos del proyecto.

*Palabras claves: Desperdicios, Lean Six Sigma, Diseño de Experimentos, Comunicación Gráfica*

**Abstract**

The following degree project is presented at Diana Digital, a printed graphic communication company that has more than 50 years of experience in the manufacturing industry, specifically in the advertising market, they are currently leaders in large format materials, located in Cali - Colombia. This company has been presenting problems in the production process in terms of waste. The optimal printing conditions have not been found, causing a percentage of non-compliance that exceeds 80%.

With this project, it is proposed through the use of Lean Six Sigma tools to reduce or eliminate the current waste problems that are causing the productivity conflict. The amount of waste and preparation and printing times of the company were measured, giving rise to the proposal of a DOE model that could help find the optimal printing conditions for the small-format printing area. After determining the operating errors in the company, the exploration tools that help to eliminate the problem is made, through brainstorming, the 5 why and the use of Lean Six Sigma tools in order to find the optimal printing conditions in the area of small format and finally its effect of improvement in the company is evaluated.

Finally, through DOE, in order to reduce the number of wastes is necessary to have an optimal profile, rotation, cutting line and correct duplex. In addition, with the implementation of Lean Manufacturing solutions, the change of the monitor, lighting and the hiring of a new operator in the printing area and

the design of the check list, a percentage of waste of 12.1% went to 0.2% per sheets and per product units from 27.71% to 0.03%, thus fulfilling the objectives of the project.

*Keywords: Waste, Lean Six Sigma, DOE, Print.*

**Tabla de contenido**

***I. PROJECT CHARTER ..... 5***

***II. DEFINIR ..... 7***

*A. Contexto y Justificación ..... 7*
*B. Grupos de interés ..... 11*
*C. Requerimientos ..... 13*

***III. MEDIR ..... 15***

*D. Plan de recolección de datos ..... 15*
*E. Medición del sistema actual ..... 16*

***IV. ANALIZAR ..... 27***

*F. Análisis de causas ..... 27*
*G. Revisión de literatura ..... 36*
*H. Exploración de ideas y selección de alternativa ..... 41*
*I. Objetivos ..... 42*

***V. MEJORAR ..... 43***

*J. Desarrollo del diseño de la solución ..... 43*
*K. Validación ..... 51*

***VI. CONTROLAR ..... 69***

*L. Medición de los impactos ..... 69*
*M. Estandarización de la solución ..... 70*
*N. Conclusiones ..... 71*
*O. Recomendaciones ..... 71*

***VII. ANEXOS ..... 73***

***VIII. REFERENCIAS ..... 74***

---

**Índice de Tablas**

*TABLA I, GRUPOS DE INTERÉS DEL PROYECTO. ..... 12*
*TABLA II, REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS. ..... 14*
*TABLA III, DESCRIPCION DE LA SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN EL DIAGRAMA DE FLUJO. ..... 22*
*TABLA IV, COSTOS POR DESPERDICIO. ..... 25*
*TABLA V, RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ..... 25*
*TABLA VI, RESUMEN REVISIÓN DE LITERATURA ..... 35*
*TABLA VII, RESUMEN REVISIÓN DE LITERATURA ..... 36*
*TABLA VIII,CRITERIOS DE DECISIÓN ..... 39*
*TABLA IX, ESTANDARIZACIÓN DE LAS PREFERENCIAS ..... 40*
*TABLA X, PLAN DE TRABAJO ..... 43*
*TABLA XI, INTERVALO DE CONFIANZA IC DE 95% ..... 45*
*TABLA XII, INTERVALO DE PREDICCIÓN IP DE 95% ..... 46*

*TABLA XIII, PRUEBAS DE HIPOTESIS PARA EL PORCENTAJE DE DESPERDICIOS* ..... *67*
*TABLA XIV, RESUMEN DE RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑOS* ..... *68*
*TABLA XX, ANEXOS* ..... *68*
*TABLA XXI, POE´S* ..... *70*

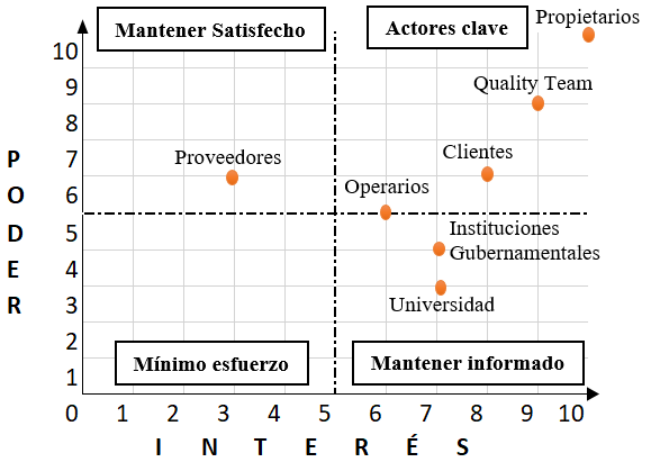
---

**Índice de Figuras**

*Fig. 1. Tamaño empresarial Industria Manufacturera en Colombia* ..... *8*
*Fig. 2. Tamaño empresarial subsector Actividades de Impresión a nivel municipal* ..... *8*
*Fig. 3. Ventas mensuales de Diana Digital (enero 2017- octubre 2020)* ..... *9*
*Fig. 4, Diagrama de barras por porcentaje de desperdicio en Hojas desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020.* ..... *10*
*Fig. 5, Diagrama de barras por porcentaje de desperdicio en mts$^2$ desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020.* ..... *11*
*Fig. 6. Diagrama de barras por porcentaje de desperdicio en Unidades desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020.* ..... *11*
*Fig. 7. Matriz Interés vs Poder para grupos de interés del proyecto.* ..... *13*
*Fig. 8, Diagrama de Procesos en DIANA DIGITAL* ..... *17*
*Fig. 9, Diagrama SIPOC de procesamiento de pedidos en DIANA DIGITAL* ..... *18*
*Fig. 10, Diagrama de Flujo de pedidos en DIANA DIGITAL Modificado de* ..... *21*
*Fig. 11, Análisis de Cascada para fracción de desperdicios de producto por unidades.* ..... *23*
*Fig. 12, Análisis de Cascada para fracción de desperdicios de producto por hojas* ..... *24*
*Fig. 13, Diagrama P por Hojas (Fracción de desperdicio de datos desde 2018 hasta 2020)* ..... *27*
*Fig. 14. Diagrama P por unidades (Fracción de desperdicio de datos desde 2018 hasta 2020).* ..... *28*
*Fig. 15.Rendimiento Unidades.* ..... *28*
*Fig. 16.Rendimiento Hojas.* ..... *28*
*Fig. 17. Causas generales de desperdicio en proceso de produccion de DIANA DIGITAL* ..... *28*
*Fig. 18 Diagrama Ishikawa para desperdicios generados en impresión de pequeño y grande formato.* ..... *28*
*Fig. 19. Gráfico de caja y bigotes de Fracción de desperdicio por unidades.* ..... *30*
*Fig. 20. Gráfico de caja y bigotes de Fracción de desperdicio por hojas.* ..... *31*
*Fig. 21. Porcentaje de fracción de desperdicio de hojas por causa.* ..... *31*
*Fig. 22. Porcentaje de fracción de desperdicio de unidades por causa.* ..... *32*
*Fig. 23. 5 ¿por qués? para primera causa.* ..... *32*
*Fig. 14. 5 ¿por qués? para segunda causa..* ..... *33*
*Fig. 25. 5 ¿por qués? para tercera causa.* ..... *33*
*Fig. 26. 5 ¿por qués? para cuarta causa.* ..... *34*
*Fig. 27. Monitor cotizado LG* ..... *38*
*Fig. 1, Calibrador cotizado* ..... *38*
*Fig. 2, Propuesta de Iluminación.* ..... *39*
*Fig. 30 Criterios y alternativas* ..... *40*
*Fig. 31 Resumen de evaluación de criterios* ..... *41*
*Fig. 32. Resultados para costo.* ..... *41*
*Fig. 33 Resultados para tiempo* ..... *41*
*Fig. 34. Resultados para facilidad* ..... *41*
*Fig. 35. Mejor alternativa seleccionada.* ..... *42*
*Fig. 36. Modelo lineal general.* ..... *45*
*Fig. 37. Resumen del modelo.* ..... *45*
*Fig. 38. Gráfica de efectos principales para % de desperdicio* ..... *46*
*Fig. 39. Gráfica de interacción para % de desperdicio* ..... *47*
*Fig. 40. Factores que influyen en el diseño para tiempo de preparación* ..... *48*
*Fig. 41. Gráfica de efectos principales para tiempo de preparación.* ..... *49*
*Fig. 42. Gráfica de interacción para tiempo de preparación* ..... *49*
*Fig. 43. Factores que influyen en el diseño para tiempo de impresión* ..... *50*
*Fig. 44. Gráfica de efectos principales para tiempo de impresión* ..... *51*
*Fig. 45. Gráfica de interacción para tiempo de impresión* ..... *51*

*Fig. 46. Ilustración de combinaciones de impresión.* ... *52*
*Fig. 47. Ilustración de ejemplo de impresión.* ... *53*
*Fig. 48. Diagrama de distribución de espacios antes.* ... *53*
*Fig. 49. Área de Impresión para gran formato en DIANA DIGITAL.* ... *54*
*Fig. 50. Área de Impresión de pequeño formato en DIANA DIGITAL.* ... *54*
*Fig. 51. Diagrama de distribución de espacios después.* ... *55*
*Fig. 52. Área de trabajo de Negociación, Ventas y Diseño en DIANA DIGITAL.* ... *55*
*Fig. 53. Segundo prototipo de checklist.* ... *56*
*Fig. 54. Factores que influyen en el diseño para porcentaje de desperdicios.* ... *57*
*Fig. 55. Análisis ANOVA para % desperdicio.* ... *58*
*Fig. 56. Factores que influyen en el diseño para porcentaje de desperdicios.* ... *58*
*Fig. 57. Cube Plot para % desperdicio.* ... *59*
*Fig. 58. Factores que influyen en el diseño para Tiempo de Preparación.* ... *60*
*Fig. 59. Análisis ANOVA para Tiempo de Preparación.* ... *61*
*Fig. 60. Factores que influyen en el diseño para Tiempo de Preparación.* ... *61*
*Fig. 61. Cube Plot para Tiempo de Preparación.* ... *62*
*Fig. 62. Factores que influyen en el diseño para Tiempo de Impresión.* ... *63*
*Fig. 63. Análisis ANOVA para Tiempo de Impresión.* ... *64*
*Fig. 64. Factores que influyen en el diseño para Tiempo de Impresión.* ... *64*
*Fig. 65. Cube Plot para Tiempo de Impresión.* ... *65*
*Fig. 66. Gráficos de Control por fracción de desperdicio en unidades.* ... *66*
*Fig. 67. Gráficos de Control por fracción de desperdicio en unidades de hojas.* ... *66*
*Fig. 68. Flujo Neto de Caja del Proyecto.* ... *69*
*Fig. 69. Indicadores Financieros.* ... *69*
*Fig. 70. Inversiones.* ... *69*

# I. PROJECT CHARTER

<table>
<tr><th>Descripción (Business case)</th><th colspan="3">Planteamiento del problema (Problem statement)</th></tr>
<tr><td>DIANA DIGITAL es una empresa de comunicación gráfica ubicada en Santiago de Cali, la actividad principal es la impresión, esta hace parte de la industria manufacturera y es una actividad económica que pertenece al subsector de actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales.<br><br>A través de un análisis estadístico que se realizó a los datos de la producción realizada desde diciembre del 2018 hasta octubre del 2020, se observó una cantidad de productos defectuosos que se registraron en el área de impresión, esto, debido a la falta de estandarización de las condiciones del proceso, lo que repercute en costos de reproducción, pérdida de materia prima y mano de obra.</td><td colspan="3">Del total de pedidos producidos en Diana Digital desde enero del 2017 hasta octubre del 2020, aproximadamente el 10% de la producción final está presentando desperdicios, ocasionando una baja capacidad de respuesta al cliente y retrasos en el proceso de producción.</td></tr>
<tr><th>Impacto de los actores (Stakeholder’s business needs)</th><th>Restricciones</th><th>Especificaciones</th><th>Marco legal</th></tr>
<tr><td>Matriz Poder- Interés<br> 
</td><td>Propietarios: Puede representar alto costo o suspensión y retraso de la producción por un tiempo.<br><br>Clientes: Falta de claridad en características de diseño.<br><br>Quality Team: Límite de tiempo, acceso a la empresa y límite en acceso a la información.<br><br>Universidad: Cumplir con fechas de entrega e implementar metodologías de calidad.<br><br>Operarios: Carga laboral extra.</td><td>Se desea reducir el 5% de los desperdicios en impresión.<br><br>Garantizar características exigidas.<br><br>Mediante análisis de datos plantear propuesta de mejora que reduzca desperdicios, implementando herramientas de Ingeniería Industrial.<br><br>Lograr objetivos de PD cumpliendo rúbricas de redacción y escritura.<br><br>Realizar actividades laborales dentro de acuerdos establecidos.</td><td>N.A<br><br>Ley 1480 de 2011.<br><br>Acuerdo N° 567 del reglamento estudiantil.<br><br>Reglamento de estudiantes.<br><br>Resolución 889 de 2020.</td></tr>
</table>

| Indicadores de Desempeño (KPI's) | | | |
|---|---|---|---|
| **Variable** | **Indicador** | **Actualidad** | **Meta** |
| Desperdicio por pedido a través del tiempo | Fracción de desperdicio por pedido a través del tiempo. | **Hojas:** P=12,1% LCS=81,4% LCI=0<br>**Unidades**: P=27,71% LCS=57,6% LCI=0 | **Hojas:** 5,31%<br>**Unidades:**13,59% |
| | Porcentaje de desperdicio de producto por pedido realizado. | **Hojas:** %D= 12,14% LCI= 8,01% LCS=17,39%<br>**Unidad:** %D= 27,05% LCI= 25,45% LCS=28,70% | %D<= 5% |
| | PPM: Número de partes no conformes por millón de producidos. | **Hojas:** PPM=121359 LCI= 80099 LCS=173920<br>**Unidades:** PPM=270528 LCI= 254522 LCS=286993 | PPM<=50 000 |
| Cumplimiento de especificaciones | % de no cumplimiento de especificación. | **Hojas:** %NC=83,33% Por encima<br>**Unidades:** %NC=85,54% Por encima. | %NC<5% |
| Nivel de calidad del proceso | Nivel sigma | **Hojas:** 3σ<br>**Unidades:** 2σ | 3> σ ≤ 6 |
| Tiempo de producción | Rendimiento | -Impresión Color Doble Carta (De 10 A 49 H) = 0,969 m.<br>-Impresión Color Doble Carta (De 1 A 9 H) = 0,011 m<br>-Propalmate doble carta 240 grs= 0,345<br>-Propalmate doble carta 300 grs= 4,083 | Disminuir o mantener. |
| Costo de desperdicios | Costo por unidad de producto que genera mayor desperdicio en la empresa. | -Impresión Color Doble Carta (10-49 H) = $ 457.842<br>-Impresión Color Doble Carta (1- 9 H) = $ 135.072<br>-Propalmate doble carta 240 grs= $ 57.702<br>-Propalmate doble carta 300 grs= $ 62.755 | <$ 457.842<br>< $ 135.072<br>< $ 57.702<br>< $ 62.755 |

**Objetivo general (Goal statement)**

Formular un diseño de las condiciones del proceso de impresión en una empresa de comunicación gráfica, con el fin de disminuir el porcentaje de desperdicios, haciendo uso de herramientas Lean Six sigma.

**Objetivos específicos (Project scope)**

1. Desarrollar un experimento en campo aplicando diseño de experimentos con el fin de analizar factores controlables y no controlables, los cuales influyen en el proceso de producción de la empresa DIANA DIGITAL.
2. Establecer las mejores condiciones de operación en el área de impresión, mediante el uso de herramientas de ingeniería y Lean Manufacturing.
3. Validar la propuesta de diseño del proceso de impresión mediante una prueba piloto que a través del control estadístico de procesos permita analizar el comportamiento de los indicadores de desperdicios y cumplimiento de las especificaciones realizando una comparación entre el estado actual y el mejorado.
4. Evaluar financieramente la viabilidad del proyecto mediante herramientas de gestión financiera.

| Plan de Trabajo (Project Plan) | | | | Equipo de trabajo (Team members) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Actividad** | **Fecha Inicio** | **Fecha Fin** | **Área IISE** | **Nombre** | **Rol** |
| Estudiar el proceso de producción e identificar los factores controlables y no controlables con sus respectivos niveles. | Diciembre 15 de 2020 | Diciembre 20 de 2020 | Ingeniería de calidad y confiabilidad. | **Tania Shirley Enríquez Criollo** | Orientador Portero Energizer |
| Seleccionar el método de DOE a implementar para realizar la recolección de datos. | Diciembre 20 de 2020 | Diciembre 26 de 2020 | Ingeniería de calidad y confiabilidad. | | |
| Recolectar la información en campo sobre la cantidad de producción y desperdicio siguiendo la aleatorización de los datos. | Enero 5 de 2021 | Febrero 20 de 2021 | Diseño y medición de trabajo | | |

| Actividad | Fecha Inicio | Fecha Fin | Área IISE | Nombre | Rol |
|---|---|---|---|---|---|
| Establecer las condiciones óptimas para el proceso de impresión. | Febrero 22 de 2021 | Febrero 28 de 2021 | Diseño y medición de trabajo. | **David Humberto Holguin Noreña** | Coordinador Alentador |
| Implementar Lean Manufacturing. | Marzo 01 de 2021 | Marzo 23 de 2021 | Ingeniería de calidad y confiabilidad | | |
| Comparar los resultados de los índices de desempeño del proceso actual con el propuesto. | Marzo 24 de 2021 | Marzo 31 de 2021 | Herramientas estadísticas e indicadores de desempeño | | |
| Realizar el Procedimiento Operativo Estándar | Abril 1 de 2021 | Abril 09 de 2021 | Gestión de calidad e ingeniería. | **Juan Pablo Eraso** | Evaluador Seguidor |
| Determinar costo y viabilidad financiera de la propuesta. | Abril 12 de 2021 | Abril 23 de 2021 | Toma de decisiones financieras entre alternativas, análisis beneficio-costo. | | |
| Realizar conclusiones y recomendaciones. | Abril 25 de 2021 | Abril 30 de 2021 | Fundamentos. | **Valentina Sarria** | Establecedor estándar |
| Revisar documento final y entregar a directora. | Mayo 1 de 2021 | Mayo 5 de 2021 | Inspección de rectificación | | |
| Realizar correcciones y entrega final. | Mayo 8 de 2021 | Mayo 14 de 2021 | Inspección de rectificación | | |

## II. DEFINIR

### *A. Contexto y Justificación (¿por qué?)*

La impresión es una actividad económica que según la Clasificación de Actividades Económicas CIIU pertenece al subsector de actividades de impresión y de producción de copias [1]. Hace parte de la industria manufacturera, una de las más importantes a nivel nacional y en el sur occidente colombiano, puesto que genera fluidez económica en la región y proporciona una gran cantidad de empleos, debido a que en ella se realiza la conversión de materias primas a artículos de consumo, actualmente su producción aumentó 1,5% en diciembre de 2020 con respecto al mismo mes del año anterior, lo que indica una mejora en la dinámica de la demanda interna y externa, en las que contribuye el consumo de los hogares y el aumento de las exportaciones respectivamente [2].

La industria manufacturera facilita la ampliación del capital en las regiones donde se potencializa y, ofrece condiciones estables en virtud a que la mayor parte de ella no se afecta en gran medida por condiciones, ni fenómenos naturales. Cabe resaltar, que en Colombia de las 761 148 empresas que están inscritas en la Cámara de Comercio en agosto del 2020, 76 468 pertenecen al sector manufacturero con 354 empresas grandes, 790 medianas, 72 355 micro y 2969 pequeñas, como se observa en la Fig. 1. Además, esta industria cuenta con 18 894 empresas registradas a nivel del Valle del Cauca y 12 458 en Santiago de Cali [3].

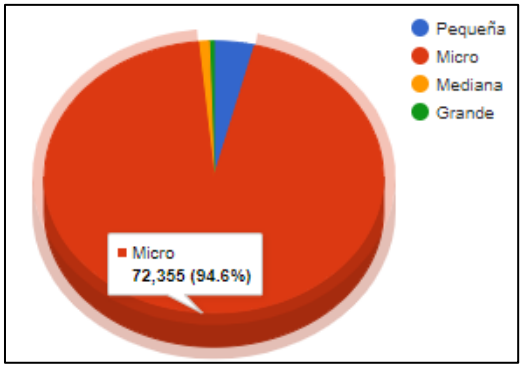



*Fig. 3. Tamaño empresarial Industria Manufacturera en Colombia [3]*

Así mismo, el subsector de actividades de impresión y de producción de copias que representa el 2.1 del PIB y el 8% del PIB manufacturero [4]. Cuenta con 2621 empresas registradas en la Cámara de Comercio a nivel nacional, 989 a nivel departamental y 796 a nivel municipal, contando con grande participación dentro del mercado centrado especialmente en Santiago de Cali [3]. Puesto que, de las 796, dos son empresas grandes, 10 son medianas, 719 son micro y 65 empresas pequeñas como se aprecia en la Fig. 2.

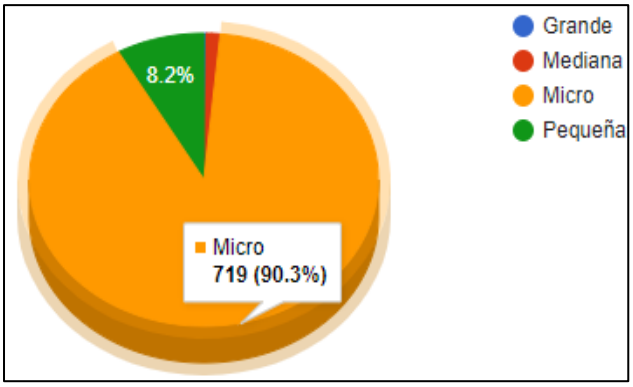



*Fig. 4. Tamaño empresarial subsector Actividades de Impresión a nivel municipal [3]*

No obstante, como expresa la Asociación Colombiana de la Industria de la Comunicación Gráfica (ANDIGRAF), en el informe donde se reportan los estados financieros del 2019, de 23 466 empresas, 442 hacen parte de la industria de comunicación gráfica, de las cuales 341 empresas son impresoras y los 101 restantes proveedores, con una suma de ingresos operacionales por $18.5 billones de pesos en 2019, y un crecimiento en ventas del 6,4% en comparación al 2018 [5].

Partiendo de lo anterior, el comportamiento de la industria manufacturera decreció en el 2020 debido a la influencia de la emergencia sanitaria cuyo inicio se registró en el primer trimestre del 2020, ocasionada por una pandemia que obligó a suspender las actividades de diferentes industrias, por lo tanto, influyó en la disminución de las variables de empleo, venta y producción manufacturera en un -3,3%, -6,3% y -6,3% respectivamente [6].

DIANA DIGITAL, una empresa de comunicación gráfica impresa que utiliza tecnología digital, tiene como misión facilitar la vida del cliente, proporcionándole servicios y productos de excelente calidad [7]. Actualmente, la empresa dispone de una oferta variada de servicios, dentro de los que se encuentra la impresión de posters, decoración con vinilos, carpas, estampados, catálogos, pendones, creación de ambientes, stands y publicidad vehicular, entre otros.

Esta empresa cuenta con una trayectoria de más de 50 años en el mercado de la publicidad, son líderes en impresión e instalación de materiales en gran formato y se encuentra ubicada en Santiago de Cali, contando con maquinaria de alta tecnología para lograr el objetivo de brindar un servicio y producto con altos estándares de calidad. Es una empresa Sociedad por Acciones

Simplificadas que pertenece al sector privado y es categorizada como pequeña empresa al contar con 11 operarios en total y un volumen de activos de $ 814 000 000 en el 2019 (Ver anexo 1) [3].

En cuanto al desarrollo del proyecto en DIANA DIGITAL, es importante entender la correcta administración del centro de trabajo, el cual se enfoca en realizar un producto de calidad que cumpla con los requerimientos solicitados por sus clientes; lo anterior, teniendo en cuenta que la empresa aborda factores ambientales, laborales, económicos, financieros, estratégicos y de innovación, por lo que está dispuesta a realizar cambios a favor en sus procesos tanto administrativos como operacionales para cumplir el propósito de transformar las operaciones tradicionales a nuevos métodos de producción.

Sin embargo, se evidencia la importancia de solucionar uno de sus problemas presentando las ventas de últimos cuatro años, con un total de $17 132 935 132 desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020. Además, en la Fig. 3. Se identifica que incluso con la crisis de salud pública en el 2020, la empresa logró mantenerse por encima de $ 100 000 000, esto debido al incremento de la demanda con pedidos de señalética que incluyen los protocolos de bioseguridad de distintas organizaciones [7]. También, se aprecia que cada año, a excepción del 2018, agosto es el mes con mayor número de ventas facturadas cada año.

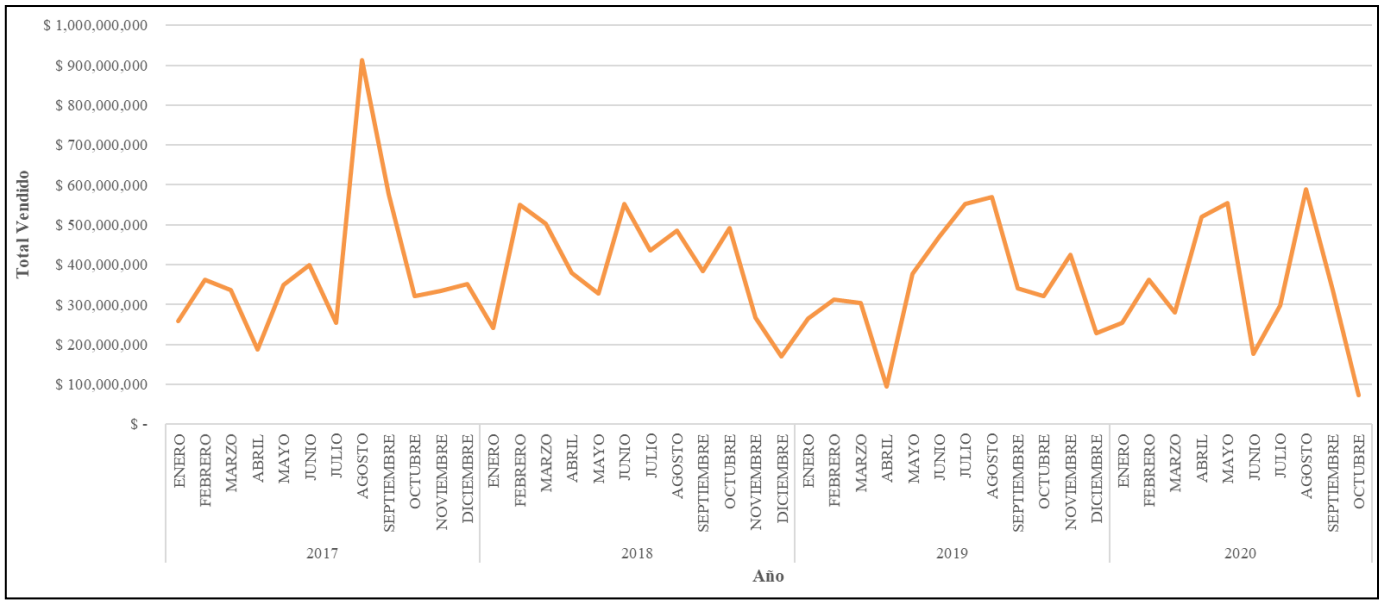



*Fig. 5. Ventas mensuales de Diana Digital (enero 2017- octubre 2020). Modificado de [7]*

Por otra parte, para detectar el problema se efectuó un análisis de la información histórica recolectada por la empresa, donde se analizó la cantidad y las causas de productos defectuosos en el periodo comprendido entre enero de 2017 a octubre de 2020, por lo que, para realizar una correcta comparación entre desperdicios, estos fueron separados en unidades manejadas por la empresa: Hojas, mts2 y unidades. Además, se describió el proceso de producción y se mencionaron algunos problemas señalados por los operarios y administrativos (ver anexo 2. Entrevista).

El proceso de producción se lleva a cabo de la siguiente manera:

(1) Empieza desde el vendedor, el encargado de obtener los pedidos y de registrar en el software las especificaciones dadas por el cliente según su diseño, formato, tamaño y material, enfatizando también si requiere edición.

(2) Toda la información registrada en el software es suministrada al operario, el encargado de autorizar el inicio de la producción. Además, establece dónde se imprime, corta y en el caso de requerir terminado y laminado determina cual será el estilo que desea lograr el cliente; una vez editado y terminado el diseño con las especificaciones, se procede a enviarlo a los monitores a través del software.

(3) Luego, el pedido es enviado a impresión, donde otro operario revisa el formato del producto y supervisa que las impresiones se estén produciendo correctamente; cuando se presenta un problema que causa reproceso, el operario lo corrige y lo reporta en el software.

(4) Seguido a impresión, se encuentra la sección de corte, donde por medio de las guías en la impresión los operarios pueden cortar el producto y llevarlo a terminado y/o laminado según las especificaciones.

(5) Una vez el producto esté terminado se entrega para ser enviado.

Por lo anterior, uno de los factores que genera problemas en el proceso es la no revisión constante de los niveles de tinta en las impresoras, puesto que, por la diferencia de los diseños, los niveles de algunas tintas disminuyen más rápido. Otro tipo de error ocurre en las especificaciones de los pedidos que no son registrados correctamente, estas generan retraso y desperdicio al no ser el producto que el cliente requirió, además, también se presentan desperdicios por defectos en materia prima que no son detectados a tiempo. Dado lo anterior, se analizaron los pedidos que generaron desperdicios en los últimos cuatro años, desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020.

Por consiguiente, en la Fig. 4, al comparar las unidades en hojas se observó que los productos que más desperdicio presentan son las *tarjetas, ten card, invitaciones y separadores*, representando el 34% de desperdicios en total, correspondiente a 52 hojas de las 153.

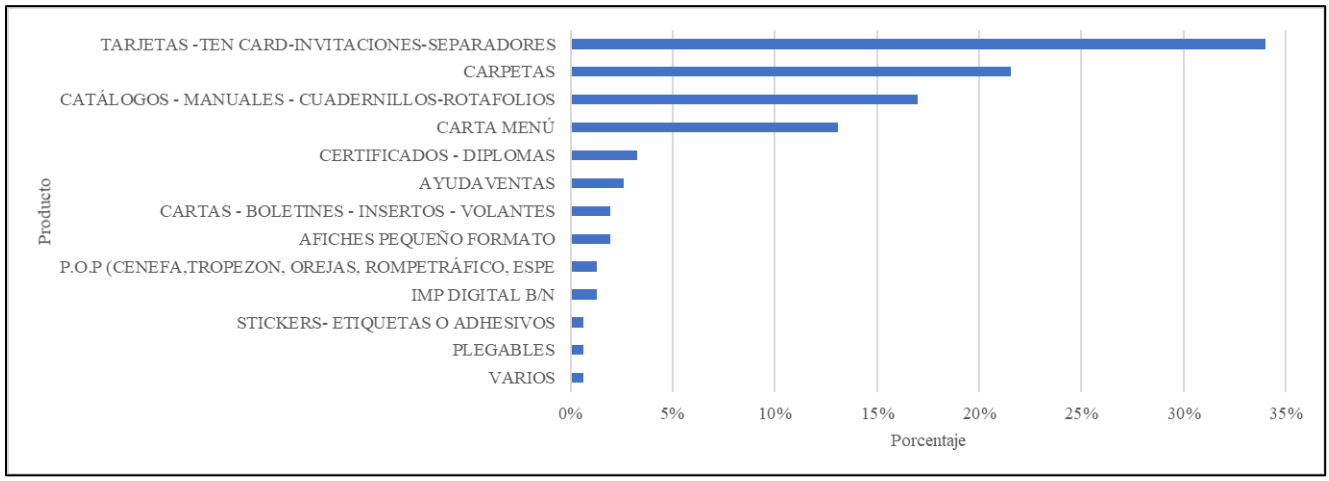



*Fig. 6, Diagrama de barras por porcentaje de desperdicio en Hojas desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020. Modificado de [7]*

De igual forma, se identificó el producto que más desperdicios genera en unidades de metros cuadrados, la cual es utilizada para pedidos de gran formato, siendo impresión e instalación de vinilos con un porcentaje de 25,56% equivalente a 28,77 $mts^2$ de 112,56 $mts^2$ como se observa en la Fig. 5.

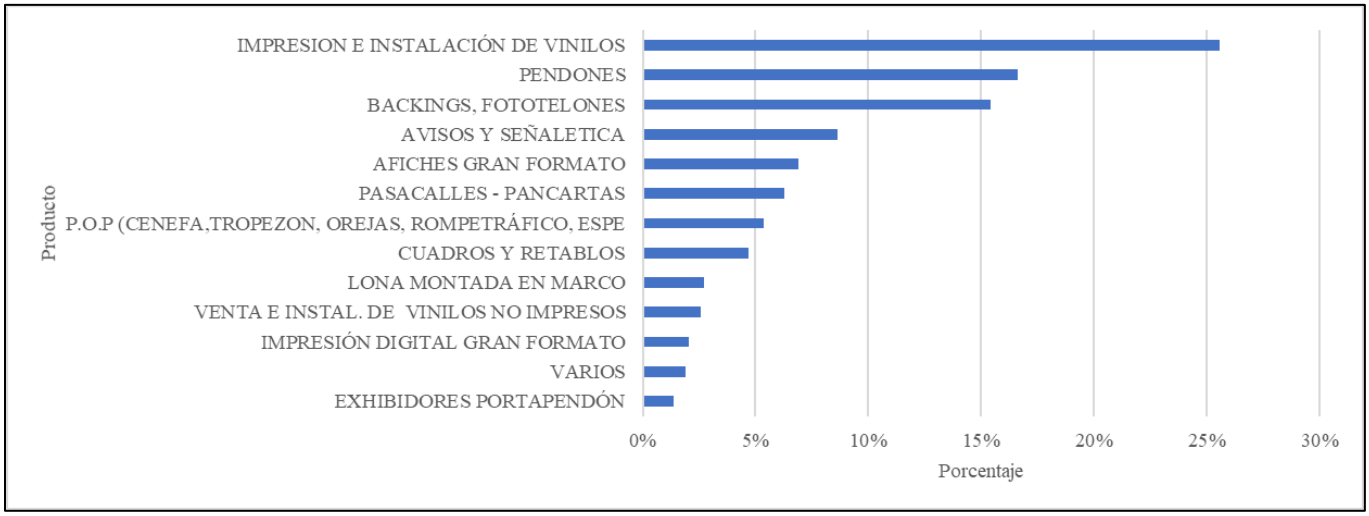



*Fig. 7, Diagrama de barras por porcentaje de desperdicio en mts$^2$ desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020. Modificado de [7]*

Por último, en la Fig. 6, se evidencia que los productos que más unidades desperdiciadas generaron son los catálogos, manuales, cuadernillos y rotafolios, los cuales son elaborados de manera similar con un porcentaje de 34,49% que representa un total de 1407 unidades de 4079.

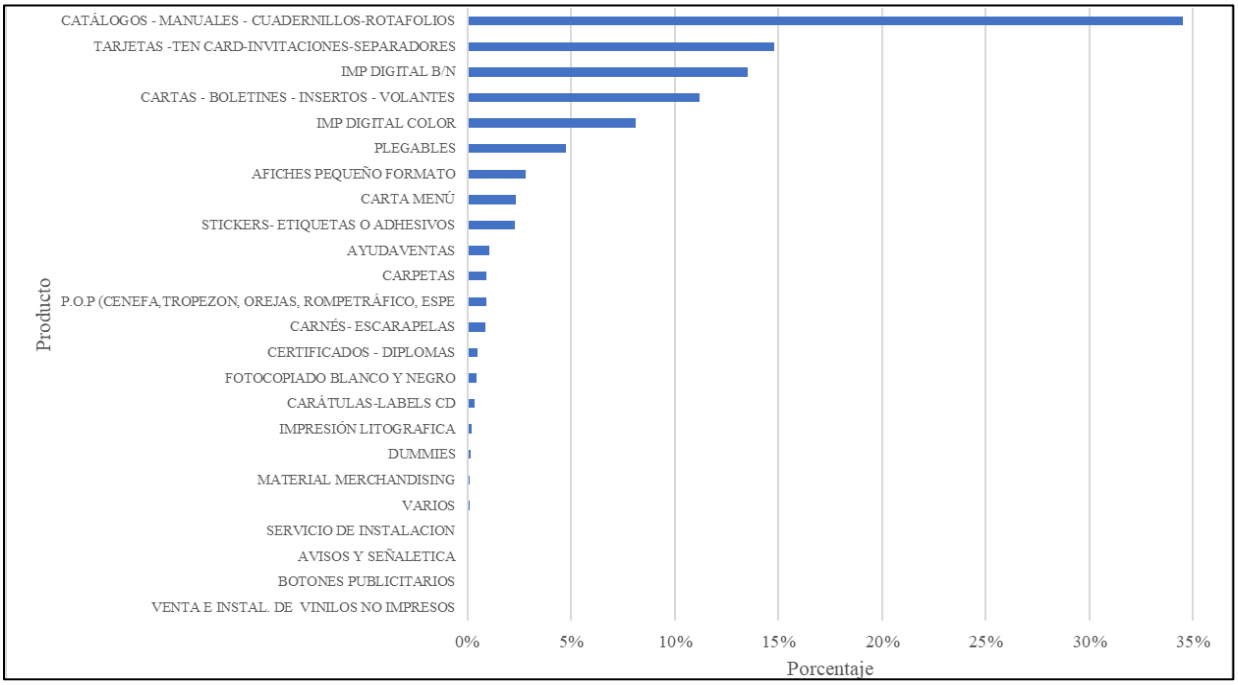



*Fig. 8. Diagrama de barras por porcentaje de desperdicio en Unidades desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020. Modificado de [7]*

Por tanto, en DIANA DIGITAL se puede mejorar el problema de desperdicios realizando una disminución de los mismos, al enfocarse especialmente en los tres tipos de productos mencionados anteriormente, beneficiando así el orden como se está llevando a cabo el proceso productivo por medio de nuevas herramientas de conocimiento.

En los últimos 4 años, se evidenció que los productos con más desperdicio generado en DIANA DIGITAL han sido, en unidades de hojas: *tarjetas, ten card, invitaciones y separadores*, representando un 34% de desperdicios; en unidades de mts2: impresión e instalación de vinilos con un porcentaje de 25,56% de desperdicios, y en unidades de producto: los catálogos,

manuales, cuadernillos y rotafolios con un 34,49% y un total de 1407 unidades. Lo cual representa que, del total de pedidos recibidos desde enero 01 del 2017 hasta octubre 08 del 2020, aproximadamente el 10% están generando desperdicios, provocando que se pierda la capacidad de respuesta, incumpliendo con la orden que está generando conflicto y reprocesos que causan cuellos de botella.

### *B. Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)*

Los grupos de interés del proyecto siendo aquellas partes afectadas directa o indirectamente por las decisiones que se tomen en cuanto a la actividad de la organización se presentan en la Tabla I, cada grupo de interés del proyecto relacionado con la empresa DIANA DIGITAL con su respectiva definición y las ponderaciones correspondientes en cuanto al poder que ejercen en el proyecto y el interés que el proyecto representa para cada grupo. Es importante aclarar que las calificaciones en cuanto a poder e interés para cada uno están dadas en una escala del 1 al 10, siendo el 1 la calificación con menos importancia y el 10, la calificación de mayor importancia.

*TABLA I.*
*GRUPOS DE INTERÉS DEL PROYECTO*

| N° | Grupo de interés | Definición | Poder | Interés |
|---|---|---|---|---|
| | Propietario | Propietarios actuales de la empresa DIANA DIGITAL (Alberto Ruiz que se desempeña como gerente financiero y Lucas Bravo en el cargo de gerente general). | 10 | 10 |
| | Clientes | Todas aquellas personas que adquieren los productos que DIANA DIGITAL ofrece al público (bajo demanda) y a través de agencias de publicidad o intermediarios, de manera ocasional o frecuente. | 6 | 8 |
| | Quality Team | Grupo de estudiantes que trabajan conjuntamente aplicando conocimientos y habilidades adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial. | 8 | 9 |
| | Universidad | Pontificia Universidad Javeriana: Institución de educación superior en la cual se oferta el programa de Ingeniería Industrial. | 3 | 7 |
| | Operarios | Grupo de nueve personas que prestan sus servicios de operación en las instalaciones de la empresa DIANA DIGITAL, los cuales trabajan: Un vendedor de tiempo completo, un contador, un operario de pre- prensa, un impresor de pequeño y gran formato, un operario de corte y terminados gran formato, un operario de terminados de pequeño formato, dos operarios de instalación que realizan terminados de gran formato e instalaciones a clientes, y un operario de mensajería y facturación. | 5 | 6 |
| | Proveedores | Empresas u organizaciones que se encargan de suministrar las materias primas o insumos necesarios (tintas, servicio técnico, maquinas, poliestireno, acrílico, vinilos, etc.) para la producción de la empresa DIANA DIGITAL. Algunos de los proveedores son: Graphic, Darío Mejía, papelería Fernández, Dispapeles, Cristacril, entre otros. | 6 | 3 |
| | Instituciones Gubernamentales | Aquellas instituciones que establecen las reglas o normativas bajo las cuales se rigen las empresas del sector. En la empresa DIANA DIGITAL, las instituciones involucradas son: El Ministerio de Trabajo, ARL (Institución de control privada), la DIAN, el DANE (reportes de encuestas anuales). | 4 | 7 |

De acuerdo con lo anterior, en la Fig. 5 se realiza la representación de los grupos de interés mediante la matriz Interés vs Poder, donde es posible identificar gráficamente la importancia de estos teniendo en cuenta la ponderación asignada previamente.

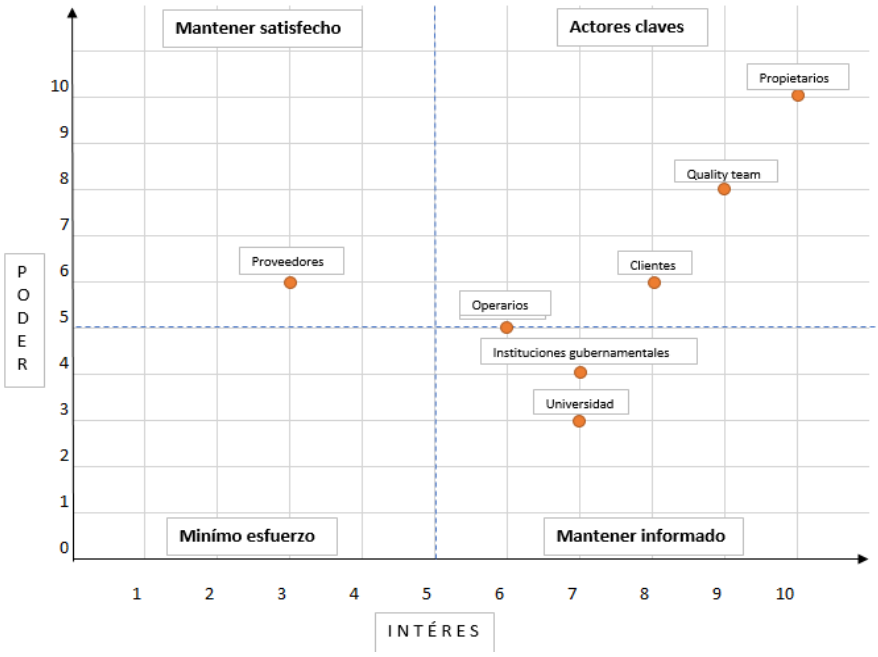



*Fig. 9. Matriz Interés vs Poder para grupos de interés del proyecto.*

- ✓ En el cuadrante **mantener satisfecho**, se pueden observar aquellos grupos de interés que tienen un alto poder en cuanto a las decisiones que quiera tomar la empresa y las actividades que se realicen, pero un bajo interés en lo que ocurra con respecto a estas, para este caso, la única parte que pertenece a esta clasificación son los proveedores.
- ✓ En el cuadrante **actores claves** siendo el más relevante, es donde se encuentra la mayoría de los grupos de interés del proyecto, como lo son: el propietario, los clientes, los operarios, y el equipo de trabajo (Quality Team), los cuales representan un alto grado de poder en cuanto a las decisiones que se tomen y las acciones que se realicen en el trabajo, además, tienen un alto nivel de interés por estas.
- ✓ En el cuadrante **mínimo esfuerzo,** que representa un bajo grado de poder, acompañado de poco nivel de interés es posible observar que no se encuentra ubicado ningún grupo en este cuadrante.
- ✓ Por último, los grupos de interés ubicados en el cuadrante **mantener informado** corresponde a la universidad y las instituciones gubernamentales relacionadas con la empresa, las cuales poseen un bajo grado de poder en cuanto a las decisiones que se tomen y las actividades realizadas, sin embargo, representan un alto nivel de interés por los resultados, aciertos y desaciertos de estas.

No obstante, en el Anexo 3. Clasificación de grupos de interés, se encuentra el soporte con el cual se realizó la clasificación del grado de poder de interés en los grupos asociados a la empresa DIANA DIGITAL e identificados en el proyecto.

### *C. Requerimientos*

Una parte fundamental del proyecto es conocer las instituciones, empresas o personas que influyen positiva o negativamente en el mismo, con el fin de ordenar de manera jerárquica las variables involucradas, darles un mejor manejo y enfatizar en aquellas que influyen en mayor proporción. Por lo tanto, la información expuesta en la Tabla II, fue recopilada en entrevistas (ver anexo 2), correos y visitas realizadas por el equipo de trabajo a la empresa DIANA DIGITAL; en la tabla se exponen las restricciones y especificaciones, así como el marco legal y la voz del cliente de cada grupo de interés.

*TABLA II.*
*REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS*

| GRUPO DE INTERES | VOC (VOZ DEL CLIENTE) | RESTRICCIONES DEL DISEÑO | ESPECIFICACIONES DE DISEÑO | MARCO LEGAL | IMPORTANCIA O EFECTO |
|---|---|---|---|---|---|
| Propietarios | Disminuir la cantidad de desperdicio y reprocesos. | La implementación de una mejora puede representar un costo alto, suspender o retrasar la producción por un tiempo. | Se desea reducir el 5% los desperdicios del proceso de producción. | N. A | N. A |
| Clientes | Obtener un producto final que se ajuste a las especificaciones deseadas. | La falta de claridad y precisión de las características de diseño que requiere el cliente. | Garantizar que la entrega del producto final contenga las características del diseño exigido por el cliente. | Ley 1480 de 2011 (protección al consumidor) | Asegurar un producto final óptimo que se adapte a las necesidades del cliente y garantice su durabilidad. |
| Quality Team | Implementar una metodología de calidad la cual beneficie el proceso de producción de la empresa, generando un alto impacto para así cumplir satisfactoriamente con los objetivos de la misma. | -Límite de tiempo para desarrollar de manera satisfactoria el proyecto.<br><br>-El acceso a la empresa está parcialmente restringido debido a la actual emergencia sanitaria (año 2020).<br><br>-Retrasos en el acceso a la información requerida por el grupo. | -Mediante la recopilación y análisis de datos, plantear una propuesta de mejora, que beneficie a la empresa mediante la reducción de los desperdicios.<br><br>-Implementar herramientas y conocimientos adquiridos durante la carrera Ingeniería Industrial y énfasis de Calidad. | Acuerdo N° 567 del reglamento estudiantil. | Especifica los derechos de los estudiantes y el tipo de falta o sanción ante cualquier modalidad de plagio. |
| Universidad | Desarrollo de un proyecto dentro de los plazos establecidos que aporte de manera positiva en las empresas del sector manufacturero. | -Cumplir con fechas estipuladas de entrega.<br><br>-Implementar metodologías de calidad. | -Lograr los objetivos del proyecto de diseño.<br>-Realizar el proyecto cumpliendo las normas establecidas de redacción o pautas de escritura técnica.<br>- Desarrollar métodos que garanticen el mejoramiento continuo dentro de las empresas del sector manufacturero. | Reglamento de Estudiantes. | Indica las generalidades sobre el acompañamiento de docentes y la participación de la universidad dentro del proyecto. |
| Operarios | Disponer de buenas condiciones laborales. | Personal insuficiente en el área de trabajo lo cual conlleva una carga laborar extra. | -Cumplir con las regulaciones establecidas por el ministerio de trabajo.<br>-Realizar actividades laborales dentro de los acuerdos establecidos.<br>-Contar con el suficiente personal para realizar las tareas de cada área.<br>-Personal comprometido con la mejora continua dentro de la empresa. | Resolución 889 del 2020; (Protocolo de bioseguridad) | Garantizar el cumplimiento de las normas de bioseguridad dentro de la empresa, esto con el fin de mitigar los accidentes laborales. |

A continuación, se presentan leyes, decretos y códigos que pueden afectar de alguna manera el proyecto y la finalización del mismo.

**Ley 590 de 2000**. Busca promover el desarrollo integral de las micro, pequeñas y medianas empresas en consideración a sus aptitudes para la generación de empleo, el desarrollo regional, la integración entre sectores económicos, el aprovechamiento productivo de pequeños capitales, teniendo en cuenta la capacidad empresarial de los colombianos. [8]

**Ley 378 de 1997**. Comprende las normas que buscan asegurar la salud del operario en su vida laboral, además de incluir la planificación y adecuación de las tareas, interesándose en brindar al trabajador un lugar de trabajo que comprenda las especificaciones necesarias para un correcto desempeño. [9]

**Decreto 1072 de 2015**. Permite a la organización identificar posibles peligros y riesgos que se presenten en los lugares de trabajo, mediante la definición de directrices de obligatorio cumplimiento, para implementar un correcto Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo. [10]

**Código Sustantivo del Trabajo**. A través de este, se busca lograr la justicia en las relaciones que surgen entre empleadores y trabajadores, dentro de un espíritu de coordinación económica y equilibrio social. [11]

## III. MEDIR

### *D. Plan de recolección de datos*

El plan de recolección de datos permite identificar y analizar las variables que se presentan en el proceso de producción de la empresa DIANA DIGITAL, clasificando aquellas que representan mayor relevancia en cuanto a las condiciones de proceso, esto con el fin de describir la situación actual. Por lo anterior, la empresa proporcionó dos bases de datos, en la primera se encuentra toda la información de las cotizaciones de los productos brindadas a los clientes. En la segunda, se encuentra la información de la producción realizada por la empresa desde el año 2017, hasta el año 2020 (Ver anexo 4, hoja 1).

Con la información histórica suministrada, se clasificaron y analizaron las variables presentadas en la base de datos, se utilizaron herramientas como tablas dinámicas, gráficos, y análisis de Pareto en cascada [12] para identificar el problema a abordar en este proyecto. Por lo anterior, para clasificar y aprovechar de forma correcta cada una de las variables cualitativas y cuantitativas de la base de datos, se seleccionaron las siguientes, para realizar un análisis de las variables que identifican la situación actual de la empresa según el PRD (Ver anexo 6):

- Grupo de venta: Es el nombre del grupo en el que se vende al cliente y al cual está ligado el producto.
- Línea: Representa la línea de producción en la cual está inmerso el producto.
- Grupo: Muestra el grupo del material con el que se fabrica el producto.
- Subgrupo: Representa el subgrupo del material con el que se fabrica el producto.
- Producto: Indica el tipo de producto en específico que se le va a entregar al cliente.
- Tarea inicia: Indica la fecha en que se comienza la producción de la orden.
- Operario: Proporciona el nombre del operario encargado de la orden.
- Máquina: Muestra el nombre de la máquina en que se realizar el producto.
- Causal de desperdicio: Causa por la cual se generó el desperdicio de producto.

- Cantidad producida: Representa la cantidad de producto que se le entrega finalmente al cliente.
- Cantidad de desperdicios: Cantidad de producto que se desperdicia por el mal procedimiento y no es reutilizado (unidades, hojas o Mts2).
- Producción total: Es la suma de la cantidad producida y la cantidad de desperdicios (unidades, hojas o Mts2).
- Fracción de desperdicio: Es la cantidad de desperdicios sobre la producción total entregada al cliente.

Todos los análisis realizados fueron filtrados por cada tipo de variable; unidades, hojas y metros cuadrados, una vez fraccionadas las variables, se procedió a filtrar la base de datos, con el fin de obtener solo aquellos pedidos en los cuales se generaron desperdicios. Luego, se realizó el análisis de cascada con el fin de obtener un diagnóstico global del problema raíz de donde se obtuvo el siguiente resultado:

**Análisis de cascada para desperdicios por unidades** (Ver anexo 4, hoja 3): Se observó que la ruta crítica del problema de unidades de producto desperdiciado corresponde al grupo de venta de catálogos, manuales, cuadernillos y rotafolios. En la línea de venta de papelería y papeles, grupo venta de papeles, en la maquina preparación de material, con subgrupo papel de impresión digital doble carta, en el producto papel reciclado earth pact de 75 grs, por causa de desperdicio error en terminados, finalmente se estima que la solución de este problema mejoraría en un 2,18% el proceso de producción por unidades.

**Análisis de cascada para desperdicios por hojas** (Ver anexo 4, hoja 4): Se observó que las únicas variables que cambiaban en el proceso de producción por hojas fueron: grupo de venta, producto, operario y causa de desperdicio, por lo que fueron las únicas que se incluyeron en la tabla de contingencia, las demás pertenecen a una sola categoría. Por consiguiente, la ruta crítica del problema de hojas de producto desperdiciadas corresponde a la causa de desperdicio por pruebas o consumo interno, con el operario Xhariana, producto propalmate doble carta 240 grs, grupo de venta tarjetas, ten card, invitaciones y separadores, que pertenecen a la línea de venta de papelería y papeles, con grupo venta de papeles, subgrupo papel de impresión doble carta y por máquina de preparación de material, finalmente se estima que la solución de este problema mejoraría en un 19,30% el proceso de producción por hojas.

**Análisis de cascada para desperdicios por mts2** (Ver anexo 4, hoja 5): Se observó que la ruta crítica del problema de mts2 de producto desperdiciadas corresponde a la línea de impresión digital gran formato solv 1400 dpi, por mal funcionamiento del equipo, realizado por el operario Escobar, en la máquina roland xj, perteneciendo al subgrupo promocional, grupo lona traslúcida, y grupo de venta cajas de luz, finalmente se estima que la solución de este problema, mejoraría en un 33,33% el proceso de producción por metros cuadrados.

Finalmente, al realizar el análisis desde una perspectiva más general, a través de una reunión con los miembros del equipo y la encargada de producción de la empresa, donde se le compartió los resultados mencionados anteriormente, se decidió realizar el análisis de la situación actual de DIANA DIGITAL con datos desde diciembre de 2018, hasta octubre del 2020 (Ver Anexo 5, Hoja 2) debido a que en el análisis anterior realizado con datos desde 2017 hasta 2020, algunas de las causas de los problemas ya no pertenecen a la empresa, como operarios y máquinas. Finalmente, para cumplir con los requerimientos de las partes interesadas, se decide analizar los indicadores de la situación actual que se representan mediante las variables: Fracción de desperdicio por pedido a través del tiempo, porcentaje de desperdicio de producto por pedido realizado, partes por millón (PPM) y porcentaje de cumplimiento, según el Plan de Recolección de Datos (PRD) que se encuentra en el Anexo 6.

*E. Medición del sistema actual*

Después de tener en cuenta cómo es el plan de recolección de datos para la etapa medir, se procede a realizar el diagrama de procesos en la Fig. 8. Donde se describen gráficamente los procesos estratégicos, operativos y de soporte de la empresa, con el objetivo de facilitar la comprensión del funcionamiento actual DIANA DIGITAL.

*Fig. 10, Diagrama de Procesos en DIANA DIGITAL [3].*

De la información brindada por el diagrama de procesos y la identificación de elementos, se identifica que el mantenimiento, uno de los procesos de soporte, es parte fundamental del proceso y una de las causas de los desperdicios, por consiguiente, se procede a analizar el diagrama SIPOC, en el cual se justifican los elementos que influyen en el proceso de elaboración de pedidos en DIANA DIGITAL. En este se identifican los proveedores (*suppliers*) que intervienen en el proceso (*process*), los insumos (*inputs*) que serán transformados en resultados (*outputs*) y serán entregados a los clientes (*customers*), (ver Fig. 9.)

| SUPPLIER | INPUTS | PROCESS | OUTPUTS | CUSTOMER |
|---|---|---|---|---|
| Vendedor<br>Cliente | Estimación de precio del pedido<br>Estimación de tiempo de entrega | Cotización del pedido | Cotización<br>Pedido | Jefe de producción |
| Proveedor de software | Especificaciones por cliente | Programación de producción | Software | Operario de diseño<br>Jefe de producción |
| Proveedor de material | Anillado espiral, anillado velobind, papelería, cartón corrugado, botón, cartón, empastado, ganchos, acrílicos, vinilos y láminas. | Entrada de materia prima | Material para imprimir | Jefe de producción |
| Proveedor de maquinaría<br>Proveedor de tinta<br><br>Proveedor de mantenimiento<br><br><br>Proveedor de servicios<br>Operario | Impresoras<br>Tintas de color, tintas blanco y negro<br>Máquinas de impresión, nivel de tintas, temperatura regulada, mantenimiento actualizado.<br>Electricidad, agua<br>Mano de obra | Impresión | Producto impreso<br>Desperdicio | Operario de impresión<br>Jefe de producción |
| Proveedor de maquinaria<br>Proveedor de herramientas<br>Operario | Máquina de recorte<br>Guillotina, tijeras<br>Mano de obra | Terminado | Producto recortado | Operario de recorte |

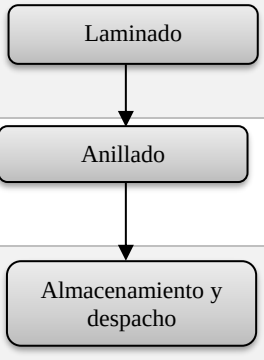
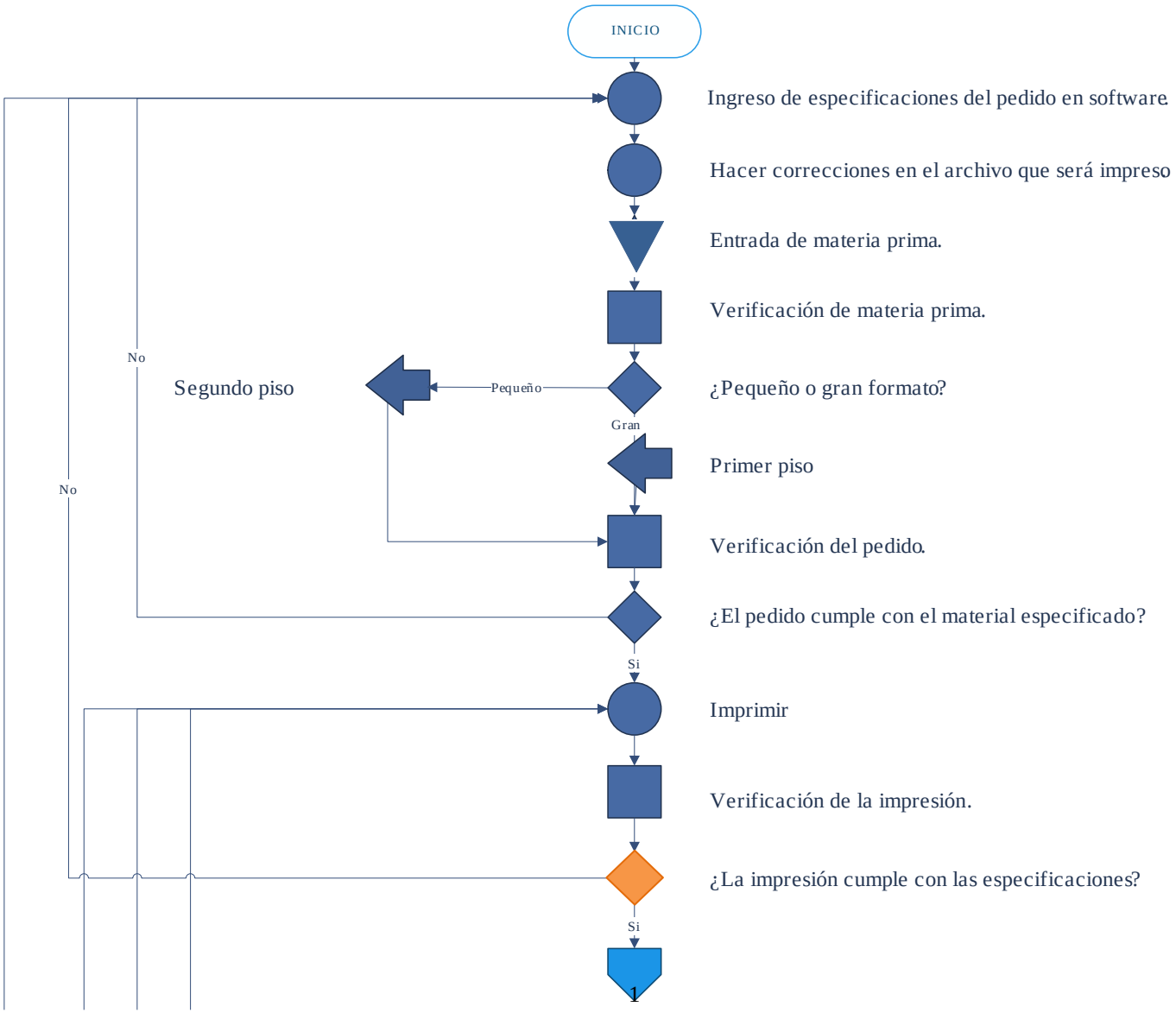
| SUPPLIER | INPUTS | PROCESS | OUTPUTS | CUSTOMER |
|---|---|---|---|---|
| Proveedor de maquinaria<br>Operario | Máquina de laminado<br>Mano de obra |  | Producto laminado | Operario de laminado<br>Jefe de producción |
| Proveedor de herramientas<br>Operario | Herramientas de anillado<br>Mano de obra | | Producto terminado | Operario de anillado<br>Jefe de producción |
| Proveedor de utensilios | Empaque para envíos | | Pedido enviado | Cliente |

Fig. *11*, Diagrama SIPOC de procesamiento de pedidos en DIANA DIGITAL. Modificado de [3].

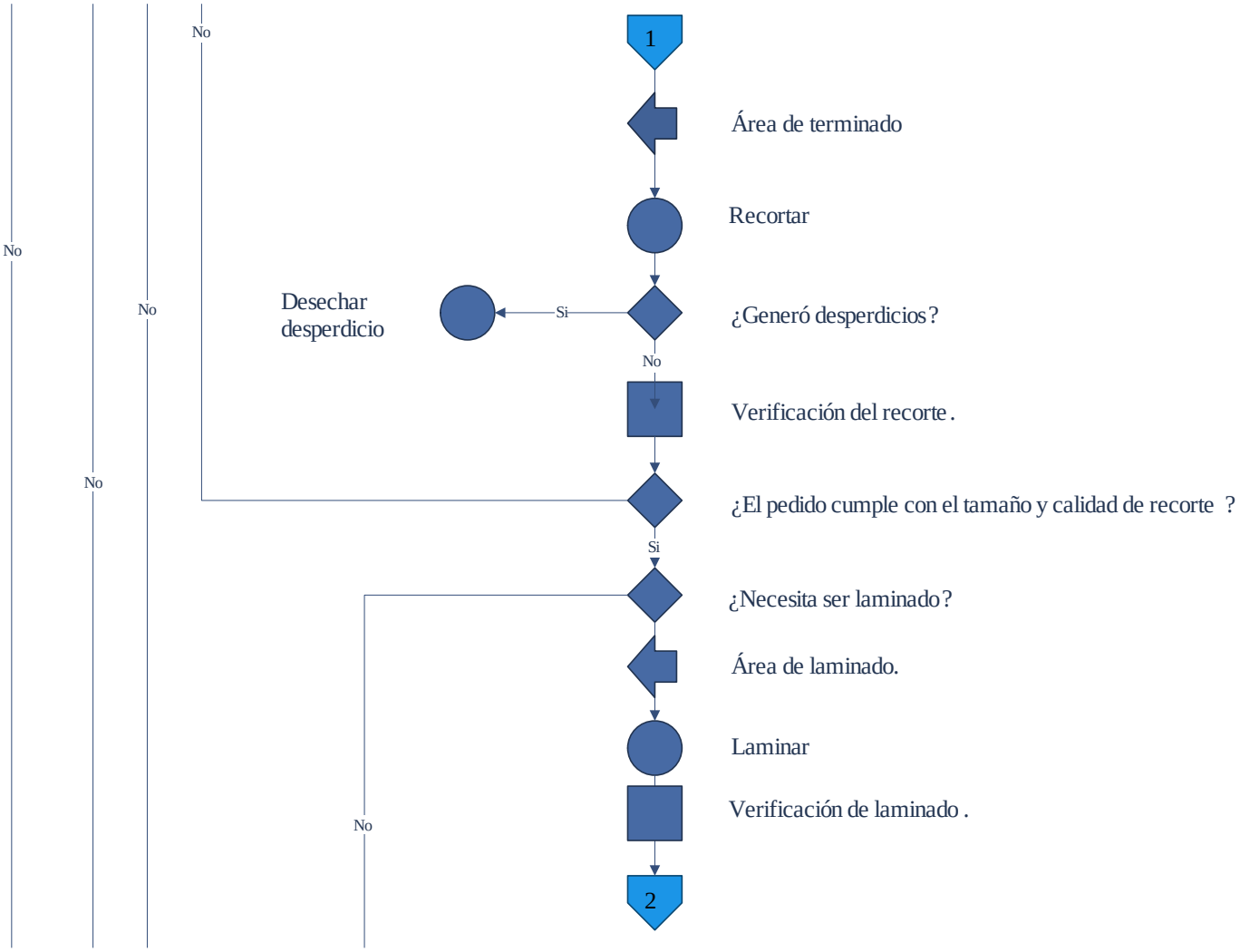
Para entender mejor cómo se procesan los pedidos en DIANA DIGITAL, se construye el diagrama de flujo, donde se especifica el proceso seguido por los productos para ser realizados y entregados a los clientes según las especificaciones solicitadas, dicho diagrama considera las opciones de producto que se categorizan en DIANA DIGITAL, pequeño y gran formato. Los resultados se muestran en la Fig. 10.

| DIANA DIGITAL | Resumen de eventos | | |
|---|---|---|---|
| **DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PEDIDOS** | Operaciones | | 8 |
| Realizado por: David Holguín | Inspecciones | | 7 |
| | Decisiones | | 7 |
| | Transportes | | 5 |
| Fecha: Octubre 5, 2020 | Entrada de insumos | | 1 |
| Método actual | **Total** | **27** | |

Página 1 de 3



| DIANA DIGITAL | Resumen de eventos | | |
|---|---|---|---|
| **DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PEDIDOS** | Operaciones | | 8 |
| Realizado por: David Holguín | Inspecciones | | 7 |
| | Decisiones | | 7 |
| | Transportes | | 5 |
| Método actual | Entrada de insumos | | 1 |
| Página 2 de 3 | **Total** | | **27** |



| DIANA DIGITAL | Resumen de eventos | | |
|---|---|---|---|
| **DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PEDIDOS** | Operaciones | | 8 |
| Realizado por: David Holguín | Inspecciones | | 7 |
| | Decisiones | | 7 |
| | Transportes | | 5 |
| Método actual | Entrada de insumos | | 1 |
| Página 3 de 3 | **Total** | | **27** |

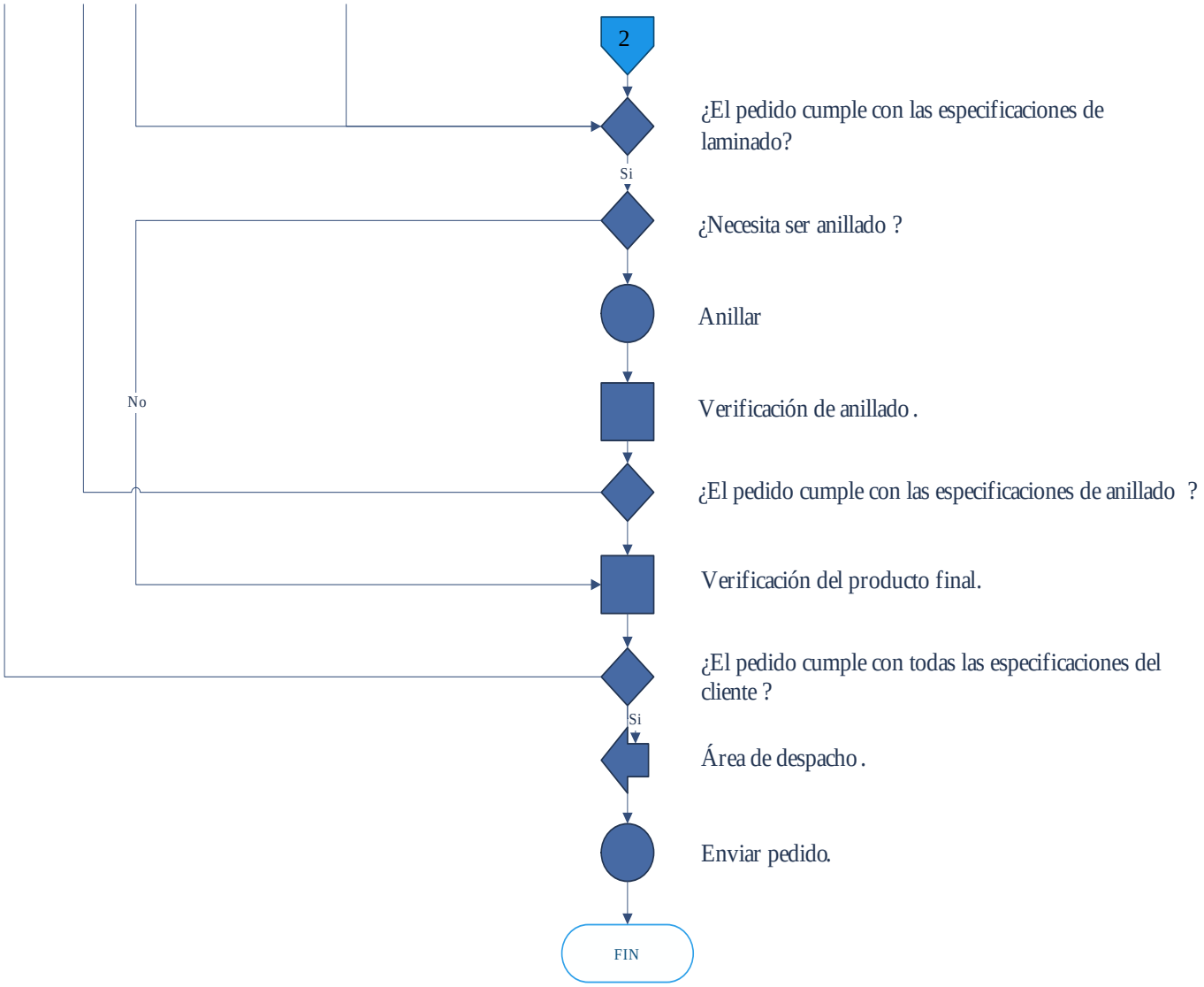



*Fig. 12, Diagrama de Flujo de pedidos en DIANA DIGITAL Modificado de [3].*

Para la buena comprensión del diagrama de flujo, en la Tabla III, se define el concepto de cada elemento utilizado en su elaboración.

*TABLA III.*
*DESCRIPCIÓN DE LA SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN EL DIAGRAMA DE FLUJO*

| Símbolo | Descripción |
|---|---|
| | Operación, representa cualquier actividad que se tenga que realizar. |
| | Inspección, representa cualquier actividad que requiera supervisión. |
| | Entrada de insumos, representa cuando entra cualquier material al proceso. |
| | Decisión, permite analizar cualquier situación que requiera de una respuesta binaria. |
| | Transporte, representa el movimiento de cualquier salida que requiera ser transportado. |
| | Conector de página, se utiliza para conectar el fin de la secuencia con el inicio de otra página. |

Del diagrama de flujo anterior, se logra identificar que la empresa está realizando un total de 27 eventos para un proceso que debería ser casi lineal, esto se debe a la cantidad de veces que el operario debe suspender su actividad para verificar si el producto en proceso cumple con las especificaciones de cada fase. Por otro lado, cuando el producto en proceso o terminado no cumple con los requerimientos del cliente, se debe repetir el proceso, lo que causa un cuello de botella (representado en el diagrama con color naranja) que no permite que los demás pedidos sigan su curso y en ocasiones genera desperdicios al no lograr se reprocesados.

Para evidenciar las partes del proceso expuesto anteriormente en las que se genera mayor desperdicio, se implementó nuevamente el análisis de cascada [8], el cual analizar las variables cualitativas y cuantitativas, gracias a este, se obtiene una ruta crítica para abordar el problema raíz presentado en la empresa. Para este caso, se utilizó la base de datos actualizada, es decir, cuyos datos se registraron desde diciembre de 2018 hasta octubre del 2020 (Ver anexo 5, hoja 1). Los cálculos estuvieron basados en la fracción de desperdicios obtenida en cada pedido. Este análisis también se dividió en tres etapas con el fin de no mezclar las unidades de producción (unidades, hojas y mts2), sin embargo, los datos obtenidos en los productos de mts2 fabricados por la empresa no se tuvieron en cuenta debido a que la cantidad es significativa para el análisis.

Seguido de lo anterior, los resultados obtenidos en el análisis de cascada para la fracción de productos desperdiciados por unidades y hojas son los siguientes:

La Fig. 11, corresponde a la cascada de fracción de desperdicios por unidades con sus respectivos niveles, en cada nivel hay una variable sombreada que representa el porcentaje de desperdicios más alto en ese nivel, y el escogido para filtrar los datos en el siguiente nivel.

| Nivel | Venta_ Grupo | Linea | Grupo | Subgrupo | Producto | Maquina | Causa Desperdicio | Meta |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Catálogos - Manuales - Cuadernillos-Rotafolios 23.19% | Impresión Digital Color 49.18% | Doble Carta 48.24% | Doble Carta 48.28% | Impresión Digital Color Doble Carta (De 10 A 49 Hojas) 11.74% | Preparación De Material 45.27% | 07- Pruebas O Consumo Interno 33.46% | 95.04% |
| | Tarjetas -Ten Card- Invitaciones- Separadores 18.26% | Venta De Papelería Y Papeles 45.86% | Venta De Papeles 45.86% | Papel Impresi.Digital Doble Carta 40.49% | Impresión Digital Color Doble Carta (De 1 A 9 Hojas) 9.65% | Ricoh Pro 5200 40.69% | 14- Error Terminados 27.87% | |
| | 41.45% | 95.04% | 94.10% | 88.77% | 21.40% | 85.96% | 61.34% | |
| 2 | Catálogos - Manuales - Cuadernillos-Rotafolios 24.09% | | Doble Carta 50.76% | Doble Carta 50.76% | Impresión Digital Color Doble Carta (De 10 A 49 Hojas) 12.35% | Preparación De Material 47.63% | 07- Pruebas O Consumo Interno 31.85% | 94.10% |
| | Tarjetas -Ten Card- Invitaciones- Separadores 19.17% | | Venta De Papeles 48.25% | Papel Impresi.Digital Doble Carta 42.60% | Impresión Digital Color Doble Carta (De 1 A 9 Hojas) 10.16% | Ricoh Pro 5200 42.80% | 14- Error Terminados 29.11% | |
| | 43.26% | | 99.01% | 93.36% | 22.51% | 90.43% | 60.97% | |
| 3 | Catálogos - Manuales - Cuadernillos-Rotafolios 24.32% | | | Doble Carta 51.27% | Impresión Digital Color Doble Carta (De 10 A 49 Hojas) 12.48% | Preparación De Material 48.10% | 07- Pruebas O Consumo Interno 32.17% | 88.73% |
| | Tarjetas -Ten Card- Invitaciones- Separadores 19.36% | | | Papel Impresi.Digital Doble Carta 43.03% | Impresión Digital Color Doble Carta (De 1 A 9 Hojas) 10.26% | Ricoh Pro 5200 42.24% | 14- Error Terminados 29.41% | |
| | 43.69% | | | 94.30% | 22.74% | 90.34% | 61.58% | |
| 4 | Catálogos - Manuales - Cuadernillos-Rotafolios 24.38% | | | | Impresión Digital Color Doble Carta (De 10 A 49 Hojas) 13.23% | Preparación De Material 44.97% | 07- Pruebas O Consumo Interno 30.85% | 79.64% |
| | Tarjetas -Ten Card- Invitaciones- Separadores 20.53% | | | | Impresión Digital Color Doble Carta (De 1 A 9 Hojas) 10.88% | Ricoh Pro 5200 44.79% | 14- Error Terminados 30.44% | |
| | 44.91% | | | | 24.11% | 89.76% | 61.29% | |
| 5 | Catálogos - Manuales - Cuadernillos-Rotafolios 25.31% | | | | Impresión Digital Color Doble Carta (De 10 A 49 Hojas) 11.40% | | 14- Error Terminados 32.16% | 49.05% |
| | Tarjetas -Ten Card- Invitaciones- Separadores 19.70% | | | | Impresión Digital Color Doble Carta (De 1 A 9 Hojas) 10.70% | | 07- Pruebas O Consumo Interno 29.42% | |
| | 45.00% | | | | 22.10% | | 61.58% | |

*Fig. 13, Análisis de Cascada para fracción de desperdicios de producto por unidades. Modificado de [3].*

De acuerdo a lo anterior, es posible afirmar que la ruta crítica del problema de desperdicios de producto por unidades comprende las siguientes variables: Se encuentra en las líneas de impresión digital a color y venta de papelería y papeles, que

pertenece a los grupos doble carta y venta de papeles, y a los subgrupos doble carta y papel impresión digital doble carta, se encuentra en las máquinas Ricoh pro 5200 y preparación de material, y sus principales causas son el error de terminados y las pruebas o consumo interno, para todos los grupos de venta y todos los productos. Se estima que la aplicación de una solución correcta a este problema mejore las condiciones de proceso en un 49, 05%.

Del mismo modo, la Fig. 12, corresponde a la cascada o tabla de contingencia de fracción de desperdicios por hojas con sus respectivos niveles, y la variable elegida en cada nivel la cual aparece sombreada en la tabla.

| Nivel | Venta_ Grupo | Producto | Causa Desperdicio | Meta |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Tarjetas -Ten Card- Invitaciones- Separadores 45,31% | Propalmate Doble Carta 240 Grs 60,16% | 07- Pruebas O Consumo Interno 45,04% | 100,00% |
| | Catálogos - Manuales - Cuadernillos-Rotafolios 10,57% | Propalmate Doble Carta De 300 Grs 39,84% | 14- Error Terminados 33,60% | |
| | 55,87% | 100,00% | 78,65% | |
| 2 | Tarjetas -Ten Card- Invitaciones- Separadores 45,31% | | 07- Pruebas O Consumo Interno 45,04% | 78,65% |
| | Catálogos - Manuales - Cuadernillos-Rotafolios 10,57% | | 14- Error Terminados 33,60% | |
| | 55,87% | | 78,65% | |
| 3 | Tarjetas -Ten Card- Invitaciones- Separadores 43,40% | | | 43,74% |
| | Carta Menú 12,22% | | | |
| | 55,62% | | | |

*Fig. 14, Análisis de Cascada para fracción de desperdicios de producto por hojas. Modificado de [3].*

De acuerdo con lo anterior, es posible afirmar que la ruta crítica del problema de desperdicios de producto por hojas comprende las siguientes variables: Las que se encuentran ya determinadas en el análisis inicial de los datos y no cambian (En la línea, venta de papelería y papeles, pertenecen al grupo, venta de papeles, subgrupo papel impresión digital doble carta y máquina de preparación de materiales. Y por otro lado las encontradas en el análisis de cascada que corresponden a: Producto Propalmate doble carta 240 y 300 gramos, grupo de venta tarjetas- ten card- invitaciones- separadores, carta menú, y causa de desperdicio por pruebas o consumo interno y error en terminados. Se estima que la aplicación de una solución correcta a este problema mejore las condiciones de proceso en un 43,74%

Una vez se identificó la ruta crítica de los problemas de desperdicios de productos en unidades y hojas que presenta la empresa DIANA DIGITAL, se procede a realizar un análisis de los costos que la empresa está incurriendo con estos desperdicios, cabe resaltar que en los costos que se presentan en la TABLA IV, están incluidos los costos de material utilizado en el producto, más los costos de utilización de la máquina y otros costos como lo son: costos de sustratos, tintas, insumos, mantenimiento y servicio técnico y costos de mano de obra (Ver Anexo 7, hoja 6 “Costos de desperdicio”).

*TABLA IV.*
*COSTOS POR DESPERDICIOS*

| Producto Más Desperdiciado Según Análisis De Cascada | Número De Productos Desperdiciados 2018-2020 | Costos De Producto | Costos Totales De Desperdicios |
|---|---|---|---|
| **Unidades** | | | |
| Impresión Digital Color Doble Carta (De 10 A 49 Hojas) | 261 | $ 1.754 | $ 457.842 |
| Impresión Digital Color Doble Carta (De 1 A 9 Hojas) | 77 | $ 1.754 | $ 135.072 |
| **Hojas** | | | |
| Propalmate Doble Carta 240 Grs | 31 | $ 1.861 | $ 57.702 |
| Propalmate Doble Carta De 300 Grs | 33 | $ 1.902 | $ 62.755 |
| **Totales** | **402** | **$ 7.271** | **$ 713.371** |

Es importante mencionar, que en la Tabla. IV, se muestran los costos de los productos que producen desperdicios con mayor frecuencia, es decir que se trata de los productos obtenidos como resultado en el análisis de cascada, por lo tanto, los costos totales por desperdicios que la empresa presenta son mayores a los expuestos en la Tabla IV. Es posible observar que los dos productos por unidades y por hojas que más se producen desperdicios que son: Impresión digital color doble carta y Propalmate doble carta de 240 y 300 gramos, para los cuales se muestra la cantidad de productos considerados como desperdicio en la producción de 2018 a 2020, además se muestran los costos de producción para cada producto y finalmente los costos totales de los productos desperdiciados, los cuales representan un valor de $713 371 pesos colombianos.

De la información suministrada por la empresa para la realización del diagnóstico del estado actual de todos los desperdicios generados en el proceso productivo, se analizaron los datos desde diciembre del 2018 hasta octubre del 2020, donde están solo las máquinas y operadores que son parte de la empresa actualmente; esta información representa el comportamiento de los desperdicios en los últimos 22 meses, garantizando una representatividad de la variación de los desperdicios a lo largo del tiempo. Se analizan variables cualitativas en una tabla estructurada de datos, estratificando por línea, productos, referencias, entre otros. Por consiguiente, de acuerdo con las variables identificadas en el PRD, se analizó el indicador correspondiente a cada característica.

Después de hacer el análisis exploratorio de datos y tener los datos depurados, se utilizó el software estadístico Minitab, del cual se obtuvo el gráfico de control P, este representa la fracción de defectuosos a través del tiempo, donde se analiza la proporción de cantidad producida que genera desperdicio en cada pedido, también, se realizó un análisis de capacidad del proceso que permitió obtener el porcentaje de desperdicio que se encuentra por encima del valor esperado por la empresa, el indicador partes por millón (PPM) 8 representa el número de defectuosos por millón de unidades producidas, y porcentaje de no cumplimiento de las especificaciones (Ver Tabla V).

*TABLA V.*

*RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO*

| Variable | Objetivo | Descripción | Indicador | Formula | Actual | Meta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Desperdicio por pedido a través del tiempo. | Analiza la proporción de artículos que no cumplen con el porcentaje máximo de desperdicio permitido por la empresa a través del tiempo. | Esta variable permite determinar si la empresa está cumpliendo la especificación impuesta por ellos mismos. | Fracción de desperdicio por pedido a través del tiempo. | $LCS = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$<br>$LCI = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$ | Hojas: P=12,1%<br>LCS=81,4%<br>LCI=0 | 5,31% |
| | | | | | Unidades: P=27,71%<br>LCS=57,6%<br>LCI=0 | 13,59% |

| Variable | Objetivo | Descripción | Indicador | Formula | Actual | Meta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Medir la cantidad de producto en unidades, hojas y mt2, que no está siendo aprovechado ni se convierte en producto terminado. | Se realiza el cálculo del porcentaje de desperdicio teniendo en cuenta la proporción entre cantidad de desperdicio sobre cantidad de producto total. | Porcentaje de desperdicio de producto por pedido realizado. | $\%D = \frac{Cant.desperdicio}{Cant.producción\ total} * 100$ | Hojas:<br>%D= 12,14%<br>LCI= 8,01%<br>LCS=17,39%<br>Unidad:<br>%D= 27,05%<br>LCI= 25,45%<br>LCS=28,70% | %D<= 5% |
| | Llevar control de los productos que generan desperdicios y no está siendo reutilizado en el proceso productivo. | Es una métrica Seis Sigma, PPM significa la cantidad de producto que genera desperdicio por cada 1 000 000 de productos que se fabrican en la empresa. | PPM: Número de partes no conformes por millón de producidos. | $PPM = \frac{Cant.desperdic}{Cant.producto\ fi} * 1\ 000\ 000$ | Hojas:<br>PPM=121359<br>LCI= 80099<br>LCS=173920<br>Unidades:<br>PPM=270528<br>LCI= 254522<br>LCS=286993 | PPM<=50 000 |
| Cumplimiento de especificaciones | Permite conocer el porcentaje que se encuentra fuera de la especificación de la empresa, para así controlar el desempeño de la calidad del producto y poder cumplir con los requerimientos de la empresa. | El porcentaje de no cumplimiento expresa la cantidad que genera desperdicio por encima del 5%. | % de no cumplimiento de especificación. | %NC= P(X > LIE) Y P(X < LSE) | Hojas:<br>%NC=83,33% Por encima<br>Unidades:<br>%NC=85,54% Por encima | %NC<5% |
| Nivel de calidad del proceso | El nivel sigma permite medir el nivel de calidad del proceso junto al PPM y la capacidad del proceso. | Indicador de variación que corresponde al número de desviaciones estándar que caben entre los límites de especificación del proceso. | Nivel sigma | Tabla de Nivel sigma con PPM, Anexo 5, hoja "Indicadores" | Hojas: 3σ<br>Unidades: 2σ | 3> σ ≤ 6 |
| Tiempo de producción | Es el tiempo de producción de una unidad de producto según la ruta crítica obtenida en el análisis de cascada. | Permite analizar cuánto tarda en producirse una unidad del producto que mayor desperdicio genera. | Rendimiento | $Rendimiento = \frac{Tiempo\ Total}{Unidades\ producidas}$ | Impresión Color Doble Carta (De 10 A 49 Hojas)= 0,969 Min<br>Impresión Color Doble Carta (De 1 A 9 Hojas)= 0,011 Min<br>Propalmate doble carta 240 grs= 0,345<br>Propalmate doble carta 300 grs= 4,083 | Disminuir |
| Costo de desperdicios | Permite conocer la cantidad monetaria que la empresa pierde en unidades desperdiciadas, esto analizando los costos | Perdidas de la empresa que incurren en los costos de mano de obra e insumos por | Costo por unidad de producto que genera mayor desperdicio | Costo de desperdicio=(Costo de insumos+ Costo mano de obra)* Unidades desperdiciadas. | Impresión Color Doble Carta (10-49 Hojas)= $ 457.842<br>Impresión Color Doble Carta (1- 9 Hojas)= $ 135.072 | <$ 457.842<br>< $ 135.072 |

| Variable | Objetivo | Descripción | Indicador | Formula | Actual | Meta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | de los productos que generaron mayor desperdicio entre diciembre de 2018 y octubre de 2020. | la cantidad de desperdicio. | en la empresa. | | Propalmate doble carta 240 grs= $ 57.702 | < $ 57.702 |
| | | | | | Propalmate doble carta 300 grs= $ 62.755 | < $ 62.755 |

De acuerdo con los resultados de los indicadores de desempeño analizados, se observó que, para la unidad hojas, en promedio, 12,1% de la producción que genera desperdicio se encuentra por encima del 5%, también se presenta en la Fig. 13, que la proporción de desperdicio presenta dos tipos de causas especiales, dos puntos alejados tres desviaciones estándar desde la línea central (1), y 9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central (2), denominado racha por encima del promedio. De igual forma, del resumen estadístico se obtuvo que el porcentaje de desperdicio promedio de hojas es de 12,14% con un intervalo de confianza del 95% que va desde 8,01% a 17,39% de desperdicio generado, que cuantificado en partes por millón (PPM) es igual a 121 359; este resultado indica que, por cada millón de hojas impresas, 121 359 se clasificarán como desperdicio (Ver anexo 5, Hoja 5 "Indicadores"). Por último, el porcentaje de no cumplimiento de las especificaciones de la empresa es de 83,33% con un nivel sigma de 3σ.

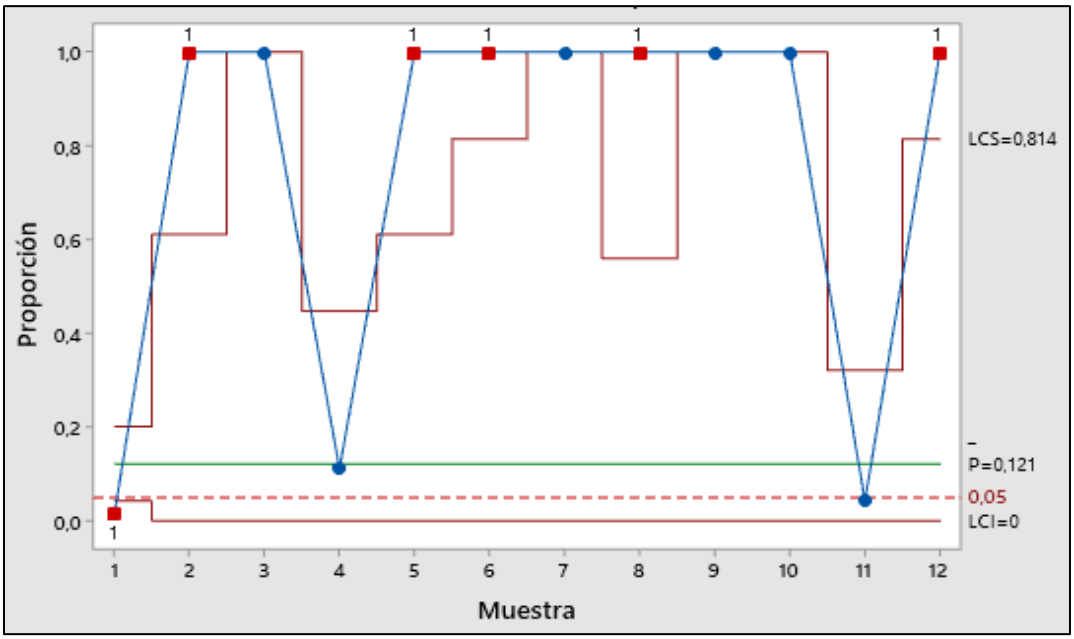



*Fig. 15, Diagrama P por Hojas (Fracción de desperdicio de datos desde 2018 hasta 2020). Modificado de [3].*

De igual forma, para las unidades se realizó el gráfico por atributos P que representa la fracción de defectuosos por unidades producidas que generaron desperdicio desde diciembre de 2018 hasta octubre de 2020, obteniendo un porcentaje de desperdicio promedio de 27,71% por unidades en la Fig. 14. Se observa también, que la proporción de desperdicio presenta dos tipos de causas especiales, puntos alejados tres desviaciones estándar desde la línea central (1), y 9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central (2) al igual que la gráfica de proporciones para hojas. De igual forma, del resumen estadístico se obtuvo que el porcentaje promedio de las unidades es de 27,05% con un intervalo de confianza del 95%, que va de 25,45% a 28,70% de desperdicio generado en unidades; que en partes por millón (PPM) equivalen a 270 528, lo que indica que, por cada millón de unidades impresas, 270 528 se clasificarán como desperdicio ((Ver anexo 5, Hoja 5 "Indicadores"). Finalmente, el porcentaje de no cumplimiento de las especificaciones de la empresa es de 85,54% con un nivel sigma de 2σ.

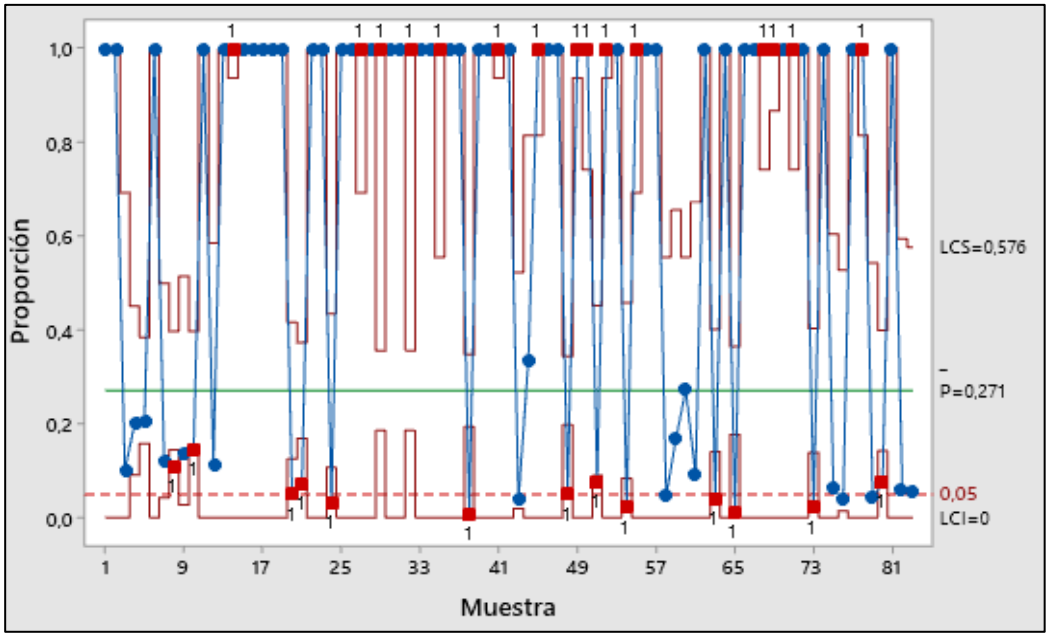



*Fig. 16. Diagrama P por unidades (Fracción de desperdicio de datos desde 2018 hasta 2020). Modificado de [3].*

Por último, se obtuvo un indicador que mide el tiempo de producción de una unidad del producto que genera mayor número de desperdicio según el análisis de cascada, este indicador para unidades se observa en la Fig. 15, y para hojas en la Fig.16.

| RENDIMIENTO | |
|---|---|
| **Producto** | **Tiempo (Min)** |
| IMPRESIÓN DIGITAL COLOR DOBLE CARTA | 0,969 |
| PROPALMATE DOBLE CARTA 115 GRS | 0,011 |

*Fig. 17. Rendimiento Unidades. Modificado de [3].*

| RENDIMIENTO | |
|---|---|
| **Producto** | **Tiempo (Min)** |
| PROPALMATE DOBLE CARTA 240 GRS | 0,345 |
| PROPALMATE DOBLE CARTA 300 GRS | 4,083 |

*Fig. 18. Rendimiento Hojas. Modificado de [3].*

Finalmente, se llegó a la conclusión de que los indicadores son los requeridos para el proyecto debido a que dan respuesta a los objetivos, además, estos corresponden con los requerimientos expresados por los principales grupos de interés. También, se especificó la meta que los stakeholders quieren conseguir con la implementación del proyecto. Por otra parte, las variables e indicadores son realizadas de acuerdo con el Plan de Recolección de Datos.

## *IX. ANALIZAR*

### *A. Análisis de Causas*

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la etapa medir, se logró identificar que la mayor parte del problema se presenta en los procesos de impresión y terminado, esto conlleva a una reducción en la capacidad de respuesta al cliente, se presentan demoras y reprocesos. De acuerdo con lo anterior, se decide iniciar con la búsqueda de las posibles causas registradas en la base de datos proporcionada por la empresa (Ver anexo 4); Para acceder a estas causas, se despliega una lista de 15 ítems

establecidas dentro de las cuales se selecciona a la que pertenezca el desperdicio observado, estas se presentan en la Fig. 17, según su respectiva identificación en la base de datos.

| Identificación | Cusal desperdicio |
|---|---|
| 1 | Desperdicio estructural o geométrico |
| 2 | Material equivocado |
| 3 | Error operación máquina |
| 4 | Error procesamiento archivo |
| 5 | Manipulación incorrecta materia |
| 6 | Reproceso |
| 7 | Pruebas o consumo interno |
| 8 | Defecto en los materiales |
| 11 | Cliente rechazó |
| 12 | Defectos de impresión o copiado |
| 13 | Mal funcionamiento de equipo |
| 14 | Error terminados |
| 15 | Error de cálculo del comercial |

*Fig. 67. Causas generales de desperdicio en proceso de producción de DIANA DIGITAL. Modificado de [3].*

Continuando con la búsqueda de las posibles causas, se realiza una tormenta de ideas en la que todos los miembros participaron libremente aportando ideas sobre las causas del desperdicio, en esta tormenta de ideas se tuvo en cuenta la participación del operario del área de impresión y se obtuvo como resultado la elaboración de un Diagrama Ishikawa (DI) o diagrama causa-efecto como método gráfico representativo (Ver Fig. 18.), en el que se buscan las diferentes causas que afectan el problema bajo estudio [9]. Se utilizó el método de las 6M que representado en el Diagrama Ishikawa donde se obtiene un resumen gráfico de las causas que ocasionan el problema abordado, se agrupan las causas potenciales en seis ramas principales: Método de trabajo, Mano de obra, Materiales, Maquinaria, Medición y Medio ambiente, siendo estos elementos los que definen de forma global los procesos y una causa potencial de desperdicio que afecta la calidad en el producto final [9].

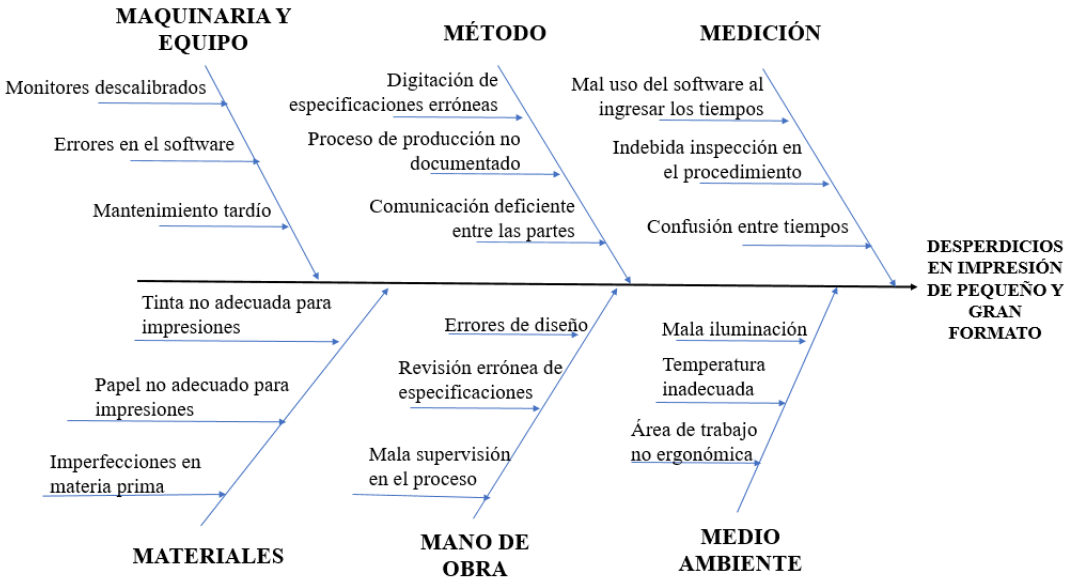



*Fig. 18. Diagrama Ishikawa para desperdicios generados en impresión de pequeño y grande formato.*

Con el objetivo de especificar los diferentes tipos de causas que comprometen el problema central, a continuación, se expone de manera detallada cada una de estas:

**Maquinaria y equipo:** La descalibración de los colores en pantallas o monitores de los que se programan las máquinas es una causa que afecta la forma en la que el operario interpreta el color del diseño, puesto que el monitor al mostrar colores opacos o brillantes no representa el color real, por lo que el operario procederá a realizar cambios basado en su experiencia o dado el caso, se ve en la necesidad de observar los colores del diseño en una pantalla diferente, esto incurre en un tiempo de preparación de máquina mayor. Sin embargo, es posible realizar la calibración de la pantalla si se obtiene un calibrador o en su defecto se deberá cambiar la pantalla para eliminar el error.

**Materiales:** Se observa una deficiencia en la calidad de la materia prima adquirida por la empresa, está en ocasiones presenta suciedad o arrugas, lo que incurre en la no aceptación del producto terminado debido a la mala presentación de una mancha en un producto de impresión, por tanto, el producto se clasifica como desperdicio. Además, un material con arrugas puede incidir en un daño de la máquina si no se detecta a tiempo.

**Método:** La no adecuada comunicación que existe entre el diseñador y el operario en algunas ocasiones genera problemas en cuanto a las especificaciones que requiere el diseño a imprimir. A pesar de que las especificaciones se envían por medio del software DIGINET estás no llegan completas y el operario del área de impresión debe preguntar en reiteradas ocasiones cuales son las características a tener en cuenta, lo que genera demoras en el sistema de producción.

**Mano de obra:** No se supervisa correctamente que el diseño sea como el cliente lo pidió, errores de especificaciones y errores en la programación de máquina presentan un producto no deseado, ya que, al no observar adecuadamente el diseño ya impreso, este puede llegar al cliente sin cumplir con sus requerimientos, lo que generaría un rechazo y, por tanto, un desperdicio.

**Medición:** La empresa no cuenta con una inspección durante el proceso de producción, es decir no se cuenta con dispositivos de medición ni con personal de observación, esta es realizada solo al final de la misma, esto impide detectar a tiempo los errores producidos por la máquina, lo que indica que se debe registrar el número de unidades desperdiciadas.

**Medio ambiente:** La variabilidad de la iluminación que se presenta en la zona de impresión conlleva a que el operario no observe los colores de la manera adecuada y se generen desperdicios por las diferentes tonalidades que existen. De igual forma, una temperatura alta en el área de impresión provoca que la tinta al ser en polvo genere grumos que más adelante provocan manchas en las impresiones. Este error es posible corregirlo mediante la implementación de lámparas led con la luz adecuada para la revisión de los productos.

Después de buscar las posibles causas, se procede a investigar cuáles de las causas son más importantes mediante análisis de datos y conocimiento del problema. Por lo que se inicia analizando las causas que dentro de la base de datos son las que generan mayor desperdicio, esto, con un análisis en el gráfico de cajas y bigotes de la Fig. 19, y la Fig. 20. En los cuales, es posible observar que la fracción de desperdicios tiende al límite superior de 100%. Además, entre los cuartiles 2 y 3 del gráfico cajas y bigotes por unidades representado entre los porcentajes 67% y 100% las causas que se presentan son: Error en terminados y pruebas o consumo interno, al igual que en el gráfico de cajas y bigotes por unidades con un porcentaje que va desde 76% hasta el 100% en los cuartiles 2 y 3.

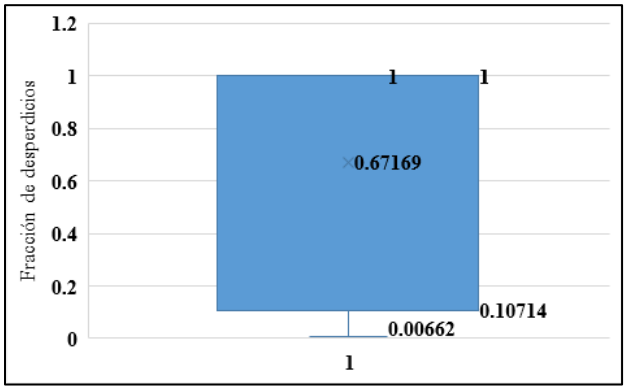



*Fig. 19. Gráfico de caja y bigotes de Fracción de desperdicio por unidades. Modificado de [3].*

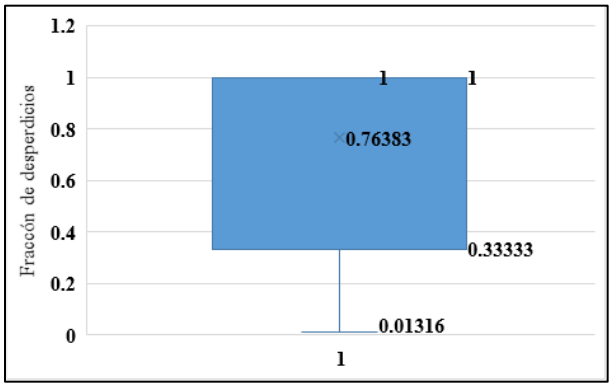



*Fig. 20. Gráfico de caja y bigotes de Fracción de desperdicio por hojas. Modificado de [3].*

Para realizar el siguiente análisis se utilizaron las causas generales que se muestran en la Fig. 17, agrupándolas en 4 causas más específicas como lo son: Mala visualización en monitor, Terminados, Condiciones erróneas de proceso y comunicación deficiente entre operarios. Los resultados del análisis gráfico utilizando la fracción de desperdicios se muestran a continuación:

En la Fig. 21, Se muestran los porcentajes de fracción de desperdicio de hojas por cada una de las causas anteriormente mencionadas que se presentaron en la producción de DIANA DIGITAL desde diciembre de 2018 hasta octubre del 2020.

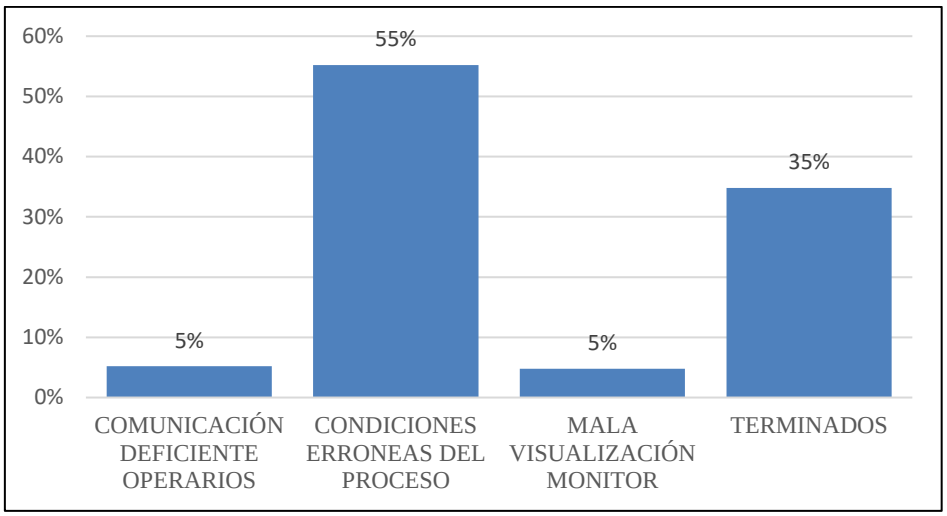



*Fig. 21. Porcentaje de fracción de desperdicio de hojas por causa. Modificado de [3].*

En la Fig.21, es posible observar que la causa de desperdicio de hojas más frecuente son las condiciones erróneas del proceso de impresión debido a que representan un 55,22% del total de desperdicios, la segunda causa más relevante se da en el proceso de terminados y representa un 34,79% del total de hojas desperdiciadas, mientras que las otras dos causas figuran un porcentaje bajo de desperdicios, comunicación deficiente entre operarios 5,20% y mala visualización del monitor 4,77%.

Del mismo modo, en la Fig. 22 Se muestran los porcentajes de fracción de desperdicio de unidades por cada una de las causas anteriormente mencionadas que se presentaron en la producción de DIANA DIGITAL desde diciembre de 2018 hasta octubre del 2020.

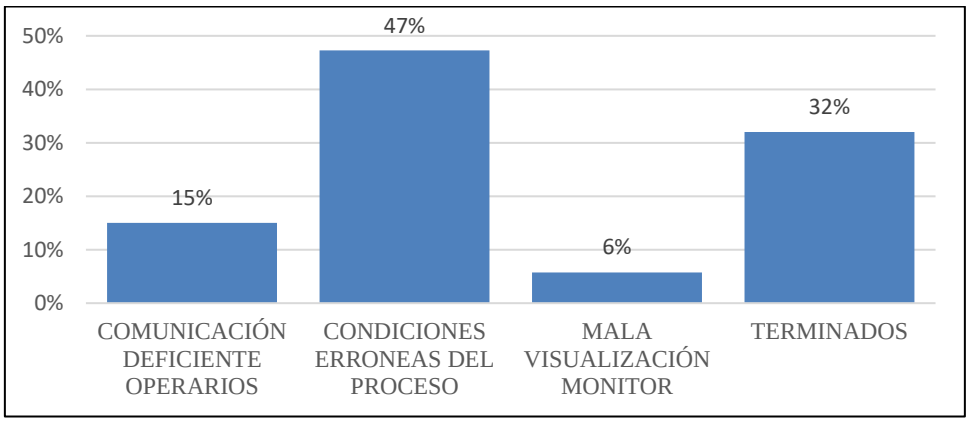



*Fig. 22. Porcentaje de fracción de desperdicio de unidades por causa. Modificado de [3]*

Al realizar el análisis de la Fig. 22, es posible observar que la causa de desperdicio de unidades de producto más frecuente son las condiciones erróneas del proceso de impresión debido a que representan un 47,28% del total de desperdicios, la segunda causa más relevante se da en el proceso de terminados y representa un 31,98% del total de unidades desperdiciadas, mientras que las otras dos causas muestran porcentajes menos significativos como lo son la comunicación deficiente entre operarios con un 15,01% y la mala visualización del monitor con un 5,71% del total de desperdicios.

Para continuar, con los análisis anteriormente realizados que indican que, la falta de condiciones de proceso en los procesos de impresión y terminado estandarizadas dan paso a la generación de desperdicios de producto. Se realizó otra tormenta de ideas con los integrantes del equipo, basados en las experiencias vividas en el trabajo de campo y las entrevistas con algunos operarios y directivos de la empresa, eso como último apartado “Conocimiento del problema”: Investigar cuales de las causas son más

importantes. Lo anterior se realizará a través de la implementación de los 5 ¿por qués?, una herramienta de análisis de causa-efecto que actúa a través de la pregunta ¿Por qué? Con una iteración de 5 veces hasta llegar a la causa raíz.

**Primera causa:** Para comenzar, la empresa tiene un problema debido a que el proceso de impresión no es un proceso estandarizado y se encuentra sujeto a modificaciones por parte del operario de acuerdo con su experiencia en el campo de la impresión, debido a esto se presentan los 5 ¿por qués? para abordar el problema (Ver Fig. 23)

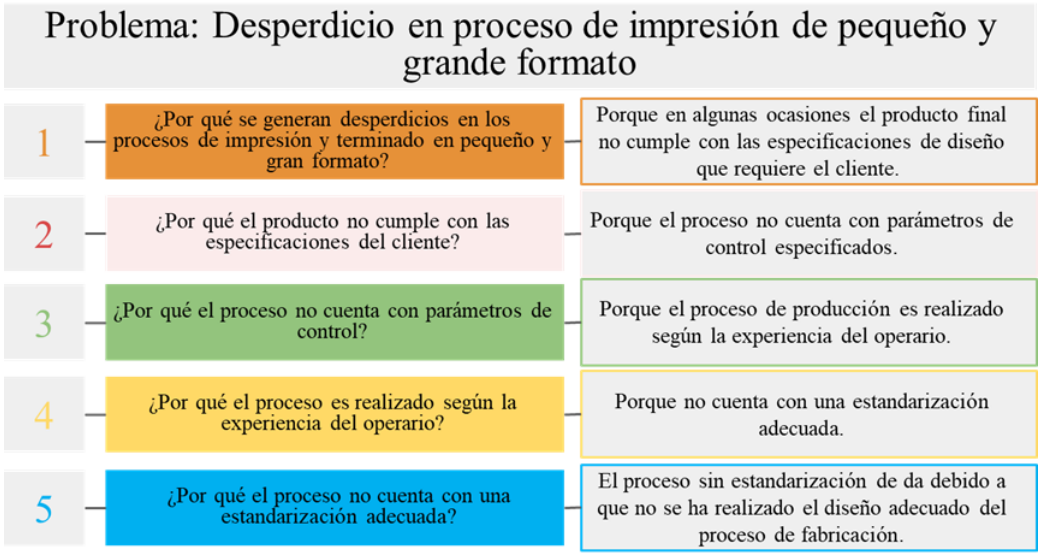



*Fig. 23. 5 ¿por qués? para primera causa.*

**Segunda causa:** Otro problema de la empresa, radica en que, el usuario no queda conforme con la tonalidad de color al final de la impresión, esto se debe a que los monitores muestran colores diferentes a los que se observa en la impresión final. A continuación, se presentan los cinco ¿por qués? para este problema. (Ver Fig. 24).

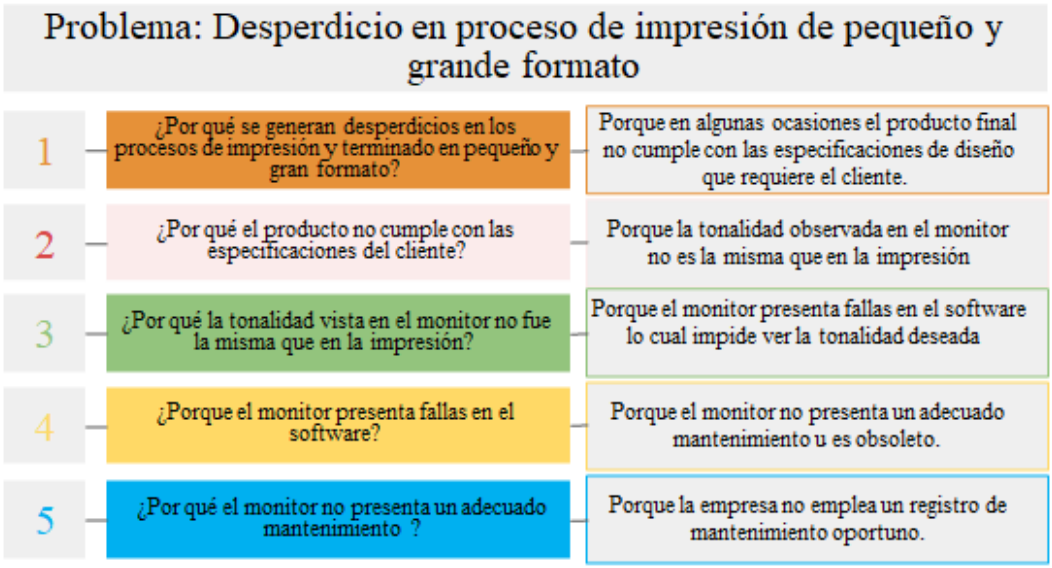



*Fig. 24. ¿por qués? para segunda causa.*

**Tercera causa:** Otro de los problemas de la empresa tiene que ver con los desperdicios generados después de varios procesos por la comunicación insuficiente de los operarios, a continuación, se presentan los cinco ¿por qués? para este problema. (Ver Fig. 25).

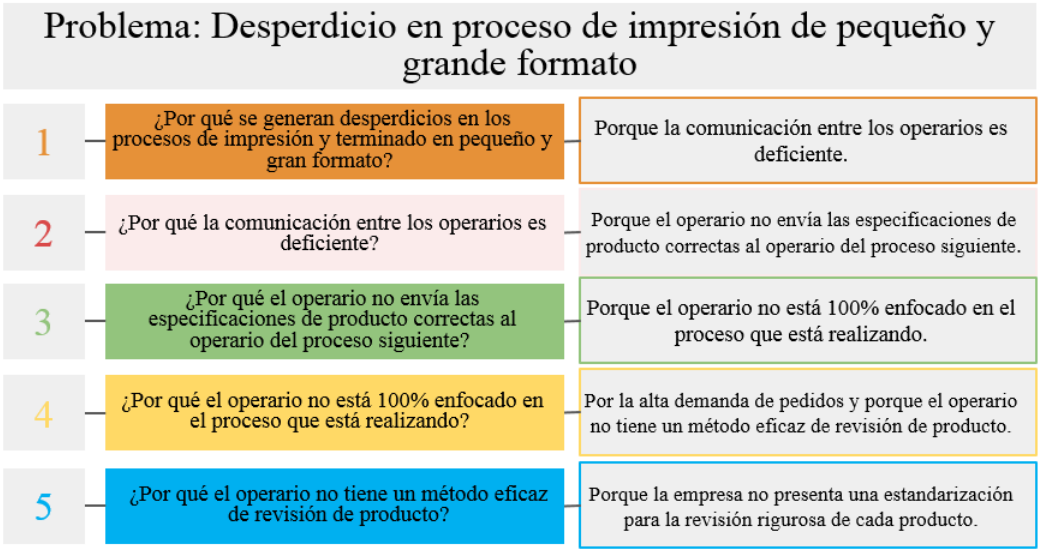



*Fig. 75. 5 ¿por qués? para tercera causa.*

**Cuarta causa:** Finalizando con las posibles causas que estén provocando la cantidad de desperdicios que actualmente está presentando la empresa, se encamina al proceso de terminado donde el producto pasa a ser recortado, doblado y/o laminado dependiendo de las especificaciones del cliente. (Ver Fig. 26).

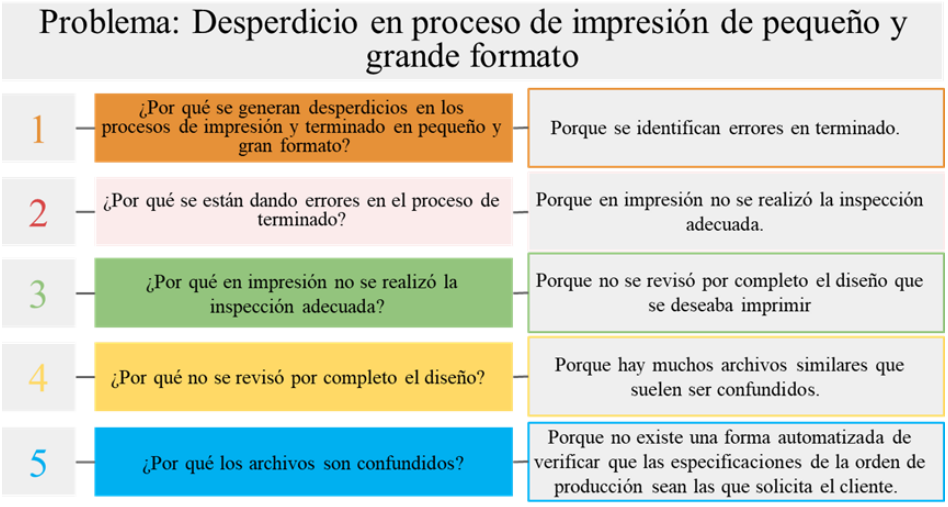



*Fig. 26. 5 ¿por qués? para cuarta causa.*

### ***B.*** *Revisión de literatura*

Con el fin de continuar con el direccionamiento del proyecto para garantizar unas condiciones óptimas de proceso en la empresa DIANA DIGITAL, se procedió a realizar una investigación basada en literatura confiable y relevante que aporte de manera significativa al desarrollo del proyecto y al cumplimiento de sus objetivos.

Inicialmente, fue de gran importancia el artículo "Aplicación del diseño de experimentos para el análisis de secado de un producto" [10], en el cual se expone el estudio de diseño de experimentos orientado a encontrar los niveles de diferentes factores que permitan disminuir el tiempo de secado de la pintura de un producto. Finalmente, gracias al diseño se encuentran las condiciones de proceso óptimas para minimizar este tiempo de secado y evitar productos defectuosos o desperdicios. Asimismo, en el artículo "Aplicación del modelo de experimentación Taguchi en un ingenio azucarero del Valle del Cauca" [11], fue posible analizar los resultados de una investigación en un ingenio azucarero en el cual se aplicó la metodología Taguchi con diseño experimental al proceso de molienda, para definir las condiciones óptimas del proceso anteriormente mencionado y finalmente mejorar el proceso productivo del ingenio. Otro artículo importante donde se muestra la importancia del diseño de experimentos para mejorar procesos de producción fue "Optimizing Designg Of Experiments an Injection Process of Plastic" [12], en este artículo se usa el diseño de experimentos para optimizar el proceso de inyección de plásticos en una fábrica de autopartes, con el fin de reducir el tiempo de ciclo de ensamble. Finalmente, al operar las máquinas inyectoras con las condiciones operativas encontradas en el DOE, se logró disminuir el tiempo de ciclo y eliminar el cuello de botella presente en este proceso.

De igual forma, en el artículo científico "El control interno en los procesos de producción de la industria litográfica en Barranquilla" se evidenció que uno de los principales problemas dentro de las empresas dedicadas a la litografía, es el poco control sobre los inventarios, Además de no llevar registro de material desperdiciado, también, el tiempo de producción ceñido a la capacidad de la máquina, el control de calidad realizado por el cliente y el poco espacio de circulación en estas empresas. Por tanto, propone implementar una buena política de inventario para la materia prima requerida y un sistema de economía circular para reutilizar los desperdicios [13]. En la Tabla VI, se encuentra el aporte y el resultado de estos artículos al presente proyecto.

*TABLA VI.*

*RESUMEN REVISIÓN DE LITERATURA*

| **Tipo** | Artículo de revista UANL | Artículo de revista Scientia | Artículo de revista | Artículo de investigación. |
|---|---|---|---|---|
| **Título** | Aplicación del diseño de experimentos para el análisis de secado de un producto | Aplicación del modelo de experimentación Taguchi en un ingenio azucarero del Valle del Cauca | Optimizing Desing of Experiments an Injection Process of Plastic | El control interno en los procesos de producción de la industria litográfica en Barranquilla |
| **Autor (es)** | Juan Baldemar Garza | Pedro Medina, Arturo Cruz, Hernán Restrepo. | Juan Sillero Peréz, PhD. | Franklin Navarro Stefanell<br>y<br>Liliana Milena Ramos Barrios |
| **Año** | 2013 | 2007 | 2015 | 2016 |
| **Industria** | Manufacturera | Agroindustrial | Automotriz | Impresión y comunicación gráfica |
| **Objetivo** | Determinar las condiciones correctas para el pintado de un producto | Mejorar procesos productivos mediante la metodología Taguchi. | Disminuir el tiempo de ciclo de ensamble mediante el proceso de inyección. | Diagnosticar el estado actual de las organizaciones litográficas de Barranquilla, en cuanto al control interno en el área de producción, a fin de fomentar el crecimiento de este sector económico a partir de la revisión de sus procesos. |
| **Método** | Diseño de experimentos | Diseño experimental Taguchi. | Diseño de experimentos. | Se analizaron los métodos utilizados en los departamentos de producción a través<br>de trabajos de campo y técnicas de observación para analizar el control interno y realizar una gestión de riesgos. |
| **Resultados** | Se encuentran las condiciones de proceso como lo son: Tipo de pintura, método de secado y cantidad de capas para evitar producto defectuoso. | Se selecciona un arreglo de condiciones de proceso en la molienda que permite trabajar con un mayor grado de eficiencia | Se logra reducir el tiempo de ciclo mediante condiciones operativas optimas y se elimina el cuello de botella del proceso. | Uno de los principales problemas que se evidencian en la empresa litográfica<br>Es el poco control sobre los inventarios. Además de no llevar registro de material dañado, también, el tiempo de producción ceñido a la capacidad de la máquina, el control de calidad realizado por el cliente y el poco espacio de circulación en estas empresas. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Aporte al proyecto** | El diseño de experimentos planteado en el artículo muestra la elección de las condiciones de proceso a evaluar, lo cual es de gran ayuda para realizar el del proyecto y encontrar las condiciones óptimas del proceso a evaluar. | Expone nuevos conceptos dentro del diseño de experimentos como lo es la metodología Taguchi, aportando ideas que contribuyen a las alternativas de solución para los problemas encontrados en el proyecto. | Muestra como el diseño de experimentos puede eliminar problemas en la producción como lo son los cuellos de botellas y mejora los tiempos de producción, lo cual puede ser aplicado en el proyecto. | El aporte se basa en direccionar el control de la empresa implementando una buena política de inventarios para la materia prima e insumos necesarios en el proceso. Al igual que implementar un sistema que reutilice el material sobrante de algunos pedidos y aplicar control de la calidad a lo largo del proceso. |

Además, se consultó la Tesis de Magíster en administración de la producción "Control y mejora del proceso de impresión de litografía en una imprenta" [14], en la cual se utilizan herramientas estadísticas para la mejora de la calidad, desarrollando un sistema de control de variables de proceso a través del diseño de experimentos, que permite controlar el proceso de impresión, generando una mejora significativa de la calidad del producto. Por otro lado, se tomó como referencia la tesis de Magíster en administración de empresas "Mejora del proceso de producción de la cadena de valor de giro creativo, empresa de diseño e impresión comercial digital" [15]. En esta fuente se presenta la aplicación de herramientas de calidad como 5 Ss, control estadístico de procesos y Kaizen. Con el fin de disminuir los desperdicios en las áreas de impresión, terminados y entrega, logrando reducir el índice de desperdicio e incrementar el de eficiencia. Por último, se consultó la tesis de Magíster en gerencia empresarial "Reducción de los desperdicios en la empresa Gama Editores Reyes Medina CIA. LTDA" [16] , en la cual se buscó reducir la variabilidad de artículos defectuosos y desperdicios en la producción mediante las herramientas seis sigma, control estadístico de procesos y el diseño de experimentos, logrando así, reducción de costos, material y tiempo de producción. En la Tabla VII, se encuentra el aporte y el resultado de estos artículos al presente proyecto.

*TABLA VII.*

*RESUMEN REVISIÓN DE LITERATURA*

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo** | Tesis de grado Magíster en administración de la producción. | Tesis de Magíster en administración de empresas con mención en gerencia de la calidad y productividad. | Tesis de grado Magíster en gerencia empresarial. |
| **Título** | Control y mejora del proceso de impresión de litografía en una imprenta | Mejora del proceso de producción de la cadena de valor de giro creativo, empresa de diseño e impresión comercial digital. | Reducción de los desperdicios en la empresa Gama Editores Reyes Medina CIA. LTDA |
| **Autor (es)** | Ing. Gest. Emp. María Lorena Martínez | Dis. Jaime Oswaldo Guzmán Martínez. | Fausto Orlando Ibarra Zuleta. |
| **Año** | 2008 | 2014 | 2015 |
| **Industria** | Comunicación gráfica. | Comunicación gráfica. | Comunicación gráfica. |
| **Objetivo** | Desarrollar un sistema de control de variables con el fin de mejorar la calidad y disminuir los costos del producto. | Estudiar, analizar y mejorar el proceso de producción orientado a la disminución de desperdicios generados durante las operaciones de impresión, terminados y entrega. | Reducir la variabilidad de los artículos defectuosos y los desperdicios em la empresa Gama Editores Reyes LTDA, utilizando la metodología de Seis Sigma, para el mejoramiento de la productividad. |
| **Método** | Control estadístico de procesos, diseño de experimentos. | Aplicación de herramientas de gestión de calidad como: 5 Ss, control estadístico de procesos y Kaizen. | Control estadístico del proceso, calidad total y seis sigma |
| **Resultados** | -Control de la variable mayormente afectada. | -Se logró disminuir el índice de desperdicio en impresión. | -Al aplicar el plan de mejora a los diferentes procesos, se logra la |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | -Disminución de las devoluciones de producto a través del tiempo<br>-Mejora de la calidad del producto | -La eficiencia del proceso de terminados incrementó. | disminución de los costos, el material y tiempo de producción. |
| **Aporte al proyecto** | Esta tesis aporta significativamente al proyecto, debido a que se realiza en la misma industria, dentro del mismo proceso al que está enfocado el proyecto y aplicando métodos que se encuentran al nivel de nuestros conocimientos de pregrado. | El aporte de esta tesis en el proyecto es la forma de abordar el problema de desperdicios en los diferentes procesos y las metodologías que se utilizaron para lograr los resultados son aplicables a el proyecto. | La metodología utilizada para la resolución del problema en esta tesis puede ser útil para la aplicación en el proyecto debido a las similitudes en cuanto a la industria y la dirección del problema. |

Finalmente, de acuerdo con el Benchmarking funcional que permite comparar el proyecto con otros como los mencionados en la revisión de literatura que han tenido resultados positivos implementando buenas prácticas o métodos para mejorar el área que se desea sin importar si está es exactamente la misma que la del proyecto en el que se está trabajando. De esta forma, centrándose en la comparación, es posible observar que las herramientas utilizadas en los diferentes tipos de literatura encontrada como lo son: El control estadístico de procesos, Kaizen, el diseño de experimentos, la calidad total y seis sigma, son metodologías sumamente importantes y útiles que permiten obtener resultados positivos frente a los objetivos propuestos, por lo tanto, si se implementan en el proyecto en desarrollo es posible que estos métodos traigan resultados favorables para la solución del problema que se presenta en el proceso de impresión y terminado.

### *C. Exploración de ideas y selección de alternativa*

De acuerdo con el análisis de causas realizado mediante herramientas básicas Seis Sigma y herramientas estadísticas, fue posible identificar que el problema de desperdicios en impresión y terminado por pequeño y gran formato se genera por varias causas, entre las cuales se destaca, proceso sin estandarizar, monitores obsoletos, comunicación ineficiente entre operarios y errores en terminado. Por lo cual, se considera el área de impresión como la unidad de análisis del proyecto, puesto que es posible rediseñar las condiciones bajo las cuales opera y con esto lograr disminuir los desperdicios generados. Para ello, se procede a realizar una generación de alternativas teniendo en cuenta el análisis de datos y la anterior revisión de literatura.

Con el objetivo de realizar la exploración de ideas y listar las alternativas, se hace uso de una técnica de proceso creativo para encontrar así diferentes soluciones al problema planteado, la técnica elegida se basa en el método Disney, recuperado y desarrollado por el experto en programación neurolingüística Robert Dilts, quien propone tres formas diferentes de acercamiento al pensamiento creativo: la del soñador, la del realista y la del crítico.

**Soñador:** En esta fase se piensa sin restricciones y respetando las ideas de los demás, los soñadores dejan libre su creatividad, puesto que en esta fase todas las ideas son buenas.

**Realista:** En este punto se piensa cómo convertir en realidad los sueños expresados en la fase anterior, se analizan sus posibles fallas y si de verdad puede ser implementado. Aquí se filtran las ideas iniciales.

**Crítico:** Por último, se toma una idea y se la pone del revés, evaluando sus riesgos y posibles errores. Esta tercera fase se trata de revisar cuáles son los puntos débiles de todas las ideas anteriores, evaluando con un pensamiento crítico.

De acuerdo con lo anterior, el equipo de trabajo “Quality Team” implementó el método Disney porque consideró importante tener diferentes puntos de vista donde se incluyeran y se respetaran las ideas de todos, por tanto, esta técnica se desarrolló durante una reunión donde se inició definiendo el problema de desperdicio en la empresa DIANA DIGITAL, seguido de la generación de ideas mediante una tormenta de ideas en la fase soñador, por tanto, la imaginación e innovación fueron factores clave en este punto, luego, se desarrolló el filtro de las ideas iniciales puesto que en la etapa realista se evalúa la viabilidad de la alternativa, entonces, se descartaron las opciones que no cumplían a cabalidad el objetivo de disminuir desperdicios.

Posteriormente, se recopilaron las ideas y se incluyó el pensamiento crítico, en el cual se valoró el riesgo y las consecuencias de cada opción disponible donde se pudo votar por aquellas alternativas que pueden representar una mejora en el problema raíz.

Por último, se recibió asesoría de la directora del proyecto, quien basada en su experiencia y conocimiento recomendó implementar el Diseño de Experimentos y encaminó al grupo en la selección de las mejores alternativas. También, se basó en la información obtenida en la revisión de literatura, de esta forma, se logró obtener las alternativas que se describen a continuación:

La primera alternativa se basa en el problema de la realización del proceso basado en la experiencia del operario, esto debido a que el proceso no se encuentra estandarizado, por lo que se propone implementar el Diseño de Experimentos (DOE) como método científico para rediseñar las condiciones del proceso por medio de pruebas planeadas adecuadamente, utilizando conjuntamente herramientas estadísticas y de ingeniería. En resumen, para implementar esta alternativa se deben analizar primero los factores controlables y no controlables o de ruido que influyen en el proceso, y así evaluar los niveles en los que se produce mayor número de desperdicio, con los que obtienen los factores a estudiar, es decir, las variables que se investigan en el experimento para observar cómo afectan o influyen en la variable de respuesta [17]. Posteriormente, se recolectan los datos en campo según una aleatorización que toma los diferentes tratamientos (Factores y niveles) con los que se analiza la cantidad de producción y el desperdicio generado, finalmente, se ingresan los datos al software Minitab y se obtiene el análisis de la información que debe ser examinada para obtener de esta forma las mejores condiciones del proceso.

La segunda alternativa es enfocada a la causa del deterioro del monitor, puesto que este no permite observar de forma correcta los colores reales de las impresiones, por tanto, se propone la adquisición de un nuevo monitor, con el cual se busca tener una imagen con una resolución de color más aproximada a lo que sería la impresión final, con esto, el operario puede tener la certeza de que el producto final sea el deseado. De acuerdo con esta propuesta, se encuentra en el mercado diferentes tipos de pantallas, unas que permiten una amplia gama de colores por cada pixel y otras que tienen funciones básicas, por esto, su precio varía desde $250 000 hasta $5 000 000 aproximadamente. Para el análisis de esta alternativa se seleccionó un monitor IPS Full HD de 31,5” (Ver Fig. 27) que ofrece mayor comodidad visual y entre otras características, su tiempo de respuesta se acorta, la reproducción del color es mejor y los usuarios pueden ver la pantalla desde cualquier ángulo; con un precio actual de $899 000 cotizado en la empresa ÉXITO. Pero, al prevenir riesgos futuros se piensa en una falta de calibración de la pantalla, por esto, se propone implementar una técnica de calibración a tiempos definidos, esta técnica puede ser mediante un software gratuito de calibración de pantalla como Calibrize, Quickgamma y E-lux, o bien, con un hardware, el cual se basa en un dispositivo calibrador (Ver Fig. 28) que va conectado al ordenador mediante un puerto USB, calibrando así de forma perfecta la pantalla, una referencia de este dispositivo es el X-rite I1display Pro que está cotizado en la actualidad con un precio de $ 1 361 990.

*Fig. 27. Monitor cotizado LG [18]*

*Fig. 19, Calibrador cotizado [19].*

Otro punto a recalcar, es la necesidad de verificar las especificaciones del producto después del proceso de impresión, para lo que el operario tiene disponible una mesa en el centro del área de trabajo con una luz artificial ubicada directamente frente a la mesa, pero, en reiteradas ocasiones el operario requiere la luz natural para realizar una buena verificación, por ello, se propone implementar la instalación de una lámpara cuyo rendimiento del color (IRC o RA) sea mayor a 70, puesto que este es la capacidad de luz que emite la lámpara para reproducir fielmente los colores del objeto que ilumina [20], comparando un RA de 100 que genera la luz natural del día. En promedio, el costo de una lámpara con IRC>70 ES DE $250 000 (Ver Fig. 29)

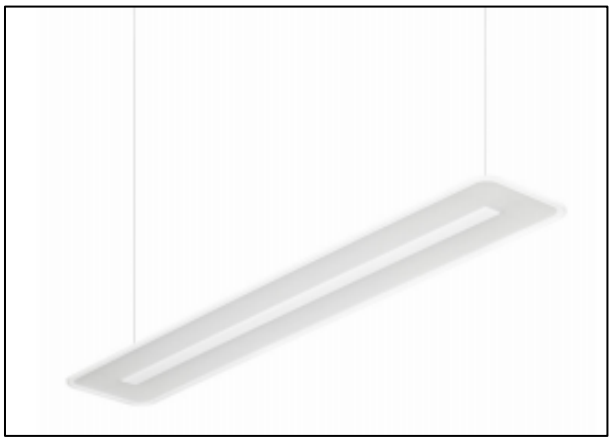


*Fig. 20, Propuesta de Iluminación [21].*

Asimismo, al revisar las causas de comunicación deficiente entre los operarios que provocan que las especificaciones del producto no se satisfagan a cabalidad y esto conlleve a desperdicios de producto, se propone como tercera alternativa mejorar el proceso en el cual se diseñan las especificaciones del pedido. Primero, realizando grabaciones de las especificaciones que el cliente solicita a la empresa y en segundo lugar creando formatos de revisión exhaustiva, donde cada operario antes de comenzar el proceso en el que se encuentra operando debe examinar el producto en proceso y ver que las especificaciones de tamaño, color, tipo de material, letra y figuras sean las establecidas inicialmente.

Por lo anterior, después de analizar las causas de desperdicios en terminado, se opta por ofrecer como cuarta alternativa un método de verificación, donde constantemente se esté revisando que en todas las etapas se estén llevando a cabo las tareas solicitadas al inicio del proceso, implementando conceptos de Lean Manufacturing para aumentar la eficiencia en la producción y estableciendo puntos de control (checkpoints) en los puntos críticos del proceso junto con la implementación de la metodología SMED, también, se propone instruir a los operarios con un manual de procesos interactivo elaborado en Figma, una página que simula gratis como podría funcionar una aplicación, de esta manera se les permitirá a todas las partes encargadas mantenerse informadas sobre el estado del pedido y el reporte de inconvenientes.

Finalmente, al evaluar las consecuencias que generan los desperdicios en las empresas de comunicación escrita no solamente a nivel interno sino como una empresa consciente con el medio ambiente, se hace una propuesta como quinta alternativa que incorpore los conceptos de economía circular, como lo es la producción y reelaboración a partir de desperdicios en procesos pasados, de esta forma se empiezan a considerar los desperdicios como materia prima, disminuyendo el impacto ambiental que esta puede generar.

Posteriormente, una vez definidas las cinco mejores alternativas, se procede a efectuar un análisis jerárquico AHP, una metodología para la solución de problemas multicriterio que estructura, mide y sintetiza las opciones, esta permite considerar múltiples objetivos relacionados con una única situación, facilitando estructurar de manera óptima el proceso de decisión. Por ello, se establecieron los criterios a tener en cuenta en la selección de la alternativa a implementar (Ver tabla VIII).

*TABLA VIII*

*CRITERIOS DE DECISIÓN*

| Criterio | Descripción |
|---|---|
| Costo de implementación | Es el costo total de la implementación de la alternativa, es decir, hace referencia al dinero que se invierte para implementar la solución del problema, por ejemplo: Compra de maquinaria y equipo, capacitación operarios, asesorías con expertos y costo de ventas perdidas. |
| Tiempo de implementación | Es el tiempo que toma el proceso completo de implementar la alternativa, desde su inicio hasta su final. |
| Facilidad de implementación | Hace referencia a la capacidad de implementar la alternativa de forma sencilla de tal forma que sea confiable y permita solucionar el problema encontrado. |

Luego, teniendo el panorama del análisis de jerarquía que se evidencia en la Fig. 30, se asignó un nombre resumido a cada una de las cinco alternativas, es decir, a la primera alternativa sobre Diseño de Experimentos, se le asignó su abreviación DOE, a la segunda alternativa sobre el monitor, calibración e iluminación se le asignó: Monitor, a la tercer alternativa cuyo objetivo es implementar un sistema de revisión y estandarización de procesos, se le asignó: Revisión, de igual forma, a la cuarta alternativa sobre Lean Manufacturing, SMED y puntos de control, se le asignó: Lean Manufacturing, finalmente, a la quinta y última alternativa sobre la economía circular se le estableció ese mismo nombre.

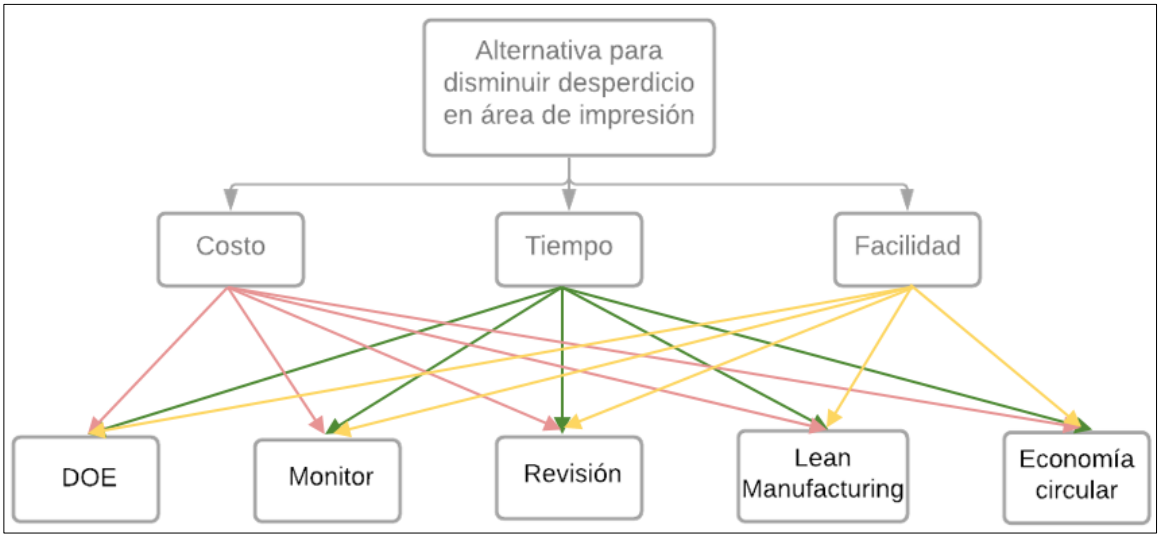



*Fig. 21, Criterios y alternativas*

Seguidamente, se le asignó un peso a cada criterio mencionado anteriormente para evaluar cada alternativa según cada criterio, esto se logró con el uso de la rúbrica de evaluación estructurada de acuerdo con la tabla estandarizada de preferencias [22] (Ver tabla IX).

*TABLA IX.*

*ESTANDARIZACIÓN DE LAS PREFERENCIAS*

| Juicio verbal de preferencia | Valor numérico |
|---|---|
| Preferencia igual | 1 |
| Preferencia igual o moderada | 2 |
| Preferencia moderada | 3 |
| Preferencia moderada a fuerte | 4 |
| Preferencia fuerte | 5 |
| Preferencia fuerte a muy fuerte | 6 |
| Preferencia muy fuerte | 7 |
| Preferencia muy fuerte a extrema | 8 |
| Preferencia extrema | 9 |

Por consiguiente, para efectuar el análisis jerárquico AHP, en primer lugar, se ponderan los criterios: costo, tiempo y facilidad, de lo que se obtuvo la información que se observa en la Fig. 31.

| | |
|---|---|
| **Número de indicadores n** | 3 |
| **Promedio Vector Consistencia λ** | 3.0092 |
| **Indice consistencia CI** | 0.0046 |
| **Indice consistencia Aleatorio RI** | 0.66 |
| **Razón de Consistencia CR** | 0.0070 |
| **¿Es consistente?** | SI |

*Fig. 22, Resumen de evaluación de criterios*

Posteriormente, se evaluaron cada una de las alternativas para cada criterio establecido, el resumen de cada evaluación se encuentra en las Fig. 32, 33, 34.

| | |
|---|---|
| **Número de Criterios n** | **5** |
| **Lambda λ** | 5.10 |
| **Indice consistencia CI** | 0.0249 |
| **Indice Aleatorio RI** | 1.188 |
| **Razón de Consistencia CR** | **2.1%** |
| **¿Es consistente?** | **SI** |

*Fig. 82. Resultados para costo*

| | |
|---|---|
| **Número de Criterios n** | **5** |
| **Lambda λ** | 5.23 |
| **Indice consistencia CI** | 0.0564 |
| **Indice Aleatorio RI** | 1.188 |
| **Razón de Consistencia CR** | **4.8%** |
| **¿Es consistente?** | **SI** |

*Fig. 33 Resultados para tiempo*

| | |
|---|---|
| **Número de Criterios n** | **5** |
| **Lambda λ** | 5.15 |
| **Indice consistencia CI** | 0.0369 |
| **Indice Aleatorio RI** | 1.188 |
| **Razón de Consistencia CR** | **3.1%** |
| **¿Es consistente?** | **SI** |

*Fig. 39. Resultados para facilidad*

Para finalizar, se valoraron los diferentes criterios y alternativas, lo que permitió una evaluación final permitiendo encontrar la mejor alternativa. En la Fig. 35, se muestra el resumen completo y la alternativa seleccionada, la cual es el Diseño de Experimentos DOE. En el Anexo 8, se encuentra el procedimiento completo del análisis jerárquico AHP.

| | **Costo** | | | **Tiempo** | | | **Facilidad** | | | **Resultado** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Alternativas** | Valor Criterio | Valor alternativa | **Total** | Valor Criterio | Valor alternativa | **Total** | Valor Criterio | Valor alternativa | **Total** | **Gran Total** | **Mejor Alternativa** |
| DOE | 54% | 42% | **23%** | 30% | 48% | **14%** | 16% | 38% | **6%** | 43% | DOE |
| Monitor | 54% | 5% | **3%** | 30% | 5% | **1%** | 16% | 23% | **4%** | 8% | |
| Revisión | 54% | 26% | **14%** | 30% | 23% | **7%** | 16% | 15% | **3%** | 24% | |
| Lean Manufacturing | 54% | 16% | **9%** | 30% | 11% | **3%** | 16% | 15% | **3%** | 15% | |
| Economía circular | 54% | 10% | **6%** | 30% | 14% | **4%** | 16% | 8% | **1%** | 11% | |
| | | 100% | | | 100% | | | 100% | | 100% | |

*Fig. 310. Mejor alternativa seleccionada.*

### ***D.*** *Objetivos*

**Objetivo general**

Formular un diseño de las condiciones del proceso de impresión en una empresa de comunicación gráfica, con el fin de disminuir el porcentaje de desperdicios, haciendo uso de herramientas Lean Six sigma.

**Objetivos específicos**

I. Desarrollar un experimento en campo aplicando diseño de experimentos con el fin de analizar factores controlables y no controlables, los cuales influyen en el proceso de producción de la empresa DIANA DIGITAL.
II. Establecer las mejores condiciones de operación en el área de impresión, mediante el uso de herramientas de ingeniería y Lean Manufacturing.
III. Validar la propuesta de diseño del proceso de impresión mediante una prueba piloto que a través del control estadístico de procesos permita analizar el comportamiento de los indicadores de desperdicios y cumplimiento de las especificaciones realizando una comparación entre el estado actual y el mejorado.
IV. Evaluar financieramente la viabilidad del proyecto mediante herramientas de gestión financiera.

### ***E.*** Plan de trabajo (PdT)

En el siguiente Plan de Trabajo se presentan cada una de las actividades a realizar para cumplir los objetivos del proyecto. Lo anterior, teniendo en cuenta el cumplimiento de los requerimientos de las partes interesadas, además, se presenta un cronograma realizado en el software Project que se encuentra en el Anexo 9.

*TABLA X.*
*PLAN DE TRABAJO*

| **Objetivo general** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Formular un diseño de las condiciones del proceso de impresión en la empresa DIANA DIGITAL para pequeño y grande formato, con el fin de disminuir el porcentaje de desperdicios, haciendo uso del diseño de experimentos. | | | | | | |
| **Objetivo específico** | **Actividades** | **Área IISE** | **Herramientas** | **#** | **Entregable** | **Fecha entrega** |
| Formular un diseño de las condiciones del proceso de impresión en una empresa de comunicación gráfica, con el fin de disminuir el porcentaje de desperdicios, haciendo uso de herramientas Lean Six sigma. | Estudiar el proceso de producción e identificar los factores controlables y no controlables con sus respectivos niveles. | Ingeniería de calidad y confiabilidad. | Herramientas estadísticas. Tablas de control y análisis de capacidad | C. | Lista de factores con sus respectivos niveles. | 15 diciembre del 2020 |
| | Seleccionar el método de DOE a implementar para realizar la recolección de datos. | Ingeniería de calidad y confiabilidad. | Diseño de experimentos. | F. | Aleatorización de los datos con método seleccionado. | 22 diciembre del 2020 |
| | | | Análisis de Varianza (ANOVA) | F. | Informe detallado con los resultados del Análisis de Varianza. | 22 diciembre del 2020 |
| Desarrollar un experimento en campo aplicando diseño de experimentos con el fin de analizar factores controlables y no controlables, los cuales influyen en el proceso de producción de la empresa DIANA DIGITAL. | Recolectar la información en campo sobre la cantidad de producción y desperdicio siguiendo la aleatorización de los datos. | Diseño y medición de trabajo. | Muestreo de trabajo. | D. | Base de datos con información sobre variables que afectan el proceso. | 12 de enero de 2020. |
| Establecer las mejores condiciones de operación en el área de impresión, mediante el uso de herramientas de ingeniería y Lean Manufacturing. | Establecer las condiciones óptimas para el proceso de impresión | Diseño y medición de trabajo. | Herramientas de análisis. | K. | Análisis y diseño del proceso. | 26 de enero de 2021. |
| Validar la propuesta de diseño del proceso de impresión mediante una prueba piloto que a través del control estadístico de procesos permita analizar el comportamiento de los indicadores de desperdicios y cumplimiento de las especificaciones realizando una comparación entre el estado actual y el mejorado. | Comparar los resultados de los índices de desempeño del proceso actual con el propuesto. | Ingeniería de calidad y confiabilidad | Herramientas estadísticas e indicadores de desempeño | C. | Tabla de comparación actual vs propuesto. | 23 de febrero de 2021. |
| | Realizar el Procedimiento Operativo Estándar | Ingeniería de calidad y confiabilidad. | Gestión de calidad e ingeniería. | I. | Documento POE. | 6 de abril de 2021. |
| | Determinar costo y viabilidad financiera de la propuesta. | Análisis económico de ingeniería | Toma de decisiones financieras entre alternativas, análisis beneficio-costo. | E. | Informe de los resultados. | 13 de abril de 2021. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Evaluar financieramente la viabilidad del proyecto mediante herramientas de gestión financiera. | Realizar conclusiones y recomendaciones. | Ingeniería de calidad y confiabilidad. | Fundamentos. | B. | Informe de conclusiones y recomendaciones. | 21 de abril de 2021. |
| | Revisar documento final. | Ingeniería de calidad y confiabilidad. | Inspección de rectificación | E. | Lista de chequeo. | 27 de abril de 2020. |

## *X. MEJORAR*

Inicialmente y con el fin de plantear un diseño idóneo de la solución se identifica el proceso administrativo del pedido que el cliente requiere al momento de contratar los servicios de la empresa DIANA DIGITAL junto con las especificaciones posibles configuradas a través del software DIGINET, este proceso de observa en la Fig. 36:

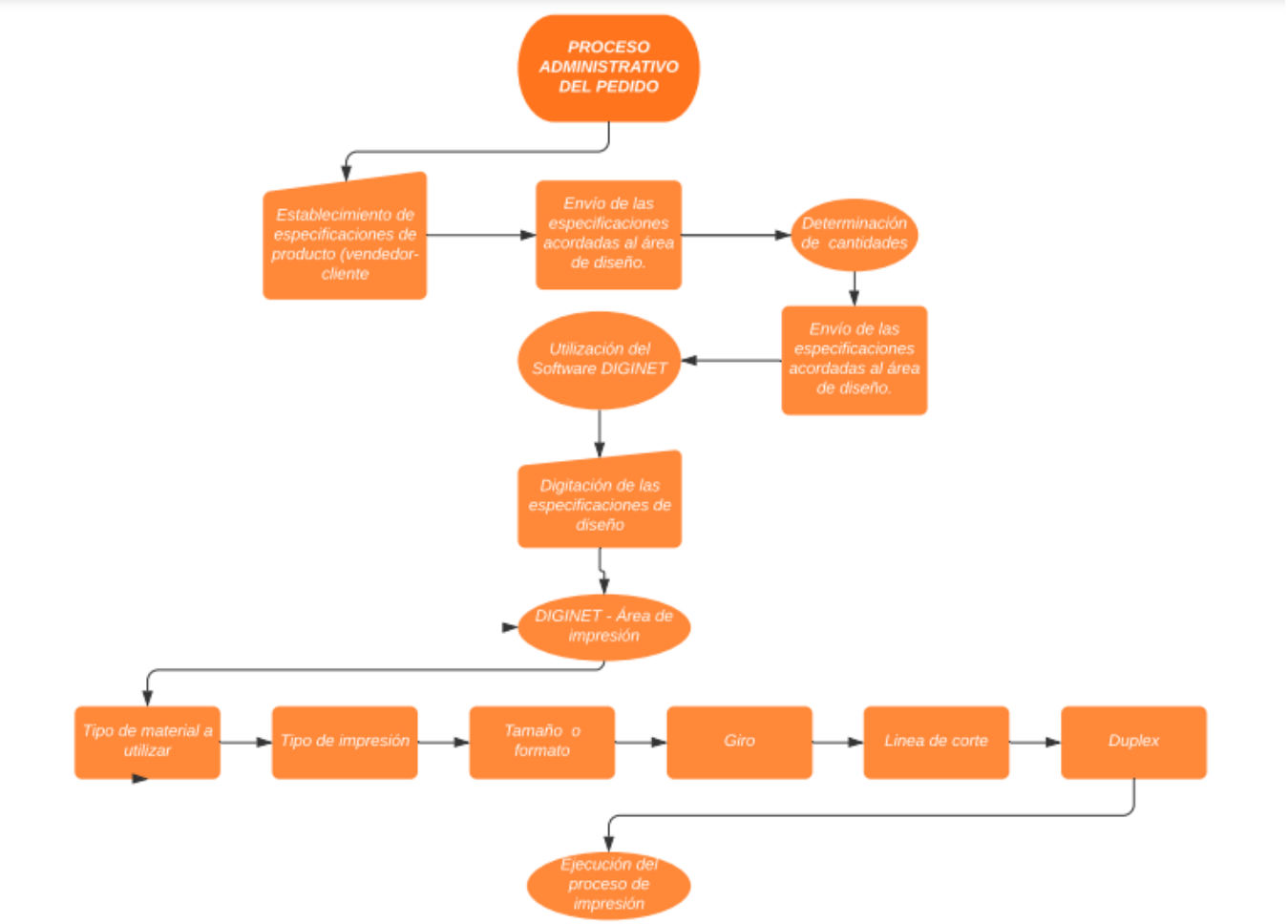



*Fig. 36 Proceso administrativo de los pedidos*

***A.*** Desarrollo del diseño de la solución

Propuesta para realizar recomendaciones del proceso de impresión a la empresa DIANA DIGITAL

Teniendo en cuenta la alternativa de solución seleccionada mediante el análisis jerárquico AHP, un modelo de toma de decisiones, en esta etapa se realizó el Diseño de Experimentos (DOE) que permitió conocer los factores que influyen en el porcentaje de desperdicio y asimismo se identificaron las variables para rediseñar las condiciones del proceso de impresión mediante pruebas planeadas adecuadamente y usando conjuntamente herramientas estadísticas y de ingeniería con el objetivo de disminuir el porcentaje de desperdicio y contribuir con la estandarización del proceso. De acuerdo con lo anterior, se definieron tres variables de respuesta: Desperdicio, Tiempo de Alistamiento y Tiempo de Impresión; siendo fracción de desperdicio la variable que aporta al desarrollo del proyecto, debido a que como objetivo se tiene la reducción del porcentaje de desperdicio en el área de impresión. Esta variable de respuesta (Y) fue medida en cada experimento del diseño. Posteriormente, se seleccionaron los factores Tipo de Impresión, Perfil y Material cuyos niveles tienen un efecto significativo en los errores de impresión que generan desperdicio.

En función de lo planteado anteriormente, se consideró la aleatorización y la repetición, considerándolos como principios del Diseño de Experimentos. En cuanto al principio de aleatorización se creó un diseño factorial completo general que permitió recolectar datos en campo de forma aleatoria y teniendo en cuenta cada nivel de los factores del diseño, por otro lado, bajo el principio de repetición, se realizaron las mediciones correspondientes a la aleatorización varias veces, es decir, se realizaron múltiples corridas experimentales con la misma configuración de factores y niveles con las que se obtiene la estimación del error experimental y aporta confiabilidad al resultado final.

En ese orden de idas, se tomaron 3 factores hasta con 3 niveles que se corrieron 60 veces debido a las 5 réplicas de cada combinación. Los datos recolectados siguiendo la aleatorización del Diseño de Experimentos se presentan en el Anexo 10. Al igual que el análisis de cada resultado del experimento.

A continuación, se presenta en la Fig 36. el ANOVA realizado en Minitab con un 95% de confianza, este que se tuvo como resultado después de realizar la eliminación jerárquica del cribado para los factores cuyo P > 0,05 lo que indica que no son significativos, por tanto, se concluye que el tipo de material con sus combinaciones no influye significativamente en el diseño. Todos los análisis de este diseño se muestran en el Anexo 11.

**Análisis de Varianza**

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo | 5 | 7,58283 | 1,51657 | 735,26 | 0,000 |
| Lineal | 3 | 4,58625 | 1,52875 | 741,17 | 0,000 |
| Perfil | 1 | 1,82924 | 1,82924 | 886,85 | 0,000 |
| Tipo impresion | 2 | 2,75701 | 1,37851 | 668,33 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 2 | 2,99658 | 1,49829 | 726,40 | 0,000 |
| Perfil*Tipo impresion | 2 | 2,99658 | 1,49829 | 726,40 | 0,000 |
| Error | 54 | 0,11138 | 0,00206 | | |
| Falta de ajuste | 6 | 0,00600 | 0,00100 | 0,46 | 0,837 |
| Error puro | 48 | 0,10538 | 0,00220 | | |
| Total | 59 | 7,69421 | | | |

*Fig. 36. Modelo lineal general.*

Partiendo del ANOVA, se analiza la Suma de Cuadrados (SC) para saber que los datos están relacionados entre sí y reconocer el control sobre los factores durante la recolección de datos y el desarrollo del diseño, es posible observar que la suma de cuadrados del error (0,111) es menor que la suma de cuadrados de perfil (1,829) y la suma de cuadrados tipo impresión (2,757). Lo que indica que el experimento fue bien controlado en campo y no hubo otros factores que influyeran en el porcentaje de desperdicio cuando se llevó a cabo la recolección de la información en campo.

Por otro lado, se evidencia que los factores Perfil y Tipo de impresión influyen significativamente en la variable respuesta, esto con un 95% de confianza. Por consiguiente, se analiza el valor estadístico F de Fisher, el cual indica la influencia que tiene el factor en el % de desperdicio. En este caso se concluye que el perfil (F= 886,85) es el factor más determinante, es decir, existe una relación fuerte y significativa entre el perfil y el desperdicio en impresión, no obstante, tipo de impresión (F= 668,33) influye en menor grado y de igual proporción.

Seguido a esto, de la Fig. 37. se analiza el R-cuad. Ajustado que indica que el modelo puede explicar en un 98,42% el porcentaje de desperdicio debido a los factores perfil y tipo de impresión. El restante 1,58% se debe a factores que no se incluyeron en el experimento.

**Resumen del modelo**

| S | R-cuad. | R-cuad. (ajustado) | R-cuad. (pred) |
|---|---|---|---|
| 0,0454160 | 98,55% | 98,42% | 98,21% |

*Fig. 37. Resumen del modelo.*

Con el objetivo de identificar los niveles que marcan la diferencia en la variable de respuesta se realizó el Post-Anova mediante el análisis gráfico, en la Fig. 38 se evidencian las medias de porcentaje de desperdicio para los diferentes niveles de los tres factores bajo estudio. Cada punto representa la media del % de desperdicio para un nivel de un factor, la línea central horizontal muestra la media del peso para todas las corridas y en el eje Y se tiene la variable de respuesta.

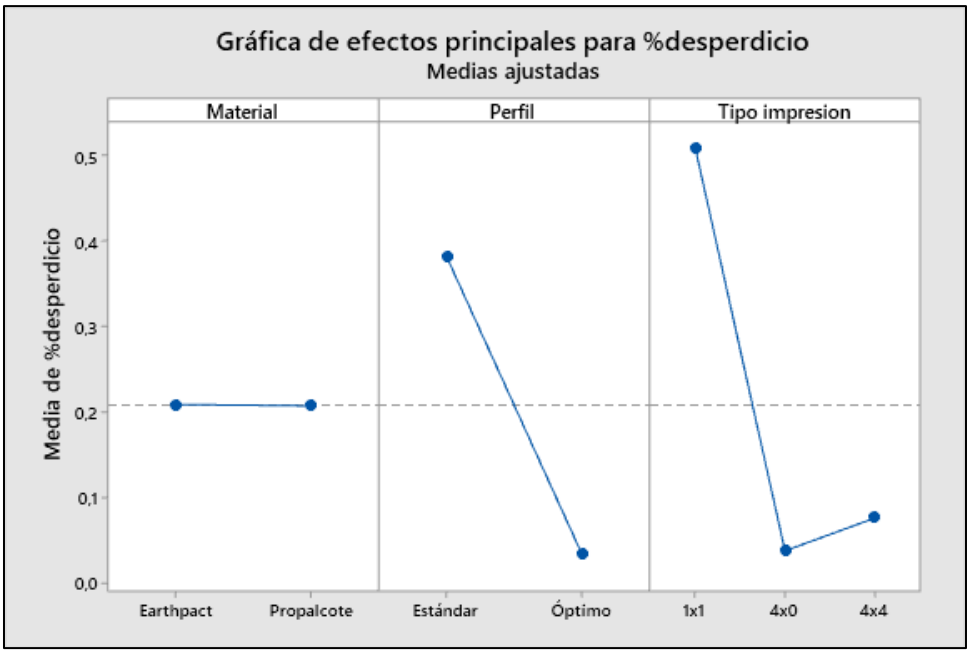



*Fig. 38. Gráfica de efectos principales para % de desperdicio*

En el primer cuadrante de la Fig. 38 se observa el factor material, para el cual el porcentaje de desperdicio es el mismo en sus dos niveles, lo que indica que el material no influye significativamente en el % de desperdicio. Por otro lado, el perfil y el tipo de impresión se muestran como los factores que más influyen en el desperdicio, siendo tipo de impresión el que afecta en mayor medida los desperdicios, en este caso es 1x1 el tipo de impresión que más influyente en la variable respuesta. No obstante,

los tipos 4x4 y 4x0 influyen en menor medida respectivamente. Dentro de este marco, el perfil estándar también afecta significativamente el porcentaje de desperdicio, mientras que el perfil óptimo no genera mayor incremento en desperdicio.

Por otra parte, al analizar los tres factores simultáneamente, es indispensable evaluar la interacción entre ellos y determinar los niveles óptimos para el proceso de impresión. Para ello, se presenta la Fig. 39. donde cada punto de la gráfica de interacción muestra el porcentaje de desperdicio con diferentes combinaciones de los niveles de los factores, en el eje Y se tiene la variable de respuesta, el eje X muestra los niveles de los factores y en la parte derecha se tienen los factores que se evaluaron con sus respectivos niveles.

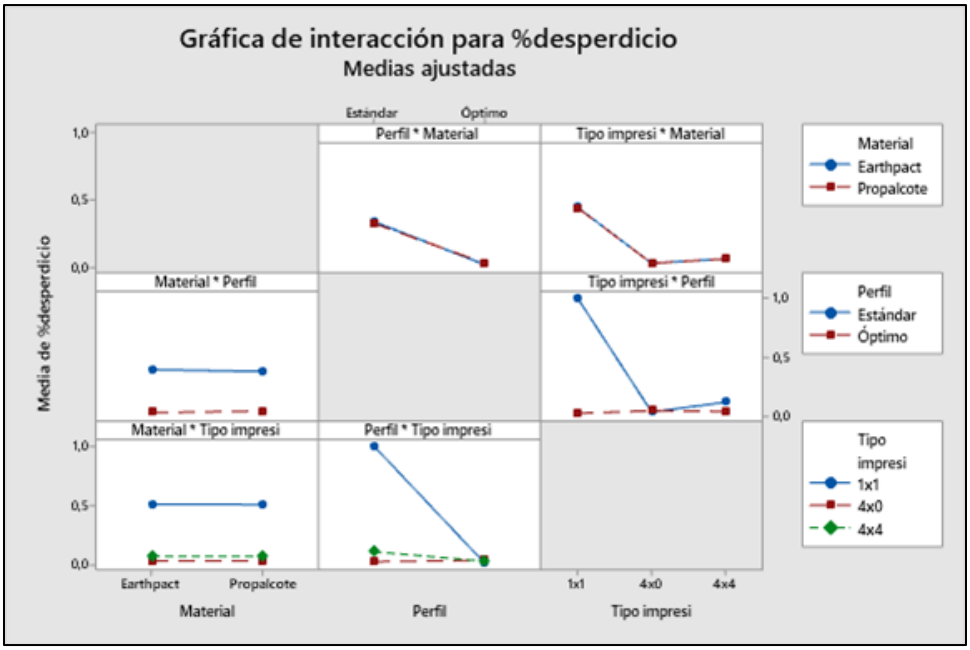



*Fig. 39. Gráfica de interacción para % de desperdicio*

De acuerdo con la gráfica de interacción, para disminuir la fracción de desperdicio que es la variable respuesta se debe imprimir en perfil óptimo para cualquier tipo de material y en tipo de impresión 4x0 y/o 4x1. No obstante, si se imprime en perfil estándar, solo son recomendables los tipos de impresión 4x0 y 4x1. No obstante, las condiciones que elevan el porcentaje de desperdicio son tipo de impresión 1x1 y perfil estándar.

Por último, Se presenta el intervalo de Confianza (Ver TABLA XI) este representa el rango de porcentaje de desperdicio a corto plazo, está dado en un periodo de tiempo de uno a tres meses y se especifica para cada combinación entre tipo de impresión y tipo de perfil. Con esta información, la empresa puede tomar decisiones más asertivas, ya que, se especifica qué tipo de impresión y que tipo de perfil está produciendo la mayor cantidad de desperdicios. Ejemplo, si revisamos el tipo de impresión 1X1 observamos que el porcentaje de desperdicio entre el perfil optimo y estándar varia significativamente, mientras que el porcentaje máximo de desperdicio con el perfil estándar llega hasta 104,215%, el porcentaje de desperdicio con perfil optimo llega hasta el 10,29%.

Así mismo, el Intervalo de Predicción (Ver TABLA XII), muestra el rango de porcentaje de desperdicio a largo plazo, está dado en un periodo de tiempo de seis a ocho meses. Esta información es muy relevante para la empresa, ya que se está exponiendo, cuáles podrían ser las consecuencias a largo plazo si no se lleva a cabo un plan para mitigarlo. Ejemplo de esto se evidencia en el tipo de impresión 4x4, si se continua con el perfil estándar, se puede llegar a obtener un porcentaje de desperdicio cerca del 25%, por el contrario, si se lleva a cabo con el tipo de perfil optimo, el porcentaje de desperdicio se reduce a un 17%.

*TABLA XI.*

*Intervalo de confianza IC de 95%*

| Tipo impresión | Estándar | | Óptimo | |
|---|---|---|---|---|
| 1x1 | 0,957847 | 1,04215 | 0,0186801 | 0,102987 |
| 4x0 | -0,0098199 | 0,0744866 | 0,0009579 | 0,0852643 |
| 4x4 | 0,0735611 | 0,157868 | -0,005687 | 0,0786194 |

*TABLA XII.*

*Intervalo de predicción IP de 95%*

| Tipo impresión | Estándar | | Óptimo | |
|---|---|---|---|---|
| 1x1 | 0,860194 | 1,13981 | -0,0789731 | 0,20064 |
| 4x0 | -0,107473 | 0,17214 | -0,0966953 | 0,182918 |
| 4x4 | -0,0240921 | 0,255521 | -0,10334 | 0,176273 |

Para validar la información obtenida a partir del ANOVA se verificó la calidad del modelo mediante el análisis de los residuales comprobando el cumplimiento de los supuestos de igualdad de varianzas y aleatoriedad e independencia de los residuos que permitieron dar validez a la metodología empleada para encontrar las mejores condiciones de operación en el proceso de impresión de DIANA DIGITAL.

**Resultados para tiempo de preparación**

Se realizó también un diseño cuya variable de respuesta es el tiempo de preparación de la máquina, es decir, el tiempo que toma el operario en alistar el archivo y enviarlo a la impresora para iniciar el proceso de impresión. En la Fig. 40 se muestra el diagrama de Pareto de efectos estandarizados, el cual permite concluir que todos los factores y sus iteraciones son significativos para el modelo.

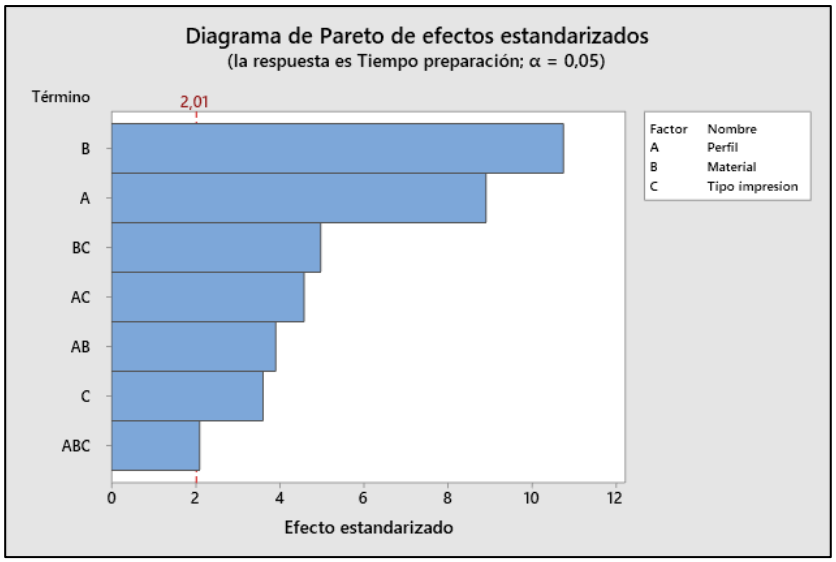



*Fig 40. Factores que influyen en el diseño para tiempo de preparación*

Partiendo del ANOVA que se encuentra en el Anexo 12 al igual que los resultados y análisis del diseño para la variable de respuesta Tiempo de Preparación, se evidencia que los factores Perfil y Tipo de impresión influyen significativamente en la variable respuesta, esto con un 95% de confianza. Por consiguiente, se analiza el valor estadístico F de Fisher, el cual indica la

influencia que tiene el factor en el tiempo de preparación. En este caso se concluye que el tipo de material (F= 115,38) es el factor más determinante, es decir, existe una relación fuerte y significativa entre el material y el tiempo de preparación. Seguido a esto, se analiza el R-cuad. Ajustado que indica que el modelo puede explicar en un 82,50% el porcentaje de desperdicio debido a los factores material, perfil y tipo de impresión.

En ese sentido, se analiza la gráfica de efectos principales en los que se tiene en cuenta la media del tiempo de preparación. En la Fig. 41 se observa que los factores más influyentes en la variable respuesta (tiempo de preparación) son el material y el perfil respectivamente. No obstante, el tipo de material que toma más tiempo de preparación es Earthpact, al igual que el perfil óptimo y los tipos de impresión 4x0 y 4x4.

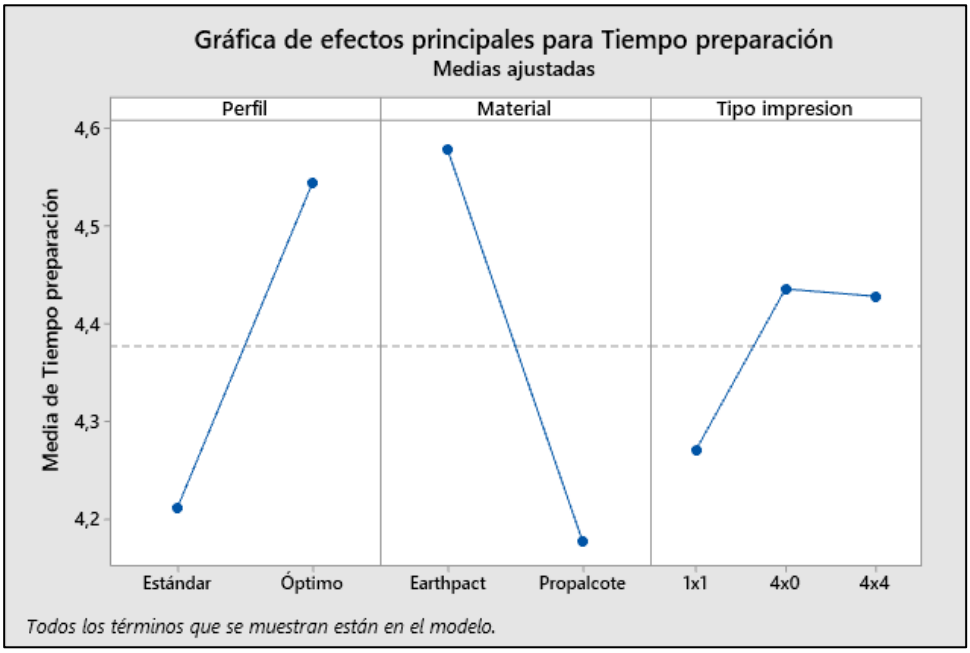



*Fig. 41. Gráfica de efectos principales para tiempo de preparación.*

Finalmente, de acuerdo con la gráfica de interacción, para disminuir el tiempo de preparación el perfil debe ser estándar y el material Propalcote para cualquier tipo de impresión.

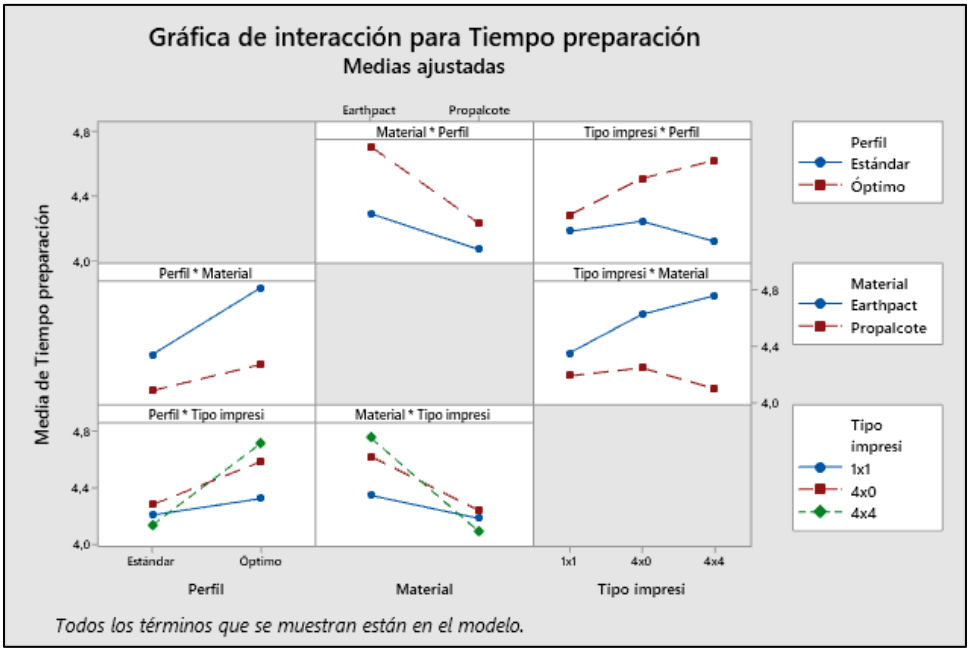



*Fig. 42. Gráfica de interacción para tiempo de preparación*

Para validar la información obtenida a partir del ANOVA se verificó la calidad del modelo mediante el análisis de los residuales comprobando el cumplimiento de los supuestos de normalidad, igualdad de varianzas y aleatoriedad e independencia de los residuos que permitieron dar validez a la metodología empleada para encontrar las mejores condiciones de operación con el objetivo de reducir el tiempo de preparación.

**Resultados para tiempo de impresión**

Dentro del análisis de tiempos, también se desarrolló un diseño cuya variable de respuesta es el Tiempo de Impresión, es decir, el tiempo que toma la máquina en imprimir un archivo. En la Fig. 43 se muestra el diagrama de Pareto de efectos estandarizados, el cual permite concluir que los factores significativos para el modelo son el perfil y la relación entre perfil y tipo de impresión, a estos se llegó después de realizar la eliminación jerárquica de cribado.

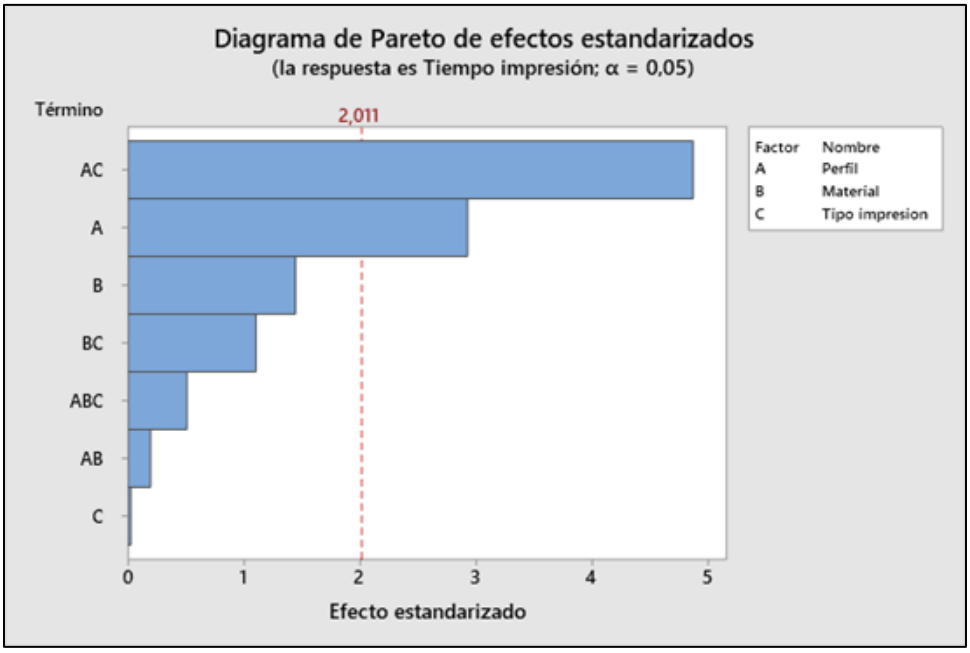



*Fig 43. Factores que influyen en el diseño para tiempo de impresión*

Partiendo del ANOVA que se encuentra en el Anexo 13 al igual que los resultados y análisis del diseño para la variable de respuesta Tiempo de Impresión, se evidencia que la suma de cuadrados del error es menor que la suma de cuadrados de los factores, lo que indica que el experimento fue bien controlado en campo y no hubo otros factores que influyeran en el tiempo de impresión cuando se llevó a cabo la recolección de la información en campo. También se analizó que el factor Perfil influye significativamente en la variable respuesta, esto con un 95% de confianza. Por consiguiente, se analiza el valor estadístico F de Fisher, el cual indica la influencia que tiene el factor en el tiempo de impresión. En este caso se concluye que la interacción perfil por tipo de impresión (F= 14,44) es el factor más determinante, es decir, existe una relación fuerte y significativa entre esta interacción y el tiempo de impresión. Seguido a esto, se analiza el R-cuad. Ajustado que indica que el modelo puede explicar en un 35,53% el porcentaje de desperdicio debido a los factores material, perfil y tipo de impresión.

En ese sentido, se analiza la gráfica de efectos principales en los que se tiene en cuenta la media del tiempo de impresión. En la Fig. 44 se observa que el factor más influyente en la variable respuesta (tiempo de impresión) es el perfil. No obstante, el tipo de material que toma más tiempo de impresión es Earthpact, al igual que el perfil óptimo y el tipo de impresión 4x0.

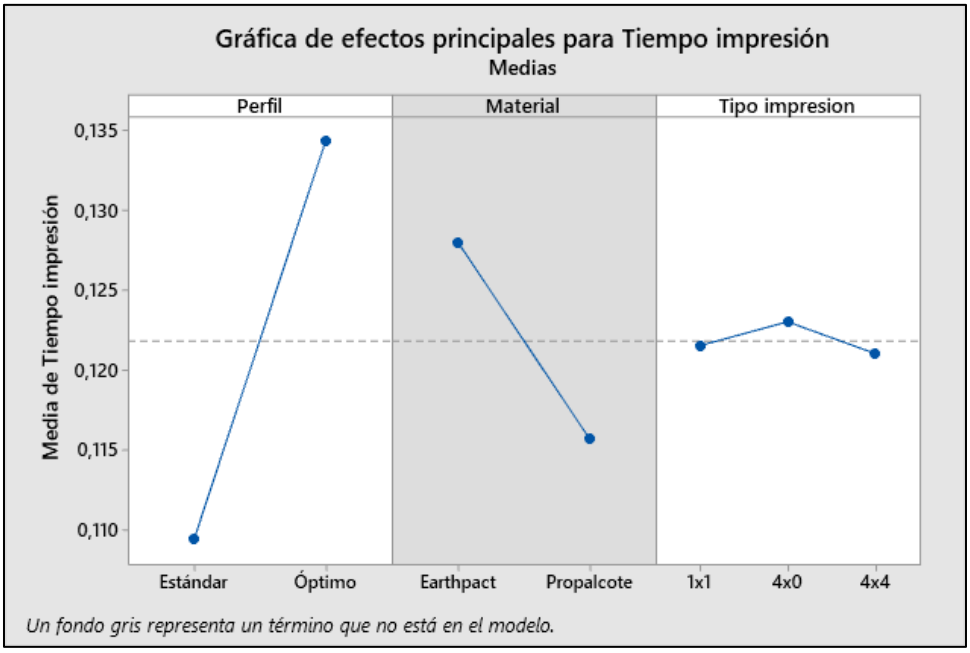



*Fig. 44. Gráfica de efectos principales para tiempo de impresión*

No obstante, la gráfica de interacción muestra que para reducir el tiempo de impresión se debe imprimir en perfil estándar con tipo de impresión 4x0 y 4x4.

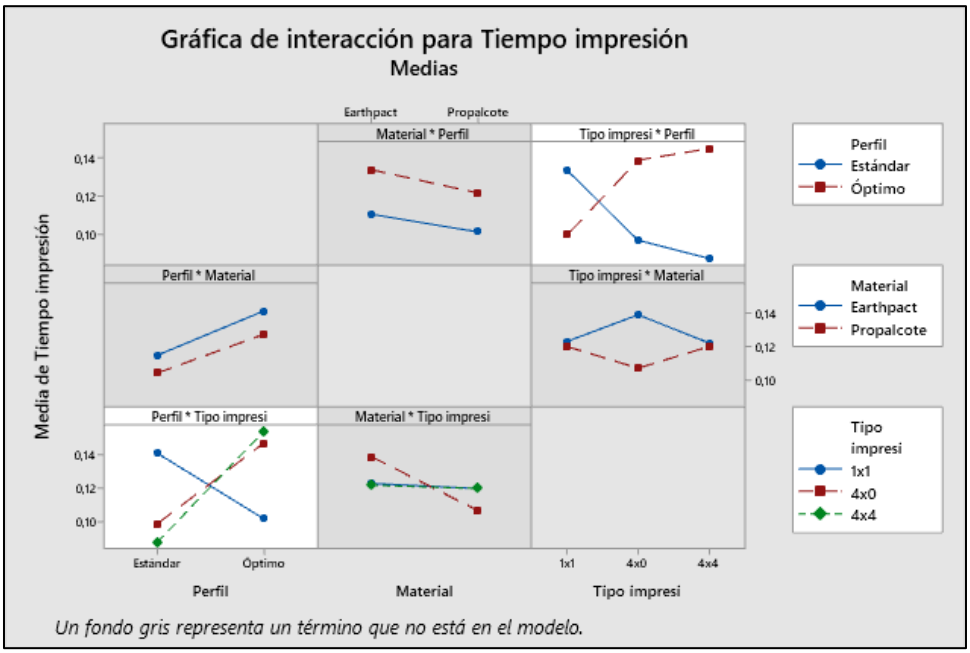



*Fig. 45. Gráfica de interacción para tiempo de impresión*

***B.*** Implementación de propuestas en la empresa DIANA DIGITAL

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de datos y las peticiones de los operarios y encargados de la empresa se logró identificar cuatro problemas principales que están incidiendo en la productividad. Estos fueron la carga laboral, confusión en el manejo de las herramientas de impresión (software), deficiencia en las condiciones de iluminación y deficiencia en la comunicación debido a la distribución de las áreas de producción, a continuación, se especificará más sobre los problemas encontrados.

El primer problema encontrado es la carga laboral pesada para el operario de impresión, el cual se está haciendo cargo de las impresiones en pequeño y gran formato de manera simultánea, lo cual evidentemente está causando problemas concretamente en la verificación de condiciones de impresión.

Después de hablar con el encargado de impresión y corroborar con los resultados del diseño de experimentos se determinó que una de las causas principales es la confusión en el proceso de impresión bajo las condiciones que se deben seleccionar para tener una impresión óptima, teniendo en cuenta que esta sería una que no presente problemas de ningún tipo: calidad de color, visibilidad correcta en la impresión por ambas caras, giro adecuado y línea de corte. A continuación, se describirán los elementos de impresión y las fallas que ocasionaría el mal manejo de estos.

1. **Colores**: para la impresión a color se maneja el modelo de colores sustractivo CMYK (cian, magenta, amarillo y negro) el cual es utilizado en impresiones a cuatro colores. En DIANA DIGITAL se utiliza la simbología con los números 0, 1 y 4 para hacer referencia a la cantidad de colores que se van a utilizar en una impresión significando 0 que la impresión este vacía, 1 en blanco y negro y 4 a color completo. Bajo estas especificaciones se manejan las siguientes combinaciones cuando las impresiones requieren especificaciones distintas en dos caras:
2. 
    a. **1x0**: la cara frontal de la impresión en blanco y negro y la parte de atrás vacía.
    b. **1x1**: una impresión con ambas caras en blanco y negro.
    c. **4x0**: la cara frontal de la impresión a color completo y la parte de atrás vacía.
    d. **4x1**: la cara frontal de la impresión a color completo y la parte de atrás en blanco y negro.
    e. **4x4**: una impresión con ambas caras a color completo.

    Para ilustrar claramente, en la Fig. 46 se mostrarán las combinaciones de impresión en DIANA DIGITAL.

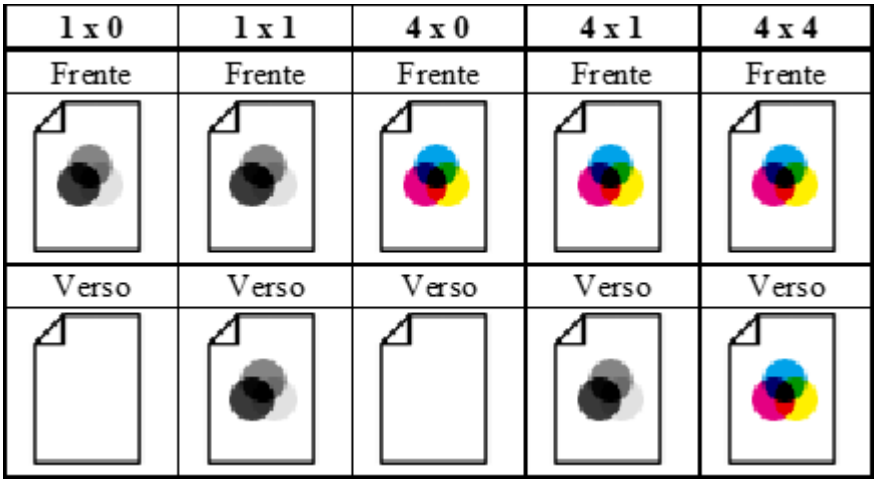



*Fig. 46. Ilustración de combinaciones de impresión.*

3. **Dúplex**: Es el término utilizado para determinar que una impresión va a ser doble cara.
4. **Línea de corte**: Se utiliza para dejar un espacio entre la impresión y las márgenes de la página para evitar que en el proceso de terminado se corte parte de la impresión deseada.
5. **Giro**: Se utiliza para determinar que la impresión tendrá que coincidir la parte frontal con la parte del revés.

En la siguiente figura se ilustrará como queda una impresión optima en todo sentido.

*Fig. 47. Ilustración de ejemplo de impresión.*

Otro de los problemas identificados fueron las condiciones deficientes de iluminación en el área de impresión y mala calidad de imagen en el monitor de pequeño formato, lo cual provocaba que las pruebas de impresión se tuvieran que repetir para lograr el color deseado del cliente.

Por último, se reconocieron problemas de ubicación que impedían la comunicación inmediata entre el vendedor y el diseñador lo cual es un factor clave que permite que las peticiones del cliente no sean malinterpretadas. En el siguiente diagrama se mostrará las condiciones de espacio antes de la mejora.

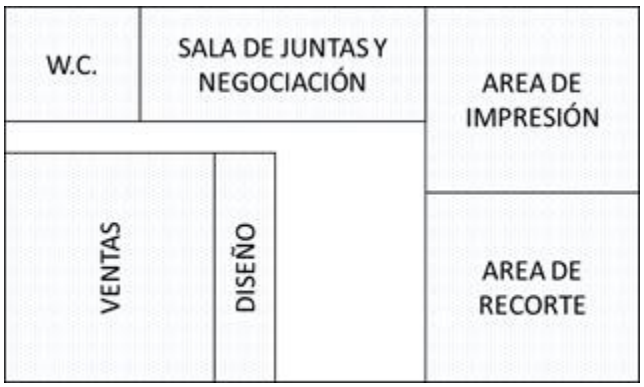



*Fig. 48. Diagrama de distribución de espacios antes.*

Se logra evidenciar que el espacio para diseño era mínimo en comparación a las otras áreas y que la sala de juntas compartiera espacio con negociación impedía que cada vez que se hacía una reunión los encargados de negociación se quedaban sin espacio para trabajar.

Para dar solución y respuesta a los problemas identificados y manifestados se le propuso al gerente de DIANA DIGITAL:

1. Contratar un operario que se dedique específicamente a impresión en gran formato y dejar al operario actual trabajando en pequeño formato donde él tiene más experiencia.

    a. Esta opción implicaría un acuerdo de contratación por $1.479.684. Se daría inicio el mes de enero de 2021 a un operario encargado de impresión en gran formato.

*Fig. 49. Área de Impresión para gran formato en DIANA DIGITAL.*

2. Comprar un calibrador de pantalla cotizado por $ 1.361.990, una nueva pantalla por $ 450.000 y aplicar los conceptos de ergonomía en luminiscencia en el área de trabajo determinando un bombillo de características RA de 100 watts, con un precio de $ 100.000
    a. Ante esta opción el gerente opto por comprar el bombillo y cambiar la pantalla, sin embargo, la opción del calibrador de pantalla se descartó por motivos de gastos empresariales.

*Fig. 50. Área de Impresión de pequeño formato en DIANA DIGITAL.*

3. Re-organizar las áreas de trabajo permitiendo una comunicación eficiente entre las partes más relacionadas como lo son ventas y diseño permitiendo que el vendedor le atendiera todas las dudas del diseñador y la comunicación fluyera linealmente entre el cliente el vendedor y el diseñador.

    a. Esta opción se desarrolló junto a la encargada de producción, la cual había mencionado que ese cambio ya se pensaba hacer hace tiempo y se ejecutó, dejando el área de diseño como sala de juntas y juntando el área de ventas con el de diseño.

En el siguiente diagrama se mostrará las condiciones de espacio después de la mejora.

*Fig. 51. Diagrama de distribución de espacios después.*

Adjunto se encuentran imágenes donde se evidencia que ventas y diseño trabajan en conjunto para lograr el pedido solicitado por el cliente, además gozan del contacto visual con el área de negociación donde en ocasiones se habla directamente con el cliente para lograr cumplir lo solicitado.

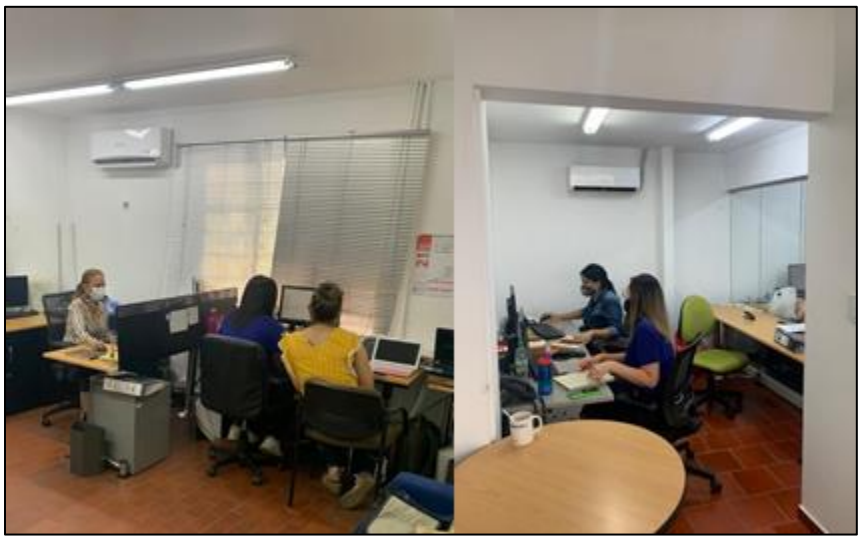


*Fig. 52. Área de trabajo de Negociación, Ventas y Diseño en DIANA DIGITAL.*

4. La implementación de herramientas de Lean Maufacturing como lo son las listas de chequeo para que el operario comprobara que la impresión cumpliría con todas las condiciones requeridas.

Para el desarrollo de esta estrategia se utilizaron los conocimientos aprendidos de Lean thinking, se trata de unificar por medio de la verificación continua del proceso y un dispositivo pokayoke para comprobar que el operario de impresión este llevando a cabo todos los pasos según las condiciones que se especifican desde diseño para satisfacer al cliente, entregarle justamente lo que pidió sin demoras y tener la seguridad que los errores que puedan ocurrir no se darán por parte de malinterpretaciones del operario de impresión.

Primero se optó por hacer un prototipo de checklist por medio de un formulario donde el operario tendría que llenar cada casilla en una hoja de Excel por cada indicación del pedido, sin embargo, este trabajo resultaba algo tedioso para el operario ya que tomaba más tiempo revisando y entendiendo el formulario que haciendo el ripeo de archivo.

Por esta razón se optó por brindarles un tablero donde se dan a conocer los elementos de impresión que se necesitan en todo momento, en este se puede verificar que los colores están orden, la impresión va a coincidir en forma y giro (dúplex y giro) y la

línea de corte siempre estará bien ubicada. En la siguiente ilustración se va a mostrar el segundo prototipo de checklist para el operario de impresión.

*Fig. 53. Segundo prototipo de checklist.*

Con el fin de respaldar la propuesta de la implementación de la checklist, se realizó un diseño de experimentos con diferentes condiciones de proceso para la máquina de impresión las cuales conducen a errores en el producto terminado y por tanto a desperdicios con el fin de observar que condiciones son las más importantes y se deben de tener más en cuenta con el objetivo de disminuir los desperdicios y los tiempos de preparación e impresión.

Debido a que no es posible confiar en los modelos completamente, porque no se cumplen los supuestos de normalidad, e igualdad de varianzas (causa de la poca variación en los datos recolectados), se procede a realizar un análisis descriptivo con los resultados obtenidos, que permiten generar algunas recomendaciones para el proceso de impresión de la empresa DIANA DIGITAL.

**Resultados para porcentaje de desperdicios**

En esta parte del diseño de experimentos se tuvo como variable de respuesta el porcentaje de productos defectuosos generado en la empresa DIANA DIGITAL, los factores con sus respectivos niveles que se tuvieron en cuenta para la realización del diseño fueron: Tipo de impresión: 1x1 o 4x1, Dúplex: Equivocado o Correcto, Material de impresión: Propalcote o Earthpact, Línea de corte: Sin o Con y Giro: Sin o Con. El análisis completo de este diseño se encuentra en el Anexo 14.

Para obtener los factores más significativos en el porcentaje de desperdicios se realizó un análisis de Pareto Fig. 54, el cual arrojo el siguiente resultado:

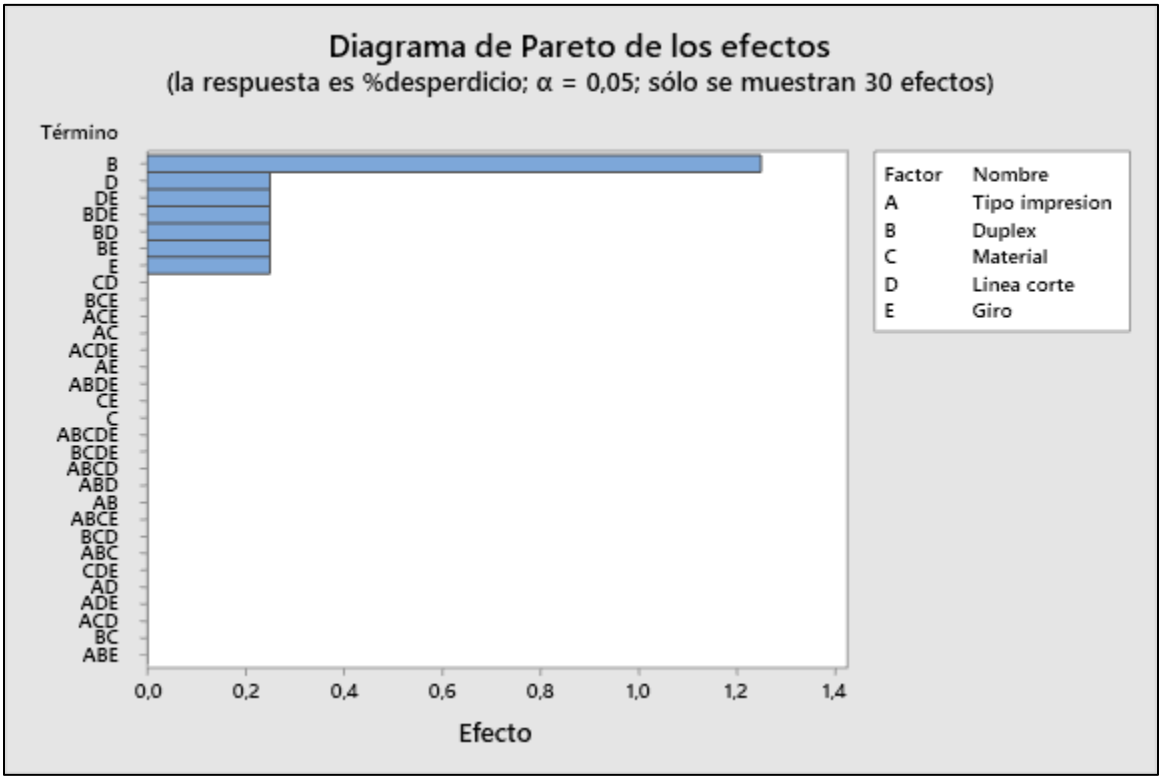



*Fig. 54. Factores que influyen en el diseño para porcentaje de desperdicios*

A través del análisis del diseño de experimentos, es posible obtener el anterior diagrama de Pareto, el cual muestra los factores que aportan datos y diferencias significativas en cuanto al porcentaje de desperdicios que se está generando en el área de impresión de la empresa DIANA DIGITAL, estos factores los cuales resultan más relevantes son: Si la impresión cuenta o no con **Duplex**, cuenta o no con **Giro**, y si se le aplica o no la **línea de corte** a la hora de imprimir.

Por otro lado, se puede observar que hay algunas interacciones dobles de los factores que resultan significativas, entre esas están: La combinación entre **línea de corte y giro, duplex y giro,** y finalmente **duplex y línea de corte.**

Según los resultados anteriores es posible afirmar que los factores anteriores y las respectivas interacciones entre estos (duplex, giro, línea de corte, linea de corte y giro, duplex y giro, duplex y linea de corte) aportan significativamente al comportamiento del porcentaje de desperdicios en la empresa DIANA DIGITAL, por lo que es necesario darles una mayor importancia y monitorear estas acciones constantemente.

Por otro lado, se realiza el ANOVA mostrado en la Fig. 55, con el fin de analizar los factores influyentes:

**Factorial Fit: %desperdicio versus Duplex; Linea corte; Giro**

Estimated Effects and Coefficients for %desperdicio (coded units)

| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Constant | | 1.3750 | 0.01011 | 136.06 | 0.000 |
| Duplex | -1.2500 | -0.6250 | 0.01011 | -61.85 | 0.000 |
| Linea corte | -0.2500 | -0.1250 | 0.01011 | -12.37 | 0.000 |
| Giro | -0.2500 | -0.1250 | 0.01011 | -12.37 | 0.000 |
| Duplex*Linea corte | -0.2500 | -0.1250 | 0.01011 | -12.37 | 0.000 |
| Duplex*Giro | -0.2500 | -0.1250 | 0.01011 | -12.37 | 0.000 |
| Linea corte*Giro | -0.2500 | -0.1250 | 0.01011 | -12.37 | 0.000 |

S = 0.127827 PRESS = 2.73399
R-Sq = 96.77% R-Sq(pred) = 96.47% R-Sq(adj) = 96.65%

*Fig. 55. Análisis ANOVA para % desperdicio.*

**Interpretación R cuadrado ajustado**

El coeficiente de determinación ajustado determina en términos de porcentaje, el modelo en cuanto explica la variación de la variable de respuesta. Para este caso, se puede decir que los factores incluidos en el modelo que son la presencia de dúplex, línea de corte y giro a la hora de imprimir, explican la variación del porcentaje de desperdicios en un 96,65%, por otro lado, el 3,35% restante es debido a otros factores como el material de la impresión y el tipo de esta los cuales no son relevantes y no están incluidos en el modelo.

Después de reconocer los factores influyentes se realiza el análisis de Pareto final Fig. 56, donde es posible concluir lo siguiente:

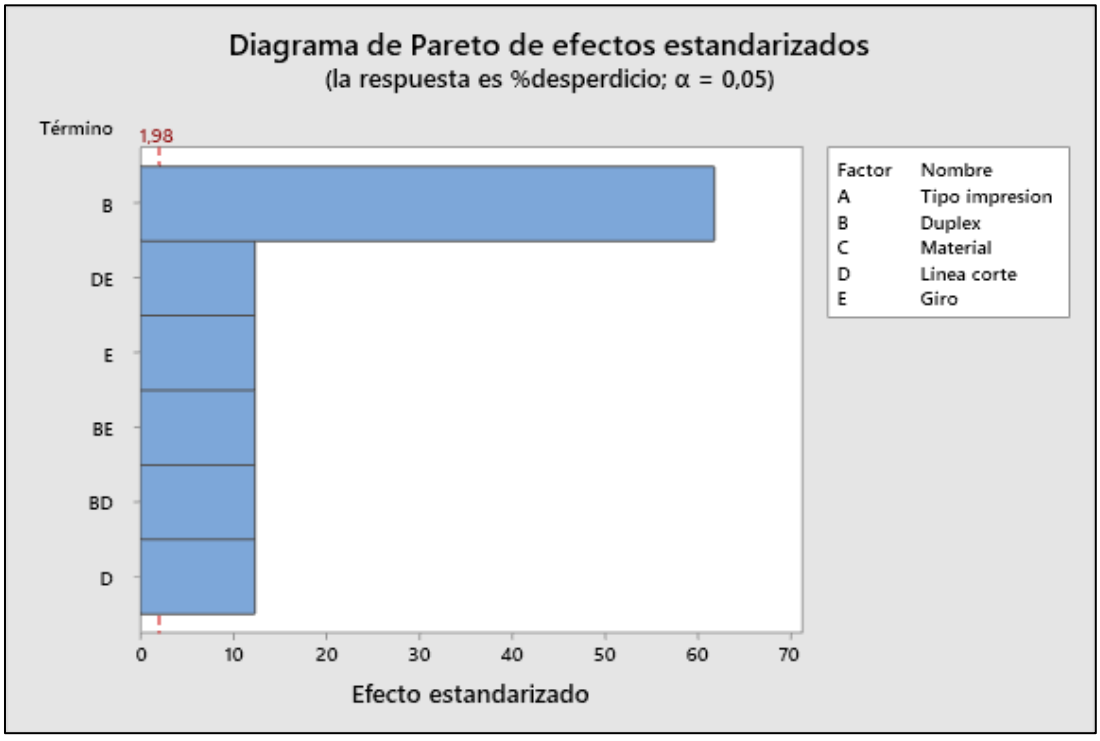



*Fig. 56. Factores que influyen en el diseño para porcentaje de desperdicios*

De acuerdo con el diagrama de Pareto, después del realizar el análisis con los factores influyentes los cuales son: Duplex, línea de corte y giro, es posible afirmar con un 95% de confianza que **el factor más influyente es Duplex**, es necesario que se le preste mayor importancia debido a que los desperdicios generados en la etapa de impresión dependen en su gran mayoría de este factor. Por otro lado, es posible ver que los factores línea de corte, giro y las interacciones dobles son influyentes en la misma proporción.

Finalmente, para terminar con el análisis del porcentaje de desperdicios generados en la empresa DIANA DIGITAL, se realiza diagrama de cubo ilustrado en la Fig. 57:

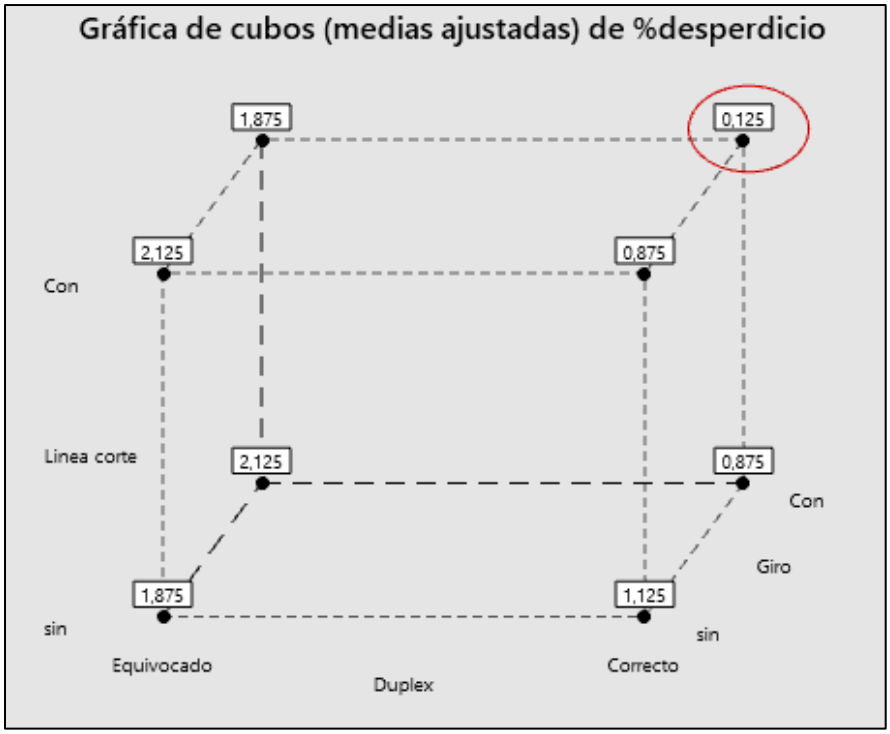



*Fig. 57. Cube Plot para % desperdicio.*

Al analizar la Fig. 57, donde se exponen las condiciones de proceso y la medida de porcentaje de desperdicio que se genera con dichas condiciones es posible llegar a las siguientes conclusiones o recomendaciones para realizar el proceso de impresión:

- Debido a que el objetivo del estudio es **minimizar** el porcentaje de desperdicios, en la parte superior derecha del cubo es posible observar que se tienen las condiciones de proceso que generan menor porcentaje de desperdicio. Estas condiciones de proceso para el proceso de impresión son las siguientes: **Con giro, con línea de corte, con el dúplex correcto, para cualquier tipo de impresión y en ambos materiales.**
- Por otro lado, también es posible observar que en la parte inferior izquierda las condiciones de proceso que hacen que se **maximice** el porcentaje de desperdicios en el proceso de impresión. Estas condiciones son las siguientes: **Con y sin giro, con y sin línea de corte, para los dos materiales, para ambos tipos de impresión, pero con el dúplex equivocado.**

Debido a lo anterior, es posible concluir que el factor más importante a la hora de imprimir es asegurarse que la opción de dúplex este correctamente configurada, debido a que de esto depende que el porcentaje de desperdicios disminuya o aumente en gran proporción. Es decir, es sumamente importante que el operario tenga en cuenta esta característica junto con el giro y la línea de corte.

**Resultados para tiempo de preparación (antes de comenzar con el proceso de impresión)**

Para esta parte del diseño de experimentos, los factores y niveles siguen siendo los mismos, sin embargo, la variable de respuesta ahora es el tiempo de preparación (minutos) que se utiliza en cada pedido antes de realizar la impresión como tal.

Inicialmente se obtiene el siguiente diagrama de Pareto mostrado en la Fig. 58:

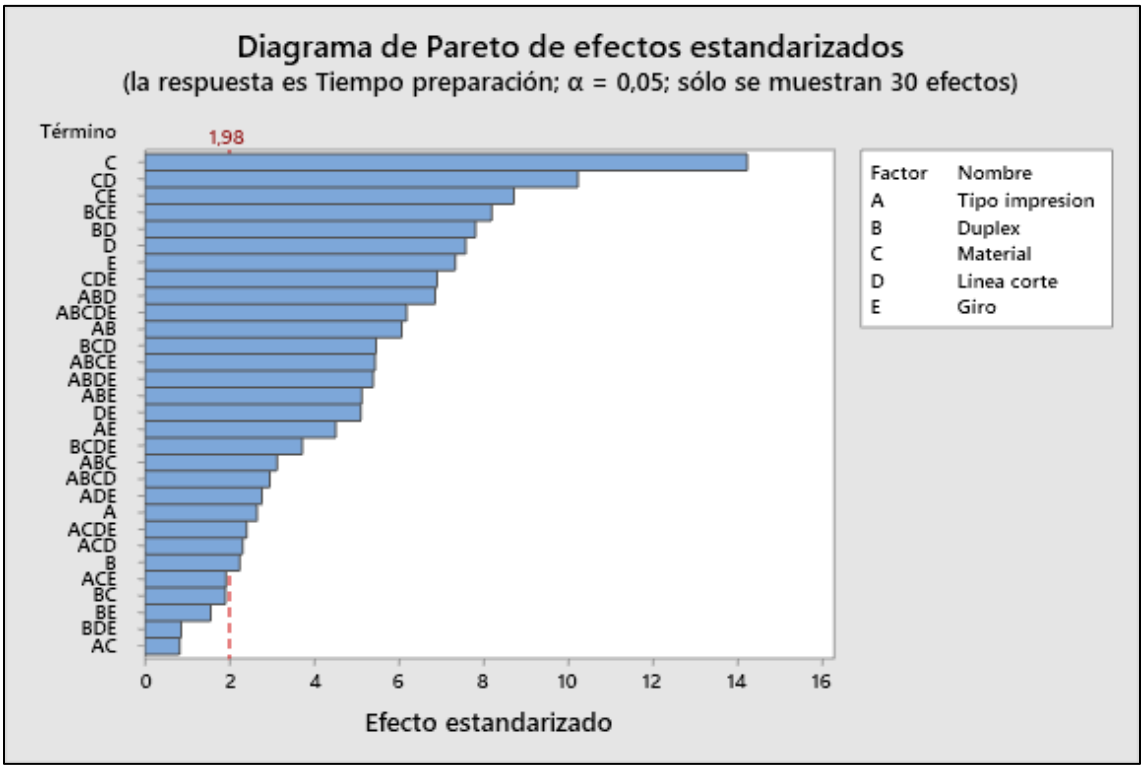



*Fig. 58. Factores que influyen en el diseño para Tiempo de Preparación.*

Según el resultado del análisis de Pareto los factores que aportan significativamente en el tiempo de preparación o que resultan más relevantes son: El **material**, si es Earthpact o Propalcote, si cuenta o no con **Giro**, y si se le aplica o no la **línea de corte** a la hora de imprimir.

Por otro lado, se puede observar que hay algunas interacciones dobles de los factores que resultan significativas, entre esas están: La combinación entre **material y línea de corte, material y giro, dúplex y línea de corte, tipo de impresión y dúplex, línea de corte y giro, tipo de impresión y giro.**

Según los resultados anteriores es posible afirmar que los factores anteriores y las respectivas interacciones entre estos (material, giro, línea de corte, material y línea de corte, material y giro, duplex y línea de corte, tipo de impresión y dúplex, línea de corte y giro, tipo de impresión y giro) aportan significativamente al comportamiento del tiempo de preparación en la empresa DIANA DIGITAL, por lo que es necesario darles una mayor importancia y monitorear estas acciones constantemente.

También, es posible observar el ANOVA en la Fig 59, de esta parte del diseño para observar el comportamiento de los factores significativos:

**Factorial Fit: Tiempo preparación versus Tipo impresion; Duplex; ...**

Estimated Effects and Coefficients for Tiempo preparación (coded units)

| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Constant | | 4.4381 | 0.02113 | 210.02 | 0.000 |
| Tipo impresion | -0.0607 | -0.0304 | 0.02113 | -1.44 | 0.153 |
| Duplex | 0.0512 | 0.0256 | 0.02113 | 1.21 | 0.227 |
| Material | -0.3255 | -0.1627 | 0.02113 | -7.70 | 0.000 |
| Linea corte | -0.1733 | -0.0866 | 0.02113 | -4.10 | 0.000 |
| Giro | 0.1677 | 0.0839 | 0.02113 | 3.97 | 0.000 |
| Tipo impresion*Duplex | 0.1388 | 0.0694 | 0.02113 | 3.28 | 0.001 |
| Tipo impresion*Giro | -0.1033 | -0.0516 | 0.02113 | -2.44 | 0.016 |
| Duplex*Linea corte | 0.1788 | 0.0894 | 0.02113 | 4.23 | 0.000 |
| Material*Linea corte | 0.2340 | 0.1170 | 0.02113 | 5.54 | 0.000 |
| Material*Giro | -0.1995 | -0.0998 | 0.02113 | -4.72 | 0.000 |
| Linea corte*Giro | -0.1168 | -0.0584 | 0.02113 | -2.76 | 0.006 |

S = 0.267295  PRESS = 12.3583
R-Sq = 56.29%  R-Sq(pred) = 48.92%  R-Sq(adj) = 53.04%

*Fig. 59. Análisis ANOVA para Tiempo de Preparación..*

**Interpretación R cuadrado ajustado**

El coeficiente de determinación ajustado determina en términos de porcentaje, el modelo en cuanto explica la variación de la variable de respuesta. Para este caso, se puede decir que los factores incluidos en el modelo que son el tipo de material, la línea de corte y giro a la hora de imprimir, explican la variación del tiempo de preparación en un 53,04%, por otro lado, el 46,96% restante es debido a otros factores como el dúplex y el tipo de impresión los cuales no son relevantes y no están incluidos en el modelo.

Después de reconocer los factores influyentes se realiza el análisis de Pareto final Fig. 60, donde es posible concluir lo siguiente:

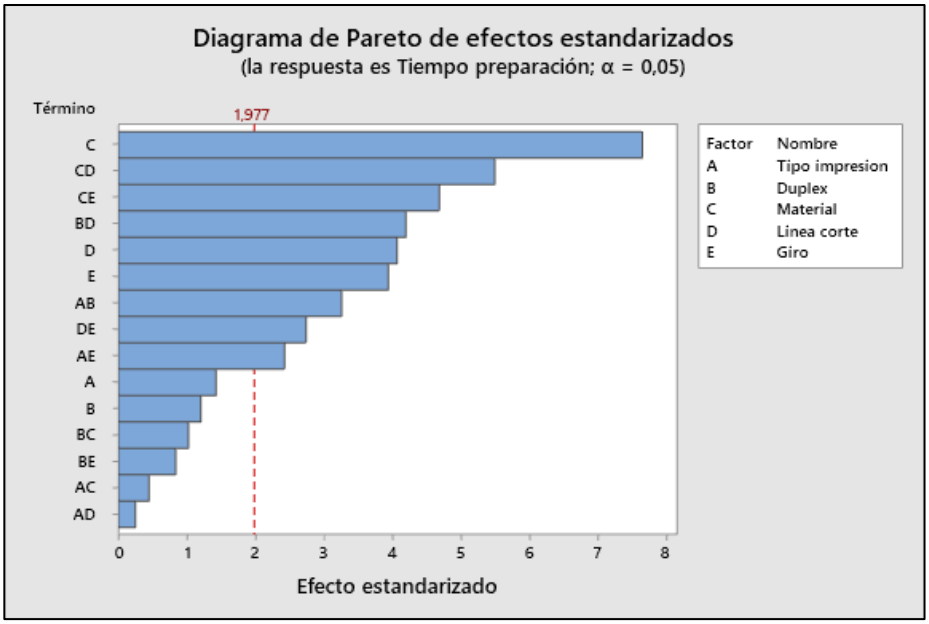



*Fig. 60. Factores que influyen en el diseño para Tiempo de Preparación*

De acuerdo con el diagrama de Pareto, después del realizar el análisis con los factores influyentes los cuales son: Tipo de material, línea de corte y giro, es posible afirmar con un 95% de confianza que **el factor más influyente es el tipo de material utilizado en la impresión (Earthpact o Propalcote)**, es necesario que se le preste mayor importancia debido a que los tiempos de preparación para la etapa de impresión dependen en su gran mayoría de este factor. Mientras que los otros dos factores influyentes (línea de corte y giro) y las interacciones dobles son significativas en menor proporción.

Finalmente, para terminar con el análisis del tiempo de preparación antes de imprimir en la empresa DIANA DIGITAL, se realiza diagrama de cubo mostrado en la Fig. 61:

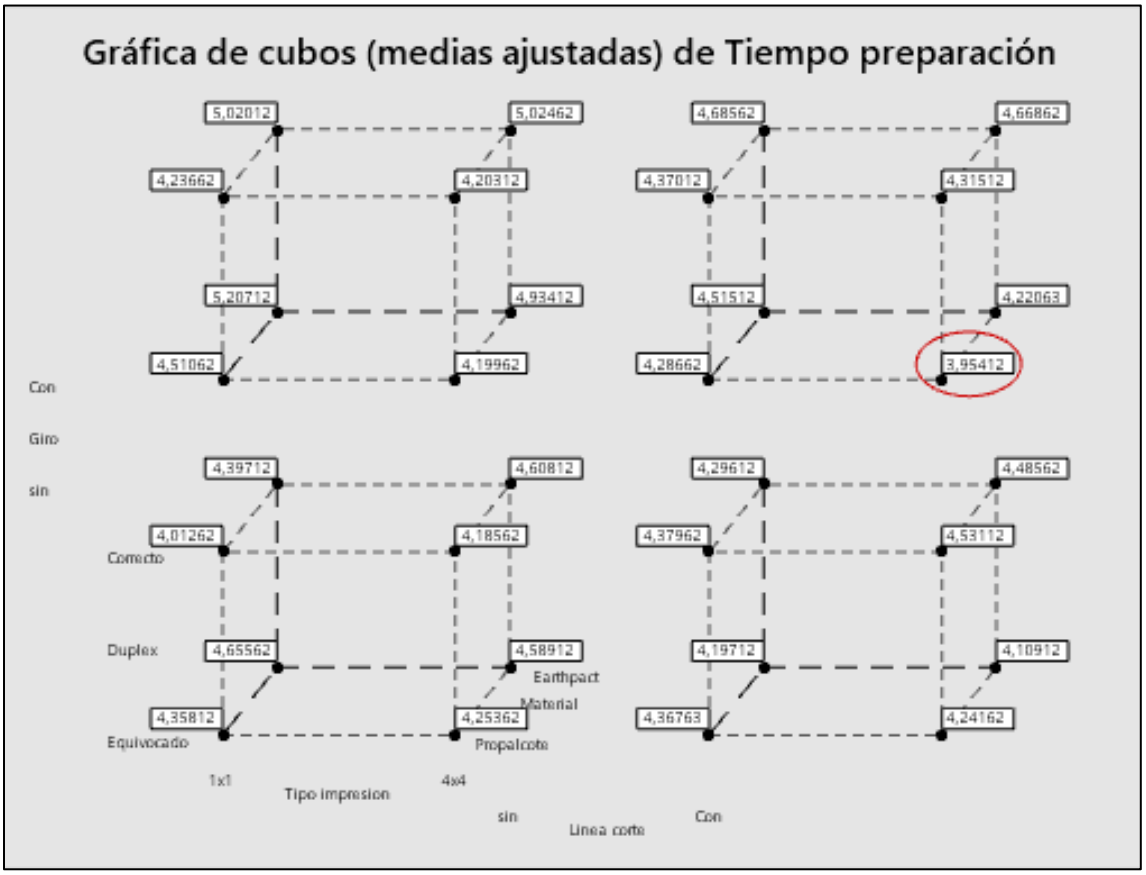



*Fig. 61. Cube Plot para Tiempo de Preparación.*

Al analizar las figuras de cubos que exponen las condiciones de proceso y la medida del tiempo de preparación con dichas condiciones es posible llegar a las siguientes conclusiones o recomendaciones para realizar el proceso de impresión:

- Debido a que el objetivo del estudio es **minimizar** el tiempo de preparación, es necesario centrarse en el cubo de la parte superior izquierda, más específicamente la parte derecha superior, en aquella parte es posible observar las condiciones de proceso con las cuales se ocupa un menor tiempo de preparación para la etapa imprimir. Estas condiciones para el proceso de impresión son las siguientes: **Con giro, con línea de corte, con el dúplex equivocado, tipo de impresión 4x4 y en material Earthpact.**

Otro dato importante que se puede observar al ver los cubos es que cuando se utiliza el material propalcote, en diferentes condiciones el tiempo de preparación la mayoría de las veces es mucho menor que con el material earthpact.

- Por otro lado, también es posible observar en el cubo que se encuentra en la parte superior izquierda, específicamente en la parte superior derecha de la cara posterior, las condiciones de proceso que hacen que se **maximice** el tiempo de

preparación para la etapa de impresión. Estas condiciones son las siguientes: **Con giro, sin línea de corte, para el material earthpact, para ambos tipos de impresión, y con el dúplex correcto.**

Debido a lo anterior, es posible concluir que el factor que determina el tiempo de preparación antes de imprimir es el tipo de material y el manejo que se le da antes de realizar la impresión, debido a que de esto depende que este tiempo disminuya o aumente en gran proporción.

**Resultados para tiempos del proceso de impresión de cada pedido**

Para esta parte del diseño de experimentos, los factores y niveles siguen siendo los mismos, sin embargo, la variable de respuesta ahora es el tiempo de impresión (minutos) que se utiliza en cada pedido.

Inicialmente se obtiene el siguiente diagrama de Pareto en la Fig. 62:

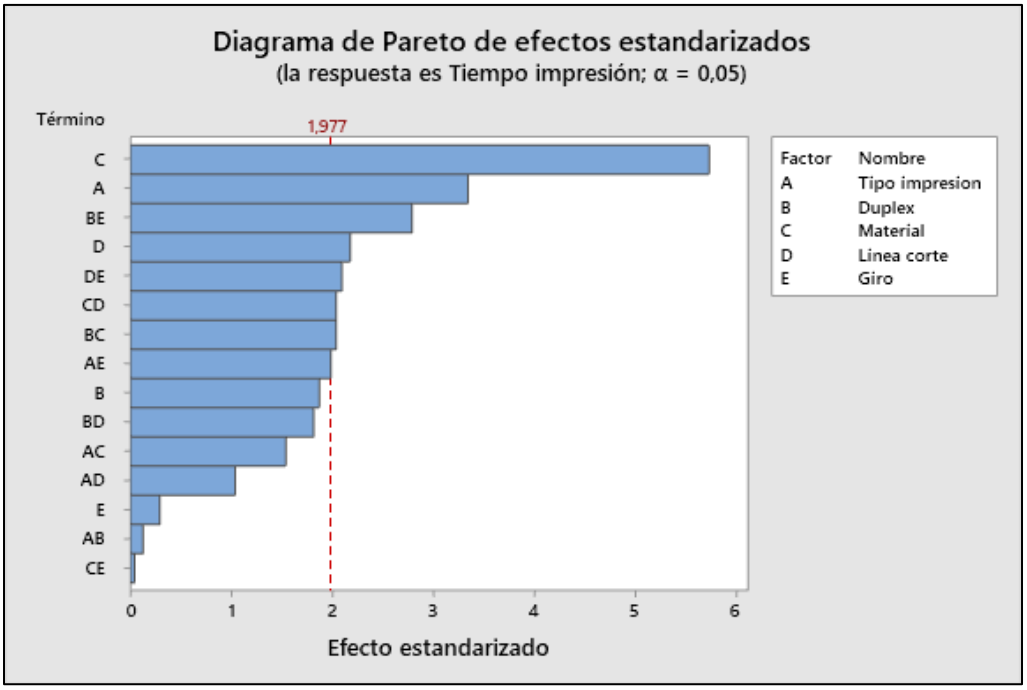



*Fig. 62. Factores que influyen en el diseño para Tiempo de Impresión.*

Según el diagrama de Pareto los factores que resultan más relevantes son: **El tipo de impresión, el tipo de material**, y si se le aplica o no la **línea de corte** a la hora de imprimir.

Por otro lado, se puede observar que hay algunas interacciones dobles de los factores que resultan significativas, entre esas están: La combinación entre **línea de corte y giro, duplex y giro, material y línea de corte, duplex y material** y finalmente **tipo de impresión y giro.**

Según los resultados anteriores es posible afirmar que los factores anteriores y las respectivas interacciones entre estos (tipo de impresión, tipo de material, línea de corte, línea de corte y giro, duplex y giro, material y línea de corte, duplex y material, tipo de impresión y giro) aportan significativamente al comportamiento del tiempo de impresión en la empresa DIANA DIGITAL, por lo que es necesario darles una mayor importancia y monitorear estas acciones constantemente. Por otro lado, se realiza el ANOVA mostrado en la Fig. 63, con el fin de analizar los factores influyentes:

**Factorial Fit: Tiempo impresión versus Tipo impresion; Duplex; ...**

Estimated Effects and Coefficients for Tiempo impresión (coded units)

| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Constant | | 0.16869 | 0.004529 | 37.25 | 0.000 |
| Tipo impresion | -0.03013 | -0.01506 | 0.004529 | -3.33 | 0.001 |
| Duplex | 0.01687 | 0.00844 | 0.004529 | 1.86 | 0.064 |
| Material | 0.05162 | 0.02581 | 0.004529 | 5.70 | 0.000 |
| Linea corte | -0.01963 | -0.00981 | 0.004529 | -2.17 | 0.032 |
| Giro | -0.00263 | -0.00131 | 0.004529 | -0.29 | 0.772 |
| Tipo impresion*Giro | 0.01787 | 0.00894 | 0.004529 | 1.97 | 0.050 |
| Duplex*Material | -0.01837 | -0.00919 | 0.004529 | -2.03 | 0.044 |
| Duplex*Giro | -0.02513 | -0.01256 | 0.004529 | -2.77 | 0.006 |
| Material*Linea corte | -0.01837 | -0.00919 | 0.004529 | -2.03 | 0.044 |
| Linea corte*Giro | 0.01887 | 0.00944 | 0.004529 | 2.08 | 0.039 |

S = 0.0572849 PRESS = 0.563812
R-Sq = 33.77% R-Sq(pred) = 23.63% R-Sq(adj) = 29.32%

*Fig. 63. Análisis ANOVA para Tiempo de Impresión.*

**Interpretación R cuadrado ajustado**

El coeficiente de determinación ajustado determina en términos de porcentaje, el modelo en cuanto explica la variación de la variable de respuesta. Para este caso, se puede decir que los factores incluidos en el modelo que son el tipo de material, la línea de corte y el tipo de impresión a la hora de imprimir, explican la variación del tiempo de impresión en un 29,32%, por otro lado, el 70,68% restante es debido a otros factores como el dúplex y el giro los cuales no son relevantes y no están incluidos en el modelo. Después de reconocer los factores influyentes se realiza el análisis de Pareto final de la Fig. 64, donde es posible concluir lo siguiente:

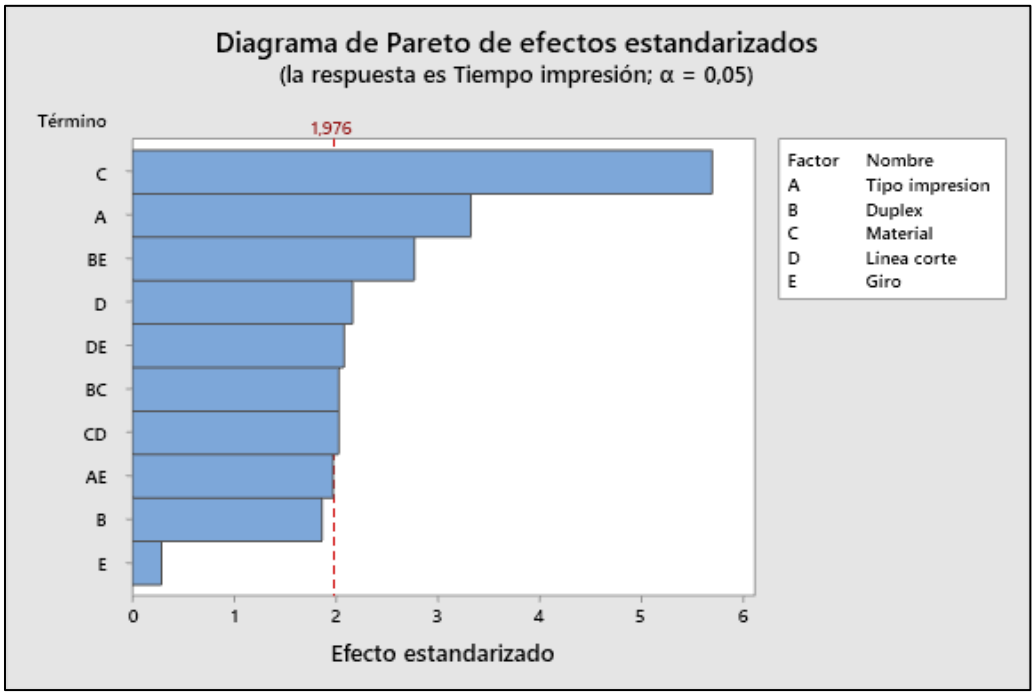



*Fig. 64. Factores que influyen en el diseño para Tiempo de Impresión.*

De acuerdo con el diagrama de Pareto, después del realizar el análisis con los factores influyentes los cuales son: Tipo de material, tipo de impresión y línea de corte, es posible afirmar con un 95% de confianza que **el factor más influyente es el tipo de material utilizado en la impresión (Earthpact o Propalcote)**, es necesario que se le preste mayor importancia debido a que los tiempos de preparación para la etapa de impresión dependen en su gran mayoría de este factor. Mientras que los otros dos factores influyentes (tipo de impresión y línea de corte) y las interacciones dobles son significativas en menor proporción.

Finalmente, para terminar con el análisis del tiempo de preparación antes de imprimir en la empresa DIANA DIGITAL, se realiza diagrama de cubo de la Fig. 65:

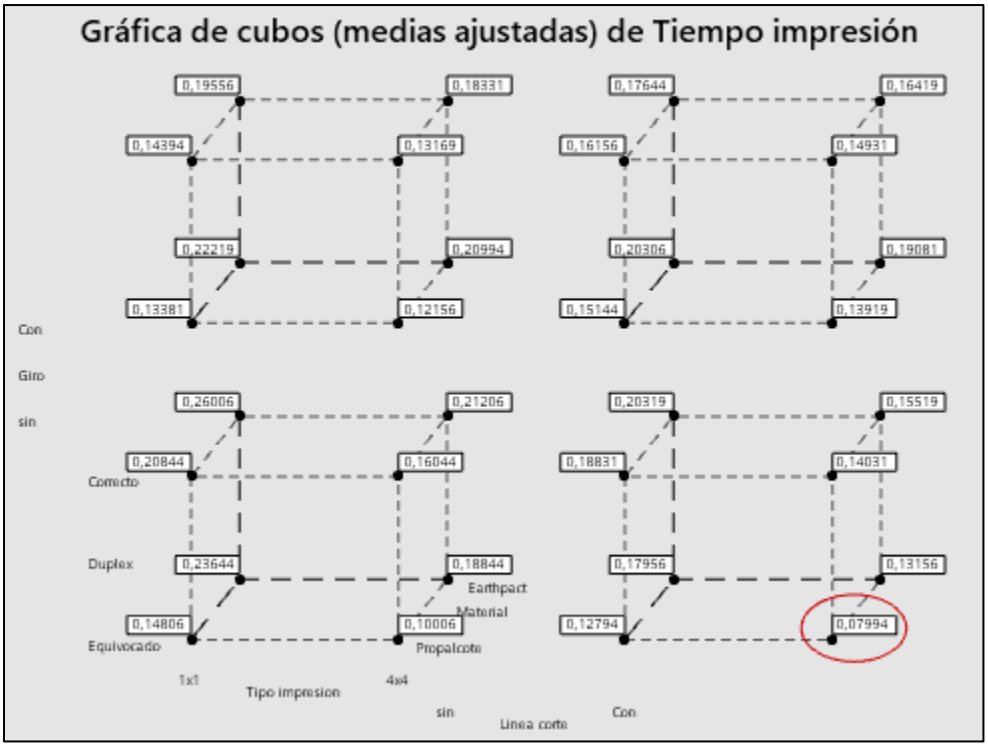



*Fig. 65. Cube Plot para Tiempo de Impresión.*

Al analizar las figuras de cubos que exponen las condiciones de proceso y la medida del tiempo de impresión con dichas condiciones es posible llegar a las siguientes conclusiones o recomendaciones para realizar el proceso de impresión:

- Debido a que el objetivo del estudio es **minimizar** el tiempo de impresión, es necesario centrarse en el cubo de la parte inferior derecha, más específicamente la parte derecha inferior, en aquella parte es posible observar las condiciones de proceso con las cuales se ocupa un menor tiempo de impresión. Estas condiciones para el proceso de impresión son las siguientes: **Sin giro, con línea de corte, con el dúplex equivocado, tipo de impresión 4x4 y en ambos materiales.**

- Por otro lado, también es posible observar en el cubo que se encuentra en la parte inferior izquierda, específicamente en las partes superior e inferior izquierda, las condiciones de proceso que hacen que se **maximice** el tiempo de impresión. Estas condiciones son las siguientes: **Sin giro, sin línea de corte, para el material Earthpact, para el tipo de impresión 1x1, y con el dúplex equivocado y correcto.**

Los resultados de este análisis de cubo pueden no ser muy precisos y no dar un dato especifico relevante en cuando a las condiciones de proceso, la razón es que el modelo explica la variación de la variable de respuesta en un porcentaje muy bajo.

***C.*** Validación de propuestas implementadas

La validación de las propuestas implementadas inicialmente en el proyecto se realiza a través de diferentes herramientas estadísticas como lo son: Gráficos de control, pruebas de hipótesis e indicadores de rendimiento. Cabe resaltar que los

resultados para verificar la importancia de la implementación de las propuestas anteriormente mencionadas se obtienen comparando los datos de desperdicios de antes y después de la implementación de estas propuestas. Es importante aclarar que no es posible realizar la validación de la propuesta del diseño de experimentos y la check list, debido a que son propuestas de recomendación para la empresa DIANA DIGITAL.

Las figuras 66 y 67, presentan los gráficos de control obtenidos para la fracción de desperdicios generados en la empresa para unidades y para hojas, se realiza una comparación del antes y después de la implementación de las propuestas.

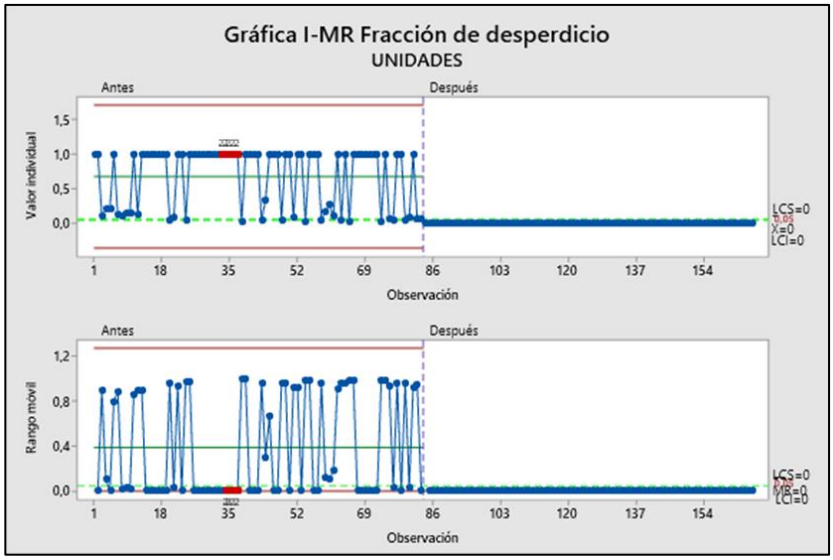



*Fig. 66. Gráficos de Control por fracción de desperdicio en unidades.*

De acuerdo con la figura 66, se evidencian los cambios obtenidos a través de la implementación de las propuestas mencionadas anteriormente, es así como antes de la mejora se observa para la gráfica de centramiento y dispersión algunas variaciones en el porcentaje de unidades desperdiciadas. Sin embargo, posterior a la implementación, se logró ver una mejora significativa en cuanto al porcentaje de desperdicios.

Es posible observar que en los datos después de la implementación el porcentaje de desperdicios de los datos en toda la producción está por debajo del 5%, lo cual se quería lograr con las mejoras implementadas. También es posible observar que los datos de después no presentan variaciones asignables, ni una alta dispersión.

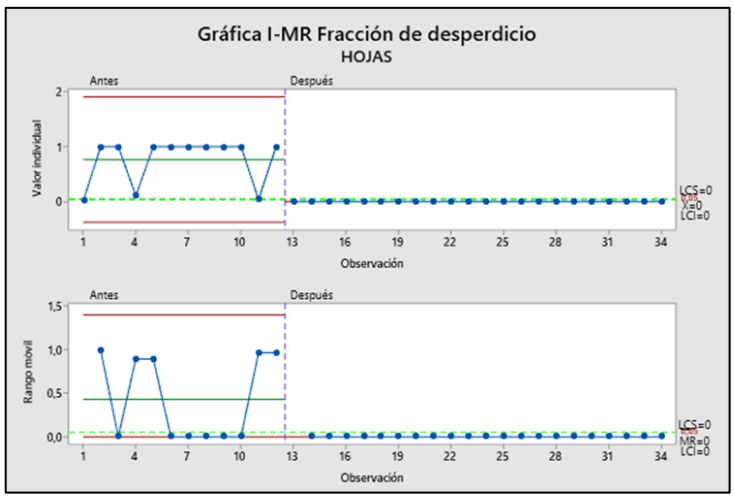



*Fig. 67. Gráficos de Control por fracción de desperdicio en unidades de hojas.*

De acuerdo con la figura 67, se evidencian los cambios obtenidos a través de la implementación de las propuestas mencionadas anteriormente, es así como antes de la mejora se observa para la gráfica de centramiento y dispersión algunas variaciones en el porcentaje de hojas desperdiciadas, como también algunas rachas de datos por encima y por debajo del promedio debido a errores sistemáticos en el área de impresión. Sin embargo, posterior a la implementación, se logró ver una mejora significativa en cuanto al porcentaje de desperdicios por hojas.

Es posible observar que en los datos después de la implementación el porcentaje de desperdicios de los datos en toda la producción está por debajo del 5%, lo cual se quería lograr con las mejoras implementadas. También es posible observar que los datos de después no presentan variaciones asignables, ni una alta dispersión.

Para continuar con el proceso de validación, se procedió a realizar pruebas de hipótesis con un 99% de confianza para evidenciar estadísticamente los cambios en los desperdicios generados por la empresa antes y después de la implementación de la mejora.

A continuación, se presenta la tabla XIII con las respectivas pruebas de hipótesis para los grupos de impresión digital a color y papelería y papeles.

Por otra parte, se opta por realizar un diagrama VSM (Value Stream Mapping) en la Fig. 68 el cual permite identificar que procesos se ven involucrados dentro de la impresión de un producto en pequeño formato. Como materia prima se tiene en esencia dos proveedores, el proveedor de papel el cual se encarga de suplir semanalmente la papelería de DIANA DIGITAL, el papel que no se logre utilizar queda guardado en inventario, por otra parte está el proveedor de tintas, el cual mensualmente se encarga de suplir todas las maquinarias con las tintas requeridas y permite brindarles la opción de tener en un inventario de seguridad varios tubos de tinta extra en caso tal que la calidad de está presente problemas de calidad, el operario después de montar el papel y verificar los niveles de tinta sigue a imprimir el cual es el proceso que más tiempo le toma, en promedio, en una día laboral normal puede llegar a demorarse hasta 3 horas imprimiendo un solo pedido, es por esta razón que el check list propuesto será de gran ayuda, ya que le permite al operario verificar que cada subproceso que requiere cada impresión se esté efectuando debidamente, evitando retrocesos, disminuyendo desperdicios y eliminando tiempos de reproceso.

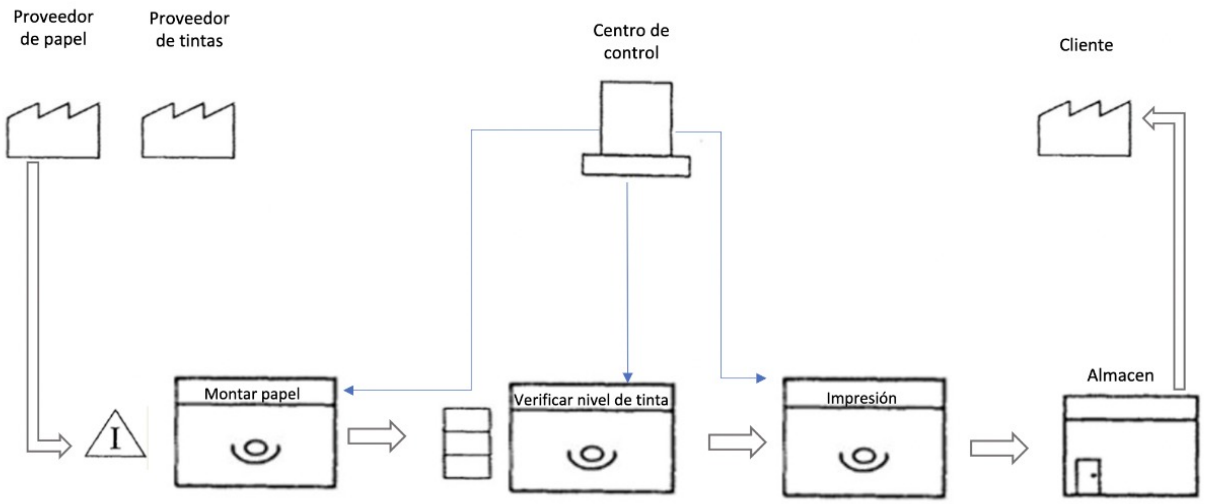



*Fig. 68. Value Stream Mapping*

*TABLA XIII.*

*PRUEBAS DE HIPÓTESIS PARA EL PORCENTAJE DE DESPERDICIOS.*

| **Grupo de producción** | **Hipótesis nula** | **Hipótesis alternativa** | **P-valor** | **Regla de decisión** | **Decisión** |
|---|---|---|---|---|---|
| Impresión digital color | El porcentaje de desperdicio de | El porcentaje de desperdicio de | 0,000 | | Con un nivel de confianza del 99% se puede afirmar que el porcentaje de desperdicio antes |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Papelería y papeles | antes y después de la implementación de la mejora es estadísticamente igual | antes es mayor al porcentaje de desperdicio después de la implementación de la mejora. | 0,000 | Rechaza Ho si p valor < α (0,05) | de la mejora es mayor al porcentaje de desperdicio después de la mejora, por lo que se redujo significativamente el porcentaje de desperdicio, tanto para el grupo impresión digital a color, como para el de papelería y papeles. |

En la Tabla XIII, se evidencia que para los dos grupos de producción el porcentaje de desperdicios antes de implementar las mejoras es mayor al porcentaje de desperdicios después, hecho que indica que se logró disminuir los desperdicios en la producción de la empresa DIANA DIGITAL.

Finalmente, en la Tabla XIV, se realizó una comparación entre los KPI establecidos. Para cada variable se presenta el estado antes de realizar la propuesta de mejora y los datos recolectados después de establecer las condiciones de proceso obtenidas en el diseño de experimentos e implementar las demás propuestas. Asimismo, se presenta la meta que se estableció en la etapa MEDIR con el fin de evaluar si se cumplió con los parámetros establecidos.

*TABLA XIV.*

*RESUMEN DE RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO*

| Variable | Descripción | Antes | Después | Meta | Cumplimiento |
|---|---|---|---|---|---|
| Desperdicio por pedido a través del tiempo. | Esta variable permite determinar si la empresa está cumpliendo la especificación impuesta por ellos mismos. | Hojas: P=12,1% LCS=81,4% LCI=0 | Hojas: P= 0,2% | 5,31% | Cumplió |
| | | Unidades: P=27,71% LCS=57,6% LCI=0 | Unidades: P= 0,03 % | 13,59% | Cumplió |
| | Se realiza el cálculo del porcentaje de desperdicio teniendo en cuenta la proporción entre cantidad de desperdicio sobre cantidad de producto total. | Hojas: %D= 12,14% LCI= 8,01% LCS=17,39% | Hojas: %D= 0,2% | %D<= 5% | Cumplió |
| | | Unidad: %D= 27,05% LCI= 25,45% LCS=28,70% | Unidades: %D= 0,03 % | | Cumplió |
| | Es una métrica Seis Sigma, PPM significa la cantidad de producto que genera desperdicio por cada 1 000 000 de productos que se fabrican en la empresa. | Hojas: PPM=121359 LCI= 80099 LCS=173920 | Hojas: PPM= 2162,16 | PPM<=50 000 | Cumplió |
| | | Unidades: PPM=270528 LCI= 254522 LCS=286993 | Unidades: PPM: 336 | | Cumplió |
| Cumplimiento de especificaciones | El porcentaje de no cumplimiento expresa la cantidad que genera desperdicio por encima del 5%. | Hojas: %NC=83,33% Por encima | Hojas: %NC=0 % Por encima | %NC<5% | Cumplió |
| | | Unidades: %NC=85,54% Por encima | Unidades: %NC=0% Por encima | | Cumplió |
| Nivel de calidad del proceso | Indicador de variación que corresponde al número de desviaciones estándar que | Hojas: 3σ | No aplica | 3> σ ≤ 6 | No aplica |
| | | Unidades: 2σ | No aplica | | No aplica |

| Variable | Descripción | Antes | Después | Meta | Cumplimiento |
|---|---|---|---|---|---|
| | caben entre los límites de especificación del proceso. | | | | |
| Costo de desperdicios | Perdidas de la empresa que incurren en los costos de mano de obra e insumos por la cantidad de desperdicio. | Impresión Color Doble Carta (10-49 Hojas)= $ 457.842 | No se presentaron desperdicios de este tipo entre el 1 de diciembre de 2020 y el 7 de mayo de 2021 | <$ 457.842 | Cumplió |
| | | Impresión Color Doble Carta (1- 9 Hojas)= $ 135.072 | | < $ 135.072 | Cumplió |
| | | Propalmate doble carta 240 grs= $ 57.702 | | < $ 57.702 | Cumplió |
| | | Propalmate doble carta 300 grs= $ 62.755 | | < $ 62.755 | Cumplió |

De acuerdo con el análisis de los resultados de los indicadores se determinó que se logró cumplir en su mayoría con las metas establecidas para los diferentes indicadores. El resultado de cada indicador al igual que los datos desde diciembre 01 de 2020 hasta mayo 07 de 2021 se encuentran en el Anexo 15.

## *V. CONTROLAR*

### *A. Medición de los impactos*

Para verificar la viabilidad de las inversiones realizadas por Diana digital, se procede a realizar un análisis económico en base a la relación beneficio costo (RBC), este indicador mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar. Para realizar su cálculo, se halla la suma de todos los beneficios descostados y se los trae al presente, así mismo, se suman el total de costos y se los trae al presente, una vez obtenidos estos dos resultados, se procede a realizar la división entre los beneficios y los costos. Si el resultado es mayor que 1, se sugiere aceptar el proyecto, por el contrario, si es menor o igual a 1 se debe rechazar. A continuación, se presenta el flujo neto del proyecto, está planteado a seis años y representa las inversiones y los futuros ingresos de la empresa.

| FLUJO NETO DE CAJA DEL PROYECTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | AÑOS | | | | | |
| | PERIODOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | REDUCCION EN COSTOS | | 352.227 | 362.794 | 373.678 | 384.888 | 396.435 | 408.328 |
| (+) | DEPRECIACIONES | - | - | - | - | - | - | - |
| (+) | AMORTIZACIONES DE ACTIVOS DIFERIDOS | - | - | - | - | - | - | - |
| (+) | VALOR EN LIBROS DE LOS ACTIVOS FIJOS | - | - | - | - | - | - | - |
| (+) | RECUPERACION DEL CAPITAL DE TRABAJO | - | - | - | - | - | - | - |
| (-) | INVERSION EN ACTIVOS FIJOS | 650.000 | - | - | - | - | - | - |
| (-) | INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO | - | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 |
| (-) | INVERSIONES EN ACTIVOS DIFERIDOS | - | - | - | - | - | - | - |
| | FLUJO NETO DE CAJA DEL PROYECTO | (650.000) | 252.227 | 262.794 | 273.678 | 284.888 | 296.435 | 308.328 |

*Fig 68. Flujo Neto de Caja del Proyecto.*

En la parte de inversiones, el equipo de Quality Team ha propuesto la adquisición de un nuevo monitor, ya que el actual no se encuentra en las mejores condiciones, reduciendo la precisión de los colores observados y por ende incurrir en posibles reprocesos. También se planteó la opción de adquirir dos unidades de lámparas led, las cuales proporcionaran una mejor iluminación en la zona de impresión y verificación, así el operario puede observar posibles defectos e imperfecciones en el material final

| INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO | VALOR |
|---|---|
| Mantenimiento Equipos(semestral) | $ 50.000 |

| INVERSION EN ACTIVOS FIJOS | VALOR |
|---|---|
| Monitor (1und) | $ 450.000 |
| lampara (2und) | $ 200.000 |

*Fig 69. Inversiones.*

| | |
|---|---|
| TIO | 15% |
| RBC | 1,602 |

*Fig 70. Indicadores.*

En la anterior grafica se observa un (RBC) de 1,602, esto indica que, por cada peso invertido, el proyecto retorna 1,602 pesos. Con esta información y el análisis los datos estadísticos anteriormente presentados, se puede concluir que las inversiones realizadas por la empresa son viables.

***B. Estandarización de la solución- POE'S (Plan de control)***

Con el fin de cumplir las especificaciones del cliente y evitar los desperdicios en el área de impresión de DIANA DIGITAL se decide estandarizar y emplear como plan de control un POE (Procedimiento Operativo Estándar) para el proceso de impresión de pequeño formato, en este se incluyen las diferentes actividades y el orden en que deben ser ejecutadas, al igual que el objetivo y alcance del proceso.

TABLA XXI. POE´S

| | | |
|---|---|---|
| DIANA digital | **PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR**<br><br>**IMPRESIÓN PEQUEÑO FORMATO** | **CÓDIGO:**<br>**VERSIÓN: 01**<br><br>**Hoja 1 de 1** |
| **Área:** Impresión | Fecha: | 15/junio/2021 |
| **Nombre de la tarea:** Impresión en pequeño formato | | |
| **Responsable:** | | |
| **Objetivo** | | |
| Registrar el procedimiento de impresión en pequeño formato con el fin de que se cumplan las especificaciones del cliente y se eviten los desperdicios en el área de impresión. | | |
| **Alcance** | | |
| El presente documento aplica para el proceso de impresión de pequeño formato en el área de impresión de DIANA DIGITAL. | | |
| **Materiales y equipos necesarios** | | |
| -Mano de obra: 1 operario | | |

-Locativos: Espacio despejado, silla, impresora RICO PRO C5200s, computador, teléfono, tablero.
-Materia prima: Papel para imprimir y tinta para impresión.
-Software: DIGINET

**Actividades críticas**

-Impresora con temperatura adecuada
-Verificación con iluminación adecuada

**Autoridad**

Jefe de producción
Responsable: Operario de impresión en pequeño formato

**Desarrollo**

1. Se reciben las especificaciones del producto mediante DIGINET.
2. Se verifican que las especificaciones dentro del software sean coherentes.
3. Se modifica el archivo:
   -Perfil: Óptimo
   -Tipo de impresión: 4x0 o 4x1 según especificaciones del cliente
   -Giro: Si
   -Línea de corte: Si
   -Dúplex: Correcto
4. Se selecciona la materia prima a utilizar, es decir, se elige el tipo de papel requerido por el cliente y el tamaño que optimice su utilización según la disposición del documento.
5. Se posiciona el material en la impresora y se envía el archivo a imprimir.
6. Se imprime y se retira de la máquina, listo para trasladar al área de terminado.

**Resultados esperados**

Impresión de pequeño formato que cumpla con especificaciones del cliente y el menor número de desperdicios.

**Acciones correctivas**

1. Si al revisar el archivo el documento no tiene las siguientes especificaciones se procede a modificarlo
   -Perfil: Óptimo
   -Giro: Si
   -Línea de corte: Si
   -Dúplex: Correcto
2. Si el material tiene algún tipo de defecto se procede a notificar y cambiar el material.
3. Si el primer tiraje presenta manchas, color diferente o cualquier tipo de defecto se procede a parar el proceso y a verificar el nivel de tinta, el tipo de material y el estado de la impresora.

| Digitador: | Revisó: | Aprobó: |
|---|---|---|
| _____ | _____ | _____ |

***C. Conclusiones***

- Las soluciones encontradas a través de la implementación de mejoras propuestas en el proyecto de diseño mostraron resultados positivos, que aportaron a la empresa en la disminución del porcentaje de desperdicios. Sin embargo, según la opinión de expertos, estas soluciones se debían complementar soluciones ingenieriles más enfocadas para obtener mejores resultados. Por ende, se decidió complementar las soluciones implementadas con los diseños de experimentos, los cuales permitieron conocer las mejores condiciones de proceso para la impresión de los productos que se producen en la empresa DIANA DIGITAL, dejando así una serie de recomendaciones para cuando se ejecuten dichas impresiones.
- Se llevó a cabo un diseño de experimentos factorial completo, en el cual fue posible encontrar las mejores condiciones de proceso de las impresoras de pequeño formato las cuales presentaban mayor porcentaje de desperdicios al llevar a cabo su operación, se evaluaron los efectos principales utilizados a la hora de imprimir los cuales fueron: el material en el que se imprime, el perfil que se utiliza en la impresora y el tipo de impresión que se está realizando, encontrando así que estas características del proceso explican la variación del porcentaje de desperdicios en un 98,42%, es así como se establece que las condiciones de proceso que generan el menor porcentaje de desperdicios son realizar la impresión utilizando el modo de perfil optimo, tipo de impresión 4x0 y 4x4.
- De igual forma, teniendo en cuenta los errores cometidos por el operario, se concluye que para disminuir el porcentaje de desperdicio se necesita modificar el archivo a imprimir verificando y/o modificando que el documento tenga giro, línea de corte y dúplex correcto.
- Las propuestas se lograron validar por medio de la recolección de datos después de la implementación de estas, mediante variables como desperdicio por pedido a través del tiempo, cumplimiento de especificaciones, y costo de

desperdicios donde se pudo comprobar que: Los desperdicios por hojas bajaron de un 12,1% a un 0,2% y por unidades de producto de un 27,71% a un 0,03%. En cuanto al índice PPM, se logró concluir que por cada millón de hojas los desperdicios se redujeron de 121.359 a 2162, y de 270.528 unidades a 336. Por otro lado, el porcentaje de no cumplimiento (5% de desperdicios por pedido) bajo de un 83,3% a un 0%. Cabe resaltar que, aunque la producción durante el tiempo de recolección de los datos para la validación fue menor a la de los datos con los que se hizo el diagnostico, la disminución del porcentaje de desperdicios apareció después de la implementación de mejoras.

- No obstante, se implementó el diseño de experimentos como parte del proyecto Six Sigma y el Lean Manufacturing mediante el diseño de la check list y las mejoras locativas que se realizaron al cambiar la iluminación, el monitor y contratar un operario exclusivamente para la impresión en pequeño formato.
- El análisis financiero evidencio un impacto positivo en las inversiones realizadas por parte de la empresa, dicho análisis se basó en tres indicadores económicos los cuales arrojaron valores de 422,334 para el VPN, una relación beneficio costo de 1,650 y una tasa interna de retorno del 36, 06%. Con estos indicadores establecidos se concluye que el proyecto es viable, sin embargo, se debe generar una inversión inicial de $650.000 pesos los cuales están destinados a la adquisición de un monitor y dos lampares led.

### *D. Recomendaciones*

Si bien con las mejoras implementadas se logró una disminución significativa del porcentaje de desperdicios generados en el proceso de impresión de la empresa DIANA DIGITAL, con los datos recolectados fue posible lograr la realización y análisis de los diseños de experimentos con el fin de detectar en qué condiciones de proceso se genera menor cantidad de desperdicios y se reduce el tiempo de impresión, de esta forma se concluyen las siguientes recomendaciones:

- Las variables perfil y tipo de impresión son las que más influyen en el porcentaje de desperdicios, por lo cual se recomienda utilizar el perfil óptimo, y el tipo de impresión 4x0 con el fin de disminuir los desperdicios.
- Por otro lado, si se debe imprimir en perfil estándar solo son recomendables los tipos de impresión 4x0 y 4x1, si se quiere evitar la elevación del porcentaje de desperdicios.
- Además, para lograr la disminución del porcentaje de desperdicios, en las impresoras se deben tener en cuenta activar las siguientes condiciones: Impresión con giro, con línea de corte, con el dúplex correcto, para cualquier tipo de impresión y en materiales como Eathpact y Propalcote.
- También fue posible observar las condiciones de proceso en el que se disminuyen los tiempos de preparación e impresión, si quiere lograr esto se debe realizar la impresión en perfil estándar, y con material Propalcote.
- Se recomienda realizar mantenimiento preventivo, chequeo y limpieza de la impresora una vez a la semana, el cual consta de la limpieza general del equipo y la revisión de sus unidades, en el anexo 17 pág. 80 se encuentra el mantenimiento de la impresora empleando utilidades.
- Se recomienda establecer comunicación con los proveedores del software DIGINET debido a que es necesario un ajuste en el mismo, puesto que el software no emite ningún tipo de alarma al momento de digitar especificaciones del cliente y del producto terminado diferentes. Es decir, al momento de digitar la información de la producción y del producto terminado, este debe ser igual a las especificaciones del cliente, en caso de no serlo se debe generar un tipo de alarma que informe sobre el error cometido, además, las cantidades también deben coincidir
- Generar una política de costos y gastos que permita establecer cuáles deben ser los lineamientos que debe seguir la empresa para que todas las operaciones o transacciones realizadas generen un margen de utilidad rentable. así al finalizar el mes, establecer un control de cuales operaciones fueron las que generaron más utilidad y a cuáles se les debe presentar mayor atención.
- Realizar un control a los usuarios una vez reciban sus productos, esto con el fin de monitorear la satisfacción y generar una retroalimentación la cual aporte de una manera significativa una mejor relación entre los usuarios y la empresa. Todo esto con la ayuda de herramientas estadísticas y planes de mejora enfocados en la satisfacción del cliente.

## *I. GLOSARIO*

**Diseño de experimentos:** Consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permiten responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación [26].

**Seis sigma:** Es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente [27]. 33

**Lean Manufacturing:** Filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios [28]. 36

**Nivel sigma:** Corresponde a cuantas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso [29]. 37

**Defecto:** Es la desviación de la especificación, presentada por el proceso y resultante de la elaboración inadecuada de los productos [29].

**5 Por qué:** Es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales del mismo [29].

**Diseño de condiciones de proceso:** Establece la modalidad de desarrollo de las actividades productivas en función del tipo de producto a elaborar y condicionado por las tecnologías seleccionadas para llevar a cabo dichas operaciones [30]. 39

**Cp:** Representa el índice de capacidad del proceso y se calcula en función de la variación dentro del subgrupo [31]. 41

**Estandarización de proceso:** Unificar y sistematizar los procesos dentro de la empresa para que sean realizados siempre de la misma manera con el fin de entregar siempre el mismo producto con la misma calidad y características al cliente [32]. 49

## *XI. ANEXOS*

*TABLA XV.*
*TABLA DE ANEXOS*

| No. Anexo | Nombre | Desarrollo | Tipo de Archivo |
|---|---|---|---|
| 1 | 2020202- Anexo 1. Reporte Empresarial - DIANA DIGITAL SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS. | Compite 360 con información de DIANA DIGITAL. [3] | PDF |
| 2 | 2020202- Anexo 2. Entrevistas. | Propio | Word |
| 3 | 2020202- Anexo 3. Clasificación de grupos de interés. | Propio | Word |
| 4 | 2020202- Anexo 4- Datos DIANA DIGITAL global. | Proporcionado por DIANA DIGITAL.[3] | Excel |
| 5 | 2020202- Anexo 5- Datos actualizados DIANA DIGITAL | Proporcionado por DIANA DIGITAL, desarrollado por Quality Team.[3] | Excel |
| 6 | 2020202- Anexo 6- PRD | Plan de Recolección de Datos realizado para medir la situación actual de DIANA DIGITAL.[3] | Excel |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 | 2020202- Anexo 7- Análisis de costos | Proporcionado por DIANA DIGITAL.[3] | Excel |
| 8 | 2020202- Anexo 8- Matriz AHP | Propio | Excel |
| 9 | 2020201- Anexo 9- Project Charter | Propio | Excel |
| 10 | 2020202- Anexo 11- Diseño de Experimentos | Propio | Excel |
| 11 | 2020202- Anexo 11- Porcentaje de Desperdicio | Propio | Word |
| 12 | 2020202- Anexo 12- Tiempos de Preparación | Propio | Word |
| 13 | 2020202- Anexo 13-Tiempos de Impresión | Propio | Word |
| 14 | 2020202- Anexo 14-Segundo Diseño de Experimentos | Propio | Word |
| 15 | 2020202- Anexo 15-Datos e indicadores-Validación | Proporcionado por DIANA DIGITAL, desarrollado por Quality Team.[3] | Excel |
| 16 | 2020202 - ANEXO 16 - Evaluación Económica | Propio | Excel |
| 17 | 2020202- Anexo 17- Guía de usuario | Ricoh | PDF |

## XII. REFERENCIAS


[1] Compite360, «Información Financiera del sector de impresión,» 2020.
[2] O. d. E. Económicos, «Informe sector manufacturero julio 2020,» *Ministerio de Comercio, Industria y Turismo*, 2020.
[3] D. Digital, «Impresión Digital en Cali,» 2020.
[4] C. d. Colombia, «Pequeñas Y Medianas Empresa . Internacional , La Formación De Capital Humano , La Asistencia Para El Desarrollo,» vol. 2000, nº 44, 2010-2014.
[5] L.3.D., «Función Pública,» 1997.
[6] L.1.D, «Ministerio de Trabajo,» 2016.
[7] M. d. Trabajo, «Código Sustantivo del Trabajo».
[8] L. E. Vinasco, Estadística Industrial Básica con Microsoft Excel®., Santiago de Cali: Sello editorial Javeriano, 2014.
[9] H. Gutiérrez y R. Vara, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, México: McGraw-Hill, 2009.
[10] I. Morones y P. Garza, «Aplicación de diseño de experimentos para el análisis dde secado de un producto,» *Innovaciones de Negocios*, p. 14, 2013.
[11] P. Medina y C. Hernán, «Aplicación del modelo de experimentación Taguchi en un ingenio azucarero del Valle del Cauca,» *Scientia*, 2007.
[12] J. Sillero, «Optimizing Design of Experiments an Injection Process of Plastic,» *LACCEI*, p. 7, 2015.

[13] F. Navarro y L. Ramos, «El control interno en los procesos de producción en industria Litográfica en Barranquilla,» *Equidad y Desarrollo*, p. 24, 2016.
[14] M. L. Martínez, «Control y mejora del proceso de impresión de litografí en una imprenta,» Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, 2008.
[15] J. Guzmán y P. Vallejo, «Mejora del proceso de producción de la cadena de valor de giro creativo, empresa de diseño e impresión comercial digital,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador- Matriz, Quito, 2014.
[16] F. Orlando, «Reducción de los desperdicios en la empresa Gama Editores Reyes Medina CIA. LTDA,» 2015.
[17] H. Gutiérrez y R. De la Vara, Análisis y Diseño de Experimentos, México: McGRAW-HILL, 2012.
[18] ÉXITO.COM, «Monitor LG 32 Ips Full Hd 32mn600p-b,» 2020.
[19] M. Libre, «calibrador X rite I1 display Pro [mercadolibre],» 2020.
[20] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), «Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos,» *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)*, p. 43, 2015.
[21] Philips, «Smart Balance,» 2020.
[22] Á. Figueroa, «Cap 5 – Sistema de evaluación de alternativas de diseño multicriterio,» *Material de clase*, 2019.
[23] J. Rebolledo, L. López, C. Duque, and A. Velasco, «Perfil del sector manufacturero colombiano,» *Magazín Empresarial*, 2013.
[24] R. E. y. Laboral, «La Economía De Colombia Se Mueve Con El Sector De La Comunicación Gráfica,» 2017.
[25] E. empaque.com, «Contaminantes En Litografía, Rotograbado, Serigrafía Y Flexografía,» 2017.
[26] H. Guriérrez Pulido and R. De la Vara Salazar, Análisis y diseño de experimentos, 2nd ed. México: McGraw-Hill INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2008.
[27] J. pablo H. Flores, "Six sigma control estadistico de procesos," Acsio, p. 44, 2014
[28] J. C. Hernandez-matias, Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación, no. February. 2017.
[29] S. M. Muñoz Ellner, «Diccionario Lean Manufacturing,» Universidad de Valladolid , Valladolid , 2016 .
[30] A. Pereyra, "Diseño del proceso," Univ. Tecnológica Nac., vol. 66, pp. 37–39, 2012.
[31] M. Schaeffers, "Capacidad y rendimiento: entienda los índices Cp, Cpk, Pp y Ppk," Harb. Informática Ind., 2017.
[32] D. Buitrago and D. Valbuena, "ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LECHE DE LA SABANA DE BOGOTÁ," Ятыатат, vol. вы12у, no. 235, p. 245, 2007.