

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO  
DE PRODUCCIÓN EN UNA IMPRENTA INDUSTRIAL  
EMPLEANDO METODOLOGÍA SIX SIGMA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

Ernesto Antonio García Castillo

Arymé Neysa Pujaco Escudero

**ASESOR:**

Rojas Polo, Jonatan Edward

Lima, Noviembre, 2018

## **RESUMEN**

El presente estudio tiene por finalidad analizar y mejorar el proceso de producción de una imprenta empleando la metodología Six Sigma.

El trabajo inicia con el desarrollo del marco teórico, donde se define los conceptos, herramientas y metodologías que se emplean para realizar el diagnóstico y las propuestas de mejora. Así mismo, se realiza una breve descripción de la organización, indicando sus principales productos y clientes. Seguidamente, se detalla el proceso productivo de la empresa, se evalúa y selecciona el proceso de producción como el más crítico haciendo uso de una matriz de priorización.

Luego, se desarrolla el ciclo DMAIC: definir, medir, analizar, implementar y controlar del proceso seleccionado.

En la etapa de definición, se identifica los principales problemas del proceso de producción, los cuales se encuentran en la impresión, intercalado y enumerado. Para ello, se realizó el diagrama SIPOC y el DOP del proceso.

En la medición se selecciona y cuantifica las variables críticas del proceso, se realiza la toma de muestras, pruebas de normalidad, capacidad, gráficas de control y estudio Gage R&R de cada variable, obteniendo el panorama actual del proceso en estudio.

En la etapa de análisis, se identifican las causas que originan las fallas en los productos, por ello se utilizará un diagrama de Causa – Efecto y el diseño de experimentos para mejorar los factores más relevantes del proceso de producción.

En la etapa de mejora se propone la implementación del programa de las 5S's y un plan de capacitación a los operarios, de esta manera lograr optimizar el proceso de producción.

En la etapa de control, se utilizarán herramientas que mantengan los cambios realizados para las mejoras.

Por último, se realizará la evaluación económica del proyecto, obteniendo como resultado la viabilidad económica del presente proyecto.

## **DEDICATORIA**

*A mis padres y hermanos por el cariño, apoyo constante y enseñarme la importancia del esfuerzo y perseverancia.*

*A mis tíos y tías, que con consejos y acciones contribuyeron en mi formación integral.*

*Y a los amigos que me acompañaron en esta etapa de mi vida.*

*A mis padres por apoyarme y motivarme durante mi paso por la universidad, por forjarme con los principios y valores que me hacen ser la persona de hoy.*

*A mi familia por acompañarme en este trayecto y hacer suyo cada uno de mis logros.*

*A mis amigos con los que compartí salones de clase y los que conocí en el camino.*

*A nuestro asesor, Ing. Jonatán Rojas, por el tiempo, paciencia, y ayuda brindada durante el desarrollo de la presente tesis.*



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial

ALUMNO : **ERNESTO ANTONIO GARCÍA CASTILLO**  
**ARYMÉ NEYSA PUJAICO ESCUDERO**

CÓDIGO : 2009.5013.12  
2009.5255.12

PROPUESTO POR : Ing. Jonatán E. Rojas Polo

ASESOR : Ing. Jonatán E. Rojas Polo

TEMA : ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO  
DE PRODUCCIÓN EN UNA IMPRENTA INDUSTRIAL  
EMPLEANDO METODOLOGÍA SIX SIGMA.

Nº TEMA : # 1397

FECHA : San Miguel, 07 de julio de 2017



### **JUSTIFICACIÓN:**

Las empresas buscan obtener el éxito a través de la rentabilidad y sostenibilidad de las mismas a lo largo del tiempo. Para lograr esto, la empresa debe destacar sobre su competencia, ofreciendo un mejor servicio y buenos productos, generando un valor agregado diferencial sobre sus clientes. Estos resultados se alcanzan si la empresa es eficiente y eficaz, es decir, usa los recursos necesarios para producir lo solicitado, sea tiempo o materia prima, obteniendo un producto final de buena calidad, es decir, con reducción de defectos, al costo más bajo y entregado al cliente cuando y donde este lo necesite, logrando conocer mejor las necesidades de los clientes y poder satisfacerlas de manera adecuada.

La demanda de servicios gráficos ha evolucionado notablemente a nivel de Latinoamérica por la variedad y altos estándares de calidad de sus productos<sup>1</sup>, necesarios para los distintos tipos de empresa que existen en la actualidad, como: comprobantes de pago, publicidad impresa, afiches, tarjetas de presentación, libros, revistas, calendarios, entre otros.

Debido al auge económico actual y la creación de nuevas empresas, el mercado gráfico crece y se vuelve más exigente.

<sup>1</sup> Plan Estratégico Sectorial 2014-2016 Sector Gráfico y Editorial – Promperú <http://adm.siicex.promperu.gob.pe/blog2013/wp-content/uploads/2013/10/Plan-Estrategico-Sectorial-2014-2016-Servicios-Editoriales-rev-DMG.pdf>

i

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel  
T: (511) 626 2000  
[www.pucp.edu.pe](http://www.pucp.edu.pe)



Se proyecta un crecimiento del mercado gráfico del 20% en el período 2010 - 2020<sup>2</sup>. Los clientes buscan servicios más personalizados, rápidos y de calidad, por lo que es importante mejorar la productividad, teniendo en cuenta la eficiencia y eficacia.

La impresión se ha convertido en un commodity, no existe una gran diferencia de producto entre los competidores, en este sentido, es necesario crear valor agregado de los productos ofrecidos a los clientes. La tendencia global indica que los clientes actuales exigen el uso de nuevas tecnologías y que estas se alineen a políticas medio ambientales, por lo que la innovación en productos adquiere relevancia dentro de los procesos de la empresa<sup>3</sup>.

Se sabe que el 67.3% de las empresas dentro del rubro de Impresión realizaron al menos una actividad de innovación entre el 2009-2011, mientras que dentro del rubro de Papel y producto de papel, fue el 57.3% en el mismo período<sup>4</sup>. Por lo tanto, se puede decir que existen técnicas de innovación y que es posible aplicarlas a favor de la productividad de una empresa de este rubro.

La competencia en la industria gráfica ha aumentado. Para que las empresas se mantengan rentables y sostenibles, deben identificar y eliminar la causa de los problemas en el proceso productivo, conseguir que los clientes queden satisfechos y lograr la optimización de resultados.

La metodología Six Sigma se aplica a los procesos industriales para obtener productos de buena calidad, mayores ingresos, disminución de errores y tiempos de ciclo en los procesos. Esta metodología consiste en definir el problema, medir, analizar, proponer mejoras y controlar los procesos involucrados.

Por este motivo, el presente trabajo de investigación busca analizar y proponer una mejora en los procesos de producción, aplicando la metodología Six Sigma.

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Analizar el proceso de producción de la imprenta, el cual es el proceso crítico, empleando la metodología DMAIC. Reducir la variabilidad de los factores que intervienen significativamente en este proceso crítico, y disminuir la cantidad de elementos defectuosos resultado de esta variabilidad.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Establecer los conceptos, herramientas y metodología a usar en el diagnóstico y mejora de los procesos críticos.
- Realizar una descripción de la empresa, principales clientes y productos.

<sup>2</sup> Mercado de impresión digital mueve US\$ 5 millones en el Perú- <http://www.gestion.pe/mercados/mercado-impresion-digital-mueve-us-5-millones-peru-2127917>

<sup>3</sup> Plan Estratégico Sectorial 2014-2016 Sector Gráfico y Editorial – Promperú <http://adm.siicex.promperu.gob.pe/blog2013/wp-content/uploads/2013/10/Plan-Estrategico-Sectorial-2014-2016-Servicios-Editoriales-rev-DMG.pdf>

<sup>4</sup> LA INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA GRÁFICA PERUANA <http://www.agudigraficos.com/agudi/images/stories/innovacion.pdf>



- Describir los procesos actuales de la empresa, indicando todas las variables a utilizar, y realizar un análisis que permita diagnosticar el estado de la empresa.
- Presentar propuestas de mejora que aumente la productividad de la empresa, y reduzca los tiempos y costos empleados.
- Escoger las mejores propuestas, analizando el Costo/Beneficio de cada una.

**PUNTOS A TRATAR:**

**a. Marco Teórico. [EAGC-ANPE]**

Se definirán las terminologías relacionadas a la industria de la imprenta, los conceptos teóricos de calidad y costos, las metodologías Six Sigma y DMAIC, y las herramientas aplicables al caso: SIPOC, DOP, diagrama de Pareto, AMFE, gráfica de control, prueba de normalidad, Gage R&R, Anova, diagrama causa-afecto, 5S's, y diseño de experimentos; las cuales sirven para conocer los problemas, el origen de los errores y defectos, con la finalidad de plantear la propuesta de mejora.

**b. Descripción de la empresa. [EAGC]**

Se describirá a la empresa perteneciente a la industria gráfica: el sector y actividad económica, las diferentes áreas de su organización, sus principales productos, clientes y proveedores.

**c. Diagnóstico de los procesos. [EAGC-ANPE]**

Se analizará los procesos presentes en la empresa, y se tendrá en cuenta la cantidad de pedidos que realizan los principales clientes, y la cantidad de recursos que se utiliza. Así mismo, se determinará los procesos a mejorar identificando la mejor forma de gestión de estos.

**d. Propuestas de mejora. [EAGC-ANPE]**

Se explicará detalladamente los pasos seguidos para el método DMAIC. Se analizará los procesos identificados en el diagnóstico, presentando alternativas que mejoren el uso de los recursos, reduzcan los tiempos empleados, y así lograr una mayor productividad.

**e. Evaluación económica. [ANPE]**

Se realizará una evaluación de las alternativas de mejora, comparando la rentabilidad de los procesos propuestos con los procesos actuales, para conocer la viabilidad de la implementación de éstas.

**f. Conclusiones y recomendaciones.**

*Máximo: 100 páginas*

  
\_\_\_\_\_  
ASESOR

**[EAGC] ERNESTO GARCÍA CASTILLO**  
**[ANPE] ARYMÉ PUJAICO ESCUDERO**

## INDICE

<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO</b> .....	1
1.1. Terminología referente a las impresiones .....	1
1.1.1. Impresión Offset .....	1
1.1.2. Papel autocopiativo.....	2
1.1.3. Formulario continuo .....	3
1.2. Calidad.....	4
1.2.1. Costos de calidad.....	5
1.3. Six Sigma.....	6
1.3.1. DMAIC.....	9
<b>CAPITULO 2. ESTUDIO DE CASOS</b> .....	17
2.1. Caso 1: Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la metodología Six Sigma .....	17
2.2. Caso 2: Análisis y mejora de procesos en una empresa textil empleando la metodología DMAIC.....	21
2.3. Caso 3: Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma.....	26
<b>CAPITULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN</b> .....	28
3.1. La empresa .....	28
3.2. Perfil empresarial y principios Organizacionales.....	29
a. Misión.....	29
b. Visión.....	29
c. Valores.....	29
3.3. Entidades participantes en el modelo del negocio.....	30
a. Clientes.....	30
b. Competidores.....	30
c. Proveedores.....	30
3.4. Instalaciones y medios operativos.....	31
3.4.1. Fábrica o planta.....	31
3.4.2. Sistema de organización de la producción.....	32
3.5. Productos.....	33
3.6. Recursos.....	34

3.6.1. Recursos físico: Materias primas e insumos .....	34
<b>CAPITULO 4. PRE-DIAGNOSTICO .....</b>	<b>35</b>
4.1. Descripción de modelo actual de los procesos de la empresa.....	35
4.2. Selección de la línea de producción a mejorar.....	39
<b>CAPITULO 5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC .....</b>	<b>42</b>
5.1. Definir.....	42
5.1.1. SIPOC .....	42
5.1.2. DOP .....	43
5.1.3. Fallas frecuentes .....	46
5.1.4. Definición de la problemática .....	47
5.2. Medir.....	48
5.2.1. Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE) .....	48
5.2.2. Selección de variables a medir .....	49
5.2.3. Prueba de Normalidad.....	49
5.2.4. Gráfica de control para las variables.....	56
5.2.5. Análisis de capacidad del proceso .....	59
5.2.6. Estudio Gage R&R a las variables del proceso.....	63
5.3. Análisis de datos y búsqueda de la raíz de los problemas.....	76
5.3.1. Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa).....	76
5.3.2. Diseño de los Experimentos .....	79
5.4. Propuestas de mejora a los principales problemas .....	85
5.4.1. Determinación de la respuesta óptima .....	86
5.4.2. Implementación de las 5S's.....	88
5.4.3. Plan de capacitación al personal .....	99
5.5. Control de las mejoras propuestas.....	100
5.5.1. Gráfico de control para la Velocidad de la Máquina de Impresión después de la mejora.....	100
5.5.2. Gráfico de control para la Velocidad de la Máquina de Intercalado después de la mejora .....	101
5.5.3. Capacidad de la Velocidad de la Máquina de Impresión después de la mejora	102
5.5.4. Capacidad de la Velocidad de la Máquina de Intercalado después de la mejora	103

<b>CAPITULO 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA</b> .....	105
6.1. Costos del personal .....	105
6.2. Costos del Diseño de Experimentos .....	105
6.3. Costo de implementación de propuesta de mejora .....	107
6.4. Proyección de ahorros estimados .....	109
6.5. Flujo de caja.....	110
<b>CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	111
7.1. Conclusiones.....	111
7.2. Recomendaciones .....	112
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	1



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de Impresión Offset.....	2
Figura 2: Funcionamiento del Papel Autocopiativo .....	3
Figura 3: Guía de remisión .....	3
Figura 4: Letra de cambio.....	4
Figura 5: Formato Continuo.....	4
Figura 6: Trilogía de Juran.....	5
Figura 7: Ecuación de la relación entre causas y efectos .....	7
Figura 8 Límites de Especificación del Six Sigma Fuente: Sakar, 2004 .....	8
Figura 9: Demostración gráfica de los niveles Sigma .....	8
Figura 10: Diagrama de flujo .....	11
Figura 11: Diagrama de Pareto.....	11
Figura 12: Diagrama SIPOC.....	12
Figura 13: Gráfica de Control.....	13
Figura 14: Diagrama de causa - efecto .....	15
Figura 15: Capacidad de proceso para la densidad de la tinta.....	19
Figura 16: Capacidad de proceso de la conductividad .....	19
Figura 17: Capacidad de proceso para el grado de Ph .....	20
Figura 18: Diagrama CTQ para el área de corte.....	23
Figura 19: Capacidad de proceso largo delantero HB .....	24
Figura 20: Capacidad de proceso largo espalda HB.....	24
Figura 21: Modelo Lean Six Sigma Logistics.....	27
Figura 22: Organigrama .....	29
Figura 23: Exteriores de la empresa SGS Integraf S.A. ....	31
Figura 24: Máquinas empleada en producción por lotes.....	32
Figura 25: Flujograma empresa.....	35
Figura 26: SIPOC del proceso productivo.....	42
Figura 27: DOP del proceso productivo.....	45
Figura 28: Diagrama Pareto del proceso productivo. Periodo Abril 2014 – Abril 2015..	46
Figura 29: Resumen descriptivo para Velocidad de Máquina de Impresión .....	50
Figura 30: Prueba de normalidad Velocidad de Máquina de Impresión .....	51
Figura 31: Resumen descriptivo para la Velocidad de Máquina de Intercalado .....	52
Figura 32: Prueba de normalidad Velocidad de Máquina de Intercalado .....	52
Figura 33: Resumen descriptivo para la Cantidad de demasía.....	53
Figura 34: Prueba de normalidad Cantidad de demasías .....	54
Figura 35: Resumen descriptivo para el pH Solución de agua.....	55
Figura 36: Prueba de normalidad pH Solución de agua .....	55
Figura 37: Gráfico de control para Velocidad de Máquina de Impresión .....	56
Figura 38: Gráfico de control para Velocidad de Máquina de Intercalado .....	57
Figura 39: Gráfico de control para Cantidad de Demasías .....	58
Figura 40: Gráfico de control para pH Solución de agua.....	59

Figura 41: Capacidad de proceso para Velocidad Máquina Impresión.....	60
Figura 42: Capacidad de proceso para Velocidad Máquina Intercalado.....	61
Figura 43: Capacidad de proceso para Cantidad de Demasía.....	62
Figura 44: Capacidad de proceso para pH de Solución de agua.....	63
Figura 45: Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la Velocidad de la máquina de impresión.....	65
Figura 46: Reporte gráfico del estudio Gage R&R para la Velocidad de la Máquina de Impresión.....	66
Figura 47: Gráfico de corrida para los dos operarios y la Velocidad de la Máquina de Impresión.....	67
Figura 48: Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la Velocidad de la máquina de intercalado .....	68
Figura 49: Reporte gráfico del estudio Gage R&R para la Velocidad de la Máquina de Intercalado.....	69
Figura 50: Gráfico de corrida para los dos operarios y la Velocidad de la Máquina de Intercalado.....	70
Figura 51: Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la Cantidad de Demasía ..	71
Figura 52: Reporte gráfico del estudio Gage R&R para la Cantidad de Demasía .....	72
Figura 53: Gráfico de corrida para los dos operarios y la Cantidad de Demasía .....	73
Figura 54: Reporte estadístico del estudio Gage R&R para el pH de la Solución de Agua .....	74
Figura 55: Reporte gráfico del estudio Gage R&R para el pH de Solución de Agua.....	75
Figura 56: Gráfico de corrida para los dos operarios y pH de la Solución de Agua.....	76
Figura 57: Diagrama de Causa Efecto – Calidad del proceso de producción.....	78
Figura 58: Resumen del diseño factorial.....	80
Figura 59: Experimentos de diseño factorial.....	80
Figura 60: Resultados de los experimentos.....	81
Figura 61: Gráfico de cubos de los resultados .....	81
Figura 62: Resumen de la regresión factorial.....	82
Figura 63: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados .....	83
Figura 64: Gráfica normal de efectos estandarizados.....	83
Figura 65: Gráfico de efectos principales.....	84
Figura 66: Gráfico de interacción.....	84
Figura 67: Gráfico de contorno .....	85
Figura 68: Coeficientes y ecuación de regresión .....	86
Figura 69: Resumen de optimización de respuesta .....	87
Figura 70: Gráfica de optimización.....	87
Figura 71: Lista de elementos innecesarios .....	89
Figura 72: Tarjeta Roja.....	89
Figura 73: Cartel de “Almacén” .....	92
Figura 74: Cartel de área “Numeración” .....	92
Figura 75: Cartel de campaña de limpieza N°1.....	94

Figura 76: Cartel de campaña de limpieza N°2..... 94  
Figura 77: Cronograma de limpieza ..... 96  
Figura 78: Modelo del Cuadro de Distribución de Trabajo ..... 97  
Figura 79: Gráfico de control para Velocidad de Máquina de Impresión ..... 101  
Figura 80: Gráfico de control para Velocidad de Máquina de Intercalado ..... 102  
Figura 81: Capacidad de proceso de Velocidad de Máquina de Impresión ..... 103  
Figura 82: Capacidad de proceso de Velocidad de Máquina de Intercalado ..... 104



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles de desempeño por nivel Sigma.....	9
Tabla 2: Proveedores de la empresa.....	31
Tabla 3: Materias primas e insumos del proceso productivo.....	34
Tabla 4: Escala de preferencias.....	37
Tabla 5: Criterios para los procesos.....	38
Tabla 6: Matriz de comparación pareada (Matriz A).....	38
Tabla 7: Matriz de comparación pareada (Matriz N normalizada).....	38
Tabla 8: Matriz de priorización.....	39
Tabla 9: Participación Económica de cada rubro.....	40
Tabla 10: Análisis ABC.....	41
Tabla 11: Tiempos para 1 millar de formularios continuos.....	44
Tabla 12: Capacidad de proceso dependiendo de nivel Cp.....	59
Tabla 13: Contribución del R&R.....	64
Tabla 14: Número de categorías.....	64
Tabla 15: Factores para diseño de experimentos.....	79
Tabla 16: Costo Hora - Hombre.....	105
Tabla 17: Costo Mano de obra para Diseño de Experimentos.....	106
Tabla 18: Otros costos para el Diseño de Experimentos.....	106
Tabla 19: Costo total para el Diseño de Experimentos.....	106
Tabla 20: Costo Total de Propuesta de Mejora.....	107
Tabla 21: Costo Implementación 5S's.....	108
Tabla 22: Costo Plan de capacitación.....	108
Tabla 23: Ahorro en millares.....	109
Tabla 24: Costo de producción por millar.....	109
Tabla 25: Cuantificación del ahorro.....	109
Tabla 26: Flujo de caja.....	110
Tabla 27: Indicadores financieros.....	110

# CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

Para iniciar el desarrollo de esta tesis, es necesario detallar los conceptos y terminologías concernientes a la industria de la imprenta, los temas de calidad, los costos de calidad, Six Sigma, las herramientas aplicadas a éste, y la metodología DMAIC que se utilizará para el planteamiento de la propuesta de mejora.

## 1.1. Terminología referente a la industria de la imprenta

La impresión es un procedimiento mecánico o digital, mediante el cual se reproduce un texto o gráfico, sobre papel, tela, etc.

A continuación, se brindan las definiciones de los principales tipos de impresiones.

- **Impresión digital:** Es usado para la impresión de archivos digitalizados o informáticos. Su uso es doméstico, y comercial en pequeño volumen. Se conocen varias formas de impresión digital, como:
  - Inyección de tinta
  - Láser
- **Impresión mecánica:** Es usado para reproducciones múltiples de una imagen o texto, mediante un molde o plancha de impresión, sobre el papel. Los tipos de impresión mecánica más utilizados son:
  - Tipografía
  - Flexografía
  - Hecograbado
  - Serigrafía
  - Offset

### 1.1.1. Impresión Offset

Según la Universidad de Londres, el sistema de impresión Offset es un sistema planográfico, llamado así porque utiliza placas de superficie plana (Quintana, 2010). Las placas de aluminio son preparadas con materiales fotosensibles y tratamientos químicos, logrando que la imagen en la placa reciba la tinta y el resto la repele absorbiendo el agua. La forma impresora transfiere la tinta a través de un elemento intermedio, que es el caucho, el cual a su vez, por ser elástico, lo transmite al papel. Es un sistema que mezcla la buena calidad y economía.

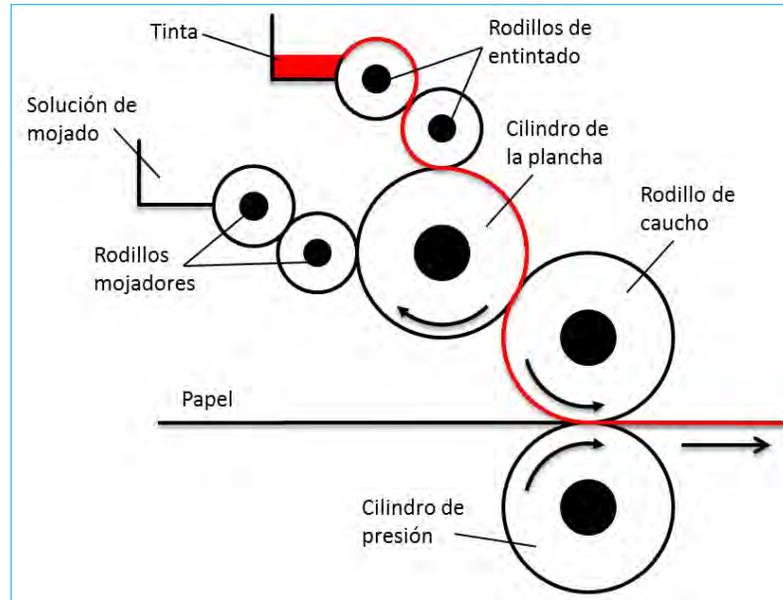


Figura 1: Proceso de Impresión Offset

### 1.1.2. Papel autocopiativo

El papel autocopiativo se utiliza para obtener copias simultáneas a la original, sin hacer uso del papel carbón, se puede realizar la impresión hasta en 5 copias más además de la original. Para realizar la copia en un papel autocopiativo, se necesita de dos hojas: la capa transmisora, ubicada al reverso de la hoja superior, formada por microcápsulas que contienen un formador de color; y la capa receptora, ubicada en la parte frontal de la hoja inferior, conformada por arcillas activadas. La copia se produce al realizar una presión en la parte frontal de la hoja superior, se rompen las microcápsulas, y se libera el formador de color que reaccionará químicamente con la otra hoja, produciendo la copia.

Tipos de hojas autocopiativas:

- Hoja CB: Es la hoja original que se quiere copiar, la parte inferior de la hoja contiene las microcápsulas con los formadores de color.
- Hoja CFB: Es la hoja intermedia, utilizada cuando los formularios tienen más de dos hojas. La cara superior es la capa receptora, que estará en contacto con la hoja CB y la inferior es la capa transmisora que contiene las microcápsulas.
- Hoja CF: Es la última hoja en colocarse. La cara superior es la capa receptora, que reacciona con el formador de color emitido por la hoja superior.

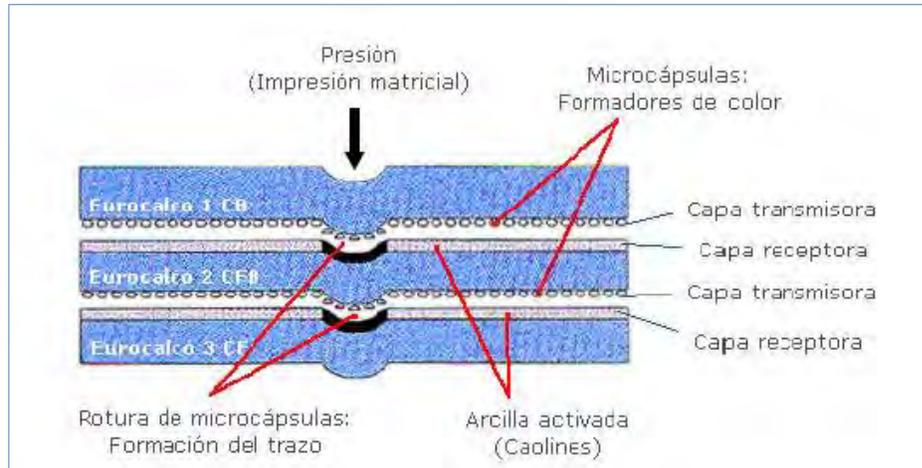


Figura 2: Funcionamiento del Papel Autocopiativo  
Fuente: Lecta Group (2008)

### 1.1.3. Formulario continuo

Los formularios continuos son utilizados por empresas que tienen grandes volúmenes de venta, debido a que se emiten los documentos de manera rápida, se tiene un control de las ventas y un control en los almacenes (stock).



Figura 3: Guía de remisión

Existen dos tipos de producto:

- Comprobantes de pago: Facturas - Guías de Remisión, boletos de viaje, boletas de venta, etc., los cuales son fabricados en papel autocopiativo.
- Letras de cambio, boletas de pago, certificados, planillas, cheques, tickets de control, etc., trabajados en papel bond de diferentes gramajes y calidades.

**LETRA DE CAMBIO**  
"SIN PROTESTO"

*La obligación del aceptante de la presente se origina de operaciones mercantiles entre el librado y el librador, según Constare la Tercera de Fechas.*

*El librado puede aceptar esta Letra pagadera en cualquier Banco del país que se designe al aceptar. En caso de mora la tasa de interés será del \_\_\_\_\_ mensual.*

**ACEPTADO**

FECHA \_\_\_\_\_

CIUDAD O LUGAR DONDE SERÁ PAGADA \_\_\_\_\_

FIRMA DEL ACEPTANTE \_\_\_\_\_

*Si Bases legal mencionadas queda autorizado por la presente a librar esta Letra y a sus sucesores a pagar en el momento de su presentación y por el monto en una moneda.*

REFERENCIA: \_\_\_\_\_

LUGAR Y FECHA \_\_\_\_\_

El día \_\_\_\_\_ y por esta letra de cambio se servirá(n) pagar a la orden de: \_\_\_\_\_ la cantidad de: \_\_\_\_\_

A \_\_\_\_\_

Nombre del Librado \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Firma del Librador \_\_\_\_\_

Nº \_\_\_\_\_

Figura 4: Letra de cambio  
Fuente: Aracena J., 2012

Al papel, en ambos casos, se le hace cortes horizontales para darle dobléz a las hojas al tamaño especificado por el cliente, y se les realizan perforaciones verticales a los lados para los desgloses.

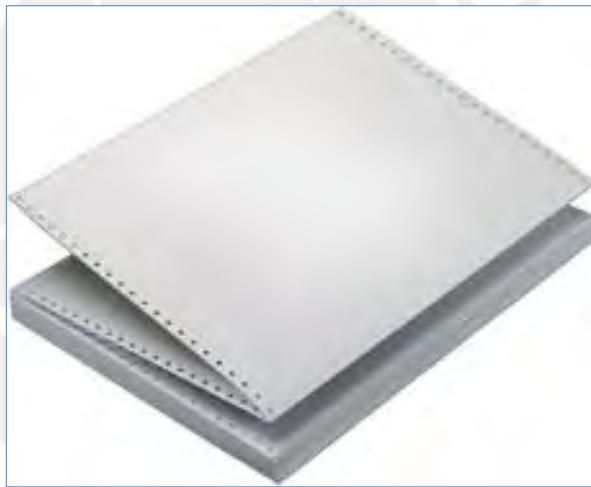


Figura 5: Formato Continuo  
Fuente: Sanchez G, 2018

## 1.2. Calidad

Según Juran (1990), la calidad se define como “adaptación al uso”. Se relaciona a la satisfacción del cliente, es decir, desempeño del producto; y también a evitar la insatisfacción del cliente, que significa producto sin defectos.

En la búsqueda de la calidad, se observa que en las empresas se consideran dos niveles: la misión de ésta es lograr una alta calidad de diseño y la misión de sus divisiones es lograr alta calidad de cumplimiento.

Lograr la administración de la calidad abarca tres procesos que están interrelacionados:

- Planificación de la calidad: establecer quienes son los clientes y las necesidades que tienen, para producir productos que respondan a éstas. A su vez, desarrollar procesos capaces de moldear el producto de acuerdo a las características identificadas e implantarlos.
- Control de la calidad: evaluar la situación real y compararla con la meta, las diferencias obtenidas deben ser corregidas. En este proceso están involucrados desde los niveles más bajos de la empresa, a los cuales se les cede responsabilidad para que sean capaces de poder tomar decisiones acerca de los procesos involucrados en la fabricación del producto para lograr los objetivos.
- Mejora de la calidad: se realiza y aplica todas las mejoras en los proyectos. Se forma un consejo de calidad encargado de diseñar, coordinar e implementar la mejora de calidad anualmente. A medida que las prácticas de calidad aumenten, las empresas deben buscar diferentes maneras de realizar la mejora de la calidad (Juran, 1990).

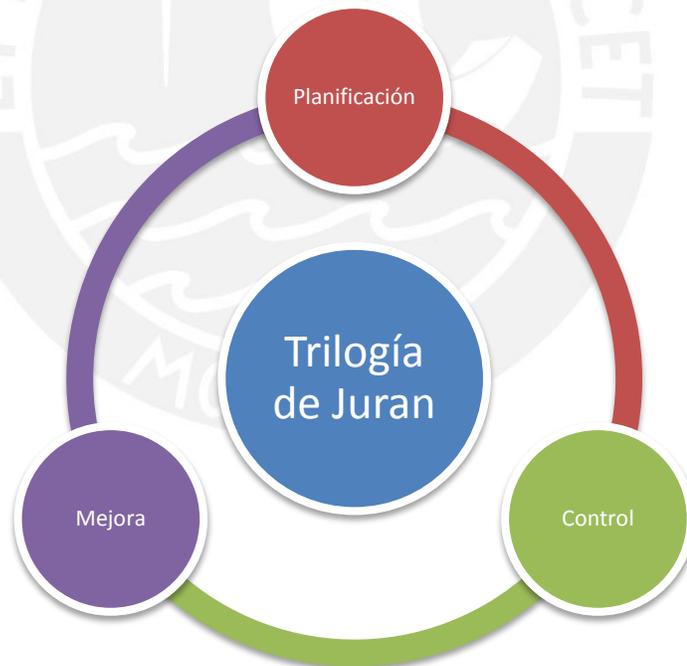


Figura 6: Trilogía de Juran

### 1.2.1. Costos de calidad

Según Feigenbaum (1986), se considera costos de la calidad a los costos identificados y cuantificados que se derivan de la planificación de la calidad, costos de verificación

de los parámetros de calidad se logren, costos por las irregularidades durante el proceso y costos cuando el cliente rechaza el producto final.

Los costos de calidad se clasifican de la siguiente manera:

- Costos de prevención: es la inversión realizada con el fin de evitar que se incurra en errores asociados al diseño del producto, al desarrollo del proceso productivo, y al mantenimiento preventivo de los equipos.
- Costos de evaluación: costos incurridos en la evaluación e inspección de los productos ya terminados para mantener los niveles de calidad dentro de los criterios establecidos.
- Costos por fallos internos: causados por errores o fallas en los materiales y productos, antes de que éste sea entregado al cliente. Los costos involucrados son: inspección al 100% del producto, desperdicios, material equivocado, mala fabricación, equipos en mal estado o descompuestos, etc.
- Costos por fallos externos: procedentes de productos fallados y/o defectuosos que fueron entregados a los clientes y fueron rechazados por éstos. Los costos involucrados son: devolución del producto, re-trabajo y envío del producto en buen estado al cliente, gastos legales, etc.

### **1.3. Six Sigma**

Six Sigma es una metodología de calidad de sencilla aplicación. Una metodología de bajo costo que ayuda a ofrecer mejores productos y servicios eliminando desperfectos y satisfaciendo al cliente.

Según Herrera y Fontalvo (2011), la metodología Six Sigma empezó en Motorola en 1986, implementada por el ingeniero Mikel Harry, quien se propuso a estudiar las variaciones existentes dentro de los procesos de Motorola. En su investigación descubrió que la cantidad de variaciones en un proceso estaban relacionadas con la satisfacción de los clientes. Mayor variabilidad causaba poca satisfacción en el cliente y falta de efectividad para satisfacer sus requisitos. En la década de los 90, AlliedSignal y General Electric adoptaron esta metodología siendo GE la empresa que mayor efectividad consiguió dándole al Six Sigma la relevancia que tiene hasta el día de hoy.

Esta metodología permite optimizar las salidas de un proceso, enfocándose en las entradas y procesos involucrados, mediante herramientas de calidad y análisis matemáticos.

El análisis matemático se emplea para resolver la ecuación  $Y=f(x)$  (Polesky, 2006), donde:

- $Y$  = es la variable de salida que se quiere mejorar.
- $x$  = las variables de entrada que deben ser controladas.
- $f$  = la relación que hay entre las variables de entrada para predecir  $Y$ .

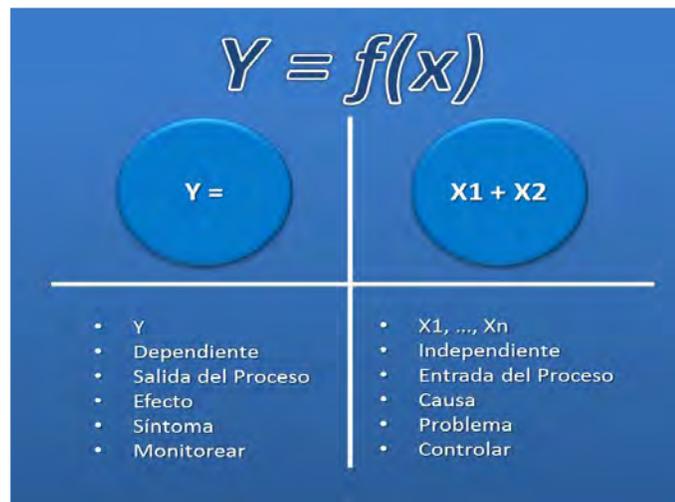


Figura 7: Ecuación de la relación entre causas y efectos

Fuente: Polesky, 2006

Sigma ( $\sigma$ ) es el símbolo de la desviación estándar en el campo de la estadística; es el parámetro que mide la variabilidad de un conjunto de estimaciones, de tal forma que cuanto menor sea  $\sigma$ , menor será el número de defectos. Es decir, mide la dispersión de estas estimaciones en relación a un valor medio y unos límites de especificación. Con un sigma ( $\sigma$ ) menor, la cantidad de estimaciones fuera de los límites de especificación, y el número de desperfectos también será menor.

Por otro lado, la metodología Six Sigma calcula la cantidad de sigmas que están contenidas entre los límites superior e inferior de especificación, de esta manera, al haber más sigmas en este intervalo, menor será el número de valores defectuosos.

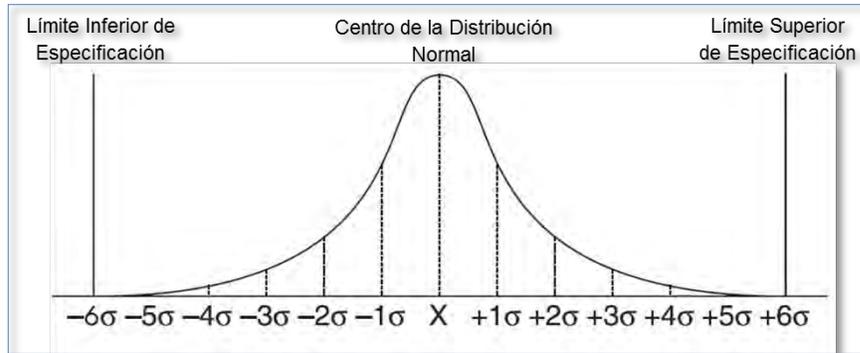


Figura 8 Límites de Especificación del Six Sigma  
Fuente: Sakar, 2004

Este conjunto de valores, defectuosos y no defectuosos, provienen de procesos productivos que por lo general siguen una distribución normal formando una campana de Gauss. A continuación se observa que a medida que el nivel Sigma aumenta, la campana de Gauss se hace más alta y estrecha; reduciendo la probabilidad de defecto que es el área delimitada bajo la curva de la distribución y los límites superior e inferior,

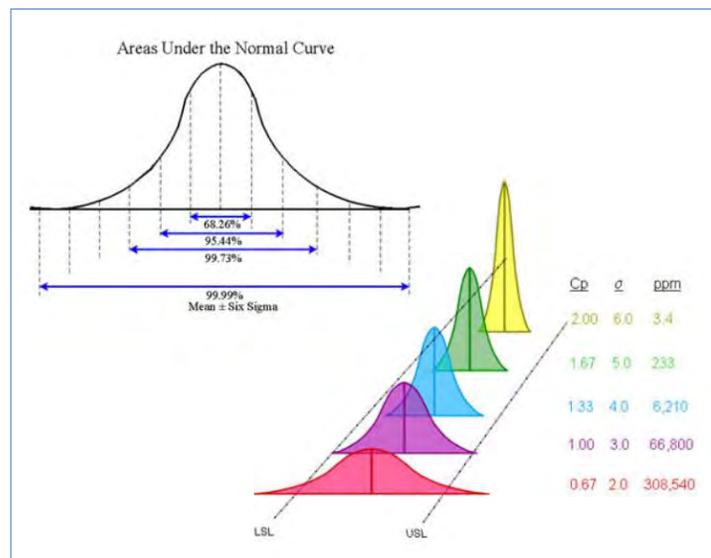


Figura 9: Demostración gráfica de los niveles Sigma  
Fuente: El día, 2007

La siguiente tabla demuestra el desempeño de cada nivel Sigma en número de Defectos Por Millón De Oportunidades (DPMO). El DPMO mide la eficiencia de un proceso indicando en número de desperfectos que se encuentran en un millón de oportunidades. Entiéndase oportunidades como el total de desperfectos posibles que pueda haber dentro de una unidad. Mientras menor sea el DPMO, más eficiente es un proceso.

Tabla 1: Nivel de desempeño por nivel Sigma

Nivel Sigma	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)
6	3.4
5	233
4	6 210
3	66 807
2	308 537
1	690 000

Elaboración propia

Existen varios modelos para la implementación de Six Sigma, las cuales tienen diferentes fines y usos, pero siempre enfocados en los procesos de mejora y la reducción de la variabilidad. Los principales modelos son:

- La metodología DMAIC: (en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control), se aplica para la mejora de actividades o procesos existentes de modo que puedan alcanzar los estándares de calidad establecidos.
- La metodología DMADV: (en inglés: Define, Measure, Analyze, Design, Verify), se aplica para rediseñar procesos que ya han sido mejorados, pero que requieran un mayor cambio para desarrollar productos con niveles de calidad Six Sigma.

Para la presente tesis, se usará e implementará la metodología DMAIC.

### 1.3.1. DMAIC

Este modelo de fases es utilizado como guía para proyectos de mejora. Utiliza la medición de datos y el análisis estadístico de los factores que favorecen el funcionamiento y rendimiento (McCarty, Bremer, Daniels, y Gupta, 2004).

Cada letra de la palabra DMAIC es el nombre, en inglés, de cada etapa de esta metodología. Estas son, Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analizar), Improve (Mejorar) y Control (Controlar). Para lograr un óptimo desarrollo del DMAIC es necesario:

- Identificar debidamente las necesidades y exigencias de los clientes.
- Determinar las causas a los problemas que perjudican al resultado final del producto o servicio en cuestión, evitando soluciones rápidas que puedan generar una toma de decisiones errónea y sin fundamento.
- Realizar todas las mediciones a los factores críticos del proceso, de modo que se conozca cada etapa del proceso a mejorar.

- Emplear herramientas estadísticas que sustenten y conduzcan a soluciones válidas y efectivas.
- Controlar las variables críticas mediante un seguimiento constante que valore los distintos factores que influyen en la calidad final.

El modelo DMAIC es una metodología simple y fácil de seguir dado sus cinco pasos a seguir, es una metodología muy difundida y aceptada para llevar a cabo el Six Sigma (Bersbach, 2009). Es por ello, que hemos optado por este método para la realización del proceso de mejora. En seguida, cada una de las etapas DMAIC será descrita con los diversos pasos y herramientas correspondientes a cada una de ellas.

#### **1.3.1.1. Definir**

Es la primera etapa de este proceso, lo que se debe realizar es definir, de manera cuántica lo que un cliente requiere, determinar qué características definen a un producto como problema o defecto, identificar los posibles proyectos de mejora en la empresa y analizar cuál de estos sería el más conveniente de ser ejecutado (Bersbach, 2009).

Cada etapa debe de resolver una serie de interrogantes para pasar al siguiente paso. En esta etapa debemos entender la necesidad de resolver el problema, identificar el flujo principal del sistema, determinar al objetivo final del proceso a estudiar, y establecer unas metas para cuando se finalice el proyecto.

Algunas de las herramientas aplicadas en esta etapa Six Sigma son:

##### **a. Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo de un proceso consiste en una secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones, etc. (Besterfield, 1995).

Este diagrama ayuda a conocer los eventos del proceso a través de una secuencia de pasos, muchos de estos eventos son críticos. Se representa por medio de símbolos gráficos estandarizados y de conocimiento general (Ver Figura 10).

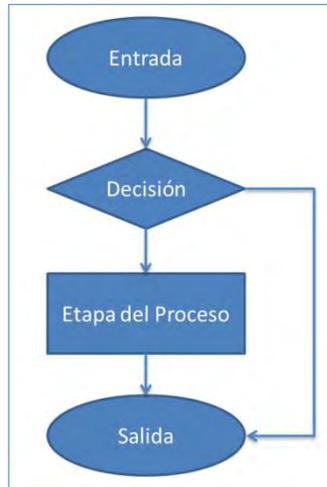


Figura 10: Diagrama de flujo  
Elaboración propia

**b. Diagrama de Pareto**

El principio de Pareto o regla de 80 – 20, aplicado en esta tesis, enuncia que el 20% del total de causas generan el 80% de los problemas o efectos que surgen en un proceso (Besterfield, 1995). El diagrama permite identificar los problemas en proceso y las causas principales de estos, y así, eliminar o reducir las causas iniciando por el más grande y así sucesivamente (Ver Figura 11).

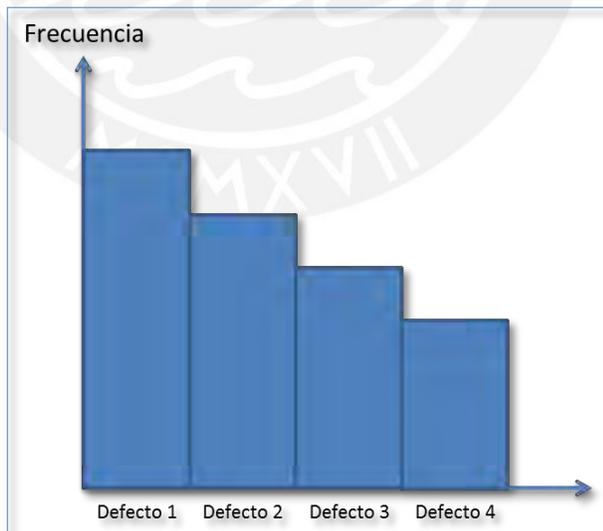


Figura 11: Diagrama de Pareto  
Elaboración propia

### c. SIPOC

Se utiliza para definir los elementos con mayor relevancia de un proceso que va a ser mejorado antes de que el trabajo inicie. La herramienta SIPOC engloba a los proveedores del proceso (**S**uppliers), entrada del proceso (**I**nputs), el proceso (**P**rocess), salidas del proceso (**O**utputs), y requerimiento de los clientes (**C**ustomer) (Rasmusson, 2006).

Al realizar el diagrama se debe identificar lo siguiente:

- Mapeo del proceso por niveles
- Proveedores del proceso
- Especificaciones en la entrada del proceso
- Salidas del proceso
- Clientes del proceso
- Requerimiento del cliente



Figura 12: Diagrama SIPOC  
Elaboración Propia

#### 1.3.1.2. Medir

Luego de haber definido adecuadamente el problema, se realiza una recopilación de datos. Se identifican las características que el cliente considere importantes conocidas como variables de desempeño, y determinar que parámetros son los que influyen en este desempeño. Se mide el rendimiento del proceso frente a las necesidades del cliente (Bersbach, 2009).

Al finalizar esta etapa debemos distinguir cuál es el proceso a mejorar y cómo este se desarrolla, tener indicadores cuantitativos y cualitativos de calidad e identificar las variables que repercuten más en esos indicadores. Conocer los instrumentos con las que se adquiere la información y la exactitud y precisión que tienen.

Algunas de las herramientas aplicadas en esta etapa Six Sigma son:

### **a. Gráfica de control**

Las gráficas de control se utilizan para mantener los valores de un proceso de acuerdo a un promedio histórico y límites de control (superior e inferior). (Ver Figura 13).

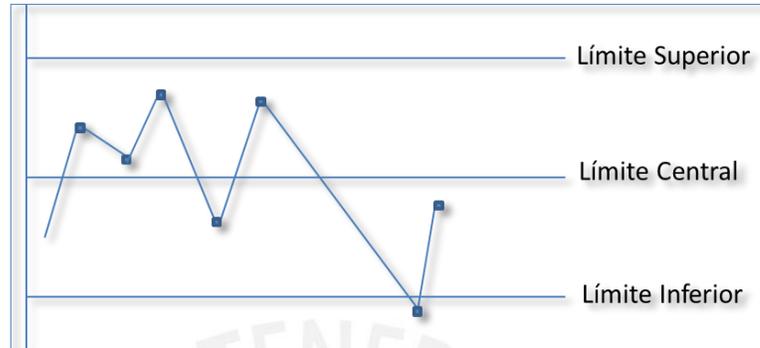


Figura 13: Gráfica de Control  
Elaboración propia

### **b. La voz del cliente (VOC)**

Este método ayuda a obtener el éxito en el desarrollo de un producto y/o servicio. Se realizan encuestas, foros de discusión y entrevistas, en los cuales el cliente brinda un feedback acerca del producto, indicando requerimientos y especificaciones del mismo, observaciones, reclamos y quejas. De esta manera, se puede proveer al cliente de un producto de mejor calidad.

### **c. Gage R&R**

El estudio R&R (repetitividad y reproducibilidad) analiza la variabilidad de medición de un sistema a través del estudio de las posibles razones de variabilidad de la misma, logrando tener mejor exactitud al momento de medir el proceso, de esta manera se reduce el gasto de tiempo y dinero (Harry, Mann, De Hodgins, Hulbert y Lacke, 2010).

La repetitividad, es la repetición de la medición que realiza un operario utilizando un mismo método. Por otro lado, la reproducibilidad es la medición que realizan diferentes operarios utilizando un mismo método.

### **d. FMEA**

El FMEA son las siglas en inglés de Failure Mode Analysis and Effects, que traducido al español significa Análisis de Modo de Falla y Efecto. Esta herramienta ayuda a reconocer los desperfectos de un proceso que deben ser minimizados o eliminados (Harry et al., 2010).

Las ventajas de aplicar esta herramienta son las siguientes:

- Reducir costos de desarrollo de producto. Valioso
- Documentar el proceso y dar seguimiento a las acciones para reducir riesgo.
- Aumentar satisfacción del cliente mejorando la calidad y confianza de los productos.
- Reconocer las etapas del proceso que son más beneficiosas al mismo.
- Determinar la desviación que genera el personal entrenado en el proceso.

### **1.3.1.3. Analizar**

Se analizan los datos adquiridos en la fase previa para identificar los factores que afectan el rendimiento del proceso de manera crítica. Se comprueba si el evento es un problema continuo o aleatorio. Se identifica el origen de los errores. Se emplean herramientas de análisis para estudiar los datos conseguidos y se estructura un plan de posibles mejoras mediante la formulación de distintas hipótesis (Bersbach, 2009). En esta fase, se sabrá qué variables son las que afectan más al proceso, cuáles de estas variables podemos controlar de modo que vaya acorde a las necesidades del cliente. Algunas de las herramientas aplicadas en esta fase Six Sigma son:

#### **a. Diagrama de causa – efecto**

Se utiliza para detectar las causas y consecuencias de los errores en el proceso. Primero, se observa y elige las inconformidades, fallas y/o errores de las características de calidad de los productos. Luego, se detallan las posibles causas que puedan generar estas inconformidades. Las causas son clasificadas de acuerdo a: máquina, materia prima, método de trabajo, operario y medio ambiente. (Ver Figura 14).

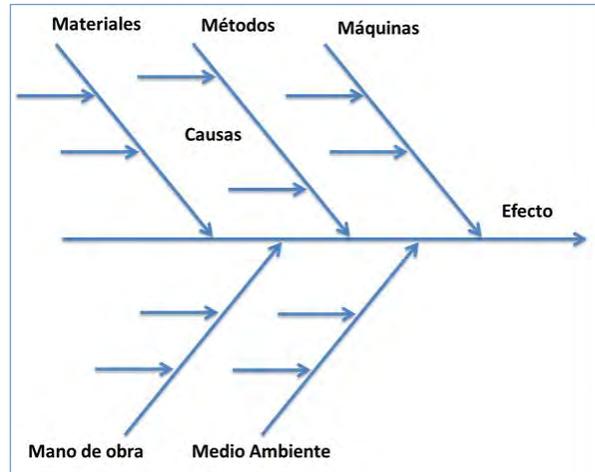


Figura 14: Diagrama de causa - efecto  
Elaboración propia

### **b. Diseño de experimentos (DOE)**

El diseño de experimentos es una herramienta utilizada para plantear los parámetros adecuados de un producto o servicio, de modo que se logre cumplir con los requerimientos previamente especificados, utilizando la mínima cantidad de pruebas posibles (Harry et al., 2010).

Para realizar un DOE, primero se define objetivos, los cuales deben estar ligados a la realidad. Luego, se eligen los parámetros que cumplirá el producto. Después se diseña el plan de pruebas y; finalmente, se realizan las mismas.

#### **1.3.1.4. Mejorar**

Identificar las relaciones causa/efecto de los diferentes procesos para poder predecir futuros escenarios y verificar estadísticamente posibles mejoras de estos procesos. En esta fase se desarrollan e implementan todas las opciones de mejoras que se estructuraron con anterioridad, luego se validan según los resultados. De los distintos experimentos que se realicen, se obtiene la mejor propuesta de cambio. Finalmente se obtienen las medidas para regularizar el problema inicial (Bersbach, 2009).

Al finalizar esta fase, se obtendrá una serie de propuestas de mejora, de las cuales se elegirá a la de mayor éxito. Se planificará la implementación de esta propuesta y controlará resultados mediante variables de desempeño. También se debe tener en cuenta si la solución propuesta es afín con las metas de la compañía.

#### **1.3.1.5. Controlar**

En esta última etapa se diseñan y establecen medidas de control que aseguren la sostenibilidad a largo tiempo de los nuevos estándares de calidad introducidos. Se debe diseñar una plan de control para asegurar que los procesos continúen de manera eficiente (Bersbach, 2009).

Tras realizar esta fase debemos tener en consideración lo siguiente: verificar que los resultados obtenidos están en relación con los objetivos establecidos para el proyecto. Además, estructurar un plan de acción para que los equipos de trabajo puedan mantener los defectos controlados una vez hayan sido reducidos y encontrar una metodología que permita monitorear y documentar el proceso.



## **CAPITULO 2. ESTUDIO DE CASOS**

En este capítulo, se presentará los casos exitosos en el que se ha empleado la metodología Six Sigma para poder analizar y mejorar un proceso dentro de una empresa.

### **2.1. Caso 1: Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la metodología Six Sigma**

**Autor:** Emilsen Pascual Calderón

**Año:** 2009

Tesis de Titulación del Repositorio de Tesis PUCP

El estudio empieza con la descripción de la organización, de los productos que vende y de las operaciones involucradas en el proceso. En seguida, se inicia la ejecución del ciclo DMAIC.

En la fase de definición; se determinan las necesidades y requerimientos del cliente, así como las características relevantes del producto, como la tonalidad de color, la calidad de material, el formato del producto, entre otros, para lo cual se desarrolla la metodología de Kano. Posteriormente, señala el proceso de impresión Offset, como el proceso a mejorar.

En la fase de medición; se establece cuáles son las variables más relevantes del proceso de impresión offset y se cuantifican. Además, se desarrollan herramientas de calidad como el estudio Gage R&R, gráficos de control, análisis de la capacidad del proceso y el nivel Six Sigma, para conocer el escenario actual del proceso.

Inicialmente, el porcentaje promedio de productos no conformes por tonalidad de color es del 3.0% y el nivel Six Sigma del proceso de 4.45.

En la fase de análisis; se identifica la procedencia del problema mediante el diseño de experimentos, con el cual se podrá mejorar los factores más relevantes en la impresión. Durante la fase de mejora, se establecen los valores para cada factor que optimizarán el proceso de impresión. Se proponen planes de acción; como capacitación y la elaboración de un instructivo de trabajo para el personal.

La fase de control; establece métodos para mantener los resultados de la fase de mejora de manera continua. La nueva capacidad del proceso es 1.0% y el nuevo nivel Six Sigma, 4.59.

En último lugar, realiza la evaluación económica la cual indica los beneficios económicos alcanzados tras realizarse la mejora.

Es importante realizar correctamente la etapa de definición, pues es la primera etapa con la cual se establecen los alcances del estudio. De esta forma, se evita realizar procesos redundantes o repetición de ensayos, en las etapas posteriores.

Lo que busca este estudio es reducir el número de hang tags rechazados por no tener la tonalidad de color correcta. Las indicaciones previas del producto señalan que las características del hang tag asignadas por el cliente deben permanecer igual y sin ninguna modificación.

Primero, Pascual identifica el proceso que mejorará y establece las características que deben ir en el producto, y cuáles son las que deben ser evitadas o contraladas. Tras la elaboración de un diagrama de Pareto, se conoce qué defectos son los que más aparecen en el proceso.

En la fase de medición, identificó los puntos de control de calidad que existen durante el proceso y agregó unos puntos más, basándose en la variabilidad que presentada en la toma de muestras.

Se ejecutaron pruebas de normalidad con sus respectivas gráficas de control para ser analizadas. Se hallaron los índices de capacidad del proceso para cada una de las variables identificadas. El cálculo de estos índices era relevante, si las variables cumplían con las condiciones siguientes: 1. La variable sigue una distribución normal (al no seguir una distribución normal, se realizó una transformación Box Cox). 2. El proceso se encontraba bajo control estadístico. 3. La media está centrada entre el Límite Superior y el Límite Inferior. (Ver Figuras: 15, 16 y 17)

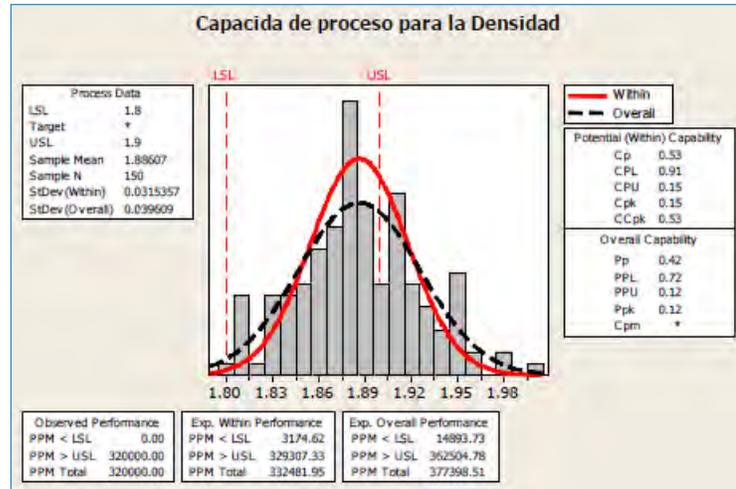


Figura 15: Capacidad de proceso para la densidad de la tinta  
Fuente: Emilsen Pascual Calderón (2009).

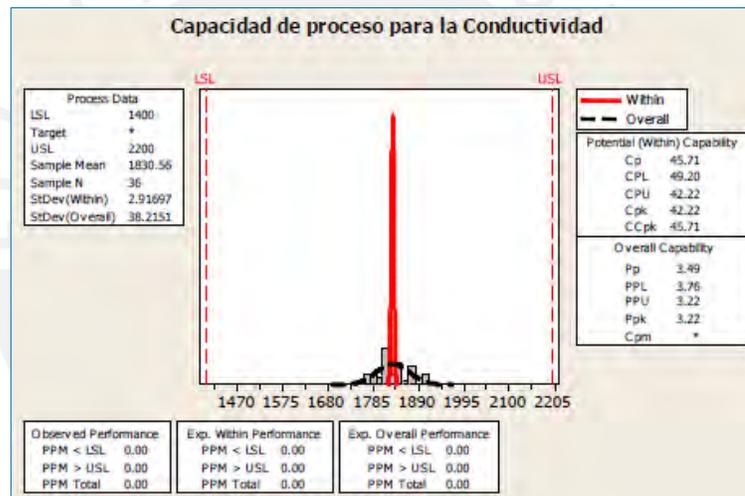


Figura 16: Capacidad de proceso de la conductividad  
Fuente: Emilsen Pascual Calderón (2009).

Para conocer cuál de los factores influía más variabilidad de estas variables, se realizó una prueba ANOVA.

En la fase de Análisis, se buscan las razones por las cuales se generan los defectos en los hang tags. Realizó experimentos con Minitab, incluyendo 3 factores Densidad de la tinta (A), Conductividad de la Solución de fuente (B) y tipo de papel (C), haciendo todas las combinaciones posibles para saber qué factores realmente afectan al resultado del producto. Se analizó si los factores interactúan, y se generó una ecuación que determina la cantidad de productos defectuosos que saldrían en base a estos factores.

En la fase de mejora, se ajustaron los factores relevantes con los datos obtenidos anteriormente. Se capacitó del personal en temas de calidad, densidad, uso de tintas y combinaciones. Se elaboraron instrucciones de trabajo y un programa de calibración de los equipos

En la fase de control, se emplearon gráficos de control de variable con el fin de tener un control periódico.

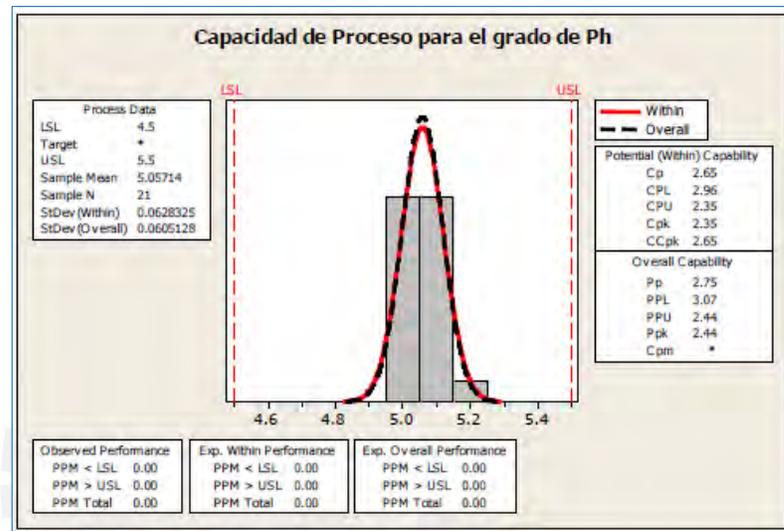


Figura 17: Capacidad de proceso para el grado de Ph  
Fuente: Emilsen Pascual Calderón (2009).

Finalmente se observa en los gráficos de control, las variables densidad de la tinta y conductividad no exceden los límites superior e inferior. Del mismo modo sucede con la proporción de productos no conformes.

Para la evaluación económica, primero se mide la capacidad de producción del proceso, se determina el costo de producción de su capacidad máxima, y luego el ingreso por ventas, para calcular finalmente la utilidad anual.

Luego se hace la evaluación económica de la inversión para realizar estas mejoras, obteniendo VPN y TIR.

## **2.2. Caso 2: Análisis y mejora de procesos en una empresa textil empleando la metodología DMAIC**

**Autor:** William Christopher Joseph Ordóñez Alcántara; y Jorge Arturo Torres Castañeda

**Año:** 2014

Tesis de Titulación del Repositorio de Tesis PUCP

**Resumen:** El objetivo de la presente tesis es reducir la variabilidad del proceso de corte en una empresa del rubro textil utilizando la metodología DMAIC.

En el marco teórico, se realiza el planteamiento de la metodología a utilizar. En seguida, se expone acerca de la organización, sus recursos y el principal proceso productivo. Además, tras realizar un diagnóstico, se opta por elegir al proceso de corte como el proceso más crítico. Posteriormente, se desarrolla la metodología DMAIC en el proceso elegido.

En la fase de definición, tras describir el proceso, realizar encuestas a los clientes, e identificar los principales problemas del proceso, se determina que la diferencia en medidas de las piezas cortadas es el principal problema dentro del proceso de corte.

En la fase de medición, se realiza la toma de datos con los cuales se eligen las variables críticas del proceso; para luego, planear la toma de muestras y obtener las medidas de la capacidad de proceso. Se verificó la exactitud de las herramientas de medición mediante la aplicación de un estudio R&R.

En la fase de análisis se identifican y analizan las causas que generan los productos defectuosos en el proceso de corte. Luego, se señalan cuáles son los factores más significantes para el resultado final, tras haber realizado el diseño de experimentos.

En la fase de mejora se plantean propuestas de mejora, teniendo en cuenta lo visto en las fases anteriores. Los valores óptimos de los factores más relevantes son colocados para obtener un mejorado proceso de corte. Además, se implementan herramientas de calidad como las 5'S, Poka Yoke, la estandarización del proceso de corte, un plan de capacitación para el personal y un plan de mantenimiento para la maquinaria.

En la fase de control, se utilizarán gráficas de control para cada una de las variables y la implementación de una hoja de verificación para poder monitorear el proceso.

Para finalizar, se realiza una evaluación de viabilidad de la inversión en esta propuesta de mejora, adquiriendo un resultado positivo.

**Situación Presente:** En el 2012, la asociación de exportadores (ADEX) señaló que la empresa en estudio fue la sexta empresa textil con más exportaciones ejecutadas, logrando un incremento cercano al 15 % respecto al año anterior. Se conoce además de algunos problemas que la empresa tiene durante sus procesos productivos.

Se identificaron los siguientes problemas en el proceso:

1. Debido a las características de cada tela y/o a la experiencia de los operarios, se encontraron errores en el tendido de tela, al momento de su tendido, causando prendas disperejas (proceso de corte).
2. Poner muchos paños de tela al realizar el corte, de esta forma se pierde la uniformidad de las piezas obtenidas (proceso de corte).
3. Errores que provienen de los operarios al utilizar los moldes con los que realizan el corte (proceso de corte).
4. El método de corte puede fallar, perdiendo uniformidad de las prendas (proceso de corte).
5. Falta de materias primas, telas u otros insumos requeridos por el área de corte, causando la paralización del área (proceso de planeamiento).
6. Retorno de prendas al área de corte tras encontrar defectos en las piezas cortadas. Defectos encontrados por parte del área de costura (proceso de corte).
7. Reproceso en el área de costura, a causa de defectos al momento de realizar la basta o costura de algún componente del polo (proceso de costura).
8. Se encuentran productos en proceso que contienen errores y que deben ser reprocesados (proceso de acabado).
9. Desorganización en los almacenes de productos terminados que requerirán mayor manipulación del material. No se observa un criterio de ubicación de los productos (proceso de almacenamiento).

Tras realizar una matriz de priorización, en la que se ponderan todas las problemáticas descritas bajo los criterios de Calidad, Costo, Producción, Seguridad y Tiempo de entrega, se llega a la conclusión que el proceso de corte es el proceso crítico de la empresa, al cual se le aplicará el proyecto de mejora junto a la metodología DMAIC.

**Propuesta:** Aplica la metodología DMAIC para el proceso de corte.

Primero, definió el proceso de corte por el cual pasa el producto Polo Box Ralph Lauren para identificar los principales problemas de este proceso.

Luego se utilizó un diagrama CQT (Critical Quality Tree) para plasmar la necesidad del cliente y lo que considera más importante al definir la calidad del producto.

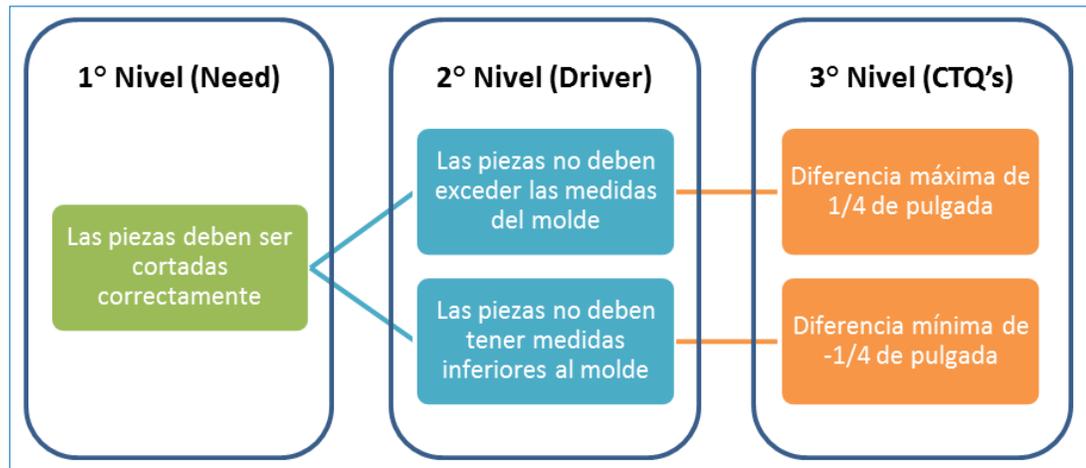


Figura 18: Diagrama CTQ para el área de corte  
Fuente: Ordóñez W. y Torres J. (2014)

En la etapa de medición, identificó las medidas de calidad actuales que utiliza la empresa y agregó unas más en base a la variabilidad que presentaban en la toma de muestras. También se realizaron pruebas de normalidad para realizar gráficas de control posteriormente.

Se calcularon índices de capacidad de procesos para las variables estudiadas. Para determinar si el cálculo de estos índices era relevante se hicieron pruebas para saber si se cumplían con las condiciones: 1. La variable sigue una distribución normal (se realizó una transformación Box Cox pues no seguían una distribución de tipo normal). 2. El proceso se encuentra bajo control estadístico. 3. La media está ubicada al centro entre el Límite Superior y el Límite Inferior. (Ver Figuras 19 y 20)

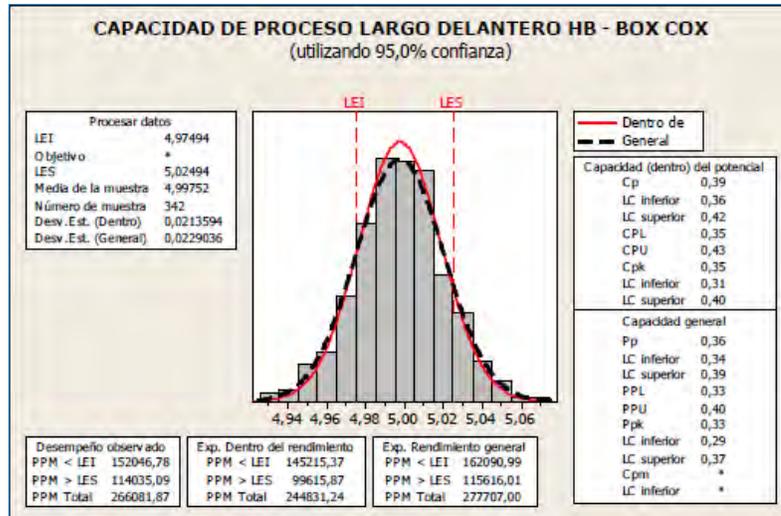


Figura 19: Capacidad de proceso largo delantero HB  
Fuente: Ordóñez W. y Torres J. (2014)

Se hizo una prueba ANOVA para saber a qué factor se debía la variabilidad de estas variables en el área de corte.

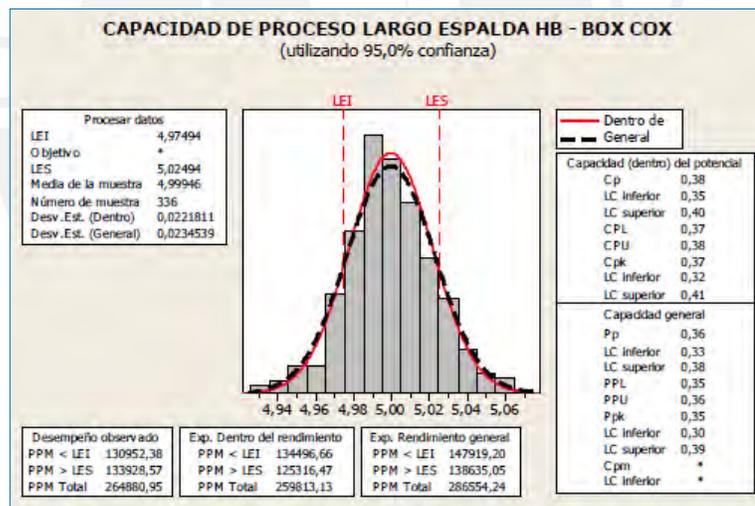


Figura 20: Capacidad de proceso largo espalda HB  
Fuente: Ordóñez W. y Torres J. (2014)

Durante la fase de Análisis, se buscan los orígenes de los defectos en los productos mediante el diagrama de Ishikawa, Análisis Modal Falla Efecto.

Realizó experimentos con Minitab, incluyendo 3 factores Número de paños (A), Tiempo de reposo (B) y Número de Operarios (C), haciendo todas las combinaciones posibles para saber qué factores realmente afectan al resultado del producto

En la fase de mejora, se ajustaron los factores relevantes con los datos obtenidos anteriormente. Se agregaron políticas usando el Poka Yoke, las 5'S y la capacitación del personal en temas de calidad, metodología DMAIC, Liderazgo, Mantenimiento de maquinarias y temas propios del sector textil.

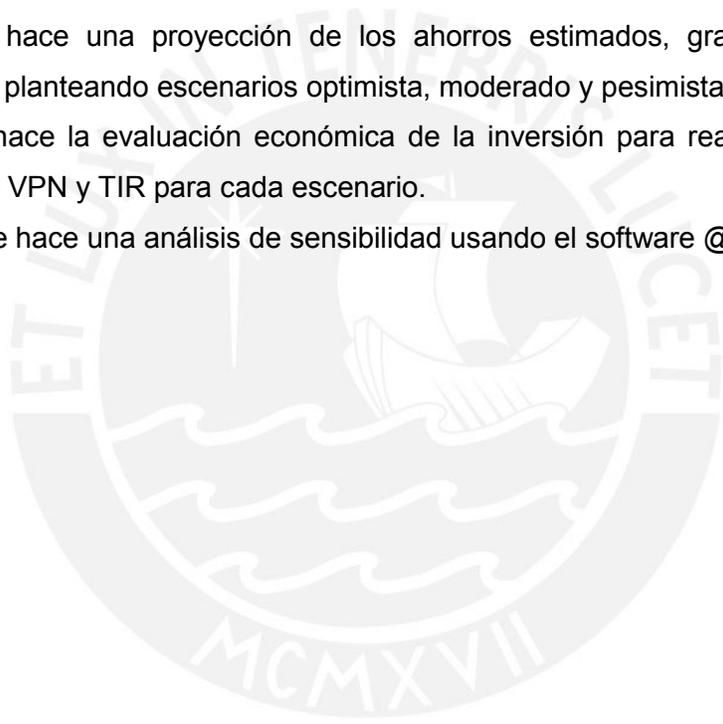
Durante la fase de control, se emplearon gráficos de control de variable para un control periódico (cada 4 horas) y el monitoreo con una hoja de verificación.

**Resultado:** Primero, se detalla el costo en el que se incurre por la implementación de las mejoras, por cada método (diseño de experimentos, Poka Yoke, 5'S, capacitación, etc.).

Luego Se hace una proyección de los ahorros estimados, gracias a las mejoras realizadas, planteando escenarios optimista, moderado y pesimista.

Luego se hace la evaluación económica de la inversión para realizar estas mejoras, obteniendo VPN y TIR para cada escenario.

También se hace una análisis de sensibilidad usando el software @risk.



### **2.3. Caso 3: Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma**

**Autor:** Olga Lucía Mantilla Celis; y José Manuel Sanchez García

**Año:** 2012

Artículo en ScienceDirect

El modelo propuesto en el artículo tiene como objetivo orientar a las empresas en la mejora de su desempeño logístico, teniendo en cuenta el incremento de la calidad de servicio y la disminución de costos. Se emplearon conceptos de cadena de suministros, manufactura esbelta, logística, Six sigma y Lean Six sigma para alcanzar el objetivo.

Se empleará la metodología DMAIC para el desarrollo del modelo, ejecutando las diferentes herramientas existentes para cada una de las fases.

Se sabe que cerca del 5% de las actividades de las empresas generan valor, y el 60% no lo hace completamente. Una tercera parte del tiempo productivo es empleado en actividades de manufactura, siendo el resto del tiempo, procesamiento de órdenes, ingeniería, compras, instalación y esperas. La posición de los países latinoamericanos en el Índice de Desempeño Logístico es relativamente baja, la mayor parte del costo logístico en el sector industrial de América Latina corresponde a las actividades de transporte y distribución con un 5.3%, inventario con un 5% y almacenamiento con un 2.5%, entre otras. El propósito del artículo es hacer que las operaciones logísticas sean más eficientes reduciendo la variabilidad y el desperdicio en la cadena de valor, manteniendo la mejora en la calidad de servicio al cliente y la reducción de costos.

Para poder mejorar el desempeño logístico de una empresa desde el punto de vista de servicio o costo logístico, los autores aplicarán el modelo LSSL, el cual se desarrollará mediante las etapas de la metodología DMAIC.

- 1) Fase de definición: la empresa debe conocer a sus clientes y sus necesidades, comprender cuál es la visión que tiene el cliente sobre la empresa misma, que identifique el desempeño logístico que tiene y que estudie su posición competitiva en el mercado, con el fin de para fijar un objetivo final en el mejoramiento. Se usarán las herramientas: voz del cliente, análisis de requerimientos, análisis Kano, VSM, SIPOC
- 2) Fase de medición: se recopila los datos que permitirán determinar a detalle la naturaleza del problema detectado en la etapa anterior, y para poder alcanzar los

objetivos del proyecto seleccionado. Primero se medirá el desempeño de los procesos involucrados en el proceso principal, luego se indicarán los puntos críticos, y finalmente se obtendrá la información para lograr el objetivo propuesto.

- 3) Fase de análisis: se realizará el análisis causal en los puntos críticos, además, para la identificación de causas de desperdicios, variabilidad y defectos se utilizarán diferentes herramientas como: análisis de Pareto, grafica de control, diagrama de causa efecto, pruebas de hipótesis, FMEA, Anova, regresión lineal, DOE, teoría de colas.
- 4) Fase de mejoramiento: se formulan propuestas de mejora que afecten a los objetivos del proyecto, logísticos y la estrategia de la cadena de suministros. Cada mejora propuesta estará definida con un análisis de los recursos que se necesitan para la implementación, costos de operación del nuevo sistema y beneficios potenciales, de esta manera será posible elegir la opción que genere mayor valor para el cliente y la empresa.

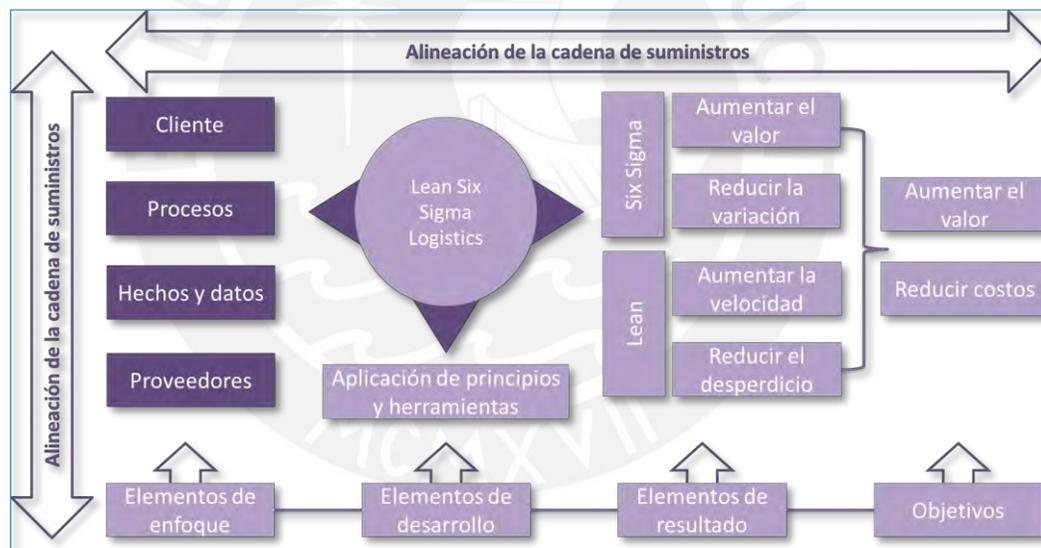


Figura 21: Modelo Lean Six Sigma Logistics  
Fuente: Mantilla O. y Sanchez J. (2012)

- 5) Fase de control: se validarán los resultados de las mejoras implementadas, se documentará y estandarizará para tener unos resultados más homogéneos, y se realizará el control de las implementaciones.

**Finalmente**, luego de aplicar la metodología LSSL, de acuerdo a los objetivos de six sigma, se logró reducir la variabilidad y defectos para agregar mayor valor, respecto a los objetivos de lean, se incrementó la velocidad de flujo y se eliminó el desperdicio.

## **CAPITULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN**

En este capítulo se describe la organización en estudio. Se presenta la descripción de la empresa, indicando el sector y actividad económica, el perfil empresarial y principios organizacionales, y el organigrama de la misma. Se enumera las entidades participantes del negocio, instalaciones y medios operativos. También se lista los productos fabricados por la empresa y los recursos que emplea en ellos.

### **3.1. La empresa**

La empresa es una Industria Gráfica que fue creada en el año 1996 en Lima con capitales nacionales y confiando en hacer empresa en el país. En sus inicios se dedicaba exclusivamente a la producción de Formularios Continuos; sin embargo, en la actualidad realiza también trabajos de impresión plana.

Según el sector y actividad económica de la empresa, se obtiene el siguiente giro según la clasificación por Código CIIU (Rev. 4): 1811

#### **Sección L: Industrias Manufactureras**

La empresa tiene como materia prima el papel, el cual es transformado físicamente según las especificaciones del cliente mediante cortes y perforaciones, además de añadirle distintas tonalidades de tinta de color.

#### **División 18: Impresión y reproducción de grabaciones**

La empresa realiza los trabajos de impresión empleando el método offset. De este modo reproduce una imagen desde una placa hacia un soporte, en este caso, el papel. También realiza la impresión digital en la cual la imagen se encuentra en un archivo informático y se imprime en papel directamente.

#### **Grupo 181: Impresión y actividades de servicios relacionadas con la impresión**

#### **Clase 1811: Impresión**

La empresa realiza la impresión de productos, como comprobantes de pago formularios comerciales, cheques, letras de cambio, entre otros y toda una variedad de productos de papelería y publicidad que requieran las empresas.

La empresa pertenece al Sector Secundario y sus actividades económicas están relacionadas al rubro de la Industria Gráfica y Editorial.

La empresa de la cual se hará estudio, está constituida de la siguiente manera:

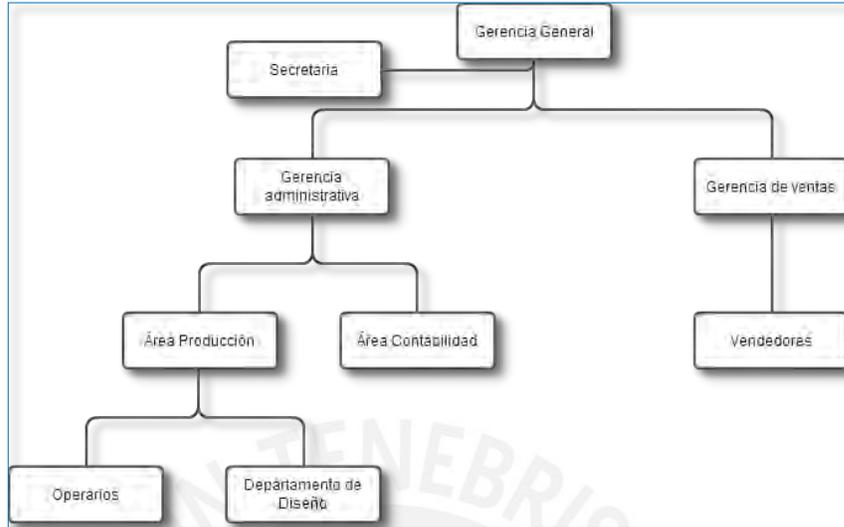


Figura 22: Organigrama

Elaboración propia

### 3.2. Perfil empresarial y principios Organizacionales

En este punto se detallarán los principios organizaciones y el perfil empresarial:

#### a. Misión

“Nuestra primera intención es dejar complacido al cliente desde que realiza su primer contacto con nosotros, brindándole un buen servicio en la atención y fabricación de sus productos. Existe un criterio prioritario para hacerlo con calidad.”

#### b. Visión

“Ser la imprenta nacional de mayor prestigio en el país, convirtiéndose en la mejor opción para los clientes que deseen imprimir sus productos.”

#### c. Valores

Se destacan ciertos valores en su organización, valores que debe tener cada miembro para garantizar la realización de la misión y lograr su visión. Los cuales son:

- Compromiso. Se está 100% comprometidos con el trabajo, la institución y el país. Se trabaja con entusiasmo porque se sabe que cada tarea que hacemos ayuda al desarrollo de Perú.
- Orientación al Cliente. Se busca ofrecer valor para los clientes externos e internos, anticipándonos a sus necesidades y excediendo sus expectativas.

- Respeto y Trabajo en Equipo. Somos un equipo. Valoramos las ideas de otros buscando en conjunto discutir e intercambiar opiniones que nos fortalecen como organización y como personas.
- Integridad. Se hacen las cosas que son correctas; porque se creen en ellas. Honradez y honestidad son las directrices en la realización de sus funciones.

### **3.3. Entidades participantes en el modelo del negocio**

A continuación, se listarán las entidades participantes en el modelo de negocio:

#### **a. Clientes**

Cuentan con un aproximado de 300 clientes que tienen en cuenta a la empresa como primera opción para realizar sus pedidos.

Los clientes son empresas que pertenecen a distintos rubros como Salud, Transporte, Alimentos, Textiles, Publicidad, entre otros. Cada una de estas empresas puede o no tener una estacionalidad en su demanda dependiendo del rubro al que pertenecen, lo cual afecta directamente a la cantidad de producto que solicitan a la imprenta.

#### **b. Competidores**

Los competidores de la empresa vienen a ser toda aquella organización que se dedica al rubro de industria gráfica, en su mayoría imprentas que realizan impresiones de comprobantes de pago en formato continuo o formato plano, e imprentas que realizan trabajos de papelería y publicidad en formato plano.

#### **c. Proveedores**

Los Proveedores se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla 2: Proveedores de la empresa

Proveedores Principales	Productos
<b>Antalis Perú S.A.</b>	Bobinas de Papel Autocopiativo
<b>Papelera Alfa S.A.</b>	Bobinas de Papel Autocopiativo Resmas de Papel Autocopiativo Resmas de Papel Bond - Folkotte - Couché - etc.
<b>Schroth Corporación Papelera S.A.C.</b>	Bobinas de Papel Autocopiativo Resmas de Papel Autocopiativo
<b>Cia. Peruana de Papeles S.A.C.</b>	Bobinas de Papel Autocopiativo
<b>Papelera Same S.A.C.</b>	Todo tipo de papelería al por menor
<b>Lión Graf S.R.L.</b>	Placas - Limpiadores - Mantillas y otros suministros
<b>Grafinal S.A.</b>	Tintas
<b>L.S.C. E.I.R.L.</b>	Cuchillas y reglas de corte Perforadores

Elaboración propia

### 3.4. Instalaciones y medios operativos

Las instalaciones y medios operativos con los que cuenta la empresa son:

#### 3.4.1. Fábrica o planta

El área del terreno de la empresa es de unos 350 m<sup>2</sup>. Poco más de la mitad, 216.5 m<sup>2</sup>, son de uso exclusivo de la planta de producción, mientras que parte el resto del área, 130 m<sup>2</sup>, ha sido empleada para construir dos pisos de oficinas interiores. En el primer piso se encuentran la gerencia general, la administración, el departamento de ventas y la recepción de la empresa, mientras que en el segundo piso se encuentra el departamento de diseño y el departamento de contabilidad.



Figura 23: Exteriores de la empresa SGS Integrat S.A.

Además, se cuenta con un almacén de los insumos y otro para las bobinas, así como uno para los productos terminados. El resto del área del terreno (20 m<sup>2</sup>), son para pasadizos y un punto de reunión o zona segura ubicada en la entrada de la empresa. (Ver Anexo 1: Distribución actual de la planta).

### 3.4.2. Sistema de organización de la producción

Al observar las características del proceso de producción se puede determinar que el tipo de sistema aplicado es la producción por lotes. Esto se evidencia en la producción discontinua que existe pues es necesario realizar una serie de cambios en las operaciones entre cada lote de producción, y además, no se conservan inventarios, son casi nulos.



Figura 24: Máquinas empleada en producción por lotes

Otras características observadas en el proceso de producción de la empresa son:

- Los trabajos se acumulan por el ancho del trabajo. Llegada cierta cantidad o fecha se empiezan a producir. Esto se hace para disminuir la cantidad de cambios entre lotes.
- La demanda es muy variable. Suelen haber pedidos que van desde el millar hasta 20 millares de producto.
- Hay bastante variabilidad entre los lotes. Si bien se agrupan por anchos para disminuir cambios, hay otras características que definen la preparación de la máquina que va a producir como el tipo de papel, el color de tinta, la distancia entre los cortes para desglose, entre otros.
- Todos los productos de impresión continua pasan por las mismas operaciones, pero con diferentes cualidades.

- La participación del operario se encuentra en la recarga y descarga de la máquina. Además está siempre observando que el producto salga bien, cumpliendo además un rol de control de calidad.

### **3.5. Productos**

La empresa se dedica principalmente a la producción de formularios continuos; sin embargo también realiza trabajos de papelería y publicidad que requiera una empresa. De tal modo, divide sus productos en dos rubros.

**Rubro 01.-** Formatos Continuos para Computadoras: El producto es definido por tres características dispuestas por el cliente: Tamaño, Cantidad de Colores y Cantidad de Copias. Según el producto, se escoge un tipo de papel.

- Impresiones en papel autocopiativo, se tienen:  
Comprobantes de Pago: La empresa tiene la autorización de la SUNAT para imprimir comprobantes de pago, entre los que produce se encuentran:
  - Facturas
  - Boletas
  - Notas de crédito
  - Notas de débito
  - Guías de remisión/remitente
  - Guías de remisión/transportista
- Impresiones en papel bond de diferentes gramajes y calidades, se ofrecen los siguientes productos:
  - Letras de Cambio
  - Boletas de Pago
  - Certificados
  - Planillas
  - Cheques
  - Tickets de control

### **Rubro 02.-** Productos de Imprenta en General

Toda la gama de papelería y publicidad que pueda requerir una empresa. En este rubro la variedad es mayor en cuanto a tipo de papel, tamaños, colores, y otras especificaciones del cliente. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Sobres
- Hojas membretadas
- Brochures
- Catálogos
- Volantes
- Afiches
- Folders
- Tarjetas Personales
- Etiquetas
- Adhesivos
- Cajas
- Agendas
- Cuadernos
- Libretas
- Reglamentos
- Manuales
- Otros

### 3.6. Recursos

La empresa cuenta con los siguientes recursos físicos:

#### 3.6.1. Recursos físico: Materias primas e insumos

Las materias primas e insumos a usar en el proceso productivo, son los siguientes:

Tabla 3 - Materias primas e insumos del proceso

<b>Materia prima o insumo</b>	<b>Unidad</b>
Papel	Kilogramo
Tintas	Kilogramo
Cuchillas de corte	
Reglas de perforación	Metro
Limpiadores de rodillos	Litro
Pines de perforación	
Placas	
Revelador de placa	Litro
Cintas de embalaje	

Elaboración propia

## CAPITULO 4. PRE-DIAGNOSTICO

En el presente capítulo, se realizará el pre-diagnóstico general de la empresa, para luego desarrollarla a fondo en el siguiente capítulo.

### 4.1. Descripción de modelo actual de los procesos de la empresa

El flujo de los procesos actuales de la empresa sigue la siguiente línea. A continuación se detallará cada proceso. (Ver Anexo 2: *Flujograma detallado de los procesos de la empresa*)



Figura 25: Flujograma empresa  
Elaboración propia

### **Recepción de pedido**

El flujo de procesos de la empresa inicia con la recepción de pedido, que puede ser de dos maneras: vía llamada telefónica o en persona al acercarse el vendedor al cliente. Si el pedido no es repetido, se realiza la cotización y el cliente evalúa si continúa con el proceso de compra o no. En caso el pedido sea repetido, y/o el cliente acepte continuar con la compra, se identifica si el pedido se trata de un comprobante de pago o de otro producto, en caso sea el primero, se siguen los siguientes pasos:

1. Obtener permiso de la SUNAT por medio de internet (la empresa se encarga)
2. Validar los datos ingresados.
3. Si el pedido es repetido, utilizar los datos de las muestras archivadas, caso contrario, solicitar una muestra física al cliente.
4. Ingresar el pedido.

Si se trata de otro producto, el pedido es ingresado directamente.

### **Ingreso de pedido**

Una vez ingresado el pedido, el jefe de producción descarga las órdenes de pedido e identifica de que tipo es: repetido o nuevo. Si es nuevo, se utiliza la muestra física solicitada al cliente, se llena la "Pre-Orden de producción", luego la "Orden de Taller" con los datos de la "Pre-Orden de producción", se adjunta la "Orden de Pedido" y el documento anterior.

Si se trata de un pedido repetido, se llena la "Orden de Taller" con los datos de la muestra de los trabajos anteriores, se adjunta la muestra anterior y "Orden de Pedido".

### **Diseño de pedido**

Si el pedido es nuevo, el diseño se realiza en una computadora con las indicaciones de la muestra física, si es comprobante de pago, se considera la nueva numeración, autorización de SUNAT y fecha de impresión.

Si es repetido, se realiza la copia del diseño, cambiando numeración, autorización de SUNAT y fecha de impresión, teniendo en cuenta los pequeños cambios en el diseño si es que el cliente lo solicita.

Una vez que está listo el diseño, se verifica que cumpla con todos los datos de la Orden de Pedido, y se procede a imprimir en papel manteca y cuadrarlo en la mica, luego se quema en la placa y se rebela.

### **Proceso Productivo**

Al tener listos el diseño (quemado en la placa) y la orden de pedido, ambos son asignados a las máquinas correspondientes. Después, se procede a preparar la máquina para realizar la producción del pedido. Al tenerlo listo, se empaqa.

### **Almacenaje de productos terminados**

Después del empaquetado, el pedido es enviado a la sala de despacho, para que luego sea entregado a los clientes respectivos.

Cuando el cliente recibe el producto, realiza el pago por éste, puede ser pago en efectivo contra entrega o por depósito a la cuenta de la empresa. Si el pago se realiza de la segunda manera, la empresa debe corroborar el depósito a través del voucher que el cliente envía vía correo electrónico.

Para identificar los procesos más críticos en la empresa, se emplea la matriz de priorización la cual cuantificará la relevancia de cada proceso contrastado con criterios considerados importantes para la empresa. Primero se muestran las puntuaciones con las cuales los criterios serán comparados:

**Tabla 4** - Escala de preferencias

<b>Planeamiento verbal de la preferencia</b>	<b>Calificación Numérica</b>
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente preferible y fuertemente preferible	3
Moderadamente preferible	4
Entre igualmente preferible y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Elaboración propia

A continuación, se muestran los criterios que la empresa considera relevantes para su buen desempeño:

**Tabla 5:** Criterios para los procesos

CRITERIO	LETRA
Satisface las expectativas del cliente	A
Contribuye con las utilidades	B
Genera valor agregado al cliente	C
Afecta la calidad de los productos	D
Nivel de control que presenta	E
Presenta considerables problemas	F
Recursos usados	G

Elaboración propia

Se realizan las comparaciones pareadas para determinar los porcentajes de relevancia para cada criterio.

Tabla 6: Matriz de comparación pareada (Matriz A)

	A	B	C	D	E	F	G
A	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00	4.00	6.00
B	0.50	1.00	1.00	2.00	2.00	3.00	4.00
C	0.50	1.00	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00
D	0.33	0.50	0.50	1.00	2.00	2.00	2.00
E	0.33	0.50	0.50	0.50	1.00	2.00	2.00
F	0.25	0.33	0.33	0.50	0.50	1.00	2.00
G	0.17	0.25	0.33	0.50	0.50	0.50	1.00
TOTAL	3.08	5.58	5.67	9.50	11.00	15.50	20.00

Elaboración propia

Tabla 7: Matriz de comparación pareada (Matriz N normalizada).

	A	B	C	D	E	F	G	PROM
A	0.32	0.36	0.35	0.32	0.27	0.26	0.30	0.31
B	0.16	0.18	0.18	0.21	0.18	0.19	0.20	0.19
C	0.16	0.18	0.18	0.21	0.18	0.19	0.15	0.18
D	0.11	0.09	0.09	0.11	0.18	0.13	0.10	0.11
E	0.11	0.09	0.09	0.05	0.09	0.13	0.10	0.09
F	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.10	0.07
G	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05

Elaboración propia

Finalmente se realiza la matriz de priorización.

Tabla 8: Matriz de priorización

CRITERIOS	Satisface las expectativas del cliente	Contribuye con las utilidades	Genera valor agregado al cliente	Afecta la calidad de los productos	Nivel de control que presenta	Presenta considerables problemas	Recursos usados	Ponderación	Nivel de importancia
<b>PROCESOS</b>	<b>31%</b>	<b>19%</b>	<b>18%</b>	<b>11%</b>	<b>9%</b>	<b>7%</b>	<b>5%</b>		
Ingresar pedido	1	1	1	1	3	1	1	1.19	6.99%
Diseñar Pedido	3	2	3	3	2	1	2	2.54	14.94%
Planificar Producción	2	2	2	3	3	3	1	2.23	13.09%
Producir productos	3	3	3	3	2	2	3	2.84	<b>16.70%</b>
Inspeccionar productos	1	1	1	3	3	2	1	1.48	8.72%
Empaquetar productos	2	1	2	1	3	1	1	1.68	9.87%
Almacenar productos	1	1	1	3	2	1	1	1.32	7.78%
Entregar productos	3	3	3	2	2	2	1	2.63	<b>15.46%</b>
Cobrar factura	1	1	1	1	2	1	1	1.09	6.43%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>17.00</b>	<b>100%</b>

Elaboración propia

Se observa que los procesos más críticos son lo de la Producción de los productos y la Entrega de los Productos, por lo que se debe enfocar la implementación del Six Sigma en estos.

#### 4.2. Selección de la línea de producción a mejorar

La empresa cuenta con dos rubros de productos: las impresiones en formato continuo y las impresiones que formato plano. Ambas tienen procesos similares que van desde el diseño, la creación de la placa o el archivo digital respectivamente, la impresión, el empaquetado y despacho.

Para determinar en qué familia hay que enfocarse se ha realizado un análisis ABC, para determinar los productos que más participación económica tienen en la empresa. Se han elegido los meses que van desde Abril 2014 a Abril 2015.

Según la siguiente tabla, a primera vista se observa que los productos del formato continuo representan el 93.3% de los montos facturados en un año.

Tabla 9: Participación Económica de cada rubro

Rubro	Importe Anual	Porcentaje de participación
Formato Continuo	S/. 1,094,611.53	93.30%
Formato Plano	S/. 78,616.80	6.70%
<b>Total</b>	<b>S/. 1,173,228.33</b>	<b>100.00%</b>

Elaboración propia

Por el análisis ABC realizado (Ver *Tabla 10: Análisis ABC*), se puede determinar que los 5 primeros productos son los más representativos de la empresa. Además, estos pertenecen al rubro de Formato Continuo por lo que confirma lo observado en la tabla 9.

Con las observaciones realizadas y las acotaciones mencionadas por el personal de la empresa, se han encontrado las siguientes problemáticas a resolver:

- El planeamiento de las operaciones de producción no está especificado, es decir, no existe un plan adecuado que organice las entradas y salidas de los pedidos en la planta de producción, ya que los pedidos se acumulan antes de ingresar a esta sin tener en cuenta algún tipo prioridad.
- No existe una proyección de la demanda. Al no haberse realizado esta proyección, el área de ventas no conoce a ciencia cierta cuanto vende mensualmente ni cuanto más podría vender, mientras que el área de producción no sabe la cantidad de materia prima o insumos que debe solicitar.
- El área de planta de la empresa trabajaba anteriormente 68 horas semanales (1 turno de 8 horas de lunes a sábado y 4 horas extras, todos los días de lunes a viernes), pero se cambió a 2 turnos de lunes a sábado, dando un total de 96 horas semanales. A pesar de haberse aumentado la cantidad de horas de trabajo, se sigue produciendo lo mismo según los indicadores que emplean, es decir, S/. 30 000 nuevos soles semanalmente.

Tabla 10: Análisis ABC

Producto	Rubro	Importe Anual	% de Participación	% Acumulado
Guía de Remisión - Remitente	Continuo	S/. 339,609.30	28.95%	28.95%
Factura	Continuo	S/. 249,316.59	21.25%	50.20%
Boletas de Venta	Continuo	S/. 211,820.64	18.05%	68.25%
Orden de Atención Ambulatoria	Continuo	S/. 54,720.00	4.66%	72.92%
Guía de Remisión - Transportista	Continuo	S/. 42,336.00	3.61%	76.52%
Boletos de Viaje	Continuo	S/. 40,860.00	3.49%	80.01%
Formatos Internos	Plano	S/. 30,575.40	2.61%	82.62%
Notas de Crédito	Continuo	S/. 29,329.00	2.41%	85.03%
Orden de Entrega de Medicamentos	Continuo	S/. 22,890.00	1.95%	86.98%
Formatos Internos	Continuo	S/. 20,370.00	1.74%	88.71%
Orden de Servicio	Continuo	S/. 13,125.00	1.12%	89.83%
Recibos	Continuo	S/. 12,705.00	1.08%	90.92%
Guía de Remisión - Remitente	Plano	S/. 10,320.00	0.88%	91.80%
Boletas de Venta	Plano	S/. 10,284.00	0.88%	92.67%
Notas de Débito	Continuo	S/. 9,270.00	0.79%	93.46%
Letra de Cambio	Continuo	S/. 8,865.00	0.76%	94.22%
Comprobantes de Percepción - Venta	Continuo	S/. 8,001.00	0.68%	94.90%
Declaración Simplificada	Continuo	S/. 7,560.00	0.64%	95.54%
Papel Membretado	Continuo	S/. 5,220.00	0.44%	95.99%
Orden de Compra	Plano	S/. 5,040.00	0.43%	96.42%
Factura	Plano	S/. 4,860.00	0.41%	96.83%
Hoja de Liquidación	Continuo	S/. 4,521.00	0.39%	97.22%
Volante Recetario	Plano	S/. 4,019.40	0.34%	97.56%
Comprobante de Retención	Continuo	S/. 3,255.00	0.28%	97.84%
Boleta de Pago	Plano	S/. 2,970.00	0.25%	98.09%
Liquidación de Cobranza	Continuo	S/. 2,880.00	0.25%	98.34%
Recibo de Cobranza	Continuo	S/. 2,820.00	0.24%	98.58%
Notas de Crédito	Plano	S/. 2,340.00	0.20%	98.78%
Stickers	Plano	S/. 1,998.00	0.17%	98.95%
Consola con Logo	Continuo	S/. 1,833.00	0.16%	99.10%
Notas de Débito	Plano	S/. 1,800.00	0.15%	99.26%
Papel Membretado	Plano	S/. 1,740.00	0.15%	99.41%
Guías Internas	Continuo	S/. 1,575.00	0.13%	99.54%
Tarjetas Personales	Plano	S/. 1,440.00	0.12%	99.66%
Cupones de Sorteo	Plano	S/. 1,230.00	0.10%	99.77%
Boletas de Pago	Continuo	S/. 1,200.00	0.10%	99.87%
Notas de Pedido	Continuo	S/. 930.00	0.08%	99.95%
Papel Consola	Continuo	S/. 600.00	0.05%	100.00%
Total		S/. 1,174,228.33	100.00%	

Elaboración propia

## CAPITULO 5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

De acuerdo al diagnóstico presentado en el capítulo 4, el proceso crítico es el proceso de producción en la imprenta. En este capítulo se desarrollará la metodología DMAIC, con el fin de realizar un diagnóstico a detalle y dar una propuesta de mejora a la problemática de la empresa.

Se comenzará identificando los problemas existentes de producción en la familia de “3 colores a más, un original y 2 copias a más” de la línea de formularios continuos, identificado en el capítulo anterior. Luego, se realizará la medición del proceso, y se analizarán los resultados correspondientes. Después, se diseñarán las propuestas de mejora, y finalmente, se implementará el control respectivo.

### 5.1. Definir

En la etapa definir, se describe la base para el desarrollo del proyecto.

#### 5.1.1. SIPOC

Para describir el proceso de producción de la imprenta, se utilizará el diagrama SIPOC para identificar de una manera sencilla las partes que se ven implicadas en el mismo: proveedores, entradas, proceso, salidas, y clientes.



Figura 26: SIPOC del proceso productivo

Elaboración propia

Se observa que: el departamento de diseño realiza el diseño y quemado del mismo en las placas, la secretaría se encarga de generar la orden de pedido, y el área de contabilidad realiza las compras de las materias a utilizar, y en este caso suministra la tinta y las bobinas de papel (CF, CFB y CB).

Después de realizado el proceso de producción, se obtienen las hojas de CF, CFB y CB impresas, intercaladas y numeradas, listas para la inspección y el posterior empaquetado.

### **5.1.2. DOP**

Para detallar el proceso de producción de la empresa, se realizó un DOP de la familia de productos de formularios continuos seleccionada (Ver figura 27).

El proceso productivo de los formularios continuos inicia al tener listos la placa rebelada y la Orden de pedido, los cuales se asignan a la máquina correspondiente para imprimir el pedido.

El maquinista se encarga de realizar el montaje de la máquina, es decir, sacar la bobina que se utilizó en el proceso anterior y los utensilios que se utilizó (cuchillas, etc.), además de limpiar los cilindros utilizados, por último, coloca nuevas cuchillas a emplear en el proceso.

Luego, se coloca la primera bobina de papel a utilizar (CF) y se inicia el proceso de impresión. Se calibra el matizado de los colores cuando la máquina está en funcionamiento (sólo al colocar la primera bobina cuando la máquina comienza a funcionar, por lo que se considera una merma del 10%).

Cada vez que finaliza la impresión, se almacenan en las paletas, después se procede a cambiar la bobina por cada tipo de papel que se utilizará (CFB, CB).

Al tener listas todas las hojas impresas y almacenadas en las paletas, el operario realiza el intercalado en la máquina intercaladora, para luego pasar a la máquina de enumeración.

La enumeración de un pedido que lleva más de 3 colores se realiza en la máquina numeradora; por otro lado, si es de menos colores se realiza en el último cilindro de la máquina de impresión y pertenece al proceso de impresión.

Antes de realizar el enumerado de hojas, se debe armar la máquina y colocar los sellos.

Si el pedido lleva 4 colores, se hace uso de la máquina repasadora para imprimir el color faltante, y continúa con el proceso de numeración.

El pedido también puede llevar código de barras original (a solicitud del cliente), el cual puede ir en cada hoja y luego proceder al intercalado y numerado. O sólo en la primera hoja (original) y las copias obtienen el código de barras por acción del papel autocopiativo, pero primero se debe realizar el intercalado y enumerado; por último, pasar por la máquina de código de barras.

Se puede dar los siguientes casos:

- Que el cliente requiera que las hojas tengan código de barras, el original en la primera hoja y las copias por medio del papel autocopiativo.
- Que el cliente requiera que las hojas tengan código de barras, original en cada copia.

Tiempos empleados en el proceso productivo de 1 millar de formularios continuos con las especificaciones dadas anteriormente:

Tabla 11: Tiempos para 1 millar de formularios continuos

Operación	Tiempo (minutos)
Desarmar máquina	30
Armar máquina	30
Colocar bobina	5
Calibrar matizado de colores	2
Impresión de hojas CF	7.5
Almacenar en paleta	3
Cambiar bobina	5
Impresión de hojas CFB	15
Impresión de hojas CB	7.5
Intercalado de hojas	20
Armar enumeradora	30
Numeración	15

Elaboración propia



Figura 27: DOP del proceso productivo  
Elaboración propia

### 5.1.3. Fallas frecuentes

Los errores más frecuentes que se dieron en el proceso de producción durante el periodo Abril 2014 – Abril 2015, serán mostrados en la siguiente figura:

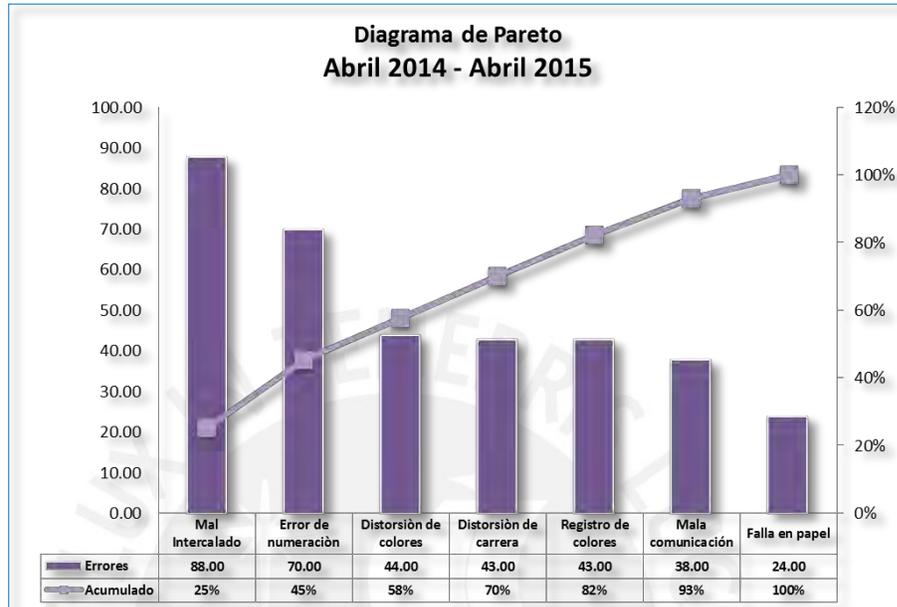


Figura 28: Diagrama Pareto del proceso productivo. Periodo Abril 2014 – Abril 2015  
Elaboración propia

En la figura anterior, se observa que el 82% de las fallas se deben al mal intercalado, error de numeración, distorsión de colores, distorsión de carrera y registro de colores. Los cuales, son detallados a continuación, al igual que los demás errores:

- Mal intercalado: Como se ha explicado, las impresiones que solicitan los clientes suelen venir con copias. Uno de los errores que se observan es el mal intercalado entre las hojas de colores para copias y la hoja original, imprimiendo así en la hoja incorrecta. También puede pasar que la máquina se detenga durante el proceso, por lo que se tiene que estar revisando constantemente.
- Error de numeración: La numeración que las facturas o boletas solicitadas por el cliente deben ser confirmadas por la SUNAT al cliente. Algunas veces, el cliente entrega información incorrecta, o la información se ve afectada durante el proceso y se realiza una numeración incorrecta.

- Distorsión de carrera: Sucede cuando la distancia entre los agujeros de los extremos no es la estándar. Ya que las impresiones continuas serán finalmente usadas por los clientes en impresoras especiales, la distancia entre los agujeros debe ser la estándar. El error aparece cuando la tensión de la bobina dentro de la máquina no es la suficiente, añadiendo así más espacio entre los agujeros. También es necesario considerar el clima, en invierno el frío deforma el papel.
- Distorsión de colores: El error sucede cuando la tonalidad en los colores de la impresión no es la correcta o solicitada por el cliente. Suele suceder por error del maquinista o calidad de las tintas.
- Registro de colores: Error en la posición de los colores. El error sucede en el área de diseño, al momento de crear las placas de impresión. Las placas por color son sobrepuestas indebidamente, esto hace que la impresión tenga colores sobrepuestos uno sobre el otro.
- Mala comunicación: Ocurre cuando hay cambios a último momento, que no han sido comunicados correctamente a la persona responsable, por lo que se debe rehacer parte del proceso.
- Falla en el papel: También puede suceder que el papel no reaccione con las demás copias. Sucede cuando la presión en los rodillos es demasiada y malogra las cápsulas que hay en el papel, o por exceso de calor o frío. Las bobinas deben estar a una temperatura normal.

#### **5.1.4. Definición de la problemática**

De acuerdo a lo detallado en los párrafos anteriores, las principales fallas en el proceso productivo se presentan en las copias de las hojas de los formularios mal intercalados, al numerar los formularios, en la distorsión de colores al ser impreso en el papel, la distorsión de la carreta y el registro de colores.

De los 5 tipos de fallas más representativas encontrados en el diagrama de Pareto, se observa que el área de producción no puede controlar de manera directa las fallas por registro de colores, ya que este error se viene arrastrando desde el diseño del pedido.

Por otro lado, las cuatro fallas representativas restantes sí se pueden controlar de manera directa y pueden ser reducidas al mejorar el proceso de producción.

## **5.2. Medir**

En esta etapa, se seleccionará las variables a medir de las fallas más representativas haciendo uso de la FEMA, y se realizará las mediciones para validar el sistema.

Además, se realizará la prueba de normalidad a las variables seleccionadas y se mostrarán sus respectivas graficas de control y los índices de capacidad.

Por último, el estudio Gage R&R determinará la veracidad del sistema de medición.

### **5.2.1. Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE)**

Con el AMFE, se identificarán los puntos de fallos potenciales y se determinará como atacar el error.

Primero, se realizó una entrevista a los operarios de la planta, solicitando las causas por las que existía las principales fallas en el proceso productivo (mal intercalado, error de numeración, distorsión de colores, distorsión de carrera).

Las cuales fueron:

#### Mal intercalado

- Operador: El error humano está presente al momento de la preparación de la máquina. El no colocar correctamente las hojas puede suceder por mala comunicación, o distracción del maquinista
- Velocidad de la máquina: Una velocidad rápida puede impedir la detección de algún traspase de papel durante el proceso.

#### Error de numeración

- Velocidad de la máquina: Una alta velocidad puede hacer que uno de los papeles se traspapele y pierda la numeración.
- Fallo de la máquina: En varias ocasiones también sucede que la máquina se detenga en pleno proceso y se tenga que rehacer la numeración en cierto punto.

### Distorsión de colores

- pH de la solución de agua: Para que la tinta y la solución de agua logren mezclarse adecuadamente, ya que el agua y la tinta no son miscibles, el nivel de pH de la solución debe encontrarse en el rango adecuado (4.5 – 5).
- Velocidad de la máquina: Una alta velocidad podría dificultar la adherencia de la tinta al papel.
- Operador: La habilidad del operario influye al momento de realizar las mezclas entre tintas para hallar el color deseado por el cliente.

### Distorsión de carrera

- Tensión del papel: Un papel mal tensionado, hace que la distancia entre los agujeros de la carreta no cumpla con los estándares establecidos.
- Velocidad de la máquina: La velocidad de la maquina interfiere con la tensión pudiendo disminuirla.
- Humedad del ambiente: La humedad del ambiente deforma el papel lo cual afecta la distancia entre los agujeros.

Luego, se realizó el análisis de fallas y efectos para identificar que fallas poseen el mayor índice de prioridad de riesgo durante el proceso de producción. Para esto se asignaron valores de Gravedad, Ocurrencia y Probabilidad de no detectar las fallar. (Ver Anexo 3).

#### **5.2.2. Selección de variables a medir**

Luego de identificadas las fallas potenciales del proceso de producción, se pudo determinar las diferentes variables que tiene el proceso. Sin embargo, con ayuda de los mismos operarios, se seleccionaron las variables que afectan directamente a la calidad del producto, las cuales serán medidas, son:

- Velocidad de máquina de impresión
- Velocidad de máquina de intercalado
- Cantidad de demasia
- pH de la solución de agua

#### **5.2.3. Prueba de Normalidad**

En este capítulo se prueba la normalidad de las variables seleccionadas.

### 5.2.3.1. Prueba de normalidad para la velocidad de la máquina de impresión

Las figuras 29 y 30, muestran el resumen de las características y la prueba de normalidad de la variable “Velocidad de la máquina de impresión”, respectivamente.

Con un intervalo de confianza de 95%, se observa que la media de la variable se encuentra entre 8.4625 y 10.2825 millares por hora, y la desviación estándar, entre 0.8750 y 2.3224 millares por hora.

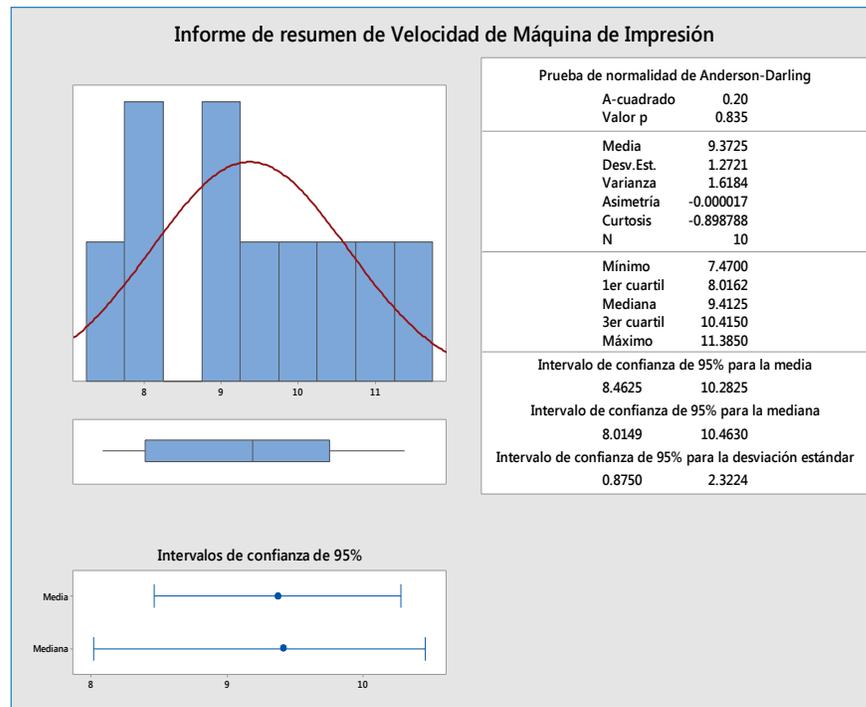


Figura 29: Resumen descriptivo para Velocidad de Máquina de Impresión

Elaboración propia

El p-value es de 0.835 siendo mayor a 0.05, es decir, mayor al nivel de confianza aceptado, por lo que se afirma que los datos se ajustan a la distribución normal con una media de 9.3725 millares por hora y una desviación estándar de 1.2721 millares por hora. Se observa un coeficiente de variación alto (13.6%), lo cual indica una alta dispersión en los datos.

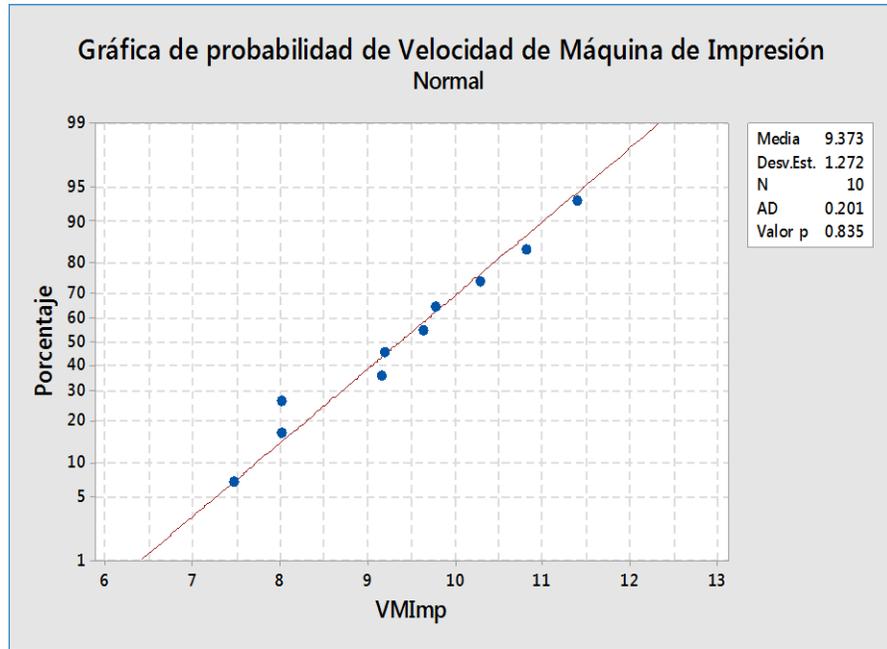


Figura 30: Prueba de normalidad Velocidad de Máquina de Impresión  
Elaboración propia

### 5.2.3.2. Prueba de normalidad para la velocidad de la máquina de intercalado

Las figuras 31 y 32, muestran el resumen de las características y la prueba de normalidad de la variable “Velocidad de la máquina de intercalado”, respectivamente.

Con un intervalo de confianza de 95%, se observa que la media de la variable se encuentra entre 8.7028 y 9.5082 millares por hora, y la desviación estándar, entre 0.3872 y 1.0276 millares por hora.

El p-value es de 0.110 siendo mayor a 0.05, por lo que se afirma que los datos se ajustan a la distribución normal con una media de 9.105 millares por hora y una desviación estándar de 0.5629 millares por hora.

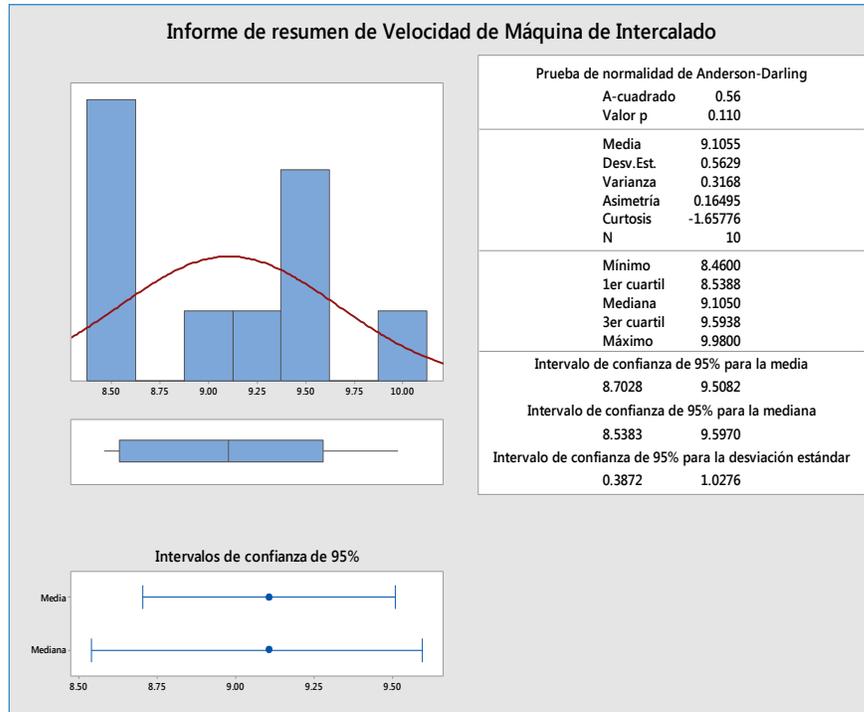


Figura 31: Resumen descriptivo para la Velocidad de Máquina de Intercalado  
Elaboración propia

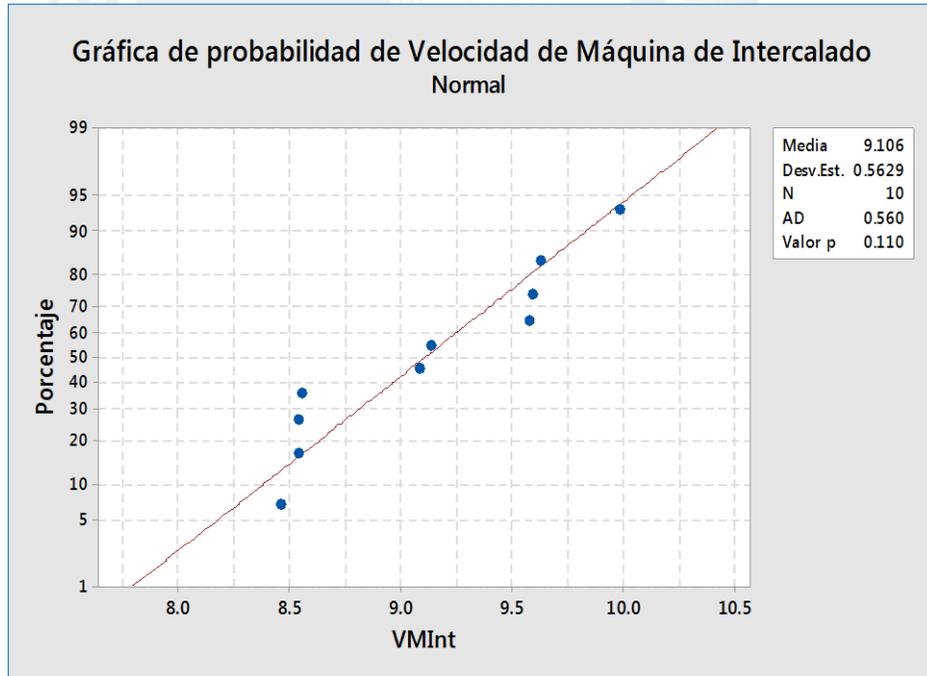


Figura 32: Prueba de normalidad Velocidad de Máquina de Intercalado  
Elaboración propia

### 5.2.3.3. Prueba de normalidad para cantidad de demasía

Las figuras 33 y 34, muestran el resumen de las características y la prueba de normalidad de la variable “Cantidad de demasía”, respectivamente.

Con un intervalo de confianza de 95%, se observa que la media de la variable se encuentra entre 0.09513 y 0.12147 de margen de armado por cada hoja que compone el millar, y la desviación estándar, entre 0.01267 y 0.03362 de margen de armado.

El p-value es de 0.252 siendo mayor a 0.05, por lo que se afirma que los datos se ajustan a la distribución normal con una media de 0.1083 de margen de armado por cada hoja que compone el millar y una desviación estándar de 0.01842 de margen de armado. El coeficiente de variación (17%) revela la alta dispersión en el valor de los datos.

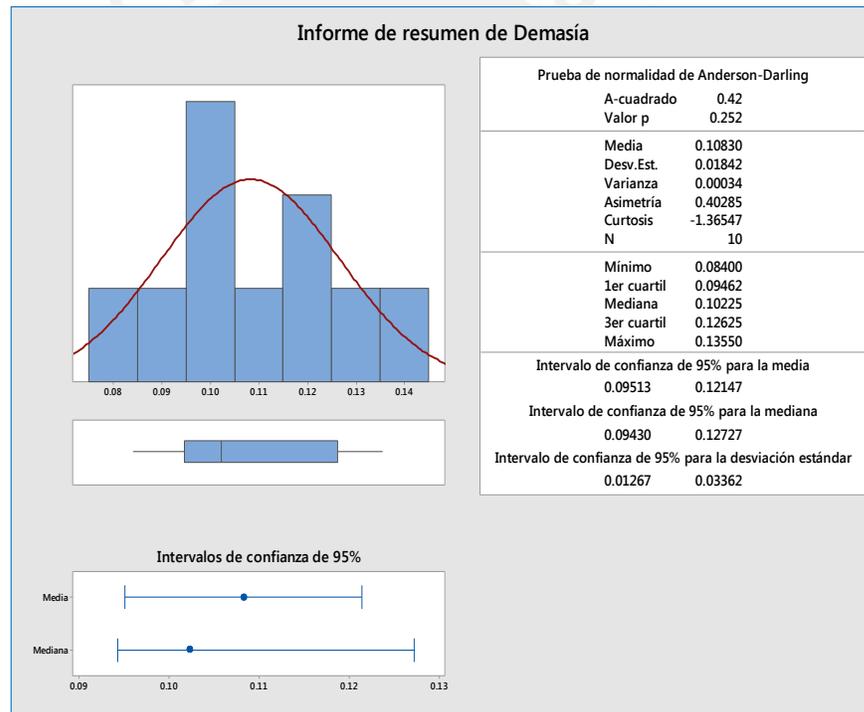


Figura 33: Resumen descriptivo para la Cantidad de demasía

Elaboración propia

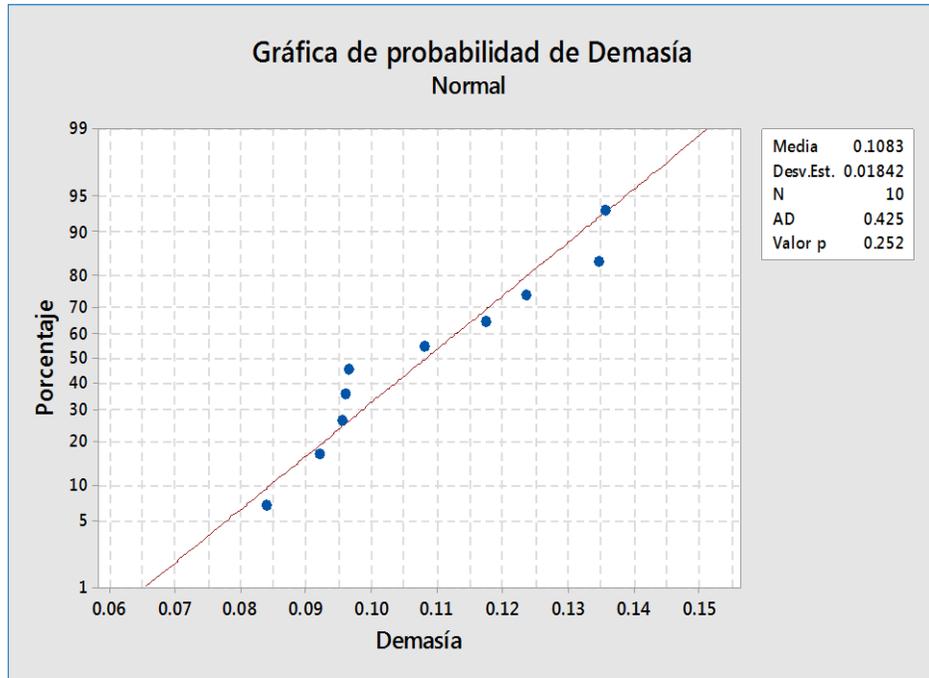


Figura 34: Prueba de normalidad Cantidad de demasías  
Elaboración propia

#### 5.2.3.4. Prueba de normalidad para pH de la solución de agua

Las figuras 35 y 36, muestran el resumen de las características y la prueba de normalidad de la variable “pH Solución de agua”, respectivamente.

Con un intervalo de confianza de 95%, se observa que la media de la variable se encuentra entre 4.8634 y 5.1066 pH Solución de agua, y la desviación estándar, entre 0.1170 y 0.3104 pH Solución de agua.

El p-value es de 0.205 siendo mayor a  $\alpha = 0.05$ , por lo que se afirma que los datos se ajustan a la distribución normal con una media de 4.985 pH Solución de agua y una desviación estándar de 0.170 pH Solución de agua.

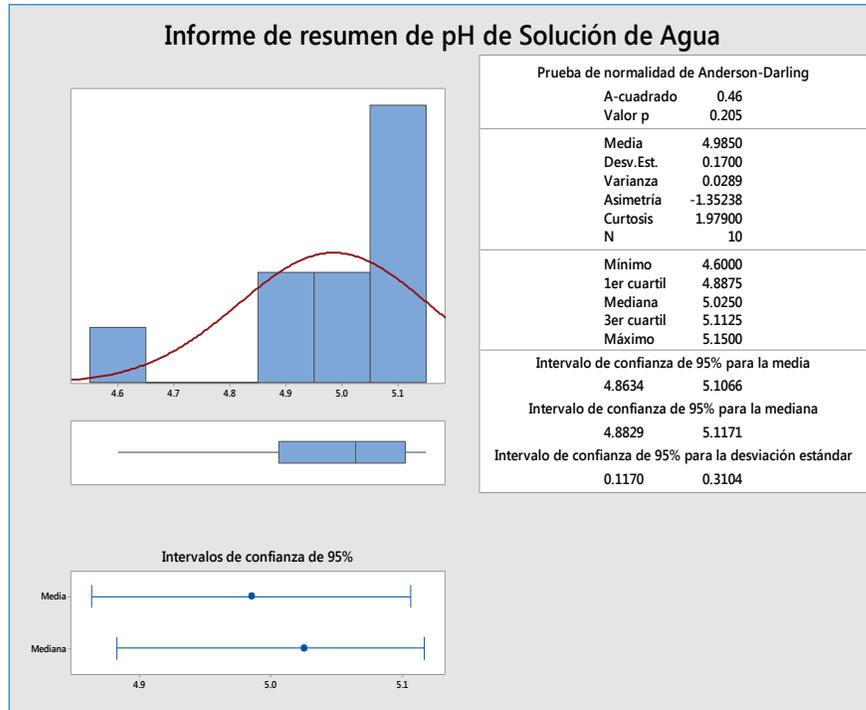


Figura 35: Resumen descriptivo para el pH Solución de agua  
Elaboración propia

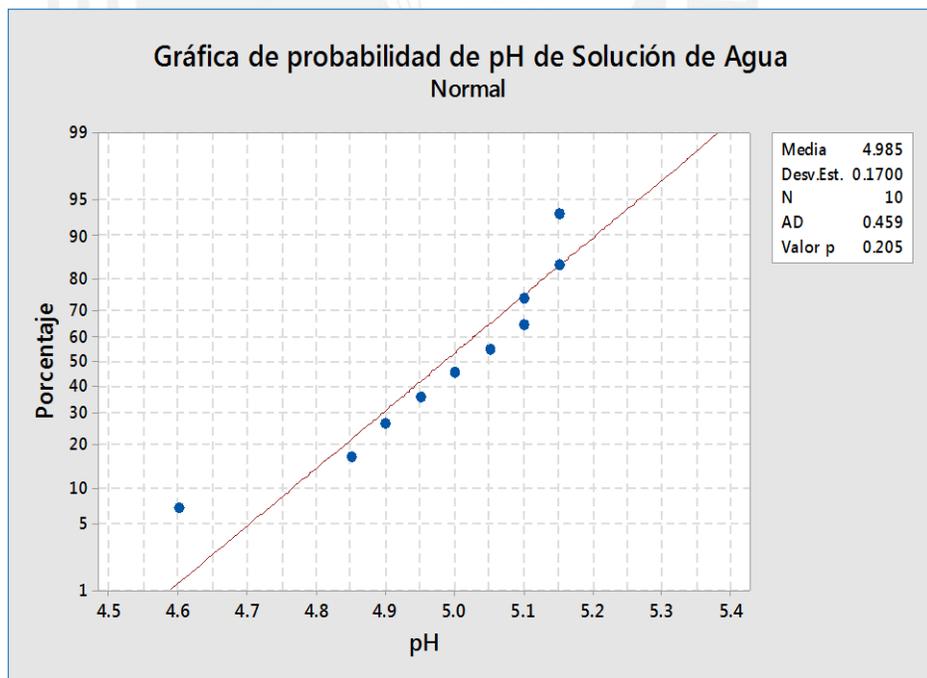


Figura 36: Prueba de normalidad pH Solución de agua  
Elaboración propia

#### 5.2.4. Gráfica de control para las variables

En este capítulo, se presentarán las gráficas de control realizada a cada variable descrita anteriormente, y se determinará si los procesos están dentro o fuera de control estadístico.

##### 5.2.4.1. Gráfico de control para la velocidad de la máquina de impresión

En el caso de la variable “Velocidad de la máquina de impresión”, se utiliza el gráfico X - R para observar el comportamiento de las medias y rangos.

Para la toma de muestras, se contó con la ayuda de dos operarios, los cuales tomaron 10 muestras cada uno, de la velocidad de la máquina de impresión.

Luego de realizado el gráfico de control, se obtuvo como resultado que ningún punto se encuentra fuera de los límites de control, por lo que se concluye que hay estabilidad en el proceso y que está bajo control.

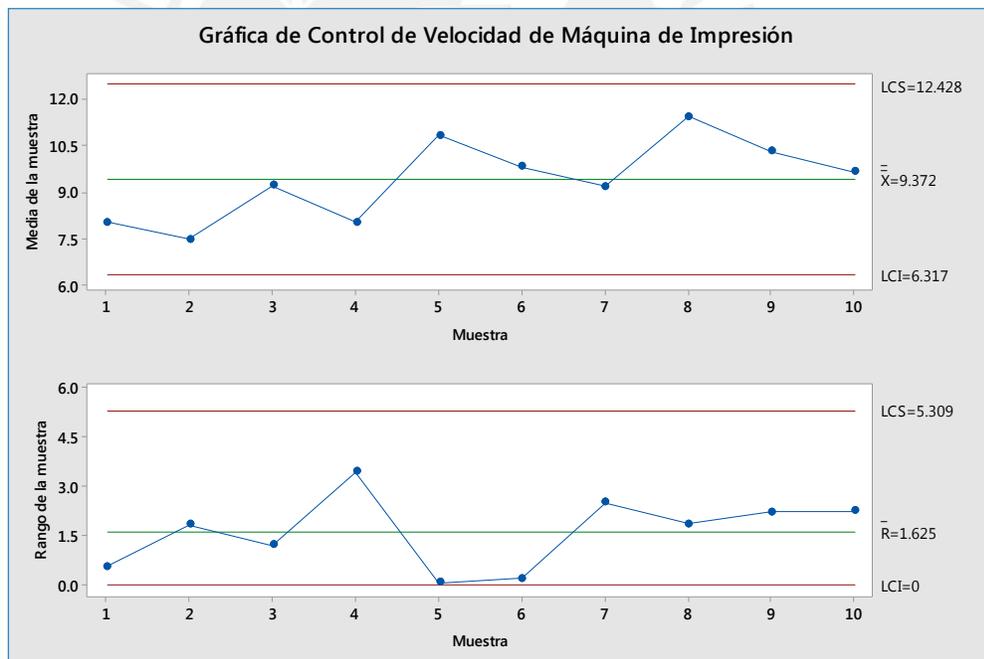


Figura 37: Gráfico de control para Velocidad de Máquina de Impresión

Elaboración propia

##### 5.2.4.2. Gráfico de control para la velocidad de la máquina de intercalado

En el caso de la variable “Velocidad de la máquina de intercalado”, se utiliza el gráfico X-R para observar el comportamiento de las medias y rangos.

Para la toma de muestras, se contó con la ayuda de dos operarios, los cuales tomaron 10 muestras cada uno, de la velocidad de la máquina de intercalado.

Ningún punto se encuentra fuera de los límites de control, por lo que se concluye que hay estabilidad en el proceso y que está bajo control.

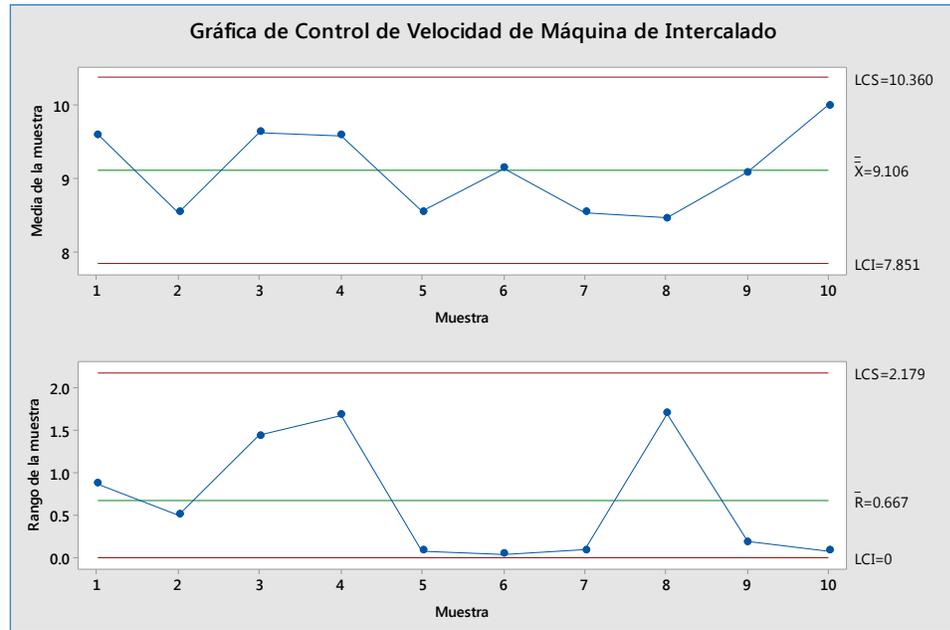


Figura 38: Gráfico de control para Velocidad de Máquina de Intercalado

Elaboración propia

#### 5.2.4.3. Gráfico de control para la cantidad de demasía

En el caso de la variable “Cantidad de demasía”, se utiliza el gráfico X-R para observar el comportamiento de las medias y rangos.

Para la toma de muestras, se contó con la ayuda de dos operarios, los cuales tomaron 10 muestras cada uno, de la cantidad de demasía en el proceso productivo.

Ningún punto se encuentra fuera de los límites de control, por lo que se concluye que hay estabilidad en el proceso y que está bajo control.

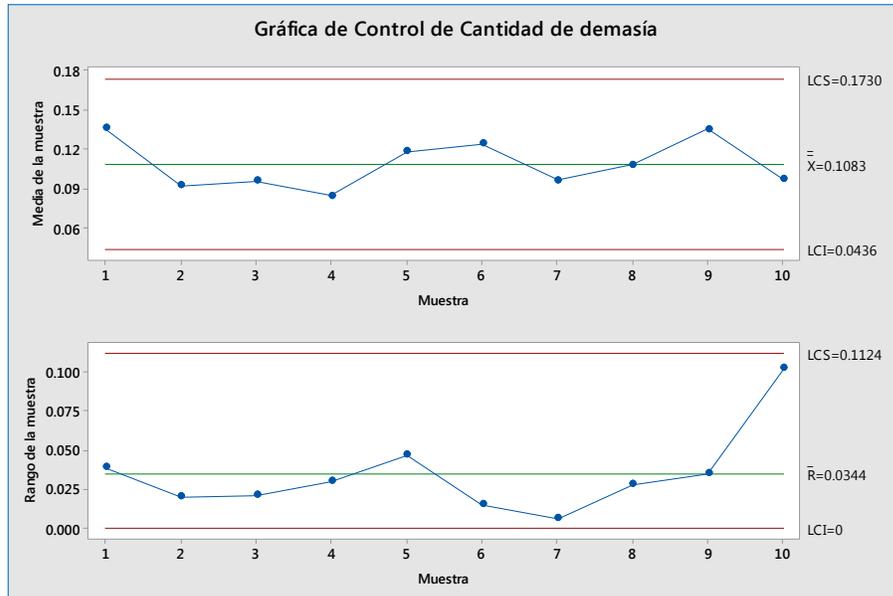


Figura 39: Gráfico de control para Cantidad de Demasías

Elaboración propia

#### 5.2.4.4. Gráfico de control para pH de la solución de agua

En el caso de la variable “pH de la solución de agua”, se utiliza el gráfico X-R para observar el comportamiento de las medias y rangos.

Para la toma de muestras, se contó con la ayuda de dos operarios, los cuales tomaron 10 muestras cada uno, del pH de la solución de agua.

Ningún punto se encuentra fuera de los límites de control, por lo que se concluye que hay estabilidad en el proceso y que está bajo control.

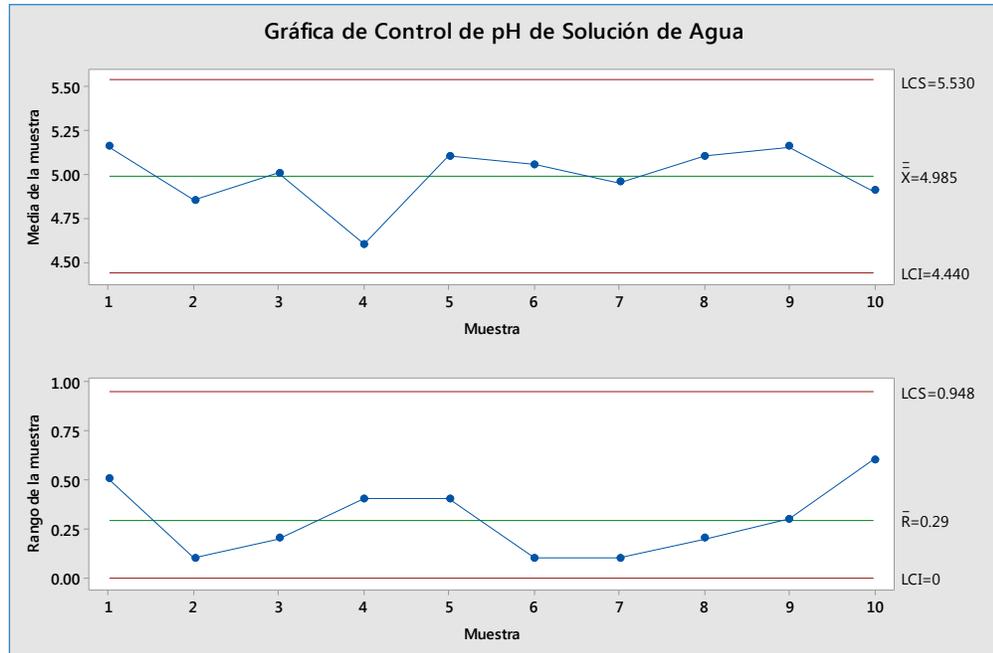


Figura 40: Gráfico de control para pH Solución de agua

Elaboración propia

### 5.2.5. Análisis de capacidad del proceso

Para evaluar la variabilidad del proceso y luego compararla con las especificaciones de diseño, se analizará los índices de capacidad de proceso de las variables en estudio.

Si la capacidad del proceso es alta, el proceso es capaz; si se mantiene estable a lo largo del tiempo, está bajo control; caso contrario, el proceso no es adecuado para el trabajo. La siguiente tabla muestra la interpretación cualitativa del índice Cp.

Tabla 12: Capacidad de proceso dependiendo de nivel Cp

Valor del Cp.	Interpretación
$1.33 < C_p$	Proceso capaz
$1 < C_p < 1.33$	Proceso apenas capaz
$C_p < 1$	Proceso incapaz

Fuente: Control de calidad, Dale H. Besterfield.

#### 5.2.5.1. Capacidad del proceso para la Velocidad de la máquina de impresión

Para la variable “Velocidad de la máquina de impresión” se tiene un Cp de 0.97, el cual indica según la tabla N° 12, que el proceso no cumple con los estándares esperados, es decir, es incapaz y se tiene que mejorar.

Además, se puede observar un PPM total de 4014.68, lo que indica que por cada millón de hojas producidas, esta cantidad quedará fuera de los límites de especificación.

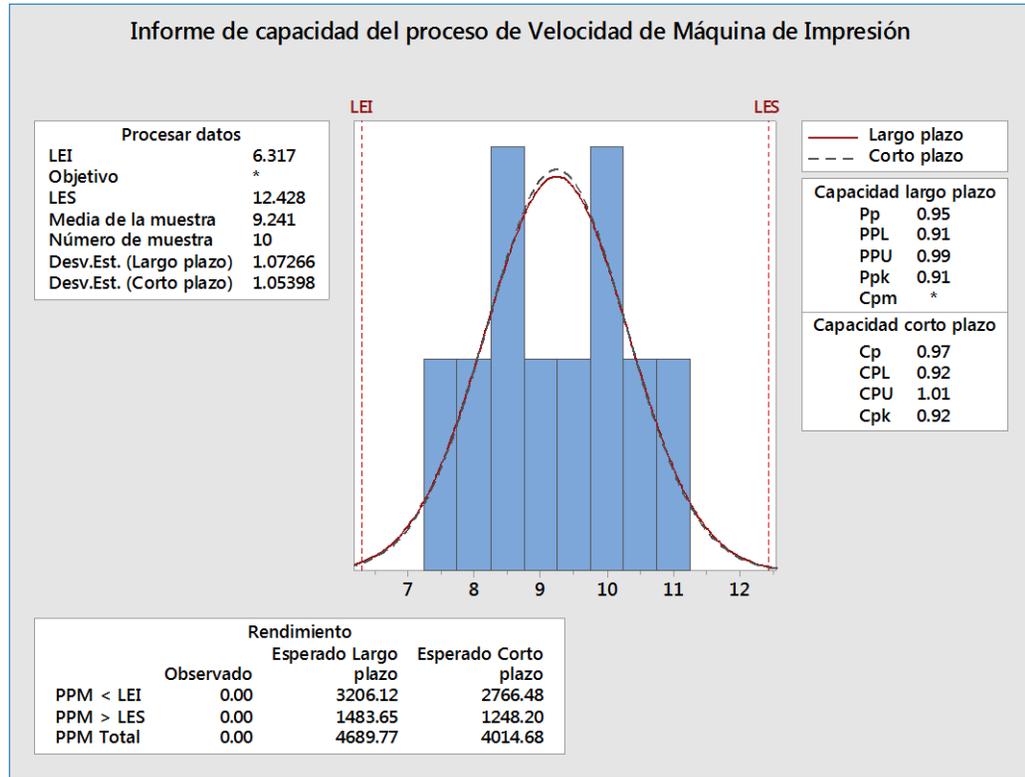


Figura 41: Capacidad de proceso para Velocidad Máquina Impresión

Elaboración propia

### 5.2.5.2. Capacidad del proceso para la Velocidad de la máquina de intercalado

Para la variable “Velocidad de la máquina de intercalado” se tiene un Cp de 0.41, el cual indica según la tabla N° 12, que el proceso no cumple con los estándares esperados, es decir, es incapaz y se tiene que mejorar.

Además, se puede observar un PPM total de 121947.29, lo que indica que por cada millón de hojas producidas, esta cantidad quedará fuera de los límites de especificación.

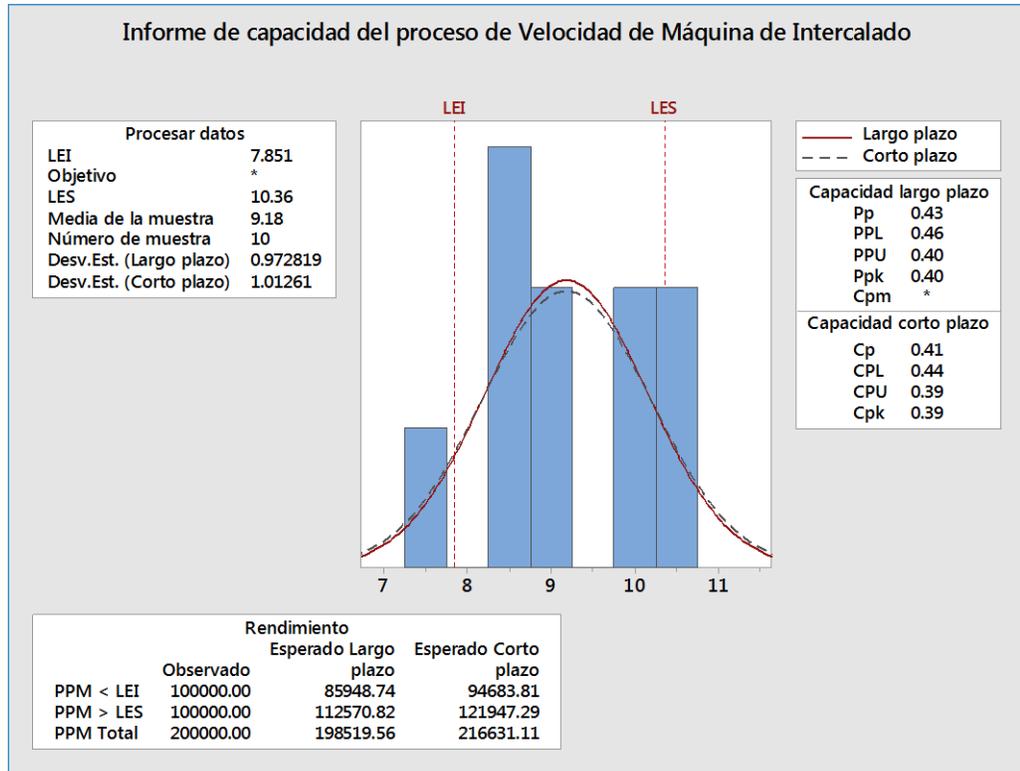


Figura 42: Capacidad de proceso para Velocidad Máquina Intercalado  
Elaboración propia

### 5.2.5.3. Capacidad del proceso para la Cantidad de demasía

Para la variable “Cantidad de Demasía” se tiene un  $C_p$  de 0.58, el cual indica según la tabla N° 12, que el proceso no cumple con los estándares esperados, es decir, es incapaz y se tiene que mejorar.

Además, se puede observar un PPM total de 81648.95, lo que indica que por cada millón de hojas producidas, esta cantidad quedará fuera de los límites de especificación.

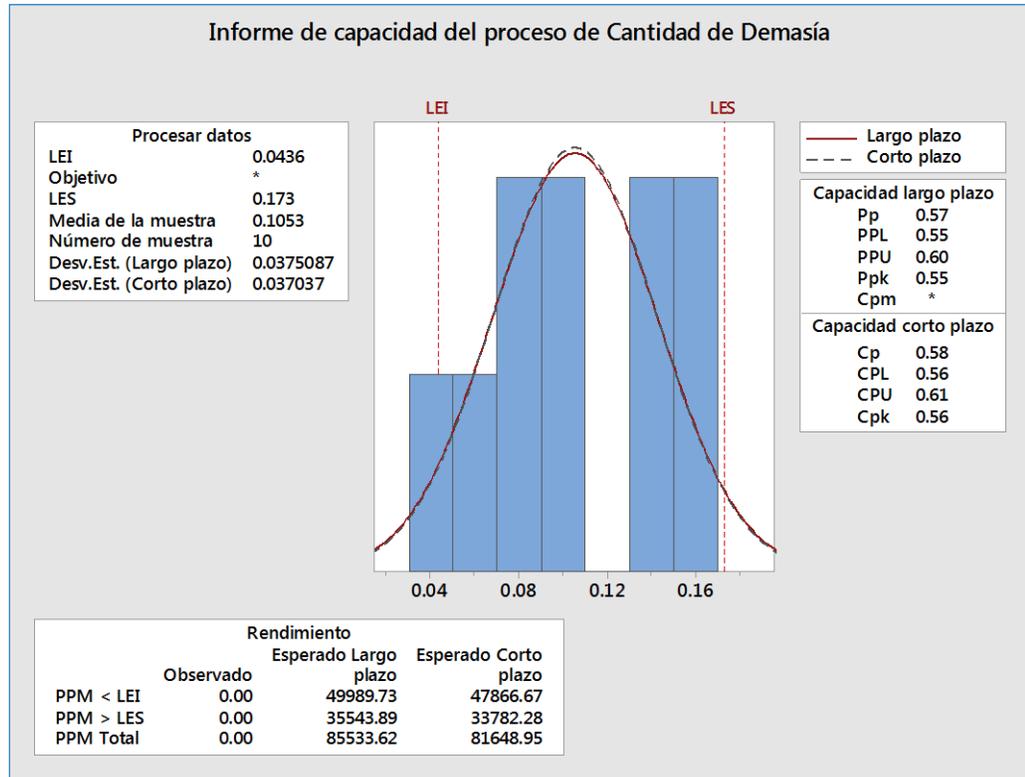


Figura 43: Capacidad de proceso para Cantidad de Demasía

Elaboración propia

#### 5.2.5.4. Capacidad del proceso para el pH de la solución del agua

Para la variable "pH de la Solución del agua" se tiene un Cp de 0.80, el cual indica según la tabla N° 12, que el proceso no cumple con los estándares esperados, es decir, es incapaz y se tiene que mejorar.

Además, se puede observar un PPM total de 19321.93, lo que indica que por cada millón de hojas producidas, esta cantidad quedará fuera de los límites de especificación

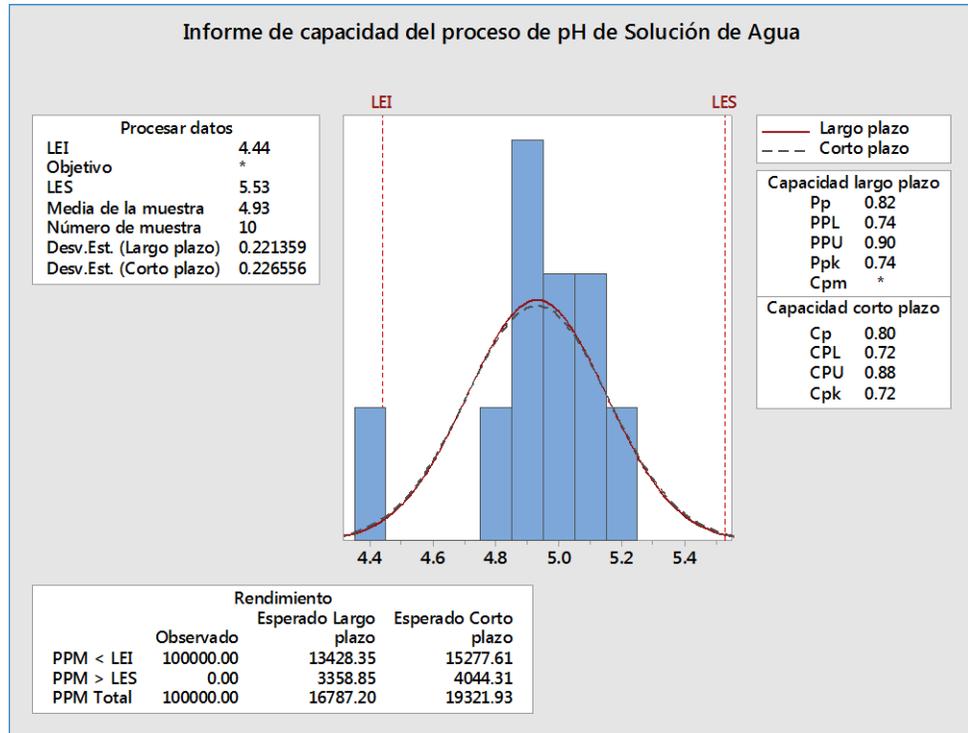


Figura 44: Capacidad de proceso para pH de Solución de agua  
Elaboración propia

### 5.2.6. Estudio Gage R&R a las variables del proceso

A continuación se mostrarán los resultados del estudio R&R en el proceso. El estudio R&R se realiza para determinar la procedencia de la variabilidad en las muestras. Permite identificar si es una variabilidad propia del proceso o la variabilidad se debe al sistema de medición, o a los operarios que manejan las herramientas de medición.

Para estas pruebas se pidió a 02 operarios que realicen 02 mediciones de 05 muestras de las variables que intervienen en la preparación de las máquinas. Las mediciones se realizaron de manera aleatoria y se ingresaron al software Minitab para ser analizadas.

De los resultados obtenidos, se determinó si los sistemas de medición empleados eran aceptables, observando el porcentaje de participación de la repetibilidad y la reproducibilidad en la variabilidad total, y el número de categorías entre los cuales el sistema puede diferenciar partes. Para esto, se utilizaron los criterios colocados en las tablas 13 y 14.

Tabla 13: Contribución del R&R

% Contribución del R&R	El Sistema es...
Debajo de 10%	Aceptable
10% a 30%	Potencialmente aceptable (depende de que tan crítica es la medida, costo, riesgo, etc.)
Encima de 30%	No aceptable

Elaboración propia

Tabla 14: Número de categorías

Número de Categorías	Significado
< 2	El sistema no puede discriminar entre partes.
= 5	Partes pueden ser divididas en grupos altos y bajos, como en datos de atributo.
≥ 5	El sistema es aceptable (de acuerdo a AIAG) y puede distinguir entre partes.

Elaboración propia

Los resultados obtenidos a través del software están descritos a continuación:

#### 5.2.6.1. **Estudio Gage R&R aplicado a la Velocidad de la máquina de impresión**

El análisis ANOVA realizado sobre la variable “Velocidad de la máquina de impresión” muestra que los p-values para Parte (0.112), Operario (0.815) y La interacción de Parte – Operador (0.612) son mayores a 0.05 lo que significa que, no hay diferencia entre los valores obtenidos por cada operador y tampoco hay diferencia entre los valores de cada parte.

Además, se observa que la repetibilidad posee el mayor porcentaje de contribución a la variación, es decir, la medición realizada por un mismo operario contribuye con la variabilidad total en un 67.74%. Eso indica que la variabilidad obtenida es en gran parte responsabilidad de la herramienta de medición utilizada, por lo cual, no debería de aceptarse debido a los criterios ubicados en la Tabla 13.

Incluso observando la cantidad de categorías distintas reconocidas por el software, se aprecia que es solo 01, por lo que el sistema tampoco es aceptable según la Tabla 14.

Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA					
Tabla ANOVA de dos factores con interacción					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Parte	4	0.001220	0.000305	3.81250	0.112
Operario	1	0.000005	0.000005	0.06250	0.815
Parte * Operario	4	0.000320	0.000080	0.69565	0.612
Repetibilidad	10	0.001150	0.000115		
Total	19	0.002695			

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

Tabla ANOVA dos factores sin interacción					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Parte	4	0.001220	0.000305	2.90476	0.061
Operario	1	0.000005	0.000005	0.04762	0.830
Repetibilidad	14	0.001470	0.000105		
Total	19	0.002695			

R&R del sistema de medición		
Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.000105	67.74
Repetibilidad	0.000105	67.74
Reproducibilidad	0.000000	0.00
Operario	0.000000	0.00
Parte a parte	0.000050	32.26
Variación total	0.000155	100.00

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.0102470	0.0614817	82.31
Repetibilidad	0.0102470	0.0614817	82.31
Reproducibilidad	0.0000000	0.0000000	0.00
Operario	0.0000000	0.0000000	0.00
Parte a parte	0.0070711	0.0424264	56.80
Variación total	0.0124499	0.0746994	100.00

Número de categorías distintas = 1

Figura 45: Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la Velocidad de la máquina de impresión

Elaboración propia

En el gráfico 1 de la Figura 46 “Componentes de variación” que indica el porcentaje de contribución a la variación, se aprecia que la mayor variación es debido a la repetibilidad. El gráfico 2 “Velocidad de la máquina de impresión por parte” se observa que las mediciones no son uniformes entre las partes. En el gráfico 3 “R por Operador” se presenta la uniformidad en las mediciones por Operador. Se observa que ninguno de los operadores obtuvo mediciones uniformes y que todos los valores estaban dentro de los límites de control. En el gráfico 4 “Velocidad de la máquina de impresión por operario” se observa que las mediciones son casi uniformes entre los operarios,

más no la variabilidad. En cuanto al gráfico 5 “Xbarra por operador” se observa que los puntos están dentro de los límites de control. Por último, el gráfico 6 “Interacción Parte \*Operador” muestra que los promedios de las medidas hecha por cada operario de similares por partes; Con los datos ANOVA de la Figura 46 se puede confirmar que no existe interacción entre parte y operador.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el sistema de medición no es aceptable Por lo tanto, los datos obtenidos para la ejecución del proyecto no son confiables.

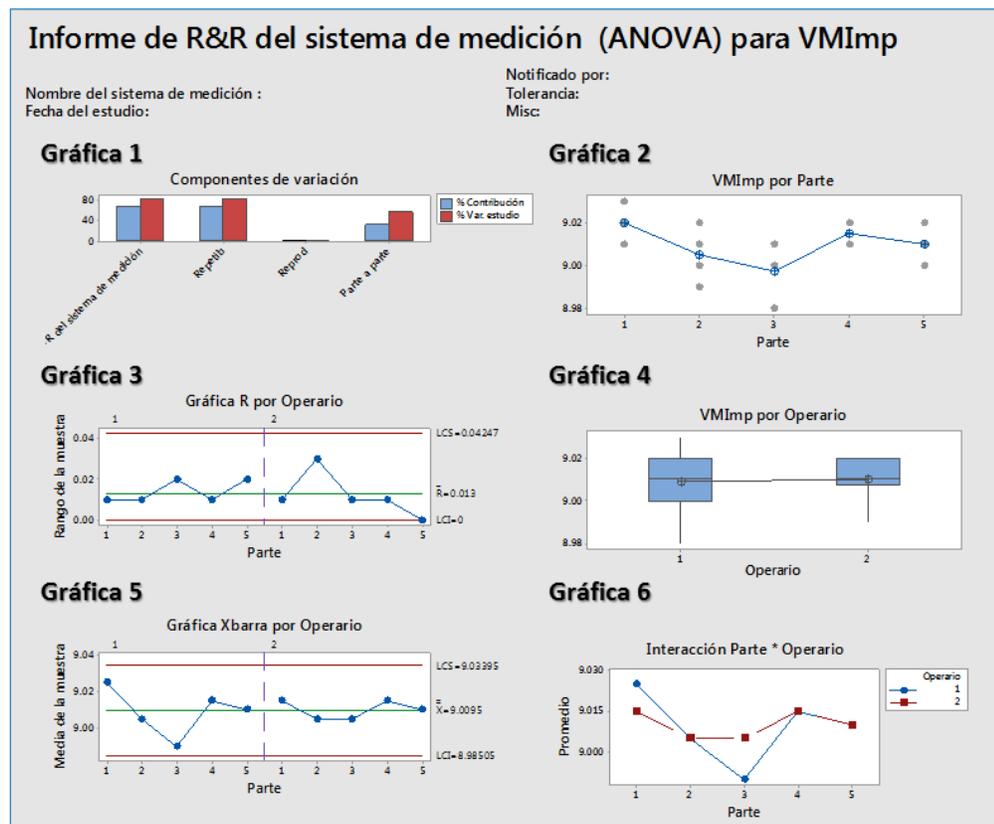


Figura 46: Reporte gráfico del estudio Gage R&R para la Velocidad de la Máquina de Impresión  
Elaboración propia

En la Figura 47, se puede observar que el operario 2 es el que mayor asertividad tiene al medir la velocidad de máquina de impresión. Mientras que el operario 1, suele acertar en algunos casos, en otros puede estar muy por encima o debajo de la media.

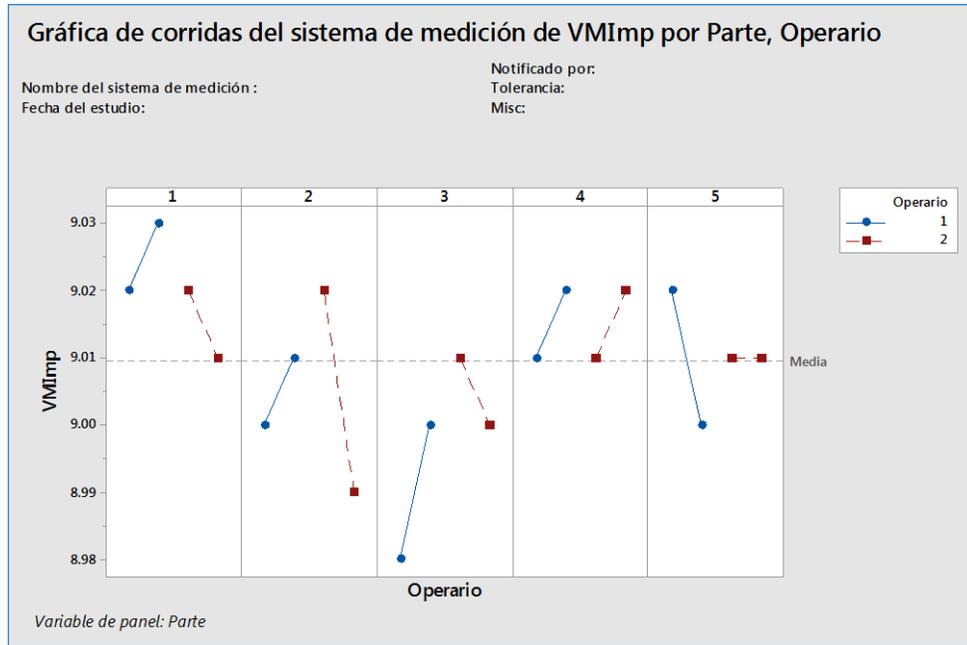


Figura 47: Gráfico de corrida para los dos operarios y la Velocidad de la Máquina de Impresión  
Elaboración propia

### 5.2.6.2. Estudio Gage R&R aplicado a la Velocidad de la máquina de intercalado

El análisis ANOVA realizado sobre la variable “Velocidad de la máquina de intercalado” muestra que los p-values Operario (0.477) y La interacción de Parte – Operador (0.931) son mayores a 0.05 lo que significa que, no hay diferencia entre los valores obtenidos por cada operador. Sin embargo el p-value de Parte es 0.019 por lo que se deduce que si hay diferencia entre los valores entre cada parte.

Además, se observa que la repetibilidad posee el mayor porcentaje de contribución a la variación, es decir, la medición realizada por un mismo operario contribuye con la variabilidad total en un 67.41%. Eso indica que la variabilidad obtenida es en mayor parte responsabilidad de la herramienta de medición utilizada, por lo cual, no debería de aceptarse debido a los criterios ubicados en la Tabla 13.

Incluso observando la cantidad de categorías distintas reconocidas por el software, se aprecia que es solo 01, por lo que el sistema tampoco es aceptable según la Tabla 14.

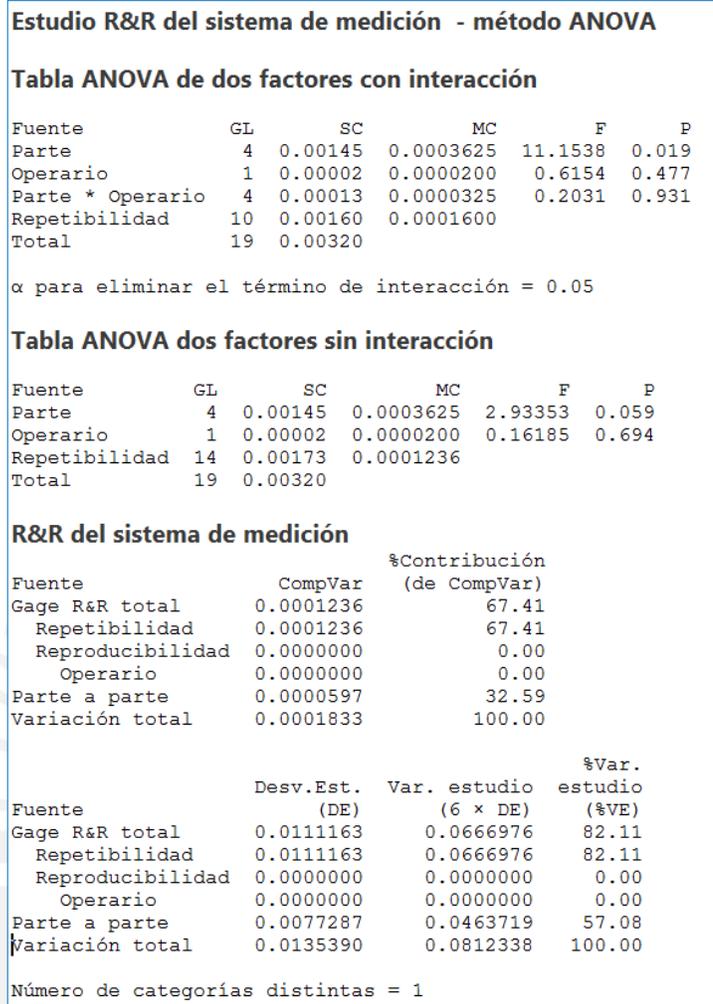


Figura 48: Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la Velocidad de la máquina de intercalado  
Elaboración propia

En el gráfico 1 de la Figura 49 “Componentes de variación”, se aprecia que la mayor variación es debido a la repetibilidad. El gráfico 2 “Velocidad de la máquina de intercalado por parte” se observa que las mediciones no son uniformes entre las partes. En el gráfico 3 “R por Operador” se observa que ninguno de los operadores obtuvo mediciones uniformes y que todos los valores estaban dentro de los límites de control. En el gráfico 4 “Velocidad de la máquina de intercalado por operario” se observa que las mediciones son casi similares entre los operarios. En cuanto al gráfico 5 “Xbarra por operador” se observa que los puntos están dentro de los límites de control. Por último, el gráfico 6 “Interacción Parte \*Operador” muestra que los promedios de las medidas hecha por cada operario de cada parte son similares; es decir, no existiría interacción entre parte y operador.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el sistema de medición no es aceptable. Por lo tanto, los datos obtenidos para la ejecución del proyecto no son confiables.

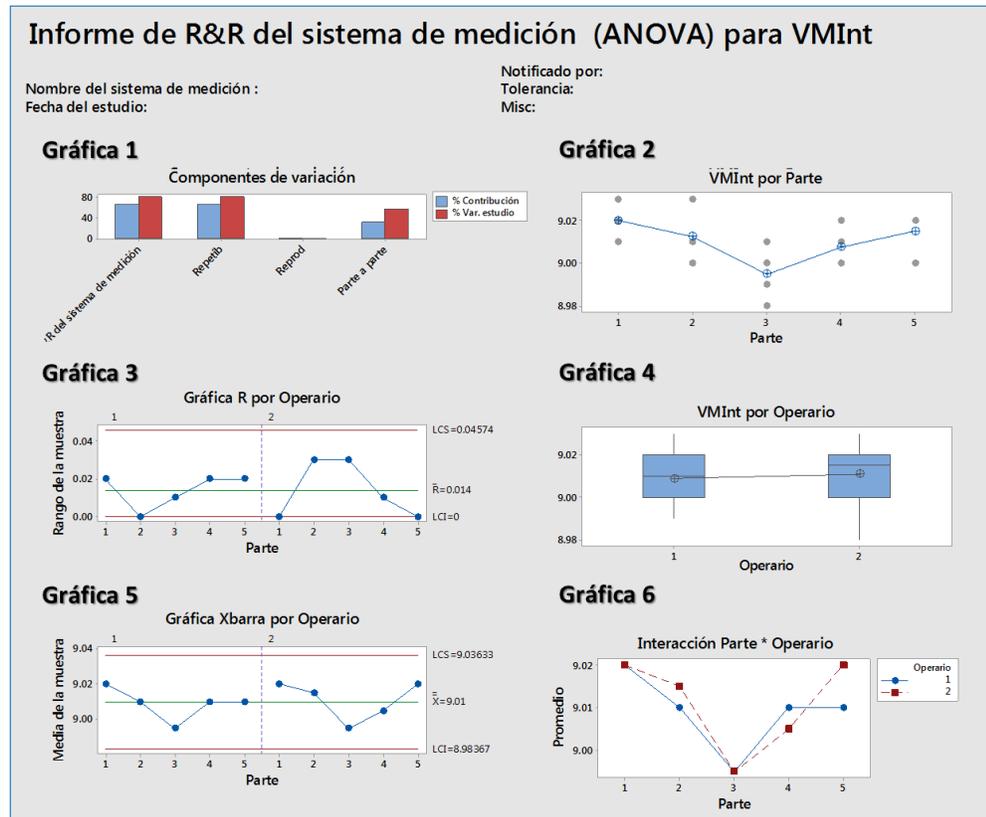


Figura 49: Reporte gráfico del estudio Gage R&R para la Velocidad de la Máquina de Intercalado  
Elaboración propia

En la Figura 50, se puede observar que las mediciones de ambos operarios no se aproximan a la media, lo cual evidencia el gran porcentaje de repetibilidad, en ambos casos, las medidas están muy por encima o debajo de la media.

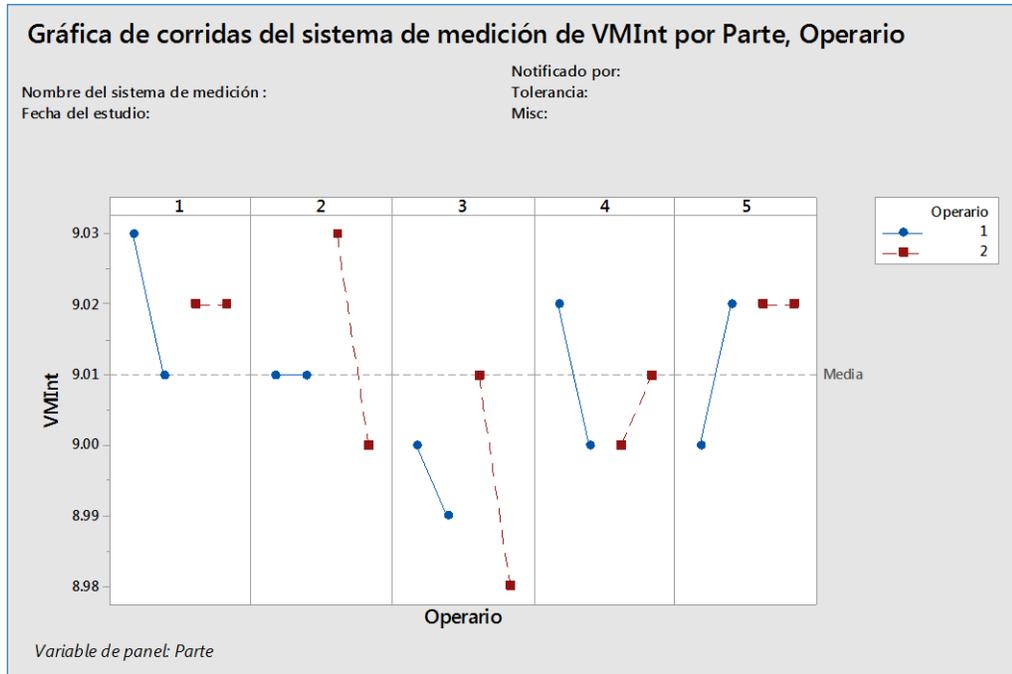


Figura 50: Gráfico de corrida para los dos operarios y la Velocidad de la Máquina de Intercalado  
Elaboración propia

### 5.2.6.3. Estudio Gage R&R aplicado a la Cantidad de demasía

El análisis ANOVA realizado sobre la variable “Demasía” muestra que los p-valores Operario (0.208) y La interacción de Parte – Operador (0.829) son mayores a 0.05 lo que significa que, no hay diferencia entre los valores obtenidos por cada operador. Sin embargo el p-value de Parte es 0.006 por lo que se deduce que si hay diferencia entre los valores entre cada parte.

Además, se observa que el mayor porcentaje de contribución a la variación es la variabilidad de las Partes, que existe debido la diferencia numérica que hay entre ellas. Esta variabilidad es equivalente al 66.67% del total de la variabilidad. La repetibilidad contribuye en el 33.33% restante. Lo que indica que no debería aceptarse este sistema de medición debido a los criterios ubicados en la Tabla 13.

Incluso observando la cantidad de categorías distintas reconocidas por el software, se aprecia que es solo 01, por lo que el sistema tampoco es aceptable según la Tabla 14.

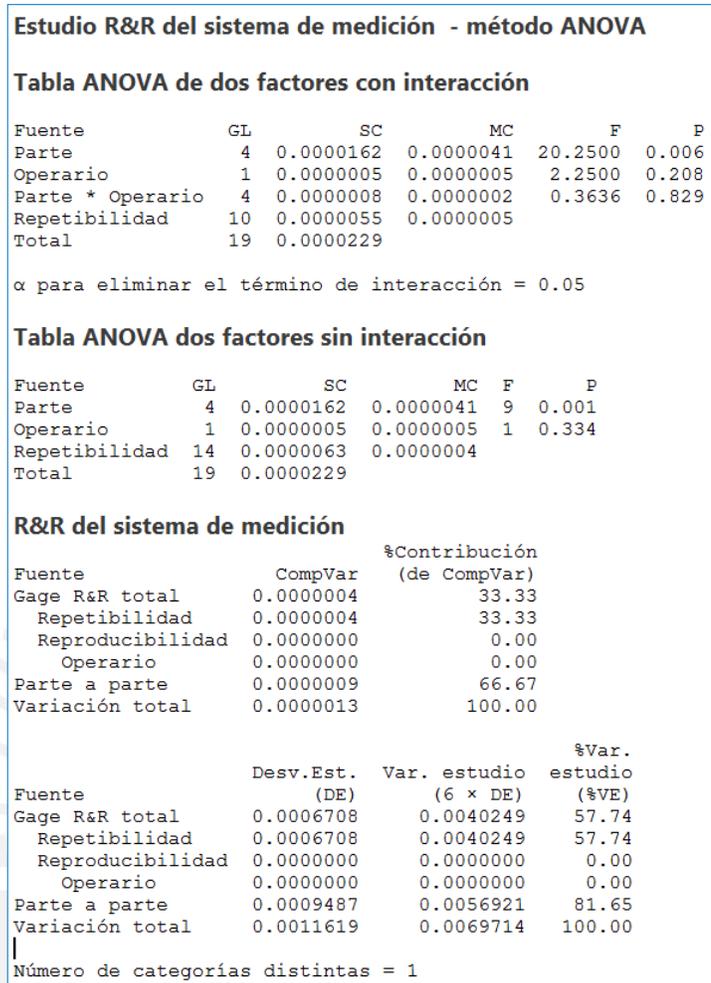


Figura 51: Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la Cantidad de Demasía

Elaboración propia

En el gráfico 1 de la Figura 52 “Componentes de variación” que indica el porcentaje de contribución a la variación, se aprecia que la mayor variación es debido a la variabilidad de las Partes. El gráfico 2 “Demasiá por parte” se observa que las mediciones no son uniformes entre las partes, lo cual tampoco sucede con la variabilidad. En el gráfico 3 “R por Operador”, se observa que en las tres últimas partes, los operadores obtuvieron mediciones uniformes. En el gráfico 4 “Demasiá por operario” se observa que las mediciones y la variabilidad son similares entre los operarios. En cuanto al gráfico 5 “Xbarra por operador” se observa que los puntos están dentro de los límites de control. Por último, el gráfico 6 “Interacción Parte \*Operador” muestra que los promedios de las medidas hecha por cada operario de

cada parte son similares; de este modo se puede afirmar que no existe interacción entre parte y operador.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el sistema de medición no es aceptable. Por lo tanto, los datos obtenidos para la ejecución del proyecto no son confiables.

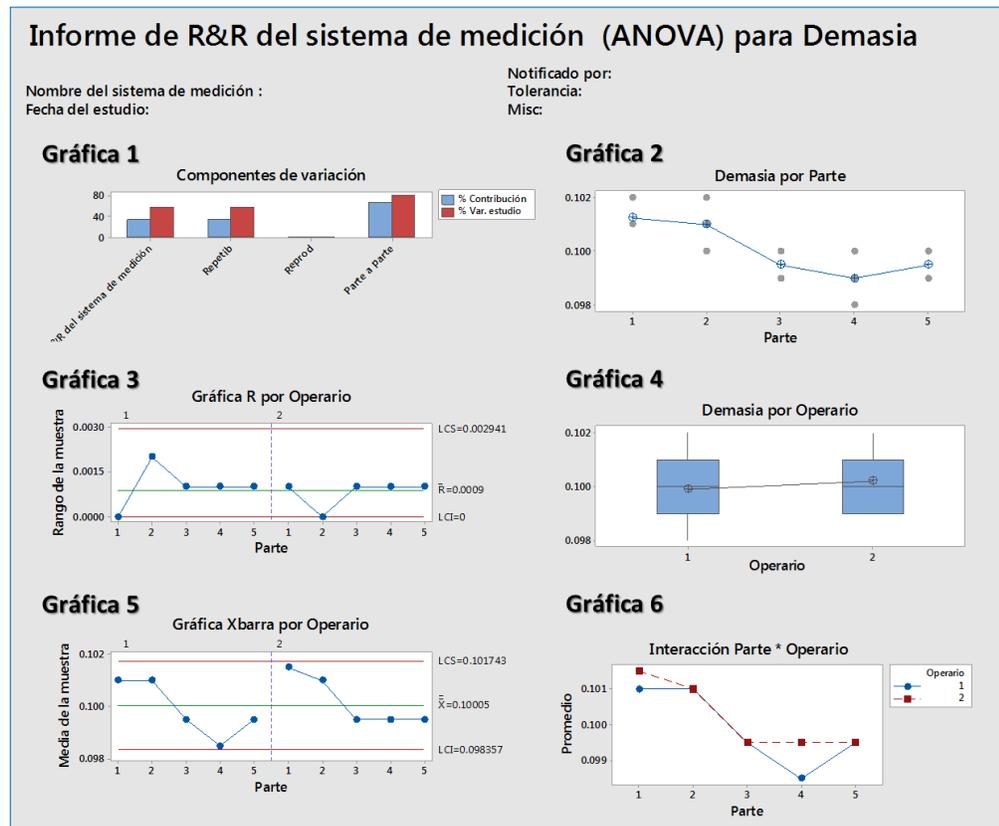


Figura 52: Reporte gráfico del estudio Gage R&R para la Cantidad de Demasia

Elaboración propia

En la Figura 53, se puede observar que las mediciones entre las partes son muy distintas, sin embargo, las medidas hechas de los operarios en cada parte son similares, lo cual evidencia lo descrito anteriormente.

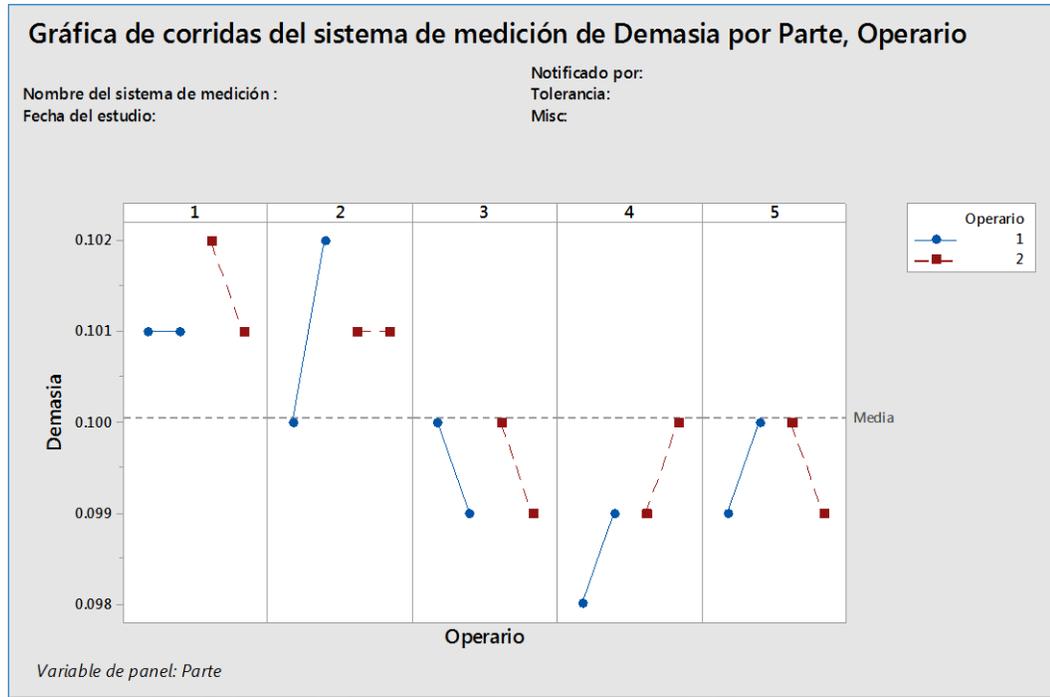


Figura 53: Gráfico de corrida para los dos operarios y la Cantidad de Demasia

Elaboración propia

#### 5.2.6.4. Estudio Gage R&R aplicado al pH de la Solución de agua

El análisis ANOVA realizado sobre la variable “pH de la solución de agua” muestra que los p-values para Parte (0.469), Operario (0.587) y La interacción de Parte – Operador (0.292) son mayores a 0.05 lo que significa que, no hay diferencia entre los valores obtenidos por cada operador y tampoco hay diferencia entre los valores de cada parte.

Además, se observa que la repetibilidad posee el mayor porcentaje de contribución a la variación, es decir, la medición realizada por un mismo operario contribuye con la variabilidad total en un 91.14%. Eso indica que la variabilidad obtenida es responsabilidad de la herramienta de medición utilizada, lo cual, no debería de aceptarse debido a los criterios ubicados en la Tabla 13.

Incluso observando la cantidad de categorías distintas reconocidas por el software, se aprecia que es solo 01, por lo que el sistema tampoco es aceptable según la Tabla 14.

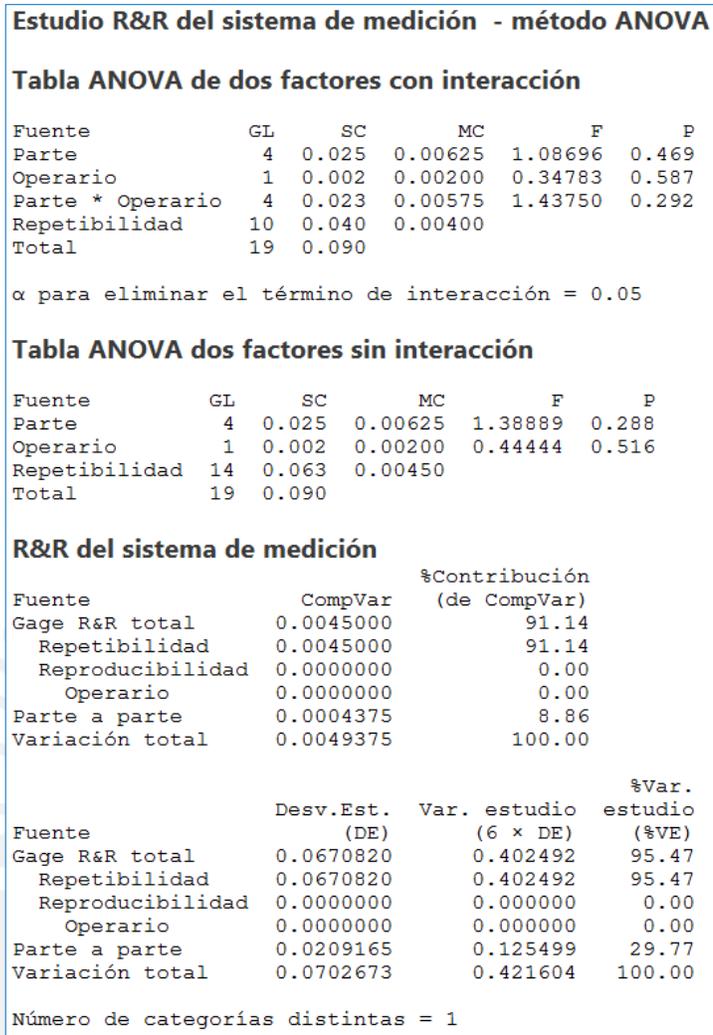


Figura 54: Reporte estadístico del estudio Gage R&R para el pH de la Solución de Agua  
Elaboración propia

En el gráfico 1 de la Figura 55 “Componentes de variación”, se aprecia que la mayor variación es debido a repetibilidad. El gráfico 2 “pH de la solución de agua por parte” se observa que las mediciones no son uniformes entre las partes, lo cual tampoco sucede con la variabilidad. En el gráfico 3 “R por Operador”, se observa que el primer operador obtuvo mediciones uniformes. En el gráfico 4 “pH de la solución de agua por operario” se observa que las mediciones y la variabilidad son similares entre los operarios. En cuanto al gráfico 5 “Xbarra por operador” se observa del mismo modo que el primer operador obtuvo mediciones uniformes. Por último, el gráfico 6 “Interacción Parte \*Operador” muestra que los promedios de las medidas hecha por

cada operario de cada parte no son muy similares; de este modo se puede afirmar que podría existir una ligera interacción entre parte y operador.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el sistema de medición no es aceptable. Por lo tanto, los datos obtenidos para la ejecución del proyecto no son confiables.

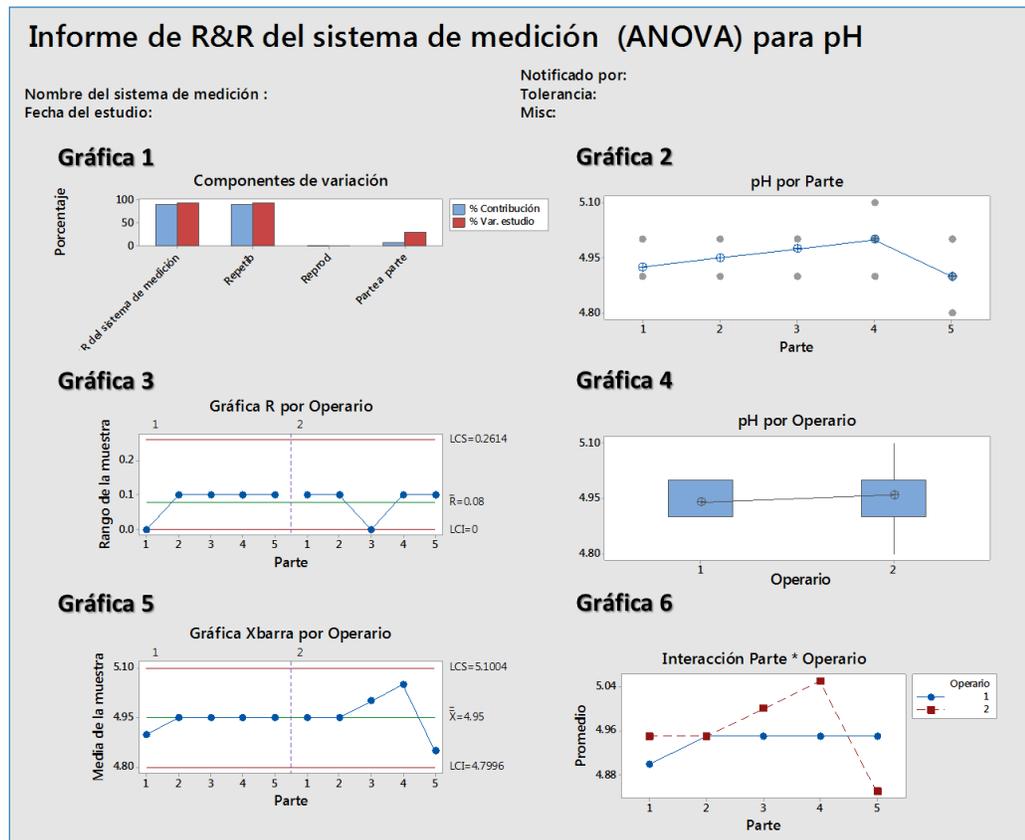


Figura 55: Reporte gráfico del estudio Gage R&R para el pH de Solución de Agua

Elaboración propia

En la Figura 56, se puede observar que el operario 1 es el que mayor asertividad tiene al medir el nivel pH de la solución de agua. Mientras que el operario 2, suele acertar en algunos casos, en otros puede estar muy por encima o debajo de la media.

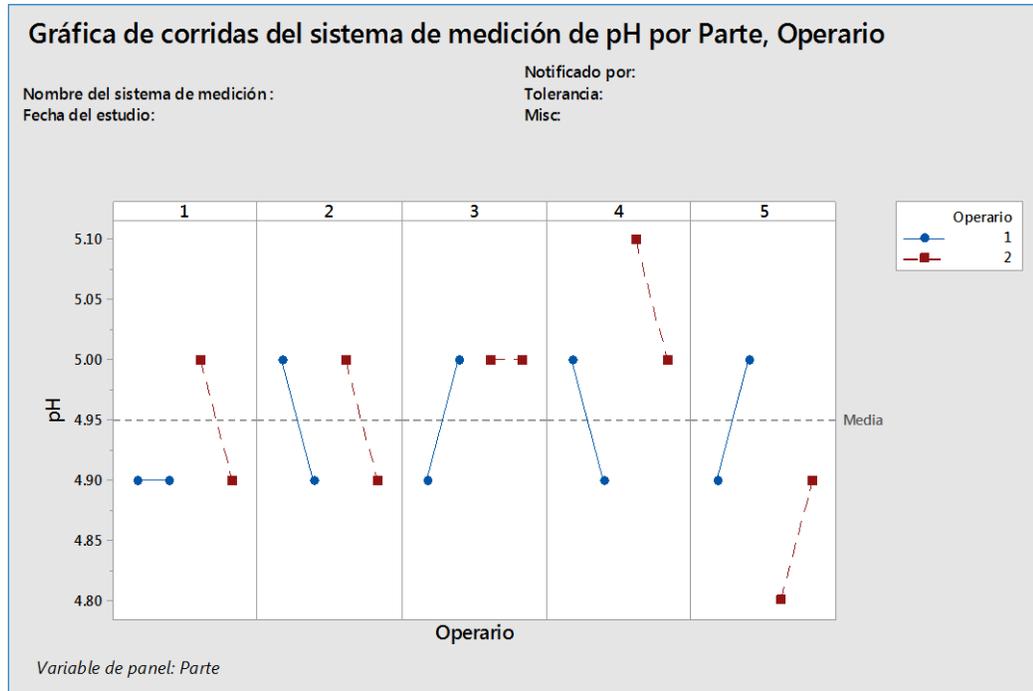


Figura 56: Gráfico de corrida para los dos operarios y pH de la Solución de Agua  
Elaboración propia

### 5.3. Análisis de datos y búsqueda de la raíz de los problemas

Luego de haber analizado los datos obtenidos en la etapa anterior, se procede a identificar los factores que originan las fallas en los productos.

Para esta etapa, se empezará buscando las causas que producen variación mediante un Diagrama Causa - Efecto, Luego se realizará el Diseño de Experimentos para ver qué causas afectan significativamente.

#### 5.3.1. Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)

Utilizando el diagrama de Ishikawa podremos identificar todas las probables causas a las fallas existentes en el proceso de producción, así como el entendimiento de varias de estas y su contribución en el proceso.

En la Figura 57, se presenta el gráfico de Causa – Efecto de la calidad en el proceso de producción.

Se observa que existen distintas causas que contribuyen positiva y negativamente en la calidad del proceso de producción. Este diagrama muestra que las causas están

divididos en los factores: Personal, Material, Mediciones, Máquinas, Métodos y Medio Ambiente.

Dentro del factor Personal, se observan como causas la falta de capacitación en el uso de las máquinas o herramientas de medición. También existen factores personales de cada operador como el cansancio que puede deberse a la monotonía o rutina del trabajo, la falta de concentración y la actitud negativa al trabajo. Además, la poca supervisión que afecta el rendimiento de los operarios.

En el factor Material, se observa que las causas están divididos entre los factores que afectan la calidad de los Solventes, Tinta y Papel. Para los solventes, los cuales son mezclados con agua, un error puede ser la mezcla inadecuada de dichas sustancias, Lo mismo sucede con la tinta, cuyo matizado influye mucho en el color de la impresión. La tinta debe ser matizada correctamente y sin ningún elemento impuro. El tipo y gramaje del papel influyen en la preparación de la máquina. Así como el cumplimiento del proveedor con los estándares de calidad que ofrece.

Respecto al factor Medición, las fallas pueden ocurrir por la mala calibración de la herramienta de medición, o el método de medición es el inadecuado para el sistema.

Para el factor Máquinas, se observa que no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, solo existe mantenimiento correctivo cuando la máquina se detiene. El flujo con el que la máquina suministra tinta o solución de agua, afecta a la mezcla que se hace antes de que la placa haga contacto con el papel. La limpieza en la máquina también afecta al proceso. El polvo se introduce entre las piezas y podría ocasionar el mal funcionamiento de la máquina.

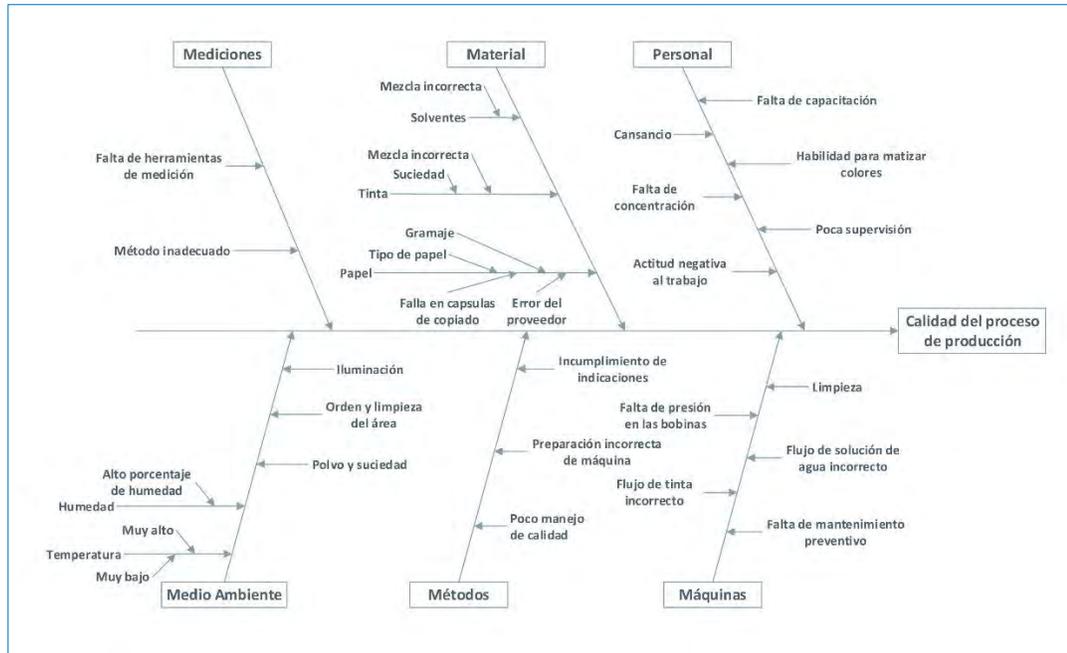


Figura 57: Diagrama de Causa Efecto – Calidad del proceso de producción

Elaboración propia

En el factor Métodos, un importante factor es el poco manejo de la calidad que se tiene. No se cuenta con puntos intermedios de control de calidad durante la impresión. Solo al final del proceso, luego de haber impreso una gran cantidad de papel. El incumplimiento de las indicaciones y la preparación incorrecta de la máquina son factores presentes y se relacionan con la falta de concentración y la actitud negativa del trabajo, ubicadas en el factor Personal.

Para el factor Medio Ambiente, el cual se refiere al entorno, condiciones climáticas como la temperatura y la humedad son causas presentes. Altas o bajas temperaturas pueden originar fallas en las cápsulas ubicadas dentro del papel y permiten el copiado, mientras que la humedad causa deformaciones en la estructura del papel. La iluminación interviene en la productividad de los trabajadores. La limpieza en el área de trabajo, debe realizarse siempre pues el polvo está siempre presente en el aire y puede afectar el funcionamiento de las máquinas.

Tras analizar las posibles causas a las fallas en el proceso de producción, se consideran relevantes las siguientes:

- Falta de capacitación.
- Mezcla de solvente.

- Matizado de tinta.
- Método inadecuado de medición
- Plan de mantenimiento preventivo
- Falla en preparación de la máquina
- Poco control de calidad
- Temperatura y Humedad
- Orden y Limpieza

### 5.3.2. Diseño de los Experimentos

Luego de analizar las causas vistas en el punto anterior, y las variables vistas en la etapa Medir, se procederá a identificar los factores más relevantes y a través del diseño de experimentos, determinar la combinación óptima de estos factores.

En el diseño de experimento realizado se realizaron pruebas en las cuales se van alternando cambios en las variables de entrada del proceso de producción, de manera que se puede medir las variaciones que causan en la variable de salida. El objeto de estas pruebas es mejorar el rendimiento y reducir la variabilidad del proceso.

#### 5.3.2.1. Selección de factores y niveles

Se han elegido los siguientes factores para el diseño de los experimentos en base a las variables analizadas anteriormente. De estos factores se establecieron sus niveles altos y bajos, junto al rango de los mismos.

Tabla 15: Factores para diseño de experimentos

Factor		Nivel Alto (+1)	Nivel Bajo (-1)
A	Velocidad Máquina de Impresión	7 millares/hora	12 millares/hora
B	Velocidad Máquina de Intercalado	7 millares/hora	12 millares/hora
C	Nivel pH de la solución de agua	4.5	5.5

Elaboración propia

#### 5.3.2.2. Variable de respuesta

La variable de respuesta con la que se medirá el rendimiento de cada experimento es la “Demasia”, porcentaje de papel utilizado para pruebas y preparación de la máquina. Para el experimento se determinó la realización de 02 réplicas para obtener resultados confiables sin exceder en costos

### 5.3.2.3. Los experimentos

El diseño de experimento que se ha elegido es el 2k (k=3), con 02 réplicas para cada experimento, lo cual genera un total de 16 tratamientos a realizar, según se observa en la Figura 58. Los valores de entrada para cada experimento están detallados en la Figura 59 y están basados en los niveles altos y bajos que figuran en la Tabla 15.

Diseño factorial completo			
Factores:	3	Diseño de la base:	3, 8
Corridas:	16	Réplicas:	2
Bloques:	1	Puntos centrales (total):	0
Todos los términos están libres de estructuras alias.			

Figura 58: Resumen del diseño factorial  
Elaboración propia

#	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	VmImp	VmInt	pH
1	6	1	1	1	12	7	5.5
2	16	2	1	1	12	12	5.5
3	10	3	1	1	12	7	4.5
4	14	4	1	1	12	7	5.5
5	12	5	1	1	12	12	4.5
6	3	6	1	1	7	12	4.5
7	9	7	1	1	7	7	4.5
8	15	8	1	1	7	12	5.5
9	7	9	1	1	7	12	5.5
10	1	10	1	1	7	7	4.5
11	5	11	1	1	7	7	5.5
12	11	12	1	1	7	12	4.5
13	13	13	1	1	7	7	5.5
14	8	14	1	1	12	12	5.5
15	4	15	1	1	12	12	4.5
16	2	16	1	1	12	7	4.5

Figura 59: Experimentos de diseño factorial  
Elaboración propia

Al realizar estos experimentos, se hizo lo posible para mantener otras variables como constantes en todos los tratamientos. Es por ello que estos tratamientos fueron realizados por los mismos operarios. Y para disminuir el efecto de cansancio y concentración de los operarios, se establecieron descansos entre cada hora de trabajo.

También cabe mencionar que para la preparación de los experimentos y para la medición de los resultados, se emplearon las herramientas de medición adecuadas.

### 5.3.2.4. Análisis de los resultados

En esta sección se analizarán los resultados obtenidos en los experimentos con el fin de determinar qué variables son significativas. En la Figura 60 se presentan los resultados obtenidos, mientras que la Figura 61 contiene el gráfico de cubos de las medias de los datos.

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	VmImp	VmInt	pH	Rendimiento
1	6	1	1	1	12	7	5.5	0.11
2	16	2	1	1	12	12	5.5	0.13
3	10	3	1	1	12	7	4.5	0.11
4	14	4	1	1	12	7	5.5	0.10
5	12	5	1	1	12	12	4.5	0.13
6	3	6	1	1	7	12	4.5	0.09
7	9	7	1	1	7	7	4.5	0.08
8	15	8	1	1	7	12	5.5	0.09
9	7	9	1	1	7	12	5.5	0.09
10	1	10	1	1	7	7	4.5	0.08
11	5	11	1	1	7	7	5.5	0.08
12	11	12	1	1	7	12	4.5	0.09
13	13	13	1	1	7	7	5.5	0.08
14	8	14	1	1	12	12	5.5	0.12
15	4	15	1	1	12	12	4.5	0.13
16	2	16	1	1	12	7	4.5	0.11

Figura 60: Resultados de los experimentos

Elaboración propia

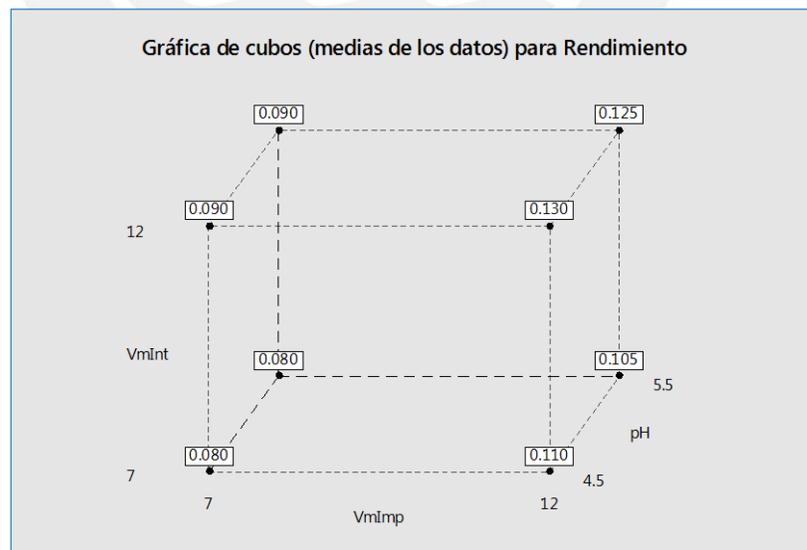


Figura 61: Gráfico de cubos de los resultados

Elaboración propia

Para determinar qué factores influyen significativamente, se plantea la siguiente hipótesis:

**$H_0: \tau_A = \tau_B = \tau_C = \tau_{AB} = \tau_{AC} = \tau_{BC} = \tau_{ABC} = 0$  (El factor no influye)**

**$H_1: El factor si influye en la variable de respuesta$**

La hipótesis nula sugiere que todos los tratamientos son iguales y tienden a cero, lo cual implica que todos producen el mismo efecto y ninguno es significativo en el resultado.

Por otro lado, la hipótesis alternativa propone que al menos dos tratamientos difieren entre sí, y son diferente de cero, evidenciando que influyen de manera significativa en el resultado.

Los resultados se obtuvieron en siguiente resumen de la Figura 62.

Regresión factorial: Rendimiento vs. VmImp, VmInt, pH					
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	0.005275	0.000754	60.29	0.000
Lineal	3	0.005150	0.001717	137.33	0.000
VmImp	1	0.004225	0.004225	338.00	0.000
VmInt	1	0.000900	0.000900	72.00	0.000
pH	1	0.000025	0.000025	2.00	0.195
Interacciones de 2 términos	3	0.000125	0.000042	3.33	0.077
VmImp*VmInt	1	0.000100	0.000100	8.00	0.022
VmImp*pH	1	0.000025	0.000025	2.00	0.195
VmInt*pH	1	0.000000	0.000000	0.00	1.000
Interacciones de 3 términos	1	0.000000	0.000000	0.00	1.000
VmImp*VmInt*pH	1	0.000000	0.000000	0.00	1.000
Error	8	0.000100	0.000013		
Total	15	0.005375			

Figura 62: Resumen de la regresión factorial  
Elaboración propia

Los factores “Velocidad máquina de impresión” y “Velocidad máquina de intercalado”, al tener un Valor p menor a 0,05, se rechaza  $H_0$ , es decir, estos factores si influyen significativamente en el proceso. Lo mismo sucede con la Interacción de “Velocidad máquina de impresión” \* “Velocidad máquina de intercalado”.

Esto se puede evidenciar gráficamente en las figuras 63 y 64.

En el caso de la Figura 63, se aprecia que la “Velocidad máquina de impresión” (A), la “Velocidad máquina de intercalado” (B) y la interacción “Velocidad máquina de impresión” \* “Velocidad máquina de intercalado” (AB) sobrepasan el límite de significación. Se consideran factores significativos.

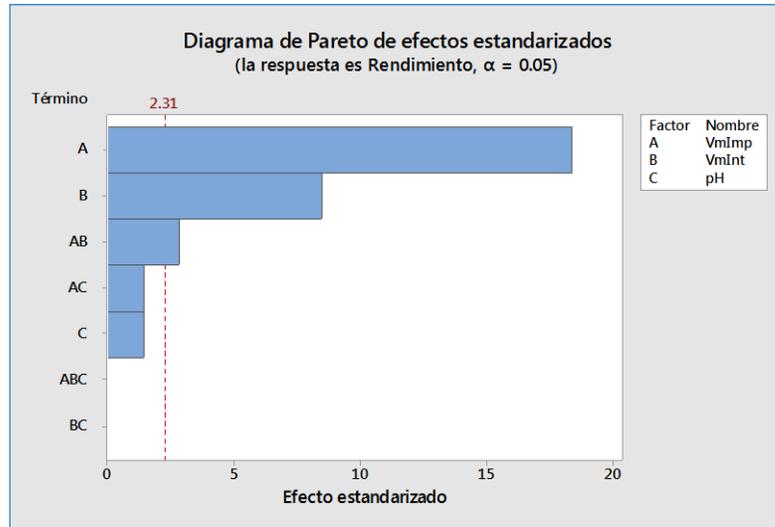


Figura 63: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados

Elaboración propia

Del mismo modo, la gráfica normal no presenta a los factores A, B y la interacción AB, lejos de la línea de significación. Según la leyenda del gráfico, estos factores resultan significativos.

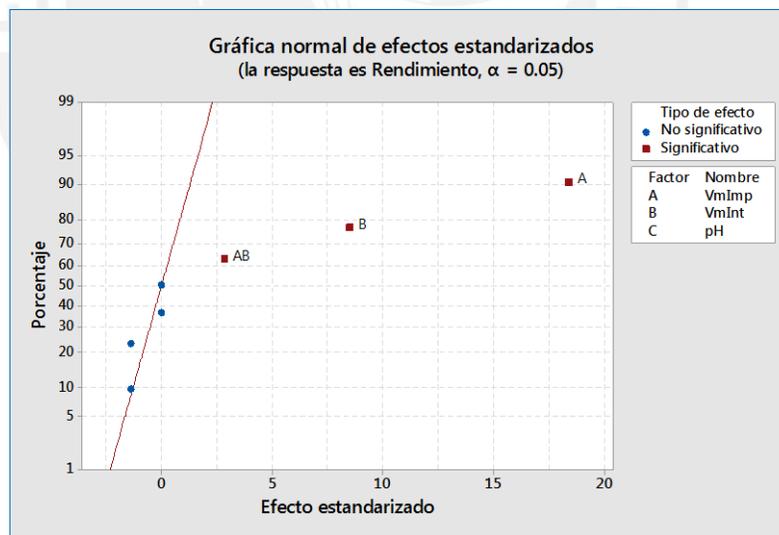


Figura 64: Gráfica normal de efectos estandarizados

Elaboración propia

En la Figura 65 se observa que el factor “Velocidad máquina de Impresión” es el que mayor efecto causa sobre la variable de respuesta, mientras que el factor “Nivel pH” no genera un gran efecto. También se observa que a medida que la “Velocidad máquina de Impresión” aumenta, la “Demasia” también aumenta, lo mismo sucede

con la “Velocidad máquina de intercalado”. Por otro lado, el “Nivel de pH” tiene una relación inversa con la “Demasia”.

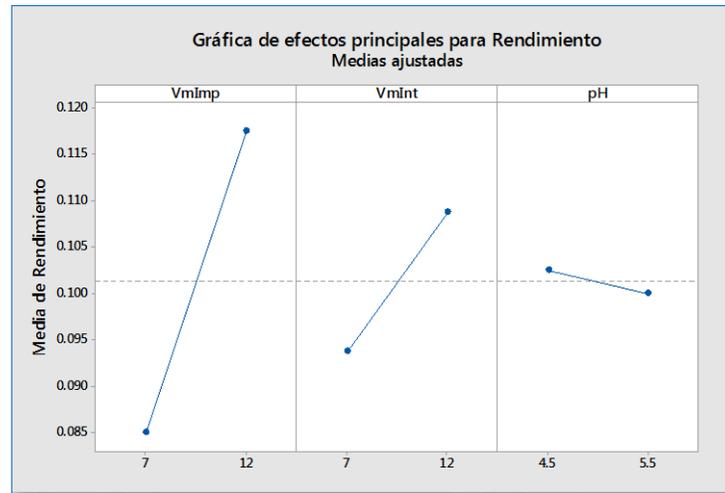


Figura 65: Gráfico de efectos principales  
Elaboración propia

El gráfico 66 muestra las interacciones entre los factores. En el gráfico 1, observamos que las líneas no son paralelas, por lo que podríamos decir que si hay interacción “Velocidad máquina de impresión” y “Velocidad máquina de intercalado”. En el gráfico 2, observamos líneas que tampoco son paralelas, sin embargo, estadísticamente no hay interacción entre “Velocidad máquina de impresión” y “Nivel pH”. En el gráfico 3, ambas líneas son paralelas entre sí, por lo tanto, se puede afirmar que la “Velocidad máquina de intercalado” y “Nivel pH” no interactúan.

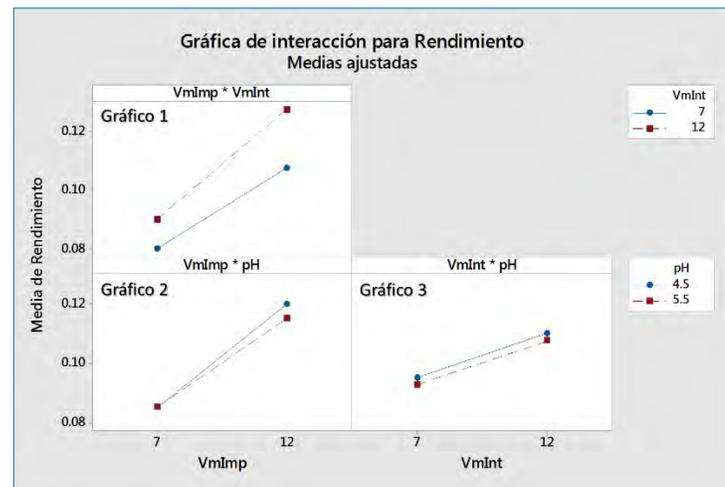


Figura 66: Gráfico de interacción  
Elaboración propia

La figura 67 muestra la gráfica de contorno la cual presenta el rango de valores de la variable de respuesta “Demasia”, de acuerdo a los valores que pueden tomar los factores “Velocidad máquina de impresión” y “Velocidad máquina de intercalado”.

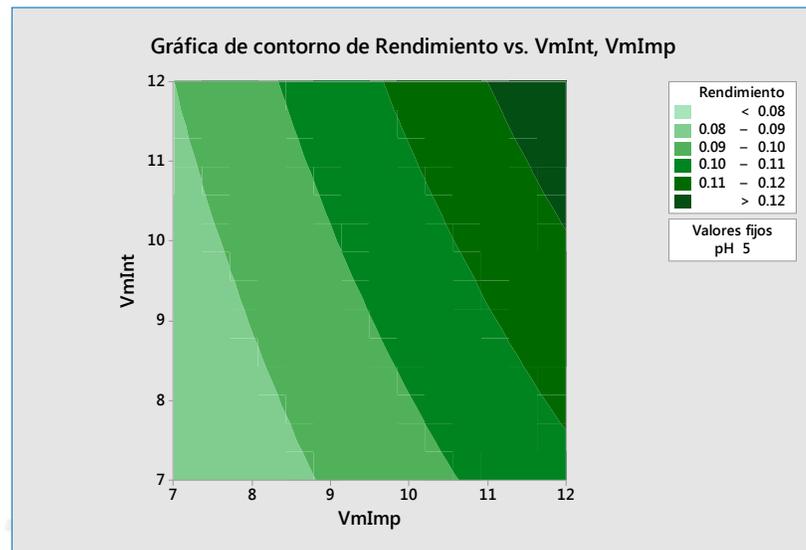


Figura 67: Gráfico de contorno

Elaboración propia

#### 5.4. Propuestas de mejora a los principales problemas

En el presente capítulo, se detalla las propuestas de mejora en el proceso de impresión de formularios continuos.

Tras realizar las pruebas del Diseño de Experimentos, se determinó que los factores significantes fueron la Velocidad de máquina de impresión y la Velocidad de máquina de intercalado. Para continuar con la aplicación de esta herramienta, mediante el uso de Minitab se hallará una ecuación de regresión que relacionará estos factores con el rendimiento del proceso de impresión. Además, se determinará una respuesta óptima que indicará de qué modo se debe reconfigurar el valor de estas variables, y poder obtener el mejor rendimiento posible.

Por otro lado, del diagrama de Ishikawa expuesto se concluye que la empresa presentan otros problemas como: la falta de capacitación del personal, realizar una mezcla incorrecta en el solvente o matiz de la tinta, no hay método adecuado de medición, falta de plan de mantenimiento preventivo en las máquinas, poco

control de calidad, y falta de orden y limpieza. Para solucionar estas contrariedades se propone la implementación de las 5S's debido a la importancia que tiene el tener un puesto de trabajo limpio y bien organizado. De esta manera se podrán reducir las pérdidas de tiempo, disminuir los desplazamientos innecesarios, ahorrar en mantenimiento y aumentar la seguridad.

Finalmente, se propone un plan de capacitación al personal en el cual se dará a conocer los cambios realizados, instruir en metodologías de medición y control de calidad, y crear conciencia sobre la importancia de implementar estos cambios.

#### 5.4.1. Determinación de la respuesta óptima

Para obtener una respuesta óptima, se realiza la prueba factorial, considerando solamente los factores que si influyen significativamente, y así, obtener la ecuación para el rendimiento, utilizando los coeficientes del análisis ANOVA. Estos factores son: Velocidad de máquina de impresión y Velocidad de máquina de intercalado.

Coeficientes codificados						
Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		0.101250	0.000884	114.55	0.000	
VmImp	0.032500	0.016250	0.000884	18.38	0.000	1.00
VmInt	0.015000	0.007500	0.000884	8.49	0.000	1.00
VmImp*VmInt	0.005000	0.002500	0.000884	2.83	0.015	1.00

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\text{Rendimiento} = 0.0471 + 0.00270 V_{mlmp} - 0.00080 V_{mlnt} + 0.000400 V_{mlmp}V_{mlnt}$$

Figura 68: Coeficientes y ecuación de regresión  
Elaboración propia

Finalmente la ecuación de regresión para el rendimiento es:

$$\text{Rendimiento} = 0.0471 + 0.0027V_{mlmp} - 0.0008V_{mlnt} + 0.0004V_{mlmp}V_{mlnt}$$

Haciendo uso del software Minitab, y conociendo las variables significantes, se procede a realizar la optimización de respuesta. Mediante esta optimización obtendremos los valores para los cuales se tendrá el rendimiento deseado.

Debido a que el rendimiento es la variable de respuesta, es decir, la variable “Demasia”, la optimización realizada buscará disminuir esta variable. Esto se debe a que mientras

menor sea demasía, menor papel será empleado en la preparación del sistema, y se obtendrá un mayor rendimiento de los recursos.

**Optimización de respuesta: Rendimiento**

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Rendimiento	Mínimo		0.08	0.13	1	1

Solución

Solución	VmImp	VmInt	Rendimiento Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	7	7	0.08	1

Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
VmImp	7
VmInt	7.00000

Figura 69: Resumen de optimización de respuesta  
Elaboración propia

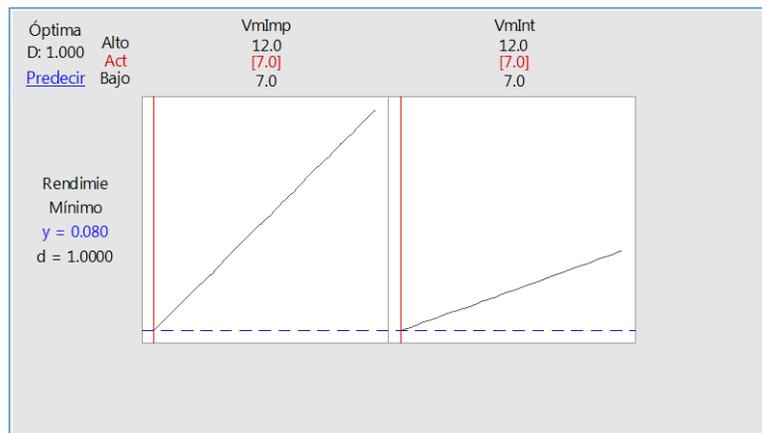


Figura 70: Gráfica de optimización  
Elaboración propia

Tanto del resumen (figura 69) como del gráfico de optimización (figura 70), se observa cuáles son los valores óptimos de la “Velocidad Máquina de Impresión” y la “Velocidad Máquina de Intercalado”, así como el valor óptimo de la “Demasia”.

- Velocidad Máquina de Impresión: 7 millares/hora
- Velocidad Máquina de Intercalado: 7 millares/hora
- Rendimiento (Demasia): 8% de millar de papel

#### **5.4.2. Implementación de las 5S's**

Las 5S's es una metodología que permite establecer y mantener el orden, limpieza y hábito en la empresa. Elimina los elementos que no son útiles, ganando espacio físico y un flujo rápido; se puede encontrar de una manera más rápida los utensilios de trabajo, y es más fácil de identificar las fallas o desviaciones. Esta metodología se puede mantener a lo largo del tiempo y mejorar continuamente.

##### **5.4.2.1. Seiri (Seleccionar)**

Tiene como fin identificar y separar lo que no es necesario para el trabajo de las estaciones de trabajo. Estos elementos pueden ser materiales, productos, documentos, etc.

##### Criterio de selección de artículos innecesarios:

- Descompuestos o dañados: si pueden ser reparados se mantienen, caso contrario, son desechados
- Obsoletos: serán desechados
- Peligrosos: serán reubicados en caso de que sean necesarios, si son innecesarios serán desechados
- Artículos de más: serán reubicados en las áreas donde sean necesarios, o vendidos

##### Herramientas a utilizar:

- Lista de elementos innecesarios: Se elaborará un formato en una hoja A4 en la que se registren los elementos identificados como innecesarios, haciendo uso de los criterios de selección descritos en el punto anterior. Esta lista mostrará el ítem identificado, lugar, cantidad y la forma como se desechará.

<b>LISTA DE ELEMENTOS INNECESARIOS</b>				
ENCARGADO:				
FECHA:				
ITEM	UBICACIÓN	CANTIDAD	CRITERIO (Descompuestos, obsoletos, peligrosos, de más)	ELIMINACIÓN (Acción sugerida)

Figura 71: Lista de elementos innecesarios

- Tarjeta roja: Se elaborarán tarjetas rojas haciendo uso de cartulinas, las que ayudarán a identificar los elementos innecesarios de los cuales se duda sobre su utilización.

N° \_\_\_\_\_

**TARJETA ROJA**

Fecha \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Área \_\_\_\_\_

Ítem \_\_\_\_\_

Cantidad \_\_\_\_\_

**ACCIÓN SUGERIDA**

Agrupar en espacio separado

Eliminar

Reubicar

Reparar

Reciclar

Comentario: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fecha para concluir acción: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Figura 72: Tarjeta Roja

Ambas herramientas se utilizarán en conjunto, el encargado de la selección irá colocando las tarjetas en los elementos innecesarios, a la par que los va apuntando en el formato para llevar un registro.

Implementación:

El encargado de la selección visitará cada puesto de trabajo para implantar la primera S, observará e identificará los artículos innecesarios de cada estación de trabajo.

Luego, se colocará las tarjetas rojas en los elementos identificados como innecesarios, los cuales serán llevados a un espacio designado (patio delantero). Estas tarjetas se usarán para seleccionar los artículos que aún no se tienen en claro su utilización, algunos serán desechados y otros reubicados.

Después de esto, los artículos que se encuentren en el espacio designado serán registrados en el formato de “Lista de artículos innecesarios”. Finalmente, se tomará la decisión final acerca del artículo de acuerdo a los criterios establecidos.

La actividad de colocar tarjetas rojas se realizará por una hora durante tres días al inicio de cada turno, de esta manera los operarios ayudarán al encargado de selección en identificar en sus puestos de trabajo los artículos a desechar y los que son posibles de reubicar.

Los objetos muy grandes identificados como innecesarios no serán transportados al área designada y se quedarán con la tarjeta adherida hasta que se tome una decisión respecto a su estado final.

El gerente, jefe de planta y el encargado de la selección en conjunto, tomarán la decisión final acerca de los artículos innecesarios identificados, determinarán si serán reubicados en la planta, o eliminados en su totalidad.

**5.4.2.2. Seiton (Organizar)**

Se implementa luego de que la empresa ha removido de su planta los elementos innecesarios, quedándose con los que son útiles para su trabajo. Al aplicar Seiton en la empresa, se busca mantener ordenados y ubicados en lugares de fácil acceso los elementos de trabajo que son necesarios. De esta manera, se puede localizar los materiales, equipos y herramientas de una manera fácil y rápida.

### Ubicación de cada elemento:

Primero, se distribuirá los espacios, máquinas, estantes, muebles, y los demás elementos que son útiles para realizar el trabajo.

Luego, los artículos se ubicarán de acuerdo a la frecuencia y secuencia de uso que tienen. Estos artículos tienen que estar ubicados de manera que sean fáciles de ver, acceder a ellos, y de retornar a la ubicación original.

Se tendrá en cuenta los siguientes criterios para la ubicación:

- Si el artículo se utiliza a cada momento, debe ir colocado junto a la persona
- Si se utiliza varias veces al día, debe ir cerca a la persona
- Si es usado varias veces durante la semana, debe ir cerca del área de trabajo
- Si se usa ocasionalmente en el mes, debe estar ubicado en áreas comunes
- Si su uso se da algunas veces en el año, debe colocarse en alguna bodega o almacén

### Identificación de elementos:

Los elementos serán codificados para tener un mejor control. A los lugares donde se colocaran estos elementos se les asignaran nombres, los cuales deben describir los elementos que ahí se colocarán, deben ser nombres de fácil entendimiento.

Además, para identificar los lugares se usarán colores variados para cada área, estos colores dependerá de la función que cumpla cada una. Por ejemplo: los pasillos, zonas de peligro, rutas de evacuación, zonas de maniobra (carga y descarga de productos), deben estar señalizados con líneas o marcas.

Se deben colocar diferentes letreros o avisos que indiquen: nombres de las áreas de trabajo, puntos de seguridad, rutas de evacuación por área, cantidad de elementos, etc.

En la figura 73 se presenta el área de almacenaje de la empresa, el cual consiste en anaqueles que guardan tanto materias primas, como son los papeles autocopiativos, y también el producto final que son los formularios continuos. En la figura 74, se encuentra el área de numeración donde se encuentra la máquina de numeración junto

al equipo de protección personal adecuado para el uso seguro de esta maquinaria. A un extremo de esta zona de trabajo hay un cartel que indica el nombre de esta área.



Figura 73: Cartel de "Almacén"



Figura 74: Cartel de área "Numeración"

### Implementación:

En la implementación de la segunda S se trabajará con todo el personal que pertenece al área para ordenar, esperando recibir sugerencias por parte de todos los involucrados.

Primero se codificarán todos los elementos necesarios identificados al realizar la primera S, estos tendrán una denominación única, en los que se indicará el lugar de ubicación asignado. Es necesario contar con un formato en el que se anote datos sobre los elementos como: cantidad, frecuencia de uso, para que se usa, y el estado en el que se encuentra.

Las herramientas que se usarán deben estar suspendidas de un gancho que esté ubicado al alcance de la mano del operario.

Los lugares donde se ubicaran estos elementos también serán codificados. Además, se colocaran carteles con los nombres respectivos de cada área.

Se utilizará pintura blanca para delimitar las áreas de trabajo en la planta de producción, y para el pasillo, marcando las áreas de paso. La pintura amarilla se usará para delimitar las zonas seguras en la empresa.

Como resultado, se encontrarán los objetos de trabajo de manera rápida; se tendrá un mayor control de los elementos, en caso falte uno será fácil de detectar; el tiempo empleado en ir por un objeto disminuirá ya que estará al alcance el operario y se planta tendrá una vista más agradable.

#### **5.4.2.3. Seiso (Limpieza)**

La limpieza de las instalaciones es responsabilidad de la empresa, sin embargo, todo el personal debe verse involucrado, ya que son los responsables de que se encuentre en buenas condiciones todo lo que utilizan. Por ese motivo, ellos son los encargados de verificar durante la limpieza si existe algún problema o falla en las máquinas. El personal de la empresa debe mantener limpio su lugar de trabajo.

La suciedad, polvo y basura, pueden generar fallas en las máquinas, de la misma manera, los accidentes pueden ser provocados por estos.

### Campaña de limpieza:

Los encargados de limpieza iniciarán limpiando los pisos y ventanas del establecimiento, también se limpiará las herramientas, equipos y estantería que se usa a diario.

Con esta campaña se fortalecerá la motivación de los colaboradores para iniciar y mantener la limpieza de la planta.



Figura 75: Cartel de campaña de limpieza N°1



Figura 76: Cartel de campaña de limpieza N°2

### Problemas o fallas reales:

Se debe verificar si los elementos limpiados están en buen estado y funcionamiento. Si se observa alguna falla se debe revisar de inmediato, y/o mandarlo a arreglar.

### Causas de suciedad:

Se debe observar si la suciedad encontrada es normal o anormal, y se debe determinar las causas de ello.

Las diferentes causas pueden darse por: descuido, personal con poco tiempo para atenderlo, no se ha establecido límites tolerables, aun no se localiza la fuente de la suciedad, etc.

Luego de identificadas las causas se debe tomar un plan de acción para cada una de ellas, en la cual participaran las partes involucradas, como los operarios de cada área, los que hagan uso de los diferentes equipos o materiales. Este plan de acción ayudará a prevenir y disminuir las fuentes de suciedad encontradas.

### Programa de limpieza:

La limpieza debe estar dentro de las funciones diarias del personal asignado a cada área. Se implementará una guía de limpieza, la cual indicará la forma de utilización de los elementos de limpieza, el tiempo de cada labor y su frecuencia, y las inspecciones a realizar durante el turno de trabajo.

La guía debe contener las áreas que comprende el programa de limpieza, los artículos de limpieza y seguridad que debe llevar el colaborador, las áreas de riesgo durante el proceso de limpieza.

CRONOGRAMA DE LIMPIEZA		
FECHA	HORA	PERSONAL
04-08-2018	12:00am	Robert-Antonia
11-08-2018	12:00am	Victor - Lopez
18-08-2018	12:00	Rildo - Flavia
25-08-2018	12:00	Robert - Antonio
01-09-2018	12:00	Victor - Lopez
08-09-2018	12:00	Rildo - Flavia
15-09-2018	12:00	Robert - Antonio
22-09-2018	12:00	Victor - Lopez
29-09-2018	12:00	Rildo - Flavia
06-10-2018	12:00	Robert - Antonio
13-10-2018	12:00	Victor - Lopez
20-10-2018	12:00	Rildo - Flavia
27-10-2018	12:00	Robert - Antonio

Riesgo de papel para reciclaje. Cada miembro de 8:00am a 9:00am

Figura 77: Cronograma de limpieza

**Implementación:**

Al implementar el programa de limpieza, se espera tener como resultado; aumento de la vida útil de los equipos e instalaciones; un ambiente libre de proliferación de bacterias, con lo cual los trabajadores tienen menor riesgo de contraer cualquier tipo de enfermedad; reducción de accidentes por espacios sucios y evitar generar daños hacia la ecología.

Para continuar con lo implementado en las dos S's anteriores, se realizará un día de limpieza, en el que los trabajadores trabajen en conjunto, haciendo uso de la guía de limpieza.

Esta S debe mantenerse en la empresa, de tal manera que se ejecute a diario durante 5 a 10 minutos. En estas actividades, se debe incluir una inspección de mantenimiento de los equipos, antes, durante y al final del turno de trabajo.

Los trabajadores tendrán un sistema de turnos para realizar el mantenimiento de las áreas comunes.



### Control visual:

El control visual es un elementado esencial del proceso de estandarización. Se conocerá y se marcará con colores los lugares donde están ubicados los materiales, herramientas, elementos de limpieza.

### Implementación:

Para que se implementa seiketsu en la empresa, las 3 primeras S's deben integrarse al trabajo como una rutina, cada miembro de la empresa debe tener un trabajo y responsabilidad asignada. De esta manera, los miembros del comité podrán realizar las auditorías correspondientes para verificar que todo marche de acuerdo a lo establecido. Luego de cada auditoría, se realizarán reuniones en las que se pueda discutir acerca de las fallas encontrados y se propongan soluciones.

El panel de control, además de ser una herramienta también sirve para motivar a los trabajadores, ya que llevará indicadores de la evolución de las S's implantadas, y permitirá llevar un control para mejorar continuamente.

Para el control visual, se hará uso de la codificación por colores, es decir, cada tipo de herramienta será marcado con un color en específico para que tenga un mayor orden, así mismo, se marcaran los contornos de los lugares donde irán ubicados las máquinas y demás herramientas. De esta manera, se contribuye a que se pueda controlar lo que ocurre en las estaciones de trabajo de una manera visual.

Con la implementación de la cuarta S, el personal de la empresa lograr tener un desempeño más alto en su trabajo, es decir, son más productivos. Se disminuye el tiempo de localización de los elementos que se requiere. Los trabajadores que tienen asignados maquinas a su cargo, logran conocer totalmente a su equipo e identifican los motivos por los cuales fallan, además, de conocer todos los elementos y herramientas necesarios para su trabajo.

#### **5.4.2.5. Shitsuke (Disciplina)**

Este principio promueve que se practique de manera continua los cuatro primeros principios de las 5S's, así se logrará el hábito requerido.

Actualmente, se observa que los operarios no son puntuales con la hora de entrada, se distraen fácilmente al realizar sus operaciones, comen al lado de la máquina

cuando esta se encuentra parada, incumpliendo con las normas de higiene y seguridad, a su vez, ocasionan que sus puestos de trabajo estén sucios.

Se debe promover la disciplina en la empresa, de esta manera, los operarios deben comprometerse a cambiar sus hábitos, ser ordenados y mantener limpio su lugar de trabajo.

Para fomentar la disciplina, se establecerán normas simples y fáciles de cumplir, se compartirá la misión y valores que tiene la empresa. También, se realizará un seguimiento continuo a los colaboradores para verificar si cumplen con los estándares de trabajo establecido.

Es importante promover la autodisciplina en los colaboradores para que puedan operar con apego los procedimientos y controles establecidos.

Para que se pueda practicar la autodisciplina:

- Se colocarán tachos en lugares estratégicos para que los operarios coloquen sus desperdicios, papeles, etc.
- Se fomentará que se devuelva los materiales, herramientas, equipos al lugar de donde pertenecen luego de usarlos.
- Se promoverá que los colaboradores dejen y mantengan limpio las áreas en común después de realizar actividades en ella.
- Los colaboradores deberán cumplir y respetar las normas establecidas en la empresa.

#### **5.4.3. Plan de capacitación al personal**

En el presente estudio, además de plantear los valores óptimos a los que debe trabajar el proceso de impresión, también se debe tener en cuenta el factor humano.

Por ello, se plantea un plan de capacitación al personal donde toda la empresa debe estar comprometida, comenzando por la gerencia que es responsable del programa, el éxito depende del nivel de compromiso que asuman.

La gerencia tiene como función principal liderar el programa, organizar y proporcionar los recursos necesarios, promover que toda la organización participe, y hacer seguimiento al proyecto.

Se formará un comité que gestione el proceso de capacitación, implementación, documentación y evaluación de los resultados del programa. Al ser una pequeña empresa, lo conformarán el gerente y el jefe de planta. El comité debe informar a los operarios de las áreas cuáles serán sus deberes y responsabilidades; explicar a los colaboradores que la implementación de esta metodología no aumenta la carga laboral.

Se debe capacitar a los operarios que participan del proceso, determinando las responsabilidades específicas que tendrá cada uno.

Los miembros del comité deben prepararse como expertos en la metodología DMAIC y de las 5S's, conocer sus conceptos y principios de aplicación.

En la fase de medición, se obtuvo índices de deficiencias relacionado a las velocidades de las máquinas de impresión e intercalado, por ese motivo se reforzará los conocimientos teóricos de los operarios para obtener óptimos resultados.

#### **5.5. Control de las mejoras propuestas**

En la etapa de control, se emplearán herramientas para asegurar que los cambios realizados para las mejoras se mantengan. Para controlar los niveles de las variables que afectan el sistema, se emplearán los gráficos de control con el fin de hacerle un seguimiento al proceso para el control de calidad.

Se priorizará el control de las variables Velocidad de la Máquina de Impresión y Velocidad de la Máquina de Intercalado, ya que son variables significativas según lo encontrado en la etapa Análisis.

##### **5.5.1. Gráfico de control para la Velocidad de la Máquina de Impresión después de la mejora**

El objetivo es mantener la velocidad óptima que se determinó en la etapa de Análisis. Y se debe de tener un control continuo para determinar si hay algún comportamiento cíclico o alguna anomalía.

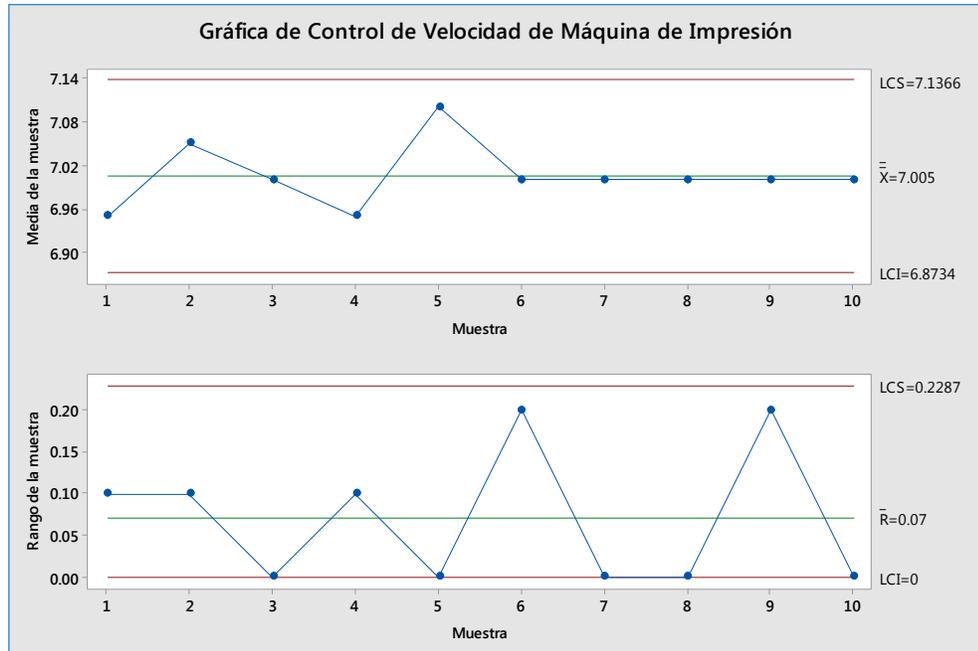


Figura 79: Gráfico de control para Velocidad de Máquina de Impresión  
Elaboración propia

En la Figura 79, se puede apreciar que todos los puntos se mantienen dentro de los límites de control, y que el promedio obtenido es cercano al óptimo, 7 millares por hora.

### 5.5.2. Gráfico de control para la Velocidad de la Máquina de Intercalado después de la mejora

Del mismo modo, para la Velocidad de la Máquina de Intercalado, se busca que el operador mantenga la velocidad de la máquina cerca al valor óptimo, 7 millares por hora.

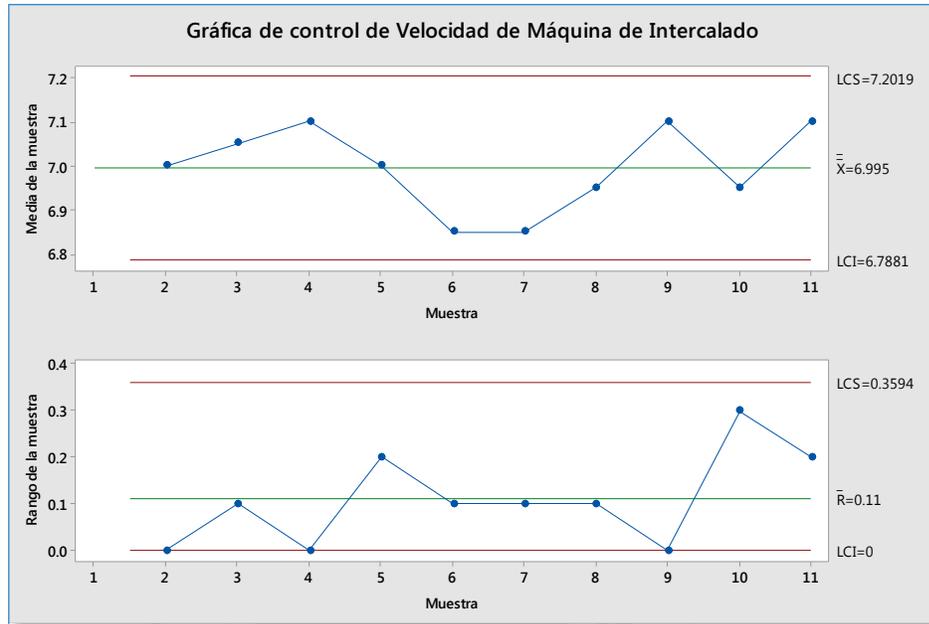


Figura 80: Gráfico de control para Velocidad de Máquina de Intercalado  
Elaboración propia

En la Figura 80, se observa que los valores obtenidos, son cercanos al promedio, y que a su vez, estos se mantienen dentro de los límites de control. Se observa además que los valores obtenidos en la máquina de intercalado, son más variables que los obtenidos en la máquina de impresión.

### 5.5.3. Capacidad de la Velocidad de la Máquina de Impresión después de la mejora

En la Figura 81, se observa que el proceso de la máquina de impresión tiene un CP igual a 1.11, lo cual es una mejora respecto al 0.97 inicial, mejorando un 14.4%. El proceso ha pasado de proceso incapaz a proceso apenas capaz.

También se observa que la media es algo superior a los 7 millares por hora deseados. Y el PPM alcanzado es de 919.78, reduciéndose un 77.1%.

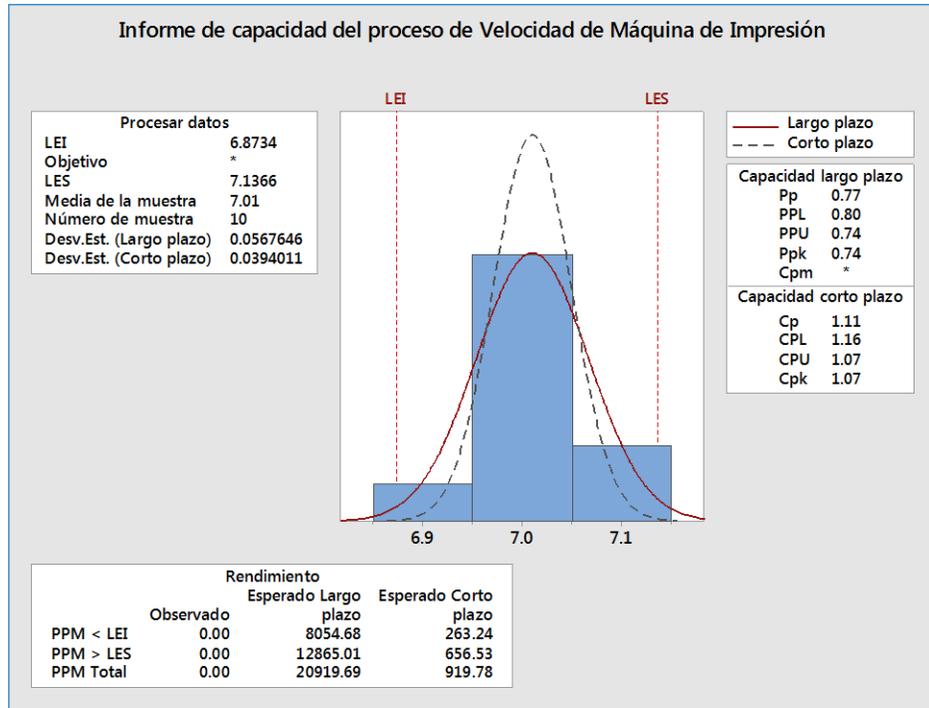


Figura 81: Capacidad de proceso de Velocidad de Máquina de Impresión  
Elaboración propia

#### 5.5.4. Capacidad de la Velocidad de la Máquina de Intercalado después de la mejora

De la capacidad del proceso de Velocidad de la Máquina de Intercalado se observa que el Cp ha aumentado 41.5%, a 0.58. El Cp obtenido muestra una mejora, sin embargo, el proceso sigue sin ser capaz.

La media del proceso se mantiene próxima al valor óptimo, 7 millares por hora. Mientras que el PPM esperado es de 82484.33, 61.9% menos que el proceso inicial.

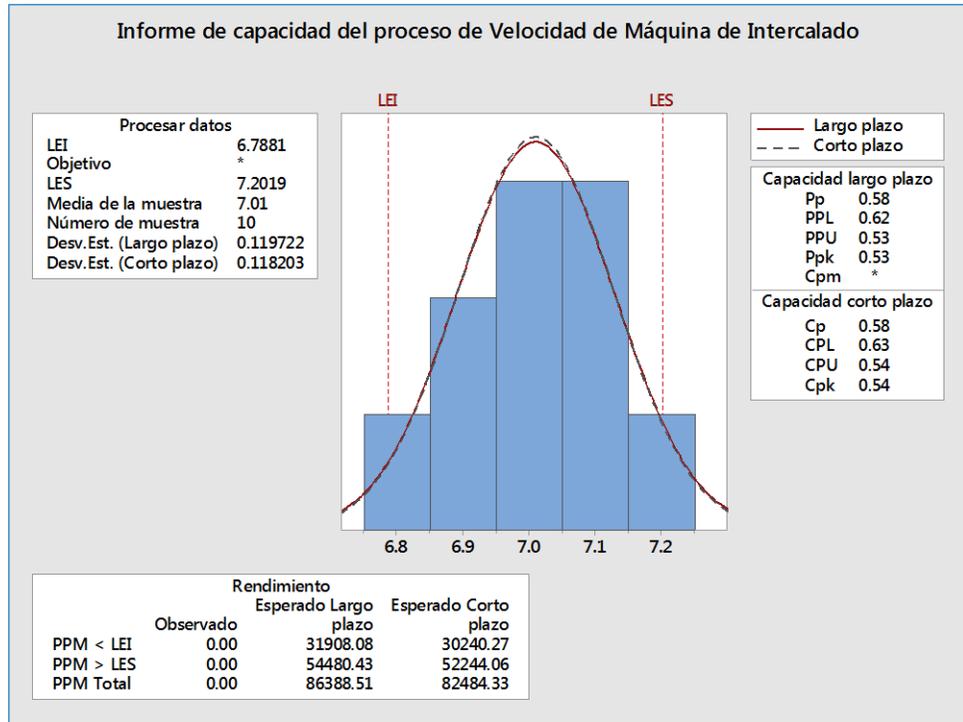


Figura 82: Capacidad de proceso de Velocidad de Máquina de Intercalado  
Elaboración propia

## CAPITULO 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA

En el presente capítulo, se evalúa técnica y económicamente las propuestas de mejora para determinar si es factible su aplicación.

Primero se detallarán todos los costos en los que incurre la implementación de las diferentes propuestas. Luego, se proyectará el ahorro en un tiempo significativo.

Finalmente, se realiza el análisis de sensibilidad y se determina la factibilidad del proyecto.

### 6.1. Costos del personal

Es importante calcular el costo de la mano de obra del personal involucrado, en los que esta incluidos los operarios, maquinistas, jefe de planta y gerente general.

En la empresa laboral 8 horas diarias y 6 días a la semana, tienen dos turnos de trabajo en el que participan los operarios y maquinistas.

Tabla 16: Costo Hora - Hombre

	Maquinista	Operarios	Jefe de Planta	Gerente General
Sueldo	S/. 1,500.00	S/. 800.00	S/. 2,400.00	S/. 7,000.00
Días	24	24	24	24
Horas	8	8	8	8
Costo Hr-H	S/. 7.81	S/. 4.17	S/. 12.50	S/. 6.46

Elaboración propia

### 6.2. Costos del Diseño de Experimentos

Para el costo del Diseño de los Experimentos, se consideró la mano de obra invertida en el desarrollo de cada experimento, así como los tiempos de preparación de cada máquina.

Además se agregaron los costos del Uso de tintas, uso de los instrumentos de medición y las tablas de control, el uso de la placa de impresión y las soluciones para la combinación Solución de agua – Tinta.

Tabla 17: Costo Mano de obra para Diseño de Experimentos

Orden Corrida	Vmlmp	Vmlnt	pH	Tiempo experimento (horas)	Tiempo Preparación máquina Impresión (horas)	Tiempo Preparación máquina Intercalado (horas)	Tiempo Total (min)	Costo Mano de Obra (S/.)
1	12	7	5.5	0.23	1.12	0.33	1.68	S/.13.10
2	12	12	5.5	0.17	1.12	0.33	1.62	S/.12.63
3	12	7	4.5	0.23	1.12	0.33	1.68	S/.13.10
4	12	7	5.5	0.23	1.12	0.33	1.68	S/.13.10
5	12	12	4.5	0.17	1.12	0.33	1.62	S/.12.63
6	7	12	4.5	0.23	1.12	0.33	1.68	S/.13.10
7	7	7	4.5	0.29	1.12	0.33	1.74	S/.13.56
8	7	12	5.5	0.23	1.12	0.33	1.68	S/.13.10
9	7	12	5.5	0.23	1.12	0.33	1.68	S/.13.10
10	7	7	4.5	0.29	1.12	0.33	1.74	S/.13.56
11	7	7	5.5	0.29	1.12	0.33	1.74	S/.13.56
12	7	12	4.5	0.23	1.12	0.33	1.68	S/.13.10
13	7	7	5.5	0.29	1.12	0.33	1.74	S/.13.56
14	12	12	5.5	0.17	1.12	0.33	1.62	S/.12.63
15	12	12	4.5	0.17	1.12	0.33	1.62	S/.12.63
16	12	7	4.5	0.23	1.12	0.33	1.68	S/.13.10
				<b>3.62</b>	<b>17.87</b>	<b>5.33</b>	<b>26.82</b>	<b>S/.209.52</b>

Elaboración propia

Finalmente se sumaron ambos costos para obtener el costo total de los experimentos.

Tabla 18: Otros costos para el Diseño de Experimentos

El Uso de tintas y posibles combinaciones	<b>S/.</b>	<b>112.50</b>
Uso de instrumentos de medición y tablas de control	<b>S/.</b>	<b>150.00</b>
El correcto insolado y procesado de una placa	<b>S/.</b>	<b>100.00</b>
Estabilidad Tinta - Agua	<b>S/.</b>	<b>100.00</b>
<b>Sub Total Otros</b>	<b>S/.</b>	<b>462.50</b>

Elaboración propia

Tabla 19: Costo total para el Diseño de Experimentos

Mano de Obra	<b>S/.</b>	<b>209.52</b>
Otros	<b>S/.</b>	<b>462.50</b>
<b>TOTAL</b>	<b>S/.</b>	<b>672.02</b>

Elaboración propia

### 6.3. Costo de implementación de propuesta de mejora

Los gastos incurridos en la implementación de la propuesta de mejora engloban todas las actividades realizadas para implementar las 5S's y el plan de capacitación al personal.

Se consideró al personal mencionado en la tabla anterior para realizar los cálculos correspondientes a los gastos, ya que participarán de charlas y serán capacitados porque serán los encargados de mantener de forma perenne el área donde se desenvuelven.

El detalle de gastos de la implementación de las 5S's se puede observar en la tabla 21, el cual asciende a S/. 10,268.33.

Para el plan de capacitación al personal, se consideró que el curso de metodología DMAIC lo llevarían el gerente y el jefe de planta. Los cursos sobre la Teoría de Velocidad de las máquinas de impresión e intercalado, serán dictados por capacitadores externos. El detalle de gastos se puede observar en la tabla 24, el cual asciende a S/. 8,000.00.

Finalmente, el costo total de la propuesta de mejora asciende a S/. 20,095.17, el cual incluye un monto del 10% como contingencia.

Tabla 20: Costo Total de Propuesta de Mejora

Implementación 5S's	<b>S/. 10,268.33</b>
Plan Capacitación	<b>S/. 8,000.00</b>
<b>Costo Total Propuesta de Mejora</b>	<b>S/. 18,268.33</b>
Contingencia (10%)	<b>S/. 1,826.83</b>
<b>Total</b>	<b>S/. 20,095.17</b>

Elaboración propia

Tabla 21: Costo Implementación 5S's

	Ítem	Costo	Cantidad	Horas	Total
<b>Implementación</b>	Pintura	S/. 60.00	6		S/. 360.00
	Papelería	S/. 35.00	5		S/. 175.00
	Afiches campaña proyecto	S/. 20.00	10		S/. 200.00
	Letreros / avisos	S/. 15.00	5		S/. 75.00
	Ganchos de herramientas	S/. 14.00	10		S/. 140.00
	Elementos de limpieza	S/. 70.00	3		S/. 210.00
	Panel de control	S/. 150.00	1		S/. 150.00
<b>Inducción 5S's</b>	Operarios	S/. 4.17	10	7.5	S/. 312.50
	Maquinista	S/. 7.81	2	7.5	S/. 117.19
	Jefe de planta	S/. 12.50	1	7.5	S/. 93.75
	Gerente General	S/. 36.46	1	7.5	S/. 273.44
	Capacitador	S/. 250.00	1	7.5	S/. 1,875.00
<b>Capacitación mejora continua</b>	Jefe de planta	S/. 12.50	1	3	S/. 37.50
	Gerente General	S/. 36.46	1	3	S/. 109.38
	Capacitador	S/. 250.00	1	3	S/. 750.00
<b>Implementación 1S y 2S</b>	Operarios	S/. 4.17	10	10	S/. 416.67
	Maquinista	S/. 7.81	2	10	S/. 156.25
	Jefe de planta	S/. 12.50	1	5	S/. 62.50
	Capacitador	S/. 150.00	1	10	S/. 1,500.00
	Auditoría	S/. 100.00	1	3	S/. 300.00
<b>Implementación 3S y 4S</b>	Operarios	S/. 4.17	10	8	S/. 333.33
	Maquinista	S/. 7.81	2	8	S/. 125.00
	Capacitador	S/. 150.00	1	8	S/. 1,200.00
	Auditoría	S/. 100.00	1	3	S/. 300.00
<b>Monitoreo</b>	Jefe de planta	S/. 12.50	1	4	S/. 50.00
	Gerente General	S/. 36.46	1	4	S/. 145.83
	Capacitador	S/. 150.00	1	4	S/. 600.00
	Auditoría	S/. 100.00	1	2	S/. 200.00
					<b>S/. 10,268.33</b>

Elaboración propia

Tabla 22: Costo Plan de capacitación

Temas de Capacitación	Costo	Cantidad	Horas	Total
DMAIC	S/. 2,800.00	2		S/. 5,600.00
Teoría Velocidad de Máquinas de Impresión	S/. 120.00		10	S/. 1,200.00
Teoría Velocidad de Máquinas de Intercalado	S/. 120.00		10	S/. 1,200.00
				<b>S/. 8,000.00</b>

Elaboración propia

#### 6.4. Proyección de ahorros estimados

El ahorro generado luego del desarrollo de la metodología DMAIC en la empresa, se cuantifica por el ahorro generado en demasía de un 2%.

En la siguiente tabla se observa el ahorro por millares de acuerdo a cada tipo de familia de formulario continuo:

Tabla 23: Ahorro en millares

Demanda Anual de las Familias de Producto	Demanda Anual (millar)	Ahorro (millar)
Original y copia (hasta 2 colores)	897	17.94
Original y 2 copias (hasta 2 colores)	3421.4	68.428
Original y copia (desde 3 colores)	1285	25.7
Original y 2 copias (desde 3 colores)	7624.5	152.49

Elaboración propia

Se tiene en cuenta que el costo de producción de un millar de hojas varía de acuerdo al tipo de papel que se usa:

Tabla 24: Costo de producción por millar

Tipo de Papel	Costo USD por millar
CB	\$ 8.39
CFB	\$ 9.08
CF	\$ 8.03

Elaboración propia

Se obtiene un ahorro de \$ 6,350.46, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 25: Cuantificación del ahorro

Original y copia (De 1 a más colores)	Cantidad (millar)	Valor USD
CB	43.64	\$ 365.96
CF	43.64	\$ 350.59
<b>Ahorro</b>		\$ 716.55
Original y 2 copias (De 1 a más colores)	Cantidad (millar)	Valor USD
CB	220.918	\$ 1,852.61
CFB	220.918	\$ 2,006.53
CF	220.918	\$ 1,774.77
<b>Ahorro</b>		\$ 5,633.91

Elaboración propia

## 6.5. Flujo de caja

A continuación se muestra el flujo de caja de la propuesta de mejora (ver tabla 26) a lo largo de los 4 primeros años. Los egresos representan los costos incurridos por la implementación, y los ahorros son generados a su vez por la implementación de la metodología DMAIC.

Tabla 26: Flujo de caja

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>
Ahorro		S/. 20,956.53	S/. 20,956.53	S/. 20,956.53	S/. 20,956.53
Egreso	S/. 20,767.19	S/. 11,295.17	S/. 11,295.17	S/. 11,295.17	S/. 11,295.17
<b>Ahorro - Egreso</b>	<b>S/. -20,767.19</b>	<b>S/. 9,661.36</b>	<b>S/. 9,661.36</b>	<b>S/. 9,661.36</b>	<b>S/. 9,661.36</b>

Elaboración propia

El ahorro se aprecia a partir del año 1 en adelante. Los egresos son mostrados a partir del año 0, teniendo en cuenta que en el año 0 se realiza la implementación de las 5S's, el plan de capacitación y el diseño de experimentos. El resto de años tiene un egreso del 50% del año inicial respecto a la implementación de las 5S's, que equivale la inversión en las auditorías y charlas para mantener la mejora continua.

Con el flujo de caja, se tiene un VPN de S/. 7,780.18, y una TIR equivalente al 30%, y un COK de 12% que se usa para el cálculo del VPN, ya que la inversión lo realizará la misma empresa y no se hará préstamo de entidad financiera.

Tabla 27: Indicadores financieros

TIR	<b>30%</b>
VPN	<b>S/. 7,780.18</b>
COK	<b>12%</b>

Elaboración propia

## CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentarán las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis:

### 7.1. Conclusiones

Después de realizar el análisis de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, se concluye lo siguiente:

- Para el desarrollo de la metodología DMAIC, es importante el apoyo y colaboración del personal de la empresa, que aporte un conocimiento interno y conozca a detalle las operaciones del proceso. De esta manera se logra conocer la situación real de la empresa.
- El análisis modal de fallas y efectos (AMFE), se realizó en base a una entrevista previa a los operarios de planta, ya que ellos conocen las causas por las que existen las principales fallas en el proceso productivo. De la misma manera para la selección de variables a medir, que se obtuvo apoyo de los colaboradores.
- En el capítulo 4 se realizó un diagnóstico general de los procesos de la empresa, obteniendo como proceso crítico el de producción de productos. Por ello, la metodología DMAIC se aplica a este proceso.
- La etapa de definición es la base para el desarrollo del proyecto. En esta etapa se define la situación real de la empresa y el principal problema de la misma.
- En la etapa de medición se utilizaron diferentes herramientas estadísticas para medir las variables seleccionadas. Se identificó que no había precisión en la herramienta de medición según los resultados del R&R para las variables de impresión e intercalado.
- En la etapa de análisis, se utilizó el software estadístico Minitab, de esta manera se logró obtener resultados de manera gráfica.
- En la etapa de control, se estableció gráficos de control para las variables críticas de impresión e intercalado.
- Para el diseño de experimentos, se contó con la colaboración de las personas encargadas de las diferentes áreas, para establecer límites y parámetros para el ensayo.
- La demasía se logró disminuir de un 10% a un 8% luego de desarrollado la metodología DMAIC en la empresa.
- La implementación de las 5S's, contribuye a mejorar el ambiente laboral, la gerencia trabaja en conjunto con el personal de planta generando un cambio en la actitud de

los colaboradores, obteniendo un lugar de trabajo limpio, ordenado y seguro. Esta filosofía puede volverse una cultura laboral en la empresa si se mantiene a lo largo de años y se mejora continuamente.

- En base al análisis financiero realizado de la implementación de la mejora, se tiene una inversión de S/. 20,769.19 en el primer año, y un ahorro promedio de S/. 20,756.53 anuales. Concluyendo que es factible realizar la implementación, con un VAN de S/. 7,780.18, y una TIR de 30% que es mayor al COK de 12%.

## **7.2. Recomendaciones**

- Se recomienda iniciar el proyecto implementando la metodología de las 5S's, ya que permite tener todo en mayor orden, y luego poder desarrollar el DMAIC de manera más provechosa.
- Tener en cuenta las capacitaciones, ya que además de servir para capacitar acerca de DMAIC, Six Sigma o los procesos de la empresa, también es una oportunidad para crear una cultura de compromiso.
- Utilizar las herramientas de medición correctas y calibrarlas antes de iniciar el proceso de medición, ya que en la mayoría de pruebas R&R, el mayor porcentaje de error estaba en el sistema de medición.
- Resaltar el uso de hojas de verificación, ya que en las máquinas de intercalado y enumerado, el error se enfocaba en la distracción del operario o una comunicación incorrecta de las instrucciones.
- Realizar el plan de mantenimiento preventivo de las máquinas, ya que se pierde tiempo y dinero haciendo mantenimiento correctivo cada vez que se rompe una pieza o se detiene la máquina.
- Realizar el diseño de experimentos con otros factores encontrados en el diagrama Causa – Efecto realizado en la etapa de análisis.
- Realizar encuestas a los clientes para así conocer más sus necesidades y lo que consideran más importante en los productos que reciben.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aracena J. (08 marzo, 2012) Letra de Cambio [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://mistrabajosdederecho.blogspot.com/2012/03/letra-de-cambio.html>
- Bersbach, P. (27 Octubre, 2009). The fifth step of DMAIC – Control. [Artículo en web]. Recuperado de: <http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-fifth-step-of-dmaic-control/>
- Bersbach, P. (27 Octubre, 2009). The first step of DMAIC – Define. [Artículo en web]. Recuperado de: <http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-first-step-of-dmaic---define/>
- Bersbach, P. (27 Octubre, 2009). The fourth step of DMAIC – Improve. [Artículo en web]. Recuperado de: <http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-fourth-step-of-dmaic-improve/>
- Bersbach, P. (27 Octubre, 2009). The second step of DMAIC – Measure. [Artículo en web]. Recuperado de: <http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-second-step-of-dmaic-measure/>
- Bersbach, P. (27 Octubre, 2009). The third step of DMAIC – Analyze. [Artículo en web]. Recuperado de: <http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-third-step-of-dmaic---analyze/>
- Besterfield, Dale H. (2009). *Control de calidad*. México: Pearson Educación.
- Damodaran Online (05 Enero, 2015). Betas by Sector (US) [Artículo en web]. Recuperado de: [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

- El Día. (03 enero, 2007) Mejoramiento Continuo: “Seis-Sigma” [Artículo en web]. Recuperado de <https://www.eldia.com/nota/2007-1-3-mejoramiento-continuo-seis-sigma>
- Enciclopedia de Clasificaciones (2017). Tipos de impresión [Artículo en web]. Recuperado de: <https://www.tiposde.org/cotidianos/587-tipos-de-impresion/> Consultado el 20 de Julio del 2018.
- Feigenbaum, Armand V. (1999). *Control total de la calidad*. México: Compañía Editorial Continental.
- Gestión (09 Marzo, 2012) La tasa de descuento de un proyecto en la práctica. [Artículo en web]. Recuperado de: <http://blogs.gestion.pe/deregresoalobasico/2012/03/la-tasa-de-descuento-de-un-pro.html>
- Gestión (20 Marzo, 2015). Riesgo país de América Latina [Artículo en web]. Recuperado de: <http://gestion.pe/multimedia/imagen/2126810/87770>
- GS Integraf S.A. (2015) Misión y Visión [Artículo en web]. Recuperado de: <http://gsintegraf.com/home.html> Consultado el 29 de Abril del 2015
- Harry, M., Mann, P. S., De Hodgins, O. C., Hulbert, R. L., y Lacke, C. J. (2010). *The Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2010) *Clasificación Industrial Internacional Uniforme 4ta Revisión*. Recuperado de: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0883/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0883/Libro.pdf) Consultado el 30 de Abril del 2015

- Juran, Joseph (1990). *Juran y la planificación para la calidad*. Madrid: Díaz de Santos
- Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra, M (2008). *Administración de Operaciones*. Octava edición. México: Pearson Prentice Hall.
- Lecta Group (2008). *Formación Papel Autocopiativo*. Recuperado de <https://docplayer.es/5382045-Formacion-papel-autocopiativo.html>  
Consultado el 23 de Abril del 2015.
- Lecta Group (2008). *Formación Papel Térmico*. Recuperado de <https://docplayer.es/2345923-Formacion-papel-termico.html>  
Consultado el 23 de Abril del 2015.
- Mantilla Celis, O. L. y Sanchez García, J. M. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. *Estudios Gerenciales*, 28(124), pp. 23-43. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/science/article/pii/S0123592312702140>
- McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L., y Gupta P. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook*. New York: McGraw-Hill Professional.
- Ordóñez Alcántara, W. C. y Torres Castañeda, J. A. (2014). *Análisis y mejora de procesos en una empresa textil empleando la metodología DMAIC* (Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú) Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5287>
- Pascual Calderón, E. (2009). *Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la empleando Six Sigma* (Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú) Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/317>

- Pyzek, T. y Keller P. A. (2010). *The Six Sigma Handbook. A complete guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at all levels*. Third edition. New York: McGraw-Hill Professional.
- Quintana, R. (2010) Introducción a los Sistemas de Impresión. Material traducido perteneciente a la Universidad de Londres. Publicado vía web el 25 de agosto de 2010.  
<http://www.proveedoradelasartesgraficas.com/pdf/introduccion%20a%20los%20sistemas%20de%20impresion.pdf>  
Consultado el 22 de abril del 2015.
- Rasmusson, David (2016) *SIPOC Picture Book: A Visual Guide to SIPOC/DMAIC Relationship*. Madison: Oriel Incorporated.
- Sanchez G. (mayo, 2018) Papel Continuo [Mensaje en un blog]. Recuperado de [http://www.glosariografico.com/papel\\_continuo](http://www.glosariografico.com/papel_continuo)  
Consultado el 20 de Julio del 2018.

