



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS
LIMPIA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA EN
DIARIOS MODERNOS S.A.**

Hugo Alejandro Orellana Higueros

Asesorado por el Ing. Reinhard Eduardo Majus Wasem

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS
LIMPIA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA EN
DIARIOS MODERNOS S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HUGO ALEJANDRO ORELLANA HIGUEROS

ASESORADO POR EL ING. REINHARD EDUARDO MAJUS WASEM

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA EN DIARIOS MODERNOS S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 21 de mayo de 2010.

Hugo Alejandro Orellana Higueros

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por las bendiciones en mi vida, por darme la sabiduría e iluminar mi camino hacia el éxito.
- Mis padres** Victor Hugo Orellana Barrios
Aura Leticia Higueros de Orellana
Por su amor, atención, comprensión y apoyo en mi formación humana y profesional, ejemplos de esfuerzo y sacrificio para la culminación de metas en mi vida.
- Mis hermanos** Byron Fernando y Bryan Manolo
Por su amor fraternal, comprensión y apoyo.
- Mi novia** Nelly Sussette Guillén Molina
Por su amor sincero y por su apoyo en los momentos mas importantes, he hallado en ti el verdadero complemento de mi vida.
- Mi familia** Por su unidad y apoyo que me ha dado aliento para avanzar humana y profesionalmente en la vida.
- Mis amigos** Por su amistad en todos los momentos compartidos con mucho afecto y respeto.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de ser parte de tan prestigiosa casa de estudios.

**Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial**

Por brindarme una excelente formación académica, creando profesionales de éxito que llevan el desarrollo a Guatemala.

Diarios Modernos S.A.

Por darme la oportunidad y el apoyo necesarios para realizar este Trabajo de Graduación en una empresa sólida y de prestigio.

**MSc. Ing. Gustavo
Rangel**

Con respeto y gratitud, ya que con su asesoría he aprendido nuevos conocimientos que contribuyeron a la finalización de este trabajo y a mi formación profesional.

**Mi asesor del Trabajo
de Graduación
Ing. Reinhard Eduardo
Majus Wasem**

Por su colaboración, orientación y apoyo en la asesoría de este Trabajo de Graduación.

Guatemala, 2 de Mayo de 2011

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

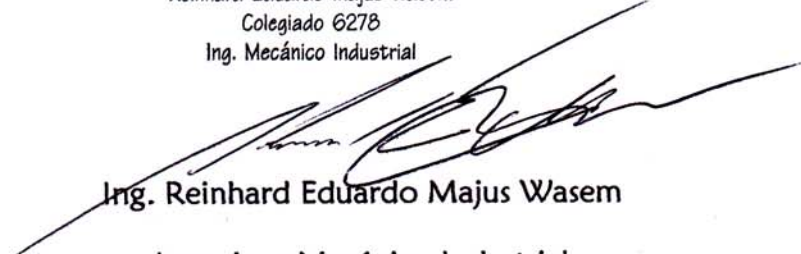
A quien corresponda:

Por este medio quiero hacer constar que el Trabajo de Graduación que lleva por título "ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA EN DIARIOS MODERNOS S.A." del estudiante de Ingeniería Industrial Hugo Alejandro Orellana Higueros, carné 2006-11176, cédula A1-1198952, ha sido revisado completamente por mi persona y no presenta cambios acorde al protocolo previamente aprobado.

Por lo anterior, doy mi total aprobación como Asesor de esta tesis para que sea presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial y se realice el seguimiento respectivo para efectos de Graduación del estudiante.

Atentamente,

Reinhard Eduardo Majus Wasem
Colegiado 6278
Ing. Mecánico Industrial



Ing. Reinhard Eduardo Majus Wasem

Ingeniero Mecánico Industrial

Cédula O16-67751

Colegiado Activo 6278



REF.REV.EMI.114.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA EN DIARIOS MODERNOS S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Hugo Alejandro Orellana Higueros**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



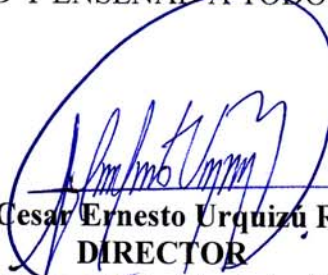
Guatemala julio de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA EN DIARIOS MODERNOS S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Hugo Alejandro Orellana Higueros**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2011.

/mgp



DTG. 514.2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA EN DIARIOS MODERNOS S. A.,** presentado por el estudiante universitario **Hugo Alejandro Orellana Higueros,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 17 de noviembre de 2011.

/gdech

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Filosofía de mejora de procesos Seis Sigma	1
1.1.1. Historia y evolución de Seis Sigma	2
1.1.2. Conceptos clave en la metodología Seis Sigma	5
1.1.3. Herramientas de mejora de la calidad	8
1.2. Metodología DMAMC de Seis Sigma	10
1.2.1. Definir	10
1.2.2. Medir	12
1.2.3. Analizar	14
1.2.4. Mejorar	15
1.2.5. Controlar	18
1.3. Dinámica de equipo en Seis Sigma	19
1.3.1. Errores comunes en una mala estrategia de trabajo en equipo	19
1.3.2. Roles y responsabilidades en un equipo Seis Sigma	22
1.3.3. Liderazgo facilitativo	27
1.4. Antecedentes de la empresa Diarios Modernos S.A.	28

1.4.1.	Misión	28
1.4.2.	Visión	28
1.4.3.	Valores	28
1.4.4.	Estructura organizacional de la planta de producción	29
1.4.5.	Descripción del producto	30
1.4.5.1.	Características generales	31
1.4.5.2.	Características del producto	32
1.5.	Impresión <i>offset</i>	32
1.5.1.	Características de la impresión <i>offset</i>	33
1.5.2.	Maquinaria y equipo utilizado en la industria de impresión de periódicos	34
1.5.2.1.	Dispositivo RIP	34
1.5.2.2.	Máquina insoladora de negativos	35
1.5.2.3.	Máquina quemadora de placas	36
1.5.2.4.	Máquina rotativa de impresión	36
1.5.2.5.	Cilindro portaplaca	37
1.5.2.6.	La placa <i>offset</i>	38
1.5.2.7.	Cilindro portamantilla	39
1.5.2.8.	La mantilla	40
1.5.2.9.	Cilindro impresor	41
1.5.2.10.	Sistema de humectación	42
1.5.2.11.	Sistema de entintado	42
1.5.3.	El agua en el proceso <i>offset</i>	43
1.5.3.1.	Dureza del agua	43
1.5.3.2.	Alcalinidad del agua	44
1.5.3.3.	Conductividad del agua	45

1.5.4.	Solución fuente para el proceso de impresión	46
1.5.4.1.	Componentes de la solución fuente	46
1.5.4.2.	El pH y conductividad de la solución fuente	49
1.5.5.	El papel	52
1.5.6.	La tinta	54
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN EN LA EMPRESA DIARIOS MODERNOS S.A.	57
2.1.	Fase de definición	57
2.1.1.	Descripción del problema	57
2.1.1.1.	Proceso a mejorar	57
2.1.1.2.	Grupos de interés del proyecto	57
2.1.1.3.	Clientes	58
2.1.2.	Definición del problema	59
2.1.3.	Alcance del proyecto	59
2.1.4.	Variables críticas para la calidad (CTQ's)	60
2.1.4.1.	Necesidades del cliente	60
2.1.4.2.	Árbol de variables críticas para la calidad	62
2.1.5.	Estándares de desempeño	63
2.1.5.1.	Medición de desempeño	63
2.1.6.	Análisis económico financiero	63
2.1.6.1.	Tabulación de datos obtenidos en tiraje de ocho páginas	64

	2.1.6.1.1.	Gráficos de escenarios en tiraje de ocho páginas	65
	2.1.6.2.	Tabulación de datos obtenidos en tiraje de 12-16 páginas	68
	2.1.6.2.1.	Gráficos de escenarios en tiraje de 12-16 páginas	69
	2.1.6.3.	Tabulación de datos obtenidos en tiraje de 20-24 páginas	72
	2.1.6.3.1.	Gráficos de escenarios en tiraje de 20-24 páginas	73
	2.1.6.4.	Promedio de tirajes al mes	76
	2.1.6.5.	Ahorro anual proyectado en tirajes	77
	2.1.6.6.	Ahorro total proyectado	80
	2.1.6.7.	Retorno de la inversión	80
2.1.7.		Mapeo del proceso de alto nivel	81
	2.1.7.1.	Cuadro de análisis de Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes (SIPOC)	81
	2.1.7.2.	<i>Charter</i> del proyecto	84

3.	PROPUESTA DE MEJORA EN ARRANQUE DE TORRES DE IMPRESIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA	87
3.1.	Fase de medición	87
3.1.1.	Mapeo de proceso	87
3.1.1.1.	Mapeo de variables de entrada y salida del proceso	88
3.1.2.	Clasificación de variables de entrada	89
3.1.3.	Identificación de variables de salida del proceso y sus mediciones	90
3.1.4.	Análisis de capacidad del proceso	91
3.1.4.1.	Continuidad de salida sin fallos (<i>Rolled Throughput Yield</i> (RTY))	91
3.1.5.	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	94
3.1.6.	Variación a corto plazo vs. largo plazo	96
3.1.7.	Valor de Z, valores de Sigma	97
3.1.8.	Gráficos de control de proceso	99
3.2.	Fase de análisis	103
3.2.1.	Identificación de las fuentes de variación	103
3.2.1.1.	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	103
3.2.1.2.	Diagrama de Pareto	104
3.2.1.3.	Diagrama de <i>Ishikawa</i> del proceso de arranque	106
3.2.1.4.	Diagrama de Pareto de causas de paros en arranque de líneas	107
3.2.1.5.	Interpretación de diagramas de <i>Ishikawa</i> y Pareto	108

4.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO MEJORADO DE ARRANQUE DE TORRES DE IMPRESIÓN	111
4.1.	Fase de mejora	111
4.1.1.	Establecer parámetros de operación. Procedimiento de arranque	111
4.1.2.	Diagrama de flujo del proceso	117
4.1.3.	Parámetros de copias malas	118
4.1.4.	Matriz de análisis de modos de fallas y efectos	119
4.1.4.1.	Matriz de análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) de procedimiento de arranque de torres de impresión	120
4.1.5.	Recolección de datos. Prueba piloto	122
4.1.6.	Análisis económico con datos reales	123
4.1.6.1.	Ahorro anual proyectado	123
4.1.6.2.	Retorno de la inversión	124
4.1.7.	Diagrama de flujo mejorado después de prueba piloto	125
5.	ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA EMPRESA DIARIOS MODERNOS S.A.	127
5.1.	Producción más limpia	127
5.2.	Implementación de soluciones ecológicas en la empresa Diarios Modernos, S.A.	128
5.2.1.	Utilización de papel reciclado	128
5.2.2.	Utilización de tinta hecha a base de soja	128
5.2.3.	Utilización de solución fuente biodegradable	129

5.2.4.	Disminución de utilización de solventes de limpieza	129
5.3.	Proyectos a realizarse para la minimización de residuos	131
5.3.1.	Proyecto de reducción de consumo de energía eléctrica	132
5.3.2.	Proyecto de instalación de tuberías de tinta en cada torre de impresión	132
6.	MEJORA CONTINUA	135
6.1.	Fase de Control	135
6.1.1.	Plan de control	135
6.2.	Capacitación de personal	138
6.2.1.	Gerencia de planta	138
6.2.2.	Prensistas	139
6.2.3.	Ayudantes	139
6.3.	Matriz de análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) de procedimiento de arranque de torres de impresión actualizado	140
6.4.	Evaluación de desempeño	142
	CONCLUSIONES	143
	RECOMENDACIONES	147
	BIBLIOGRAFÍA	149
	APÉNDICE	151
	ANEXO	157

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Definición estadística de Seis Sigma	7
2.	Organigrama de la planta de producción de la empresa Diarios Modernos S.A.	30
3.	Dispositivo RIP	35
4.	Insoladora de negativos	35
5.	Quemadora de placas	36
6.	Rotativa de impresión	37
7.	Cilindro portaplaca	38
8.	Instalación de placa <i>offset</i> en rotativa	39
9.	Especificaciones de solución fuente utilizada en la empresa Diarios Modernos S.A.	32
10.	Diagrama de variables críticas para la calidad (CTQ's)	62
11.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario conservador en tirajes de ocho páginas	65
12.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario optimista en tirajes de ocho páginas	66
13.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario pesimista en tirajes de ocho páginas	67
14.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario conservador en tirajes de 12-16 páginas	69
15.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario optimista en tirajes de 12-16 páginas	70

16.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario pesimista en tirajes de 12-16 páginas	71
17.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario conservador en tirajes de 20-24 páginas	73
18.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario optimista en tirajes de 20-24 páginas	74
19.	Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario pesimista en tirajes de 20-24 páginas	75
20.	Diagrama SIPOC para implementación de nuevo procedimiento de arranque	83
21.	Mapeo de variables de entrada y salida del proceso en arranque de torres de impresión	88
22.	Gráfico I-MR en tiraje de ocho páginas	100
23.	Gráfico I-MR en tiraje de 12-16 páginas	101
24.	Gráfico I-MR en tiraje de 20-24 páginas	102
25.	Diagrama de <i>Ishikawa</i> sobre la variación en el proceso de arranque	106
26.	Gráfico de Pareto de causas de paros en arranque de líneas	108
27.	Diagrama de flujo del procedimiento mejorado de arranque de torres de impresión	117
28.	Diagrama FMEA del procedimiento de arranque de torres de impresión	120
29.	Diagrama de flujo mejorado después de prueba piloto	125
30.	Gráfico comparativo de consumo de solvente <i>Roller and Wash</i>	131
31.	Plan de control en tirajes	137
32.	Diagrama FMEA actualizado	140

TABLAS

I.	Nivel de desempeño en Sigma	6
II.	Cuadro síntesis de actividades en fase Definir	11
III.	Cuadro síntesis de actividades en fase Medir	13
IV.	Cuadro síntesis de actividades en fase Analizar	15
V.	Cuadro síntesis de actividades en fase Mejorar	17
VI.	Cuadro síntesis de actividades en fase Controlar	18
VII.	Datos obtenidos en tiraje de ocho páginas	64
VIII.	Datos obtenidos en tiraje de 12-16 páginas	68
IX.	Datos obtenidos en tiraje de 20-24 páginas	72
X.	Cuadro de tirajes de la primera a la décima semana	76
XI.	Ahorro anual en unidades monetarias en tirajes de ocho páginas	77
XII.	Ahorro anual en unidades monetarias en tirajes de 12-16 páginas	78
XIII.	Ahorro anual en unidades monetarias en tirajes de 20-24 páginas	79
XIV.	Ahorro total proyectado en unidades monetarias en los tres escenarios	80
XV.	Retorno de la inversión en los tres escenarios en años	81
XVI.	Retorno de la inversión en los tres escenarios en meses	81
XVII.	Cantidad de observaciones de defectos en tirajes	93
XVIII.	Cantidad de paros en arranque de líneas	93
XIX.	Cálculo del DPMO del proceso	95
XX.	Frecuencia de incidencias en causas de paros en arranque de líneas	107

XXI.	Frecuencias acumuladas de causas de paros en arranque	107
XXII.	Parámetros de copias malas en cada tiraje	118
XXIII.	Ahorro anual de la situación real en unidades monetarias	123
XXIV.	Retorno de la inversión de la situación real en años	124
XXV.	Retorno de la inversión de la situación real en meses	124
XXVI.	Ahorro real en consumo de solvente <i>Roller and Wash</i>	130
XXVII.	Ahorro estimado en proyecto de bombas de tinta	134

GLOSARIO

<i>Black Belt</i>	Líder del equipo responsable de medir, analizar, mejorar y controlar los procesos claves que influyen en la satisfacción del cliente o aumento de productividad. Trabaja a tiempo completo en sus funciones.
CEO	Es el Director ejecutivo, por sus siglas en inglés <i>Chief Executive Officer</i> . Es el encargado de máxima autoridad de la gestión y dirección administrativa en una organización o institución.
Control	El estado de estabilidad, variación normal y previsibilidad. Proceso de regular y dirigir operaciones y procesos utilizando datos cuantitativos.
Control estadístico de proceso	Es la aplicación de métodos estadísticos para analizar los datos, estudiar y monitorear la capacidad y desempeño del proceso.
CTQ	(Crítico para la calidad). Elemento de un proceso o práctica que tiene un impacto directo en la percepción de la calidad.

Defectos	Fuentes de irritación y molestias del cliente. Son costosas tanto para el cliente como para los proveedores de servicios o manufactura. Al eliminar los defectos se obtienen beneficios de costo.
Diagrama de Pareto	Se enfoca en las oportunidades o problemas que tienen el mayor potencial de mejora mostrando su frecuencia relativa o tamaño en un histograma descendente. Basado en el principio de Pareto: 20% de las causas producen el 80% de los problemas.
DMAMC	(Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es un proceso para una mejora continua. Es sistemático, científico y basado en hechos. Este proceso cíclico elimina pasos improductivos, generalmente se enfoca en nuevos indicadores, y aplica la tecnología para la mejora.
DPMO	Por sus siglas Defectos Por Millón de Oportunidades, ayuda a determinar la capacidad del proceso.
DPSS	(Diseño para Seis Sigma) es una metodología sistemática que utiliza herramientas, entrenamiento e indicadores para permitir diseñar productos y procesos que satisfagan las necesidades del cliente y puedan ser producidos en niveles de calidad Seis Sigma.

FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (Matriz de análisis de modos de fallas y efectos) es una herramienta que permite una evaluación del riesgo en cada operación de un proceso.
Gráfico de control	Monitorea la variación en un proceso en el transcurso del tiempo y alerta al operario de una variación inesperada que puede causar defectos.
<i>Green Belt</i>	Similar a un <i>Black Belt</i> pero no tiene funciones a tiempo completo.
kPa	Equivale a 1 000 pascales (Pa). El pascal es la unidad de medida de la presión en el Sistema Internacional de Medidas.
Mapeo de proceso	Es una descripción ilustrada de cómo deben ser las cosas, que permite a los participantes visualizar un proceso completo e identifica áreas débiles o fuertes. Ayuda a reducir el tiempo de ciclo y defectos al reconocer el valor de las contribuciones individuales.
<i>Master Black Belt</i>	Principalmente son maestros. También asesoran y supervisan a los <i>Black Belt</i> . Poseen habilidades cuantitativas y la habilidad de enseñar y asesorar. Tienen funciones a tiempo completo.

Medición de defecto	Es la contabilización del número o frecuencia de defectos que causan lapsos en un producto o servicio de calidad.
Necesidades del cliente, expectativas	Las necesidades son definidas por los clientes, que atienden a sus requerimientos básicos y estándares.
Seis Sigma	Es una visión de calidad que equivale a solamente 3,4 defectos por millón de oportunidades para cada producto o transacción de servicio. Se esfuerza por la perfección.
Shore	Escala industrial que utiliza un método elástico para medir la dureza. Es adimensional.
Tiraje	Operación en la cual se imprimen ejemplares de periódicos. Puede ser de ocho páginas, 12-16 páginas, y 20-24 páginas.
Variación	Es un cambio en la práctica de un proceso o negocio que puede alterar el resultado esperado.

RESUMEN

La filosofía Seis Sigma proporciona una metodología sistemática y ordenada para la mejora de procesos, donde, apoyados por herramientas estadísticas, se gestionan proyectos y se corrigen los problemas antes de que se presenten, llevando la calidad de un proceso hasta casi la perfección. El presente trabajo de graduación consiste en el estudio del procedimiento arranque de líneas de impresión en Diarios Modernos S.A., con el fin de disminuir el desperdicio generado en el proceso y obtener una producción más limpia.

Utilizando la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) de Seis Sigma, se desarrolla un nuevo procedimiento de arranque, el cual, mediante un análisis económico financiero, genera un ahorro en los costos de producción de la planta, contribuyendo al desarrollo sostenible del medio ambiente, ya que se aprovecha al máximo la materia prima y genera un cambio de actitud favorable en los operadores en cuanto a buenas prácticas de manufactura.

Se define todo el ámbito de acción que abarca el proyecto, describiendo el problema, el proceso a mejorar y los grupos de interés. Se determina el alcance del proyecto y las variables críticas para la calidad. Se establecen probables escenarios para el análisis económico financiero. Se mide el proceso mediante la toma de datos, interpretándose los gráficos de control. Se detalla el proceso mediante un mapeo, lo que facilita su entendimiento y posterior análisis.

La metodología DMAMC brinda herramientas propias para un análisis estadístico del proceso, tales como el DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades) y el nivel de Sigma del proceso, con las cuales se puede medir la variación existente y determinar la capacidad del proceso. También se encuentra el cuadro SIPOC, donde se analizan los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes que afectan al proceso.

Otra herramienta es el cuadro FMEA, el cual permite el análisis de los pasos clave en el proceso, detallando los posibles problemas y responsables de las acciones a tomar.

Se identifican las causas más comunes de paros en el arranque de torres de impresión mediante un diagrama de Pareto, y utilizando el diagrama de *Ishikawa*, se identifican las causas de variación del proceso, analizando las categorías de mano de obra, maquinaria, métodos y materiales. Al interpretarse los resultados obtenidos en ambos diagramas, se determina el plan de acción a seguir.

Gracias a la correcta interpretación de los datos obtenidos por las herramientas estadísticas empleadas, se establece el procedimiento mejorado de arranque de líneas de impresión y los correspondientes parámetros de operación. Al implementarse el nuevo método, se logran resultados favorables en la prueba piloto efectuada generando menos desperdicio.

Se describen las soluciones ecológicas que se han implementado en la empresa para una Producción más limpia. También se describen los proyectos de minimización de residuos que se han desarrollado, los cuales producen un ahorro económico, son amigables y respetuosos con la naturaleza.

Por último, se genera un plan de control del proyecto, diseñado para la mejora continua del proceso de arranque de líneas de impresión. Se determinarán las directrices para la correcta capacitación del personal y para el aseguramiento de la calidad del proceso.

OBJETIVOS

General

Establecer el procedimiento de arranque de torres de impresión mediante la metodología DMAMC de Seis Sigma, a fin de disminuir los ejemplares malos y reducir la variabilidad del proceso entre las líneas de impresión logrando una producción más limpia y eficiente, en la empresa Diarios Modernos S.A.

Específicos

1. Conocer el proceso de impresión de ejemplares y aplicar la metodología DMAMC en el proyecto.
2. Establecer la variación del proceso, mediante un análisis estadístico.
3. Implementar el nuevo procedimiento de arranque y ajuste de variables del proceso de impresión.
4. Establecer los parámetros de copias malas o desperdicio generado en dependencia de cada tiraje, apoyado en el análisis económico-financiero de escenarios.
5. Disminución del desperdicio generado en un 5% en las pruebas piloto de la implementación de la mejora.

6. Utilizar la metodología DMAMC para proveer de una solución eficiente para la disminución de desperdicio generado en la producción y un plan de control para la mejora continua del proceso.

7. Como referencia, utilizar esta metodología para los estudiantes y profesionales de la Universidad de San Carlos de Guatemala y de otras universidades que deseen conocer, estudiar y aplicar la filosofía Seis Sigma en su entorno laboral.

INTRODUCCIÓN

Seis Sigma es una filosofía que promueve un cambio cultural en toda la organización, involucrando principalmente a la alta gerencia, a los mandos intermedios y al personal operativo, para implementar procesos de mejora con el objetivo de hacer más eficientes los procesos y producir un impacto económico y social en la empresa; en consecuencia se obtiene la satisfacción de los clientes internos, externos y el crecimiento del negocio. Es una reingeniería total y es aplicada por las empresas más exitosas del mundo, tales como: General Electric, Toyota, Honda, Polaroid, Canon, Texas Instruments, Sony, Motorola, entre otras.

La calidad es el principal componente del éxito de un producto o servicio; esta es definida por el cliente, mejorando la calidad, tanto del producto como de los procesos necesarios para su elaboración (manufactura, administración, logística, etcétera) hará que los defectos disminuyan y por consecuencia, se minimice la variación. La variabilidad, es el principal enfoque de una metodología de mejora de procesos. La metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma, busca la reducción de la variación, basándose en una serie de pasos para el control de la calidad y optimización de procesos industriales.

La meta de la filosofía Seis Sigma es la perfección, en términos cuantitativos, producir 3,4 defectos por millón de oportunidades. Un defecto es todo aquello que no se encuentra en las especificaciones del cliente.

Para lograr esta meta, es necesario identificar todos aquellos elementos que no agregan valor al producto, para eliminarlos y posteriormente rediseñar el proceso. La aplicación de la metodología DMAMC, permite un estudio completo del proceso a mejorar, obteniendo una retroalimentación antes de la finalización de cada fase. Con esto, se abarcan todos los aspectos del proyecto en ejecución, garantizando su éxito y mejora continua.

El presente trabajo de graduación es un proyecto desarrollado bajo la metodología DMAMC de Seis Sigma, que en Latinoamérica, especialmente en las universidades de nuestro país y en el entorno laboral, es poco conocido. Con lo que se pretende enriquecer la biblioteca de la Facultad, ya que será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional de cualquier carrera que esté interesado en conocer a fondo este tema.

La metodología DMAMC de Seis Sigma se aplica en el diseño de un nuevo procedimiento de arranque de líneas de impresión, con el objetivo de disminuir el desperdicio generado, la variación, reduciendo los costos de producción, obteniendo un impacto económico favorable y una producción más limpia para la empresa.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Filosofía de mejora de procesos Seis Sigma

La metodología de Seis Sigma es una filosofía e iniciativa de negocios que permite que la calidad de clase mundial y el mejoramiento continuo de procesos, alcancen el más alto nivel de satisfacción al cliente. Se establecen métricas o indicadores que alinean las metas organizacionales y valores de una empresa, hacia las necesidades y expectativas de sus clientes.

El símbolo Sigma (σ) representa una unidad de medida que designa la distribución o dispersión del proceso respecto a la media (promedio). En negocios, el valor de Sigma es una métrica que representa cuan bueno es el desempeño de un proceso y con qué frecuencia un defecto puede ocurrir. Mientras más grande sea el valor de Sigma, menor es la variación de un proceso y menos defectos tendrá.

Seis Sigma es el nuevo estándar de excelencia con sólo 3,4 Defectos Por Millón de Oportunidades (DPMO). Es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, basado en el enfoque hacia el cliente y en un manejo eficiente de los datos. Apoyado en un análisis estadístico que permite eliminar o minimizar la variabilidad en los procesos.

Adicionalmente, se pueden obtener reducción de los tiempos de ciclo, los costos, alta satisfacción de los clientes, buenas prácticas de manufactura y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.

1.1.1. Historia y evolución de Seis Sigma

Antes del 15 de enero de 1987, Seis Sigma era solamente un término estadístico. Desde entonces, la revolución de Seis Sigma, que empezó en Motorola, ha sido difundida a otras compañías que continuamente luchan por la excelencia. Mientras ha ido progresando, se ha extendido y evolucionado desde una técnica de solución de problemas hacia una estrategia de calidad y últimamente en una sofisticada filosofía de calidad. Sin embargo, esta filosofía única solo se dio a conocer después de que Jack Welch de General Electric (GE) la implementó como el foco central de su estrategia de negocios en 1995.

La evolución de Seis Sigma empieza a finales de los 70, cuando una firma japonesa tomó posesión de una fábrica de Motorola que manufacturaba lotes de televisores en los Estados Unidos. Los japoneses inmediatamente aplicaron cambios drásticos en la manera en que la fábrica era operada, empezando a fabricar lotes de televisores con 1/20 de unidades defectuosas que se producían bajo la administración de Motorola. Finalmente, Motorola reconoció que su calidad era terrible. Cuando Bob Galvin se convirtió en Director ejecutivo (CEO) de Motorola en 1981, retó a su empresa a lograr una mejora de diez veces el desempeño en un período de cinco años.

Mikel Harry, llamado el padrino de Seis Sigma y conocido como una autoridad en la teoría y práctica, se unió a Motorola en 1984. Allí trabajó con Bill Smith, quien escribió un reporte de investigación de calidad interna, que describía la correlación entre cuan bien un producto se desenvolvía en su ciclo de vida y cuánto reproceso requería en el proceso de manufactura. Esto captó la atención de Bob Galvin, que propuso el desafío de crear maneras prácticas de eliminar los defectos.

Harry, junto a Smith, desarrollaron un enfoque de solución de problemas de cuatro etapas: Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (MAIC). Después, la disciplina MAIC se convirtió en el mapa a seguir para alcanzar la calidad de Seis Sigma. El 15 de enero de 1987, Galvin puso en marcha un programa de calidad a largo plazo, llamado El Programa de Calidad Seis Sigma. Este era un programa corporativo que establecía a Seis Sigma como el nivel de capacidad requerido para alcanzar el estándar de 3,4 DPMO. Este nuevo estándar, debía ser utilizado en todo, en productos, procesos, servicios y administración. Estableciendo como su meta principal: cero defectos en todas sus actividades.

Después de implementar Seis Sigma, en 1988, Motorola se encontraba entre los primeros beneficiarios del Premio Nacional de la Calidad Malcolm Baldrige. Desde entonces, Seis Sigma obtenía constantemente la atención de la industria. Sin embargo, en Motorola, Seis Sigma solo era una metodología de disciplina para la solución de problemas. En 1988, en la empresa Unisys Corp. Harry junto con Cliff Ames, uno de los gerentes de planta de Unisys, crean el concepto de *Black Belt* para designar a las personas que estaban equipadas con las herramientas de Seis Sigma.

En 1989, Galvin invita a Harry para dirigir el Instituto de Investigación de Seis Sigma de Motorola y lo incitó a realizar un corto ciclo de transferencia de conocimiento de la calidad y una rápida diseminación de este conocimiento en una compañía mundial. Harry crea una estrategia de implementación de Seis Sigma que intentaba proporcionar herramientas de calidad en las manos de numerosos trabajadores y gerentes en toda la organización. Desde ese momento, las habilidades de Seis Sigma no eran solamente poseídas por ingenieros de la calidad, sino empezaron a ser transferidas desde el departamento de calidad hacia toda la organización.

En 1993, en la empresa ABB, Harry junto a Richard Schroeder, redefinió las tácticas de despliegue de Seis Sigma donde se incluyen: *Champion*, *Master Black Belt*, *Black Belt* y *Green Belt*, para obtener resultados desde los niveles inferiores hasta los más altos. Pero no fue hasta finales de 1993 que Seis Sigma realmente empezó a transformar el negocio. Ese año Harry y Schroeder se trasladaron a la empresa AlliedSignal y su CEO, Larry Bossidy, decidió adoptar Seis Sigma.

Seleccionando adecuadamente los proyectos de Seis Sigma y proveyendo puntualmente el adecuado apoyo para ellos, Bossidy sugirió que los ejecutivos de alto nivel también deberían entender las herramientas de Seis Sigma. En respuesta, Harry desarrollo una metodología para el liderazgo en equipo para seleccionar proyectos de alto apalancamiento financiero.

En AlliedSignal, un completo sistema de liderazgo y sistemas de apoyo se empezaron a formar en torno a las herramientas estadísticas para solucionar problemas de Seis Sigma. No mucho tiempo después de que AlliedSignal empezara su búsqueda de la calidad Seis Sigma, Jack Welch, Presidente y CEO de General Electric, influenciado por Bossidy, se empezó a interesar en Seis Sigma. Tanto Welch como Bossidy, sentían que los anteriores programas de calidad eran muy pesados en eslogans y livianos en resultados.

En junio de 1995, Welch invita a Bossidy a acudir a la reunión del Consejo Ejecutivo Corporativo de GE para que comparta su experiencia con Seis Sigma. Después de esa reunión, GE realizó un análisis de costo-beneficio en una implementación de Seis Sigma.

El análisis indicaba que si GE, que en aquel entonces trabajaba en un nivel de calidad entre Tres y Cuatro Sigma, quería aumentar su nivel de calidad a Seis Sigma, el costo de oportunidad estaba entre \$7 billones y \$10 billones. Esto equivale a la suma de 10 a 15% de las ventas.

Entonces, en enero de 1996, en equipo con la Academia Seis Sigma, Welch anunció el inicio de Seis Sigma en GE. Existen dos contribuciones importantes de la forma de implementación de GE a la evolución de Seis Sigma. Primero, Welch demostró el gran paradigma de liderazgo. Segundo, respaldó el programa de Seis Sigma con un fuerte sistema de recompensas para demostrar su compromiso.

General Electric cambió su plan de compensación de incentivos para toda la compañía de manera que el 60% de los bonos estuvieran basados en finanzas y el 40% en resultados de Seis Sigma. El nuevo sistema atrajo exitosamente la atención de empleados de GE hacia Seis Sigma. Aún más, el entrenamiento Seis Sigma se convirtió en un prerrequisito para avanzar en la escala corporativa de GE. Welch insistió que ninguna persona sería considerada para una plaza administrativa sino había tenido al menos entrenamiento para *Green Belt* finales del 1998.

1.1.2. Conceptos clave en la metodología Seis Sigma

- ✓ Seis Sigma: es un proceso altamente disciplinado que ayuda al enfoque en el desarrollo y entrega de productos y servicios casi perfectos.

- ✓ ¿Por qué Sigma?: la palabra es un término estadístico que mide cuan lejos un determinado proceso se desvía de la perfección. La idea central detrás de Seis Sigma es, si se puede medir cuantos defectos tiene un proceso, se puede sistemáticamente encontrar la forma de eliminarlos y acercarse lo más posiblemente a cero defectos. Con Sigma se mide la capacidad del proceso.

- ✓ Defectos Por Millón de Oportunidades (DPMO): para alcanzar una calidad Seis Sigma, un proceso debe producir no más de 3,4 defectos por millón de oportunidades. Una oportunidad para un defecto es una medida característica de una unidad no conforme, o que no cumple con las especificaciones requeridas. Esto significa que se necesita estar cerca de la perfección en la ejecución de los procesos claves. Se usa la medida en Sigma para observar que tan bien o mal operan los procesos y darle a todos una manera común de expresar dicha medida.

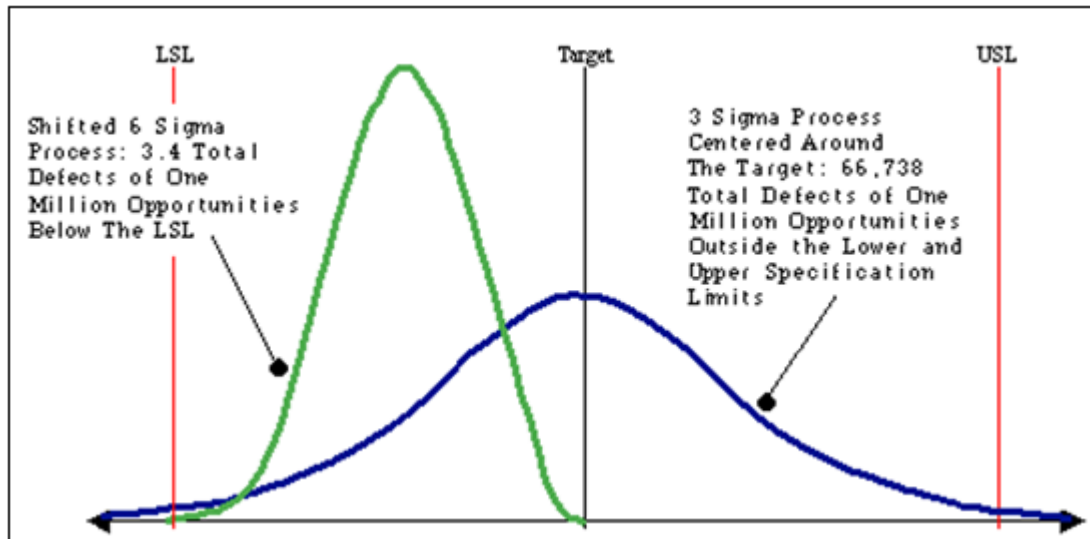
Tabla I. Nivel de desempeño en Sigma

Nivel en Sigma (σ)	Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO)
6	3,40
5	233,00
4	6 210,00
3	66 807,00
2	308 537,00
1	690 000,00

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Crítico para la calidad¹: atributos más importantes para el consumidor
- ✓ Defecto: algo que no es conforme a un estándar de consumo
- ✓ Capacidad de proceso²: lo que el proceso puede producir

Figura 1. Definición estadística de Seis Sigma



Fuente: <http://www.isixsigma.com/library/content/c010101a.asp>
 StatisticalSix Sigma Definition.

La Figura 1 muestra dos curvas. La curva verde muestra un proceso con un nivel de SeisSigma, teniendo 3,4 DPMO. La curva azul muestra un proceso con un nivel de Tres Sigma, y tiene 66738 DPMO.

- ✓ Variación: lo que el cliente percibe del producto

¹Traducido del término en inglés *CriticaltoQuality*.

²Traducido del término en inglés *Process Capability*.

- ✓ Operaciones estables³: aseguramiento de procesos consistentes y predecibles para mejorar lo que el cliente percibe del producto.
- ✓ Diseño para Seis Sigma⁴: diseño acorde a las necesidades del cliente y la capacidad de proceso.

1.1.3. Herramientas de mejora de calidad

En la metodología Seis Sigma, se utilizan herramientas estadísticas para la mejora de la calidad. Para la solución de problemas, se debe redefinir y analizar el problema. Con esto se recolecta y organiza la información, analizando los datos e hipótesis subyacentes y se reexamina el problema en busca de nuevas perspectivas. Se encuentran los hechos y se generan ideas para desarrollar soluciones, para luego implementarlas.

Las herramientas están diseñadas simplemente, de manera que con ellas puedan laborar fácilmente trabajadores a todos los niveles. Las herramientas son las siguientes:

- ✓ Diagramas de flujo: es muy útil para la comprensión de la forma en que funciona un proceso, esto permite detectar y definir problemas obvios, se mejora el proceso al eliminar pasos que no agregan valor, se comprende el proceso con mayor objetividad.
- ✓ Gráficos de control: es una gráfica lineal donde se trazan datos de un proceso a lo largo del tiempo. Se examina el proceso para determinar si se encuentra bajo control, o se encuentra afectado por la variación.

³ Traducido del término en inglés *Stable Operations*.

⁴ Traducido del término en inglés *Design for Six Sigma*.

- ✓ Hojas de verificación: se utilizan para la recolección de datos. Son formularios simples donde se registran datos. Los resultados pueden interpretarse sobre el formulario, de manera directa, sin procesamiento adicional.
- ✓ Histogramas: presenta gráficamente las variaciones en un conjunto dado de datos. Muestra la frecuencia o cantidad de observaciones con algún valor particular, o dentro de un grupo especificado. Se puede observar su forma de distribución e inferirse cosas relacionadas con la población.
- ✓ Diagramas de Pareto: es un histograma de los datos, desde los de frecuencia más elevada, hasta la más baja. Se utiliza para determinar visualmente la magnitud relativa de los defectos o problemas. De manera que los problemas más costosos o más importantes quedan de manifiesto. También pueden mostrar los resultados de los programas de mejoría a lo largo del tiempo.
- ✓ Diagramas de causa y efecto (*Ishikawa*): ayuda a la generación de ideas relacionadas con las causas del problema, y a su vez sirve de base para la determinación de la solución. Es un método gráfico simple de presentar una cadena de causas y efectos y de ordenar causas y organizar las relaciones entre variables. Debido a su estructura, a menudo se conoce como diagrama en espina de pescado.
- ✓ Diagramas de dispersión: son el componente gráfico del análisis de regresión. Indican relaciones importantes entre variables.

1.2. Metodología DMAC de Seis Sigma

La filosofía Seis Sigma utiliza datos y herramientas estadísticas para mejorar sistemáticamente procesos y mantener las mejoras realizadas. Los indicadores de proceso son evaluados, basados en una comparación de la media y variación en las especificaciones o los objetivos de desempeño.

La metodología es un enfoque de proyecto que consiste en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. El modelo DMAMC es un conjunto de herramientas resumidas en cinco fases que son utilizadas para describir y optimizar los procesos tanto industriales como administrativos.

1.2.1. Definir

Habiendo identificado el proyecto de mejora a realizar, se establecen las necesidades del cliente y se identifican los procesos y productos a mejorar.

Actividades principales:

- ✓ Preparar la declaración del problema: esta declaración debe describir el problema en términos específicos que identifican: qué está mal; cuál es la evidencia visible del problema; los síntomas; cuán serio es el problema, expresado en términos cuantificables y medibles; cuán extenso es el problema, si puede corregirse mediante un proyecto de mejora de tamaño manejable o necesitará ser subdividido en diversos proyectos pequeños manejables.

- ✓ Definir los objetivos del proyecto: se debe describir lo que se quiere lograr con el proyecto, y qué se hará para solucionar el problema. Se deben especificar en cantidades medibles y cuantificables los resultados que pretende lograr el proyecto y la inversión que este requiere.
- ✓ Seleccionar el equipo de proyecto: el equipo de proyecto seleccionado debe ser un equipo multifuncional que extienda todas las funciones en las cuales el proyecto de mejora causará impacto directo o indirecto.

Tabla II. Cuadro síntesis de actividades en fase Definir

Pasos	Actividades / Herramientas	Salida(s) Entregable
Crear una descripción del problema	Definir el proceso a mejorar	Definición del problema
	Definir los objetivos del proyecto	Alcance del proyecto
	Identificar los grupos de interés del proyecto	Objetivo del proyecto
	Identificar los clientes	
Identificar variables críticas para la calidad (CTQ's)	Árboles de variables críticas para la calidad	Identificación de las necesidades del cliente
Definir estándares de desempeño	Análisis económico-financiero	Análisis de brecha
		Impacto financiero
	Mapeo de procesos (Alto Nivel)	Definición del proyecto
		Plan de proyecto
	Mapeo del proceso	Definición de las mediciones de desempeño
Identificar medición de desempeño		

Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Medir

Durante esta fase, los síntomas del problema son identificados y una medición de línea de base del rendimiento actual es establecida. También se desarrolla un mapeo actual del proceso, donde se detallan los problemas que lo afectan.

Sin embargo, el verdadero propósito de esta fase es el de analizar los síntomas y después confirmar, o modificar, los objetivos del proyecto, basados en los resultados de este análisis. Un síntoma es la evidencia observable de un problema. Se definen las variables de entradas y salidas del proceso y se validan los sistemas de medición.

Los pasos para analizar un síntoma son los siguientes:

- ✓ Desarrollar definiciones operativas;
- ✓ Medir el síntoma;
- ✓ Definir los límites, eso es, el alcance del proyecto; y
- ✓ Concentrarse en las fuentes de variación más significativas que causan el problema.

Una vez el análisis de los síntomas ha sido completado, los objetivos del proyecto deben ser revisados y evaluados para confirmar si son aplicables, o deben ser modificados. Los resultados del análisis pueden revelar situaciones distintas a las que previamente se habían descrito.

Tabla III. Cuadro síntesis de actividades en fase Medir

Pasos	Actividades / Herramientas	Salida(s) Entregable
Entender el proceso y validar el sistema de medición	Mapeo de proceso	Mapa de proceso detallado
	Identificar las salidas y entradas del proceso	Identificar las variables de salida de proceso
		Identificar las variables de entrada del proceso
	Evaluar sistema de medición de las salidas del proceso	Datos de rendimiento validados
		Capacidad del sistema de medición en salidas
Recolección de datos	Recopilación de datos / Plan de muestreo	
Determinar la capacidad de proceso	Gráficos de control del proceso	Gráficos de control de línea de base
	Análisis de capacidad	Capacidad de línea de base
		DPMO
Técnicas gráficas	Valor de Z	
Completar los objetivos de rendimiento	Revisión de las metas y plan de proyecto	Metas de proyecto revisadas
		Objetivos de proyecto cuantificados
	Crear FMEA (Matriz de fallas, modos y efectos)	Metas financieras validadas
		Plan de proyecto revisado
	Análisis de causa y efecto	Relaciones causa-efecto
Riesgo priorizado		

Fuente: elaboración propia.

1.2.3. Analizar

En esta fase se formulan hipótesis acerca de las causas del problema, estas hipótesis son medidas, y finalmente, se identifican las causas raíz del problema. Se establecen que entradas de proceso clave afectan las salidas de proceso.

Actividades principales

- ✓ Sesiones de lluvia de ideas: estas sesiones son útiles para determinar las causas de los problemas, vinculando a personas de distintos departamentos. Se documentan las ideas y se organizan en diagramas de causa y efecto.
- ✓ Pruebas de hipótesis: antes de comprobar cualquier hipótesis, debe ser sistemáticamente probada. Deben recolectarse datos y mediciones, para comprobar o desechar cualquier hipótesis.
- ✓ Identificar la(s) causa(s) raíz: una vez las pruebas y mediciones han sido completadas, la(s) causa(s) raíz del problema deben ser determinadas. Estas pueden determinarse mediante diagramas de Pareto y diagramas de *Ishikawa*.

Tabla IIIV. Cuadro síntesis de actividades en fase Analizar

Pasos	Actividades / Herramientas	Salida(s) Entregable
Identificar fuentes de variación	Sesión de preguntas (lluvia de ideas)	Fuentes de variación identificadas
	Diagrama de <i>Ishikawa</i> (causa y efecto)	Variables de influencia potenciales identificadas
	Matriz de análisis de fallas, modos y efectos	Matriz de análisis de fallas, modos y efectos actualizadas
Causas potenciales evidentes	Diagrama de Pareto	Entradas de procesos vitales en el desempeño
		Mejora de oportunidades identificadas
		Análisis estadístico de datos

Fuente: elaboración propia.

1.2.4. Mejorar

La fase de Mejorar identifica las mejoras para optimizar las salidas y eliminar o reducir defectos y la variación. Se identifica las entradas (x 's), determina la relación $y = f(x)$, y valida estadísticamente las nuevas condiciones operativas del proceso.

Actividades principales:

- ✓ Evaluación de alternativas: métodos alternativos de mejora son evaluados para determinar cual método reducirá o eliminará el efecto de la(s) causa(s) raíz del problema. Esta evaluación se realiza utilizando diversos criterios de evaluación como costo, impacto, impacto cultural, etcétera. Se realizan los estudios y análisis económico-financieros.
- ✓ Implementación de mejora: por naturaleza propia, los esfuerzos de mejora crean un cambio en la organización y la resistencia cultural es una consecuencia cultural del cambio. Se deben involucrar a todos los niveles tanto operativos como administrativos, para la debida y completa ejecución del proyecto.
- ✓ Pruebas piloto: se realizan pruebas piloto para dar soporte a la propuesta de mejora. Es una simulación en condiciones de operación normales, donde se comprueba la efectividad de la mejora.
- ✓ Implementación: esto involucra la introducción de la propuesta de mejora al personal que lo adoptarán. Requiere de un plan, describiendo claramente las actividades y parámetros, también, indicando el porqué el cambio es necesario.

Tabla V. Cuadro síntesis de actividades en fase Mejorar

Pasos	Actividades / Herramientas	Salida(s) Entregable
Determinar la relación de la variable $Y = f(x)$	Diseño de experimentos	Relación entre las entradas (X's) y las salidas (Y's)
	Análisis de regresión	
	ANOVA	Variables de influencia potenciales establecidas
	Simulación	
Establecer tolerancias operativas	Establecer las relaciones entre las entradas (X's) y salidas (Y's)	Actualizar el plan de proyecto
	Uso óptimo establecido para las entradas (X's)	Establecer la implementación del plan
	Determinar nuevas capacidades del proceso	
Confirmar resultados y validar las mejoras	Confirmación de experimentos	Mapa de procesos actualizados. Matriz FMEA
	Mapas de procesos	Recolección de datos, prueba piloto
	Gráficas de control	Sistema de medición validado después de las mejoras
	Capacidad del proceso	Mejora de la capacidad
	Acciones correctivas	

Fuente: elaboración propia.

1.2.5. Controlar

En esta fase, se establecen los controles necesarios para asegurar que los objetivos y metas del proyecto se alcanzarán o continuarán, y que el problema no volverá a ocurrir.

Para esto, se deben realizar las siguientes actividades:

- ✓ Diseñar controles de calidad efectivos
- ✓ Implementación del plan de control
- ✓ Auditar y monitorear los controles

Tabla VI. **Cuadro síntesis de actividades en fase Controlar**

Pasos	Actividades / Herramientas	Salida(s) Entregable
Establecer la capacidad del proceso en función de X's y Y's	Plan de control en entradas (X's) y salidas (Y's)	Plan de control
	Análisis de capacidad	Gráficos de control
	Parámetros establecidos	DPMO
Implementar el proceso de control	Responsabilidad y conocimiento de auditorías	Validar los indicadores
	Mantenimiento preventivo	Monitorear el plan
	Transicionar el proyecto al responsable del proceso	Institucionalizar mejoras mediante cambios en el sistema
Documentación del proyecto completo	Validación financiera	Buenas prácticas de manufactura
	Reunión del equipo con clientes y grupos de influencia	Comunicación del éxito del proceso
	Porcentaje de avance del proyecto	Reporte del proyecto
	Factor de éxito (parámetros de control definidos)	Entregas finales
Cliente retroalimentado		

Fuente: elaboración propia.

1.3. Dinámica de equipo en Seis Sigma

Una definición de equipo es: dos o más individuos asociados en una acción conjunta. En el entorno de negocios, estas acciones conjuntas deben tener una misión o un objetivo que logre resultados. Sin embargo, muchos equipos de negocios, reflejan la definición de grupo en el diccionario: cualquier colección o conjunto de personas o cosas. Esto se refleja más cuando se forman equipos que tratan de alcanzar mejoras utilizando la metodología de mejora de procesos de Seis Sigma (DMAMC).

Muchos grupos de individuos que se hacen llamar un equipo terminan fracasando miserablemente utilizando la metodología DMAMC. A menudo, la razón de su fracaso es la pobre dinámica de equipo. Para definir la palabra equipo, se utilizará la definición encontrada en el libro *Six Sigma Team Dynamics*:

“Un equipo es un grupo de dos o más individuos comprometidos en una acción conjunta con una misión o meta específica”. Dinámica de equipo se define como “la motivación y las fuerzas motrices que lleva a un equipo a su objetivo o misión”.⁵

1.3.1. Errores comunes en una mala estrategia de trabajo en equipo

- ✓ No se identifica a un líder: los equipos Seis Sigma deben tener liderazgo. De hecho, dos líderes se requieren para un proyecto de equipo.

⁵ Extraído del libro *Six Sigma Team Dynamics*, George Eckes. 2003. P. 3.

Uno es un líder estratégico, conocido como Campeón de Proyecto⁶ y el líder táctico de equipo es conocido como Cinta Negra⁷ o Cinta Verde⁸.

- ✓ No se establecen roles y responsabilidades: se debe designar a cada miembro del equipo el rol o la responsabilidad que este tendrá, esto es vital para el éxito del equipo.
- ✓ No se establecen un conjunto de objetivos o metas: se debe establecer un conjunto de metas técnicas y de proceso, como parte de su trabajo. Muchos equipos se enfocan directamente en el objetivo principal del proyecto dada su ansiedad de obtener resultados. Sin embargo, los equipos de proyectos de Seis Sigma deben comprender que no se pueden obtener estos resultados utilizando los mismos métodos que históricamente usan para dirigir sus negocios.
- ✓ No se establece una agenda o plan de trabajo: los equipos que realizan un mejor trabajo en la administración de su tiempo invariablemente alcanzan mejores resultados. El concepto de las agendas es crítico para una mejor administración del tiempo, si la aplicación del concepto está enfocado en un proyecto de trabajo en equipo Seis Sigma, o reuniones en general.
- ✓ No se establece un método para determinar un consenso: al tomar decisiones rápidamente, se puede convertir en un caos. Si no se tiene un método formal de acuerdo, antes de que se tome la decisión, se utilizan comúnmente métodos informales. En unos casos, toma la decisión la persona con la voz más fuerte.

⁶Traducido del término en inglés *Project Champion*.

⁷Traducido del término en inglés *Black Belt*.

⁸Traducido del término en inglés *Green Belt*.

En otros casos, la decisión la toma la persona con más experiencia. Todas estas discusiones vanas son el resultado de un fracaso de equipo para acordar de antemano un método de toma de decisiones.

- ✓ No se utilizan herramientas para la calidad:muchas veces los equipos ignoran las herramientas para la calidad que la mejora Seis Sigma utiliza. Estas herramientas ayudan al equipo Seis Sigma a ser más efectivos en la toma de decisiones.
- ✓ No se establece un conjunto de reglas para dirigir las reuniones:deben haber estándares que establezcan como los miembros del equipo deben comportarse unos hacia los otros. Esto no solamente es una forma de asegurar la cortesía entre los miembros, sino también es una forma de asegurar que el tiempo que comparte el equipo se utilice efectivamente y eficientemente.
- ✓ Se exhibe un comportamiento desadaptativo para lo cual no hay consecuencias:este comportamiento siempre ocurre. Especialmente para los equipos Seis Sigma. Esta es una forma de algunas personas de mostrar resistencia. Es más evidente en el nivel táctico cuando la administración ejecutiva se ha comprometido a Seis Sigma. Los equipos deben aprender a reconocer este comportamiento y la forma de intervenir para que el equipo rápidamente se enfoque a su objetivo propuesto de mejorar la efectividad y eficiencia en su proyecto asignado.
- ✓ Se pierde una extraordinaria cantidad de tiempo al empezar:esto generalmente ocurre cuando se empiezan a designar responsabilidades, y alguien no toma la figura de líder. Existirán entonces, desacuerdos y rebeldía por parte de algunos miembros del equipo.

El éxito de un equipo Seis Sigma es comúnmente el resultado de uno o dos individuos (generalmente el *Black Belt* o *Green Belt*) que termina realizando cambios considerables al proceso en un intento de alcanzar resultados a corto plazo. Tratando de cambiar completamente la cultura de la organización.

1.3.2. Roles y responsabilidades en un equipo Seis Sigma

Antes y durante la implementación, y en transición para la organización, existen roles críticos y responsabilidades que garantizan que la metodología de Seis Sigma quede arraigada a la empresa. Estar concientes de quien es responsable de cada actividad permitirá una implementación efectiva.

Los roles y responsabilidades en la metodología Seis Sigma son los siguientes:

Ejecutivos⁹

- ✓ Crear la visión para la iniciativa de Seis Sigma;
- ✓ Definir las metas estratégicas y los indicadores de la organización;
- ✓ Establecer los objetivos del negocio; y
- ✓ Crear un entorno dentro de la organización que promueva el uso de la metodología Seis Sigma y sus herramientas.

Campeón Mayor de implementación¹⁰

- ✓ Es responsable de la administración diaria de Seis Sigma en toda la organización;

⁹ Traducido del término en inglés *Executives*.

¹⁰ Traducido del término en inglés *SeniorDeploymentChampion*.

- ✓ Diseña la infraestructura de Seis Sigma y los sistemas de apoyo (entrenamiento, autorizaciones de proyecto, recursos humanos, sistemas de reportes, etcétera);
- ✓ Utiliza objetivos de rendimiento para obtener la cooperación de los líderes de unidad;
- ✓ Reporta y actualiza a los ejecutivos acerca del progreso de la implementación;
- ✓ Actúa como un enlace entre los ejecutivos y los campeones de implementación; y
- ✓ Trabaja con los campeones de implementación para desarrollar un plan de comunicación para la organización.

Campeón de implementación¹¹

- ✓ Es responsable de la implementación de Seis Sigma en su división o unidad de trabajo;
- ✓ Trabaja con los líderes de la división o unidad de trabajo para determinar sus metas y objetivos y asegurarse que concuerden con los de los ejecutivos;
- ✓ Dirige una revisión exhaustiva para identificar áreas de oportunidades que se adaptan con las metas organizacionales;
- ✓ Facilita la identificación y priorización de proyectos;
- ✓ Establece y ejecuta los planes de entrenamiento;
- ✓ Desarrolla un plan de comunicación para la división o unidad de trabajo;
- ✓ Reporta el estado de la implementación en la división o unidad de trabajo al campeón mayor de implementación;
- ✓ Selecciona los campeones de proyecto; y
- ✓ Elimina barreras para el equipo.

¹¹ Traducido del término en inglés *Deployment Champion*.

Campeón de proyecto¹²

- ✓ Selecciona y asesora a los Cinturones Negros¹³;
- ✓ Dirige la identificación del proyecto, priorización y definición del alcance del proyecto;
- ✓ Elimina barreras para los Cinturones Negros y habilita recursos;
- ✓ Trabaja con los campeones de implementación para desarrollar la infraestructura de Seis Sigma; y
- ✓ Comunica el progreso de los proyectos Seis Sigma al campeón de implementación y dueños de proceso.

Cinturón Negro Maestro¹⁴

- ✓ Es un experto en los conceptos y herramientas de Seis Sigma;
- ✓ Entrena a los Cinturones Negros y se asegura que apliquen la metodología y las herramientas propiamente;
- ✓ Enseña y asesora a los Cinturones Negros y Cinturones Verdes;
- ✓ Mantiene el material de entrenamiento actualizado;
- ✓ Trabaja con proyectos de alto nivel, muchos de los cuales son en todas las divisiones o unidades de trabajo; y
- ✓ Asiste a los campeones y dueños de proceso con la selección de proyecto, administración de proyecto, y administración de Seis Sigma.

Cinturón Negro

- ✓ Es responsable de la dirección, ejecución y finalización de los proyectos DMAMC;
- ✓ Enseña a los miembros de equipo la metodología Seis Sigma y sus herramientas;

¹² Traducido del término en inglés *Project Champion*.

¹³ Traducido del término en inglés *Black Belts*.

¹⁴ Traducido del término en inglés *Master Black Belt*.

- ✓ Asiste en la identificación de las oportunidades de proyecto y refinación de los detalles y entorno del proyecto;
- ✓ Reporta el progreso a los campeones de proyecto y los dueños de proceso;
- ✓ Transfiere el conocimiento a otros cinturones negros y la organización; y
- ✓ Asesora a los Cinturones Verdes¹⁵.

Dueño de proceso¹⁶

- ✓ Es un miembro del equipo;
- ✓ Toma la propiedad del proyecto cuando es completado;
- ✓ Es responsable de mantener los logros del proyecto; y
- ✓ Elimina barreras para los Cinturones Negros.

Cinturón Verde

- ✓ Es entrenado en un subconjunto de las metodologías y herramientas de Seis Sigma;
- ✓ Trabaja con proyectos de corto alcance, generalmente en su respectiva área de trabajo; y
- ✓ Puede ser un miembro efectivo en un equipo de Cinturón Negro.

Campeón de finanzas¹⁷

- ✓ Estima y certifica los ahorros del proyecto;
- ✓ Establece un claro criterio en la política de ahorros;
- ✓ Trabaja con los campeones de implementación para identificar las potenciales oportunidades de proyecto; y
- ✓ Asigna una representación financiera a cada equipo de Cinturón Negro.

¹⁵Traducido del término en inglés *Green Belts*.

¹⁶ Traducido del término en inglés *Process Owner*.

¹⁷ Traducido del término en inglés *FinanceChampion*.

Campeón de tecnología de la información¹⁸

- ✓ Asegura los recursos de computación y *software*;
- ✓ Trabaja con los equipos de Cinturón Negro para el acceso de información de bases de datos existentes;
- ✓ Trabaja con los equipos de Cinturón Negro en el desarrollo de un sistema electrónico de rastreo para recoger, guardar, analizar, y reportar información del proyecto;
- ✓ Provee entrenamiento en el sistema de rastreo del proyecto; y
- ✓ Desarrolla un sistema de reportes para mantener informados a los ejecutivos y campeones del proyecto acerca del progreso del cumplimiento de metas y objetivos.

Campeón de Recursos Humanos¹⁹

- ✓ Identifica los roles y las responsabilidades para los Cinturones Negros Maestros, Cinturones Negros y Cinturones Verdes;
- ✓ Trabaja con los campeones de proyecto en el desarrollo del proceso de selección de Cinturones Negros Maestros, Cinturones Negros y Cinturones Verdes;
- ✓ Desarrolla el proceso de transición de carrera para los Cinturones Negros Maestros y Cinturones Negros; y
- ✓ Trabaja con el campeón mayor de implementación y campeones de proyecto para determinar los premios y reconocimientos para Cinturones Negros Maestros, Cinturones Negros, Cinturones Verdes y equipos.

¹⁸Traducido del término en inglés *InformationTechnologyChampion*.

¹⁹ Traducido del término en inglés *Human ResourcesChampion*.

1.3.3. Liderazgo facilitativo²⁰

Los equipos de trabajo deben regirse tanto por el contenido y como por el método que utilizarán en su proyecto. El contenido se refiere a qué se hace mientras el método se refiere a cómo se hace el trabajo. El método de cómo se hace el trabajo, comúnmente se denomina liderazgo facilitativo.

El liderazgo facilitativo tiene dos componentes. El primer componente es la acumulación de varios elementos de medidas preventivas que contribuyen a una mayor eficiencia y efectividad en las reuniones de Seis Sigma. El segundo componente se enfoca en las diversas intervenciones necesarias para desarrollar de mejor manera las reuniones.

El primer elemento clave de una buena prevención es una agenda detallada que incluya los resultados específicos detallados de cada reunión. Otra buena medida de prevención es la habilidad de establecer reglas básicas a respetar para el equipo Seis Sigma, acordando entre todos un método de toma de decisiones. Esto ayudará a lograr fácilmente un acuerdo en los roles y responsabilidades en las reuniones específicas de equipo y en el reconocimiento de la importancia de evaluar cada reunión Seis Sigma en qué salió bien y en qué se puede mejorar.

En cada reunión de equipo Seis Sigma, se deben establecer roles y responsabilidades. Estas incluyen al líder de equipo o facilitador, el secretario, el cronometrador y el moderador²¹ o persona que hacen ejercer las reglas establecidas.

²⁰Traducido del término en inglés *Facilitative Leadership*.

²¹Traducido del término en inglés *ground rule enforcer*.

1.4. Antecedentes de la empresa

La empresa Diarios Modernos S.A. se dedica a la creación y emisión del periódico Nuestro Diario, la primera edición salió a las calles el 16 de enero de 1998, dirigido a la población guatemalteca a más de 316648 mil familias; y sus lectores son hombres y mujeres comprendidos entre las edades de 13 a 60 años.

1.4.1. Misión

Crear un fuerte enlace con nuestros guatemaltecos y al mismo tiempo lograr una mejora en la calidad de vida del lector, en lo social y en lo económico, a través del aporte informativo, comercial, educativo y de entretenimiento utilizando la más alta tecnología.

1.4.2. Visión

Ser uno de lo sitios de diario, con contenido de calidad, centrado en el lector, el de mayor visitas en América.

1.4.3. Valores

Honestidad

- ✓ Que la verdad sea el factor central en todas nuestras actividades
- ✓ No utilizar medios incorrectos ni seguir procedimientos impropios para aumentar la circulación.
- ✓ No generar información falsa
- ✓ Sostener relaciones basadas en la transparencia y la lealtad
- ✓ Tener una comunicación clara con nuestros colaboradores
- ✓ Respetar los activos y los servicios de la empresa
- ✓ Mantener una relación respetuosa con terceros

Fidelidad

- ✓ Publicar las noticias tal y como son
- ✓ No publicar noticias ni notas no confirmadas
- ✓ No promover rumores y evitar las murmuraciones
- ✓ Hacer las cosas exactamente como se han acordado
- ✓ Actuar con rectitud de acuerdo con las normas y valores de la empresa
- ✓ Ser leales hacia la empresa y sus colaboradores

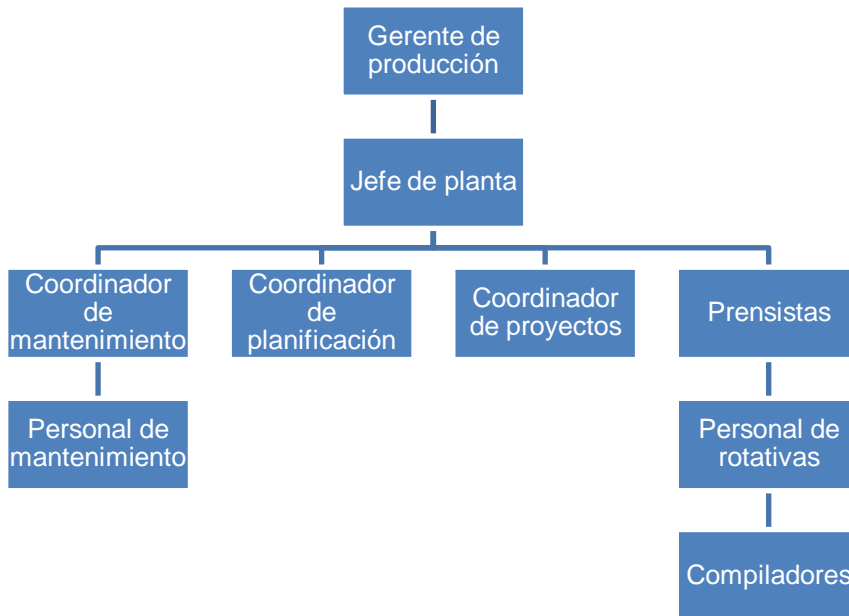
Ecuanimidad

- ✓ Compartir con nuestros colaboradores el fruto de nuestro esfuerzo de forma equitativa, desde la posibilidad que tenga cada uno de contribuir a dicho esfuerzo.
- ✓ Incentivar al personal para realizar ahorros y para aumentar sus ingresos y los de la empresa.
- ✓ Tratar de forma ecuánime a hombres y mujeres

1.4.4. Estructura organizacional de la planta de producción

La jerarquía organizacional es una estructura plana, las órdenes y directrices son generadas por la Gerencia de producción. La segunda persona al mando es el Jefe de planta, siendo esta persona el jefe directo de los demás empleados de la empresa. (Véase en Figura 2).

Figura 2. **Organigrama de la planta de producción de la empresa Diarios Modernos S.A.**



Fuente: elaboración propia.

1.4.5. Descripción del producto

Nuestro Diario es considerado un diario ligero. Este tipo de diarios cuentan con características similares en todo el mundo. El periódico Nuestro Diario tiene las siguientes secciones:

- ✓ Noticias nacionales
- ✓ Departamental
- ✓ Libre expresión
- ✓ Comunidad
- ✓ Internacional

- ✓ Estrellas
- ✓ Familia
- ✓ Variedades
- ✓ Deportes

Ningún diario en todo El Caribe, México y Centroamérica tiene la circulación de Nuestro Diario; siendo uno de los diarios que puede reclamar las cifras efectivas de circulación más altas de Latinoamérica.

Año	Ejemplares diarios (promedio)
1998	27165
1999	104905
2000	163 337
2001	206 107
2002	243 295
2003	271 460

1.4.5.1. Características generales

- ✓ Impacta severamente la lectura
- ✓ No es del estilo amarillista y vulgar
- ✓ El de mayor calidad entre los diarios populares, pero el más popular entre los de calidad
- ✓ Más liviano que los convencionales pero igualmente comprometido con la verdad
- ✓ Popular en su concepto
- ✓ Vela por sus lectores y tiene un amplio conocimiento de ellos

1.4.5.2. Características del producto

- ✓ Muy visual, con mucho color
- ✓ Valiente, de mucho impacto: va detrás de la noticia pura y dura
- ✓ Paginación limitada: pocos espacios publicitarios disponibles y baja saturación
- ✓ De fácil lectura, pero buena calidad periodística
- ✓ Con énfasis en el periodismo de servicio

1.5. Impresión *offset*

Es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel o materiales similares, que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre una plancha metálica, compuesta generalmente de una aleación de aluminio. La plancha toma la tinta en las zonas donde hay un compuesto hidrófobo (también conocido como oleófilo) y el resto de la plancha (zona hidrófila) se moja con agua para que repela la tinta; la imagen o el texto se transfiere por presión a una mantilla de caucho, para pasarla, finalmente, al papel por presión.

La prensa se denomina *offset* (del inglés: indirecto) porque el diseño se transfiere de la plancha de impresión al rodillo de goma citado, antes de producir la impresión sobre el papel. Este término se generó por contraposición al sistema dominante anterior que fue la litografía, en el que la tinta pasaba directamente al papel.

1.5.1. Características de la impresión *offset*

La impresión *offset* es un método de impresión indirecta, ya que se pasa de la plancha de aluminio al caucho para después pasar al papel (u otro sustrato) ejerciendo presión entre el cilindro porta caucho y el cilindro de presión (conocido también como cilindro de impresión o de contrapresión).

Se realiza mediante planchas metálicas (generalmente de aluminio) tratadas y fijadas sobre cilindros, de modo que hay una plancha por cada color que se quiera representar, o en el caso de la fotocromía, por cada uno de los cuatro colores (cian, magenta, amarillo y negro). De este último modo se obtiene papel impreso con imágenes a todo color superponiendo, mediante varias pasadas, las distintas tintas sobre el soporte. La cantidad y proporciones, de cada una de las tintas básicas que se usan en el proceso de impresión, así como, la transparencia parcial de estas, darán lugar a una imagen a color con un buen degradado de los tonos.

Para que la plancha se impregne de tinta, únicamente en aquellas partes con imagen, se somete la plancha a un tratamiento fotoquímico, de tal manera que las partes tratadas repelen el agua. Así, la plancha se pasa primero por un mojadador, impregnándola de agua y, seguidamente, por un tintero. La forma impresora es plana, sin relieve. Dura, pero además, flexible. Normalmente se utiliza el aluminio anodizado o monometálico.

Como la tinta es un compuesto graso, es repelida por el agua, y se deposita exclusivamente en las partes tratadas, o sea, con imagen. El agua, a menudo, contiene otras sustancias para mejorar su reactividad con la chapa y la tinta. Finalmente, las imágenes ya entintadas se transfieren a un caucho que forra otro cilindro, siendo este caucho el que entra en contacto con el papel para imprimirlo, ayudado por un cilindro de contrapresión o platina.

1.5.2. Maquinaria y equipo utilizado en la industria de impresión de periódicos

Para la impresión y circulación de un periódico, primero se debe definir la estructura de acuerdo con las necesidades de los departamentos editoriales y de publicidad. La redacción de un periódico suele estar situada en el centro de la ciudad, mientras que las instalaciones de producción se encuentran generalmente en las afueras. En el caso de la empresa Diarios Modernos S.A. ambas se encontraban dentro de la ciudad capital, pero separadas.

A pesar de esta separación, las dos entidades han de trabajar conjuntamente para combinar las aportaciones editoriales con el material publicitario y ensamblar los diseños de páginas completas y, finalmente, el periódico terminado.

1.5.2.1. Dispositivo RIP

Es un dispositivo que se usa en los sistemas de impresión para producir una imagen de mapa de bits. Posteriormente, el *bitmap* generado por el procesador se envía a un dispositivo de impresión. Los diseños de las páginas, generalmente en forma de un archivo PDF por página, son transmitidos a la instalación de producción, donde pasan por un dispositivo RIP (procesador de imagen de trama), generándose archivos TIFF (es decir, mapas de bits) para las diferentes separaciones de color. (Véase en Figura 3)

Figura 3. **Dispositivo RIP**



Fuente: Departamento de Prerensa, Diarios Modernos S.A.

1.5.2.2. Máquina insoladora de negativos

La impresión en color se obtiene generalmente combinando los colores de proceso cyan, magenta, amarillo y negro. La máquina insoladora de negativos, imprime los archivos digitales TIFF en negativos. Puesto que cada color se imprime por separado harán falta cuatro separaciones para obtener una plancha de impresión para cada color.

Figura 4. **Insoladora de negativos**



Fuente: Departamento de Prerensa, Diarios Modernos S.A.

1.5.2.3. Máquina quemadora de placas

Se utiliza para grabar las imágenes del negativo a una placa metálica. Cuenta con un sistema de registro de color llamado Ternes, que se caracteriza por tener unas pinzas similares a los de la rotativa y que permite lograr una estandarización y registro de todo el proceso. La exposición es de 25 segundos por placa y estas llegan recubiertas por una emulsión fotosensible que permite que las imágenes del negativo se fijen. El siguiente paso es el revelado de placas de forma química automática. Luego del revelado, pasa por agua y una goma evita que se vea la placa.

Figura 5. **Quemadora de placas**



Fuente: Departamento de Prerensa, Diarios Modernos S.A.

1.5.2.4. Máquina rotativa de impresión

La rotativa es la máquina que imprime los periódicos. Para imprimir cada página a color, el papel debe pasar por un cilindro con tinta cyan, uno con magenta, uno negro y otro amarillo. Los tirajes, son distintas secciones del periódico. Pueden ser de ocho, 12 o 16, y 20 o 24 páginas. Estos tirajes se imprimen de atrás hacia delante. (Véase en Figura 6)

Cuando se termina de imprimir, cada sección pasa por una máquina llamada dobladora que corta el papel continuo y las separa.

Figura 6. **Rotativa de impresión**



Fuente: Líneas de Producción, Diarios Modernos S.A.

1.5.2.5. Cilindro portaplaca

Es de metal fundido y tiene una hendidura a todo lo largo, que permite colocar un sistema de mordazas que sostienen la parte delantera y trasera de la placa. Su forma es de tubo sólido, tiene un eje que permite que este gire. El cilindro portaplaca es el portador de la imagen y sobre él actúan los sistemas de humectación y de entintado para humedecer y entintar la placa. (Véase en Figura 7)

Figura 7. **Cilindro portaplaca**



Fuente: Líneas de Producción, Diarios Modernos S.A.

1.5.2.6. La placa *offset*

La placa *offset* constituye la forma impresora mediante la cual la máquina *offset* puede reproducir múltiples ejemplares impresos idénticos. En la superficie de la placa hay dos zonas claramente diferenciadas: la zona imagen que aceptará tinta y la zona no imagen que aceptará agua y rechazará la tinta, cumpliendo así el principio litográfico.

Ambas zonas están en la plancha a la misma altura; por esta razón se dice que este sistema es planográfico. Al preparar una placa *offset* lo que se pretende es formar unas zonas imagen que sean receptoras de tinta y el resto de la superficie, llamada zona de imagen, deberá ser apta para la recepción del agua. Estas características se obtienen mediante la constitución física y química de cada una de estas zonas, consiguiendo los cambios necesarios en la superficie de la placa. Si una placa bien hecha se coloca en la máquina *offset*, los rodillos mojadores de la misma mantendrán las zonas sin imagen húmedas, de modo que no acepten la tinta.

Los rodillos entintadores transmitirán de este modo la tinta tan solo a las zonas imagen. El metal que se utiliza más comúnmente como soporte de placas *offset* es el aluminio, que tiene un costo relativamente bajo, se puede trabajar con facilidad para obtener láminas de espesor uniforme y posee una resistencia más que suficiente.

Al ser colocada en máquina, la plancha de aluminio presenta buena resistencia a la deformación dimensional y, por tanto, se puede obtener con ella buen registro. Su peso es ligero y, desde el punto de vista químico, no se deja atacar por los agentes atmosféricos ni por el agua y se puede tratar su superficie con facilidad para que las zonas no imagen sean receptoras de agua.

Figura 8. **Instalación de placa *offset* en rotativa**



Fuente: Líneas de Producción, Diarios Modernos S.A.

1.5.2.7. Cilindro portamantilla

Es de metal fundido, su forma es de tubo sólido, tiene un eje, también tiene una hendidura a todo lo largo donde se colocan dos mordazas mecánicas que sujetan y tensan la mantilla de caucho o de hule.

Este cilindro en sus movimientos puede acercarse y alejarse al cilindro portaplaca y al cilindro impresor con el fin de aumentar y disminuir la presión para imprimir. El control de esta presión permite reproducir la imagen impresa con la mayor fidelidad posible. El cilindro portamantilla, recibe la imagen del cilindro portaplaca y lo imprime en el papel.

1.5.2.8. La mantilla

La mantilla, que cubre el cilindro intermedio del cuerpo impresor y transmite la imagen de tinta de la placa al papel, juega un papel muy importante en la impresión *offset*. Constituye una de las características principales del *offset*. La alta fidelidad que se obtiene en la impresión *offset*, por basto que sea el papel que se utiliza, se obtiene gracias a las buenas cualidades que tiene la mantilla para transferir la tinta.

Una mantilla de caucho sintético está constituida por dos, tres o cuatro capas de tejido, entre las cuales hay unas finas capas de caucho íntimamente adherido a ellas. En su parte superior, la que utiliza para la transmisión de tinta, tiene una serie de capas de caucho, de color distinto según el fabricante y la calidad, que posee un espesor del orden de 0,5 mm. Según el número de capas de tejido que la forman, la mantilla puede tener un espesor entre 0,8 y 1,9mm.

Como tejido se emplea el algodón, pues es la fibra más adecuada debido a su resistencia al alargamiento, a su consistencia y su flexibilidad. En una de las direcciones de la mantilla, que se conoce por dirección en fibra las fibras de algodón poseen una calidad y consistencia más altas para evitar el alargamiento al ser tensadas por el cilindro. Es, absolutamente imprescindible conocer esta dirección de fibra en una mantilla nueva para colocarla adecuadamente en la máquina.

En la fabricación de una mantilla lo más delicado es la formación de la capa superficial de caucho. Se ha de hacer en varias capas y la composición utilizada ha de ser fina, uniforme y sin partículas extrañas. El proceso de fabricación supone también realizar una vulcanización del caucho para que la mantilla tenga sus cualidades típicas.

La mantilla finalmente es rectificada mediante abrasión con tela de esmeril de grano muy fino para obtener una estructura absolutamente uniforme. Su dureza debe ser de tipo medio, entre 70 y 80 *Shore*.

En general, es preferible montar en la máquina una mantilla de buena calidad, aunque sea cara, ya que su duración mayor compensará la diferencia de precio, la calidad de impresión será mejor y la productividad será más alta. No obstante, si se fuerza una mantilla a una presión excesiva su vida se acortará, tanto si es de buena calidad como si es de una calidad inferior.

1.5.2.9. Cilindro impresor

El cilindro impresor, tiene una estructura metálica de alta precisión. En el cilindro impresor no se monta ningún revestimiento metálico o de caucho. Su superficie de contacto es de metal sólido. Esta superficie sirve de apoyo al pliego de papel, que va a ser impreso por la imagen del cilindro portamantilla. Existen cilindros impresores que tienen el doble del diámetro que los cilindros portaplacas y portamantilla.

1.5.2.10. Sistema de humectación

Es el sistema mediante el cual, se humedece la placa *offset*. Es a través de unos rodillos ubicados cerca al cilindro portaplaca que transmiten una delgada y homogénea capa de solución humectadora a la placa y así protegen las zonas que no tienen imagen para que estas zonas no sean entintadas. Debe permitir una distribución continua de la solución a lo largo de la placa y la cantidad de agua que transmita debe ser la mínima posible.

El agua de la fuente de humectación, dependiendo del suministro de agua y del requerimiento de impresión, un rango del valor pH de cuatro hasta seis se considera adecuado para una solución ácida y un rango del valor pH de nueve a diez y medio para soluciones alcalinas. Se debe evitar pH muy bajo. Acidez excesiva acortará la vida de la plancha, áreas sin imagen se vuelven sensitivas a la tinta. El pH del papel influye en el secado de tinta. Mientras más alto el valor pH del papel, más rápido secará la tinta.

1.5.2.11. Sistema de entintado

Es el sistema mediante el cuál, se abastece de tinta a la unidad impresora. Una fuente o depósito de tinta ocupa un espacio en todo lo ancho de la unidad impresora. Es a través de una serie de rodillos y cuchillas que llevan una delgada capa de tinta a la plancha litográfica para entintar su superficie, la que, al estar humedecida, solo acepta tinta en las zonas de imagen.

1.5.3. El agua en el proceso *offset*

Para el proceso de impresión es necesario emplear agua con la menor cantidad posible de impurezas. Las condiciones de agua local afectan al comportamiento de la solución de mojado. Las aguas más duras precisan una mayor cantidad de ácido, que las aguas más blandas. Algunos concentrados se formulan especialmente para tipos específicos de agua.

1.5.3.1. Dureza del agua

La dureza del agua se define como la característica representativa de la concentración total de iones de calcio y magnesio y se expresa en términos de un equivalente al carbonato de Calcio (un ion es un átomo o grupo de átomos, que transportan carga eléctrica), o compuestos tales como el sodio, hierro, cloruro, manganeso y presentes en altas concentraciones.

Existen numerosas formas de medir la dureza del agua. El método más común emplea carbonato de calcio como el estándar y es el número de partes por millón (PMM) de carbonato de calcio. En consecuencia, una muestra de agua con una dureza de 200 PMM es tan dura como si tuviera 200 partes de Carbonato de Calcio por millón. Métricamente es expresado en miligramos por litro (agua con 200 mg/ litro = 200 PMM). La dureza también es expresada como granos por galón con un grano/galón = 17,1 mg/litro = 17,1 PMM. Pero en forma más práctica se trabaja en grados alemanes.

Igualmente se puede hacer un estimado de la dureza del agua midiendo la conductividad de la misma. La dureza aproximada del agua puede ser determinada rápidamente en el sitio de trabajo con un medidor de conductividad.

Para tener una guía aproximada de la conductividad del agua de las diferentes durezas, referirse a la tabla sobre dureza del agua. El agua con una lectura superior a 450 microhmios/cm se considera dura. Por lo general, cualquier nivel de 500 miligramos/litro o más, es indeseable para uso doméstico o litografía. El promedio de los suministros de agua potable es de 250 miligramos/litro.

Para la mayoría de los impresores, las lecturas de conductividad proporcionarán una indicación razonable y exacta de la dureza del agua. El beneficio de conocer la conductividad del agua es que este provee un punto de referencia o control antes de que se le agregue un concentrado. Conociendo la conductividad del agua, se pueden controlar los cambios durante la operación de la prensa con más exactitud y también se pueden determinar cambios en la composición del agua antes de comenzar.

1.5.3.2. Alcalinidad del agua

La alcalinidad es importante para el impresor debido a su habilidad para neutralizar el ácido en la solución de la fuente. Los niveles y tipos de alcalinidad dependen directamente del origen del agua. Los altos niveles de alcalinidad en el agua provenientes del grifo, por lo general, se encuentra en zonas del país donde los depósitos de piedra caliza son comunes.

La alcalinidad se mide de la misma forma que la dureza del agua, es decir, en PMM (Partes Por Millón), miligramos/litro o granos/galón, todos en base al carbonato de calcio. Esta medición puede ser proporcionada por la empresa de servicios públicos o por parte del proveedor de solución de fuente.

En muchos lugares, la alcalinidad es una medición más importante que la dureza porque los niveles excesivos cambiarán el pH a neutral. Los procesos de deionización pueden reducir tanto la dureza del agua como la alcalinidad, pero, los procesos para suavizar el agua no afectarán la alcalinidad.

1.5.3.3. Conductividad del agua

La conductividad es la habilidad o poder, para transmitir o conducir una carga eléctrica. En el agua o en cualquier solución, el grado de conductividad se determina por medio del número de iones presentes como resultado de minerales u otros compuestos del agua. Básicamente, entre más alta sea la concentración de iones, más alto será el grado de conductividad (y por lo general, el agua será más dura). Normalmente el agua tiene un bajo nivel de iones y como resultado registra lecturas de conductividad muy bajas.

La unidad de medida que se emplea para expresar la resistencia eléctrica es ohm y la unidad de medida para expresar la conductividad, lo contrario de resistencia, es mho (ohm deletreado al revés). Sin embargo, para medir la conductividad del agua o solución de fuente en términos de unidades de mho, sería como medir el largo del brazo de uno en términos de kilómetros. Por conveniencia, una fracción de un mho o micromho, se usa como la medida de base de la conductividad. Un micromho es igual a una millonésima de un mho.

El nivel de conductividad de una solución se mide con un medidor de conductividad, el cual proporciona lecturas en micromhos por centímetro. Los medidores de conductividad están disponibles en una variedad de rangos, pero con el que más se encuentra los impresores esta por debajo de 3000 micromhos.

Como norma, los medidores de conductividad son precisos, fáciles de calibrar y sencillos de usar. Simplemente se operan sumergiendo el electrodo en la solución y resolviendo por unos segundos para obtener la lectura.

1.5.4. Solución fuente para el proceso de impresión

El factor más importante en la preparación de soluciones de fuente es la cantidad de ingredientes disueltos en la solución. Con la llegada de los concentrados de solución de fuente tanto neutral como tampón o autoregulados, la sola medición del pH de la solución de fuente ya no es suficiente.

1.5.4.1. Componentes de la solución fuente

Si bien los sustitutos del alcohol alivian el problema de las emisiones de COV (Compuesto Orgánico Volátil), su utilización introduce dificultades en el mantenimiento del correcto equilibrio tinta/agua y en el control del mojado de la placa. El sistema de mojado de una máquina litográfica de hojas aplica una solución acuosa a la placa antes que esta entre en contacto con la tinta.

Su principal objetivo consiste en disponer de una clara y rápida separación de las áreas imagen y no imagen de la placa. Es decir, se trata de evitar que la tinta se adhiera en las áreas sin imagen de la placa.

La composición de la solución de mojado varía con base en una serie de razones. El sistema de mojado tiene también, en sí mismo, influencia sobre la composición de la solución de mojado a emplear. Por ejemplo, algunos sistemas de mojado precisan la utilización de un porcentaje de alcohol (o de sustituto de alcohol) debido al método de aplicación de la solución hacia la placa de impresión.

Los tipos de ingredientes más comunes son los siguientes:

- ✓ Agua, con una cantidad la menor posible de impurezas
- ✓ Un ácido o una base, dependiendo en buena parte de la tinta que se esté utilizando. Los ácidos que acostumbran utilizarse son el ácido fosfórico, compuestos fosfatos ácidos, ácido cítrico o ácido láctico.
- ✓ Una goma, ya sea natural (goma arábiga) o sintética, para desensibilizar las áreas no imagen (de manera que resulten más hidrófilas y acepten más el agua que la tinta).
- ✓ Inhibidores de la corrosión, para evitar que la solución de mojado reaccione con el propio metal de la plancha. Algunas veces se utiliza el nitrato de magnesio; actúa también como un desensibilizador de pequeños defectos y rayas de la superficie del metal y como participante en el efecto tampón, es decir, una sustancia capaz de neutralizar ácidos y bases en las soluciones y que, por tanto, sirve para mantener el nivel de acidez o de alcalinidad de la solución.
- ✓ Agentes humectantes, tales como el isopropanol o un sustituto del alcohol, que disminuyen la tensión superficial del agua y de las soluciones de tipo acuoso. Un estimulador del secado, sustancia como por ejemplo el cloruro de cobalto, que complementa la acción de secado de la tinta. El estimulador de secado es un aditivo que se utiliza solamente si la tinta no se seca con suficiente rapidez. Las concentraciones típicas son de 8-16 cm³ por litro de solución de mojado.

- ✓ Un fungicida para evitar la formación de algas, hongos y bacteria de mojado.
- ✓ Un agente antiespumante, para evitar la formación de espuma. La espuma puede interferir en la distribución uniforme de solución de mojado en los rodillos mojadores.

Los suministradores de soluciones de mojado pueden ofrecer una solución concentrada premezclada que contiene ya todos los aditivos excepto el agua y el alcohol o sustituto de alcohol, si bien algunos incluso pueden llevar también el sustituto de alcohol.

Los impresores, después, diluyen una parte de ese concentrado en agua, ajustan el pH y la conductividad a niveles aceptables y después añaden el alcohol que pueda necesitarse. El fabricante del sistema de mojado indicará si es necesario añadir o no alcohol para disponer de un funcionamiento correcto del sistema de mojado.

Las condiciones de agua local afectan al comportamiento de la solución de mojado. Las aguas más duras precisan una mayor cantidad de ácido que las aguas más blandas. Algunos concentrados se formulan especialmente para tipos específicos de agua. En algunos casos, el acondicionamiento del agua o su tratamiento previo a la utilización puede resultar necesario. Se pueden emplear para ello sistemas de intercambio iónico para ablandar o desmineralizar el agua.

1.5.4.2. El pH y la conductividad de la solución fuente

Considerando solamente el pH, la concentración de los materiales disueltos en la solución neutral o autoregulada podría ser más elevada de lo que es necesario para un funcionamiento óptimo y podría ocasionar problemas de operación en la prensa. Mediante la medición de la conductividad, se puede ajustar a un nivel deseado y controlar ese nivel a través de chequeos periódicos de conductividad.

Cuando se agrega un concentrado ácido autoregulado para la preparación de la solución de fuente, el pH bajará a un cierto nivel y permanecerá a ese nivel independiente de la cantidad de concentrado autoregulado se ha agregado. Sin embargo, con la misma adición de concentrado, la medición de conductividad aumenta. Proporcionalmente (entre más alta es la concentración de solución más alta será la lectura de conductividad).

Como puede observar, si se controla la concentración de la solución usando solamente el pH, fácilmente se puede exceder la concentración óptima desde el punto de vista de conductividad. Para que una solución de mojado funcione con eficacia, su acidez o alcalinidad debe controlarse no solamente durante la mezcla inicial de la solución sino también durante el tiraje. Si se mantiene el nivel adecuado de acidez o alcalinidad, la calidad de impresión se obtendrá y mantendrá con mayor facilidad.

Para no confundir el asunto, la correlación entre la dureza del agua y la conductividad puede variar dependiendo de la concentración en el agua de los diferentes minerales y compuestos los cuales tienen varios grados de conductividad.

El pH, o potencial de hidrógeno, es una medida relativa de la acidez o la alcalinidad de una solución. Si el pH de una solución es siete, se dice que es neutra; no es ni ácida ni alcalina. Una solución con un pH de cinco es ligeramente ácida; una solución con un pH de tres es mucho más ácida.

Cuanto más baja sea la lectura de pH más ácida es la solución. Ocurre lo contrario cuando el pH supera la cifra de siete. Por tanto, una solución con un pH de ocho es ligeramente alcalina y una solución con un pH de diez es mucho más alcalina.

Como la escala de pH es logarítmica, una solución con un pH de 3 es diez veces más ácida que una con un pH de cuatro. Similarmente, una solución con un pH de tres es cien veces más ácida que una con un pH de cinco. Como regla general, una solución de mojado ácida debería tener un pH máximo de 4,0 y un pH mínimo de entre 4,5 y 5,5.

El método más exacto para la medición del pH utiliza medidores de tipo electrónico. Si bien este sistema es más caro que la utilización de papeles y colorantes indicadores, los medidores de pH tienen una exactitud que se mueve entre 0,01 y 0,05 unidades de pH. Simplemente sumergiendo el electrodo en el líquido que se este ensayando, el medidor electrónico proporciona una lectura digital que esta calibrada en unidades actuales de pH.

Los medidores electrónicos de pH deben ser calibrados periódicamente y esto se hace rápidamente en el sitio de trabajo mediante la utilización de una solución que tenga un valor de pH conocido.

Para el operario que trabaja en la prensa, el supervisor o cualquier persona que esta encargada de verificar, el pH, el uso del indicador portátil que funciona con baterías, ofrece la gran ventaja de permitir que las lecturas del pH sean rápidas y exactas justamente en el área de la prensa o mezclado sin necesidad de llevar muestra de solución de fuente a un sitio central de ensayo.

La extrema conveniencia, junto con la exactitud y lecturas en aumento del 0,1 pH, hacen que el indicador en forma de pluma sea la mejor opción para la medición del pH en casi cualquier planta de impresión en *offset*.

Conductividad de la solución fuente

La conductividad es una medida de la capacidad que tiene un material en lo que se refiere a la conductividad eléctrica. El agua extremadamente pura es muy poco conductora de la electricidad. A medida que se van disolviendo materiales en una solución, forman iones y el agua se hace conductora.

La conductividad del agua aumenta directamente con el incremento de la cantidad de materiales disueltos (iones). Los materiales poco ionizables (parcialmente ionizables) tales como el alcohol y la goma arábica son poco conductores de la electricidad y normalmente reducen la conductividad de las soluciones de mojado.

Figura 9. Especificaciones de solución fuente utilizadas en la empresa Diarios Modernos S.A.

FlintGroup

Flint Group Latin America
Isidora Goyenechea 3120 P.12 Las Condes
Santiago, Chile
(562) 328-0400 FAX (562) 232-3386

Arrowfount Mild Acid

ACD-B-300N Mild Acid Fountain Solution

DIRECTIONS FOR USE: Use 2.0% to 2.5% per gallon of water. The conductivity range is approximately 1250–1600 micromohs (@65F/18C) over the initial conductivity of the water used.

SENTIDOS PARA O USO: Use 2.0% to 2.5% por galao da agua. A escala do conductivity e aproximadamente 1250–1600 micromohs (@65F/18C) sobre o conductivity inicial da agua usada.

DIRECCIONES PARA EL USO: Use 2.0% to 2.5% por galon del agua. La gama de la conductivity es aproximadamente 1250–1600 micromohs (@65F/18C) sobre la conductivity inicial del agua utilizo.

FOR SPILLS: Take up with an absorbent material and place in non-leaking containers for proper disposal.

PARA DERRAMAMENTOS: Faca exame acima com um material absorvente e coloque dentro recipientes non-escapando para a eliminacao apropiada.

PARA LOS DERRAMAMIENTOS: Tome con un material absorbente y coloque adentro envases no-que se escapan para la disposicion apropiada.

Contains:
Water CAS#7732-18-5; Gum Arabic CAS#9000-01-5;
Sodium Acetate CAS#127-09-3; Sodium Hexafluorophosphate
CAS#68915-31-1; Sodium Sulfate CAS#7757-82-6

HEALTH	1
FLAMMABILITY	1
REACTIVITY	0
PERSONAL	X

WARRANTY: Neither the seller nor the manufacturer shall be liable for any loss, injury or damage whatsoever arising from the use of this product, other than replacement or credit for the product itself in case of manufacturing defect only. Merchandise contained herein is sold without warranties expressed or implied. These conditions cannot be waived, except in writing by the company.

QC# 6586

Fuente: etiqueta de solución fuente utilizada en el Departamento de Producción de Diarios Modernos S.A.

1.5.5. El papel

El papel es el componente de mayor costo de la mayoría de los trabajos de artes gráficas y define las características del producto final impreso. El papel debe cumplir con los requisitos de calidad y costo del editor y debería ser lo más económico posible en su compra y utilización por parte del impresor. El equilibrio entre el comportamiento en la máquina de fabricación del papel y de la máquina de imprimir acostumbra a causar problemas entre el suministrador y el impresor.

El papel es un material orgánico complejo compuesto por una enorme distribución de fibras celulosa, revestimientos y otros elementos de enlace interno. Los papeles varían según sea la selección de sus materias primas, el método de fabricación, el tipo de máquina utilizada en su producción y cualquier acabado superficial que pueda tener.

La mezcla general de propiedades determina la adecuabilidad de un papel con respecto a una aplicación específica en el mundo de la edición. La mayoría de papeles para artes gráficas se fabrican en máquinas muy rápidas que siguen el diseño *Fourdrinier*. Se trata de un método en húmedo en el que los ingredientes de las materias primas se mezclan en una suspensión en agua.

En estas condiciones, la materia prima se distribuye uniformemente constituyendo una fina película sobre una banda metálica que se va desplazando y va formando la banda de papel. Esta banda se seca después por filtración, por presión y evaporación, dando un producto seco con un contenido de humedad que normalmente es del orden de 3 a 7%.

El papel puede tratarse superficialmente sobre la fase de secado. Puede recibir un tratamiento con cola para mejorar la resistencia superficial y para que el papel sea más resistente a la penetración por agua. O se pueda aplicar uno o más pigmentos o revestimientos de polímero para crear un acabado mate o brillante, de una suavidad superficial determinada.

Las grandes bobinas de papel pueden después pasar por la calandria para mejorar aún más la suavidad superficial antes de cortar la banda en otras bobinas más pequeñas o para pasar a constituir una pila de hojas. Después se empaqueta, se etiqueta y se despacha. Es por esto que la alimentación en las impresoras *offset* puede ser en bobinas para máquinas rotativas o en hojas resmadas para máquinas planas.

1.5.6. La tinta

La tinta de impresión es el medio a través el cual se transfiere una imagen pigmentada sobre el soporte durante el proceso de impresión. La tinta constituye una proporción importante del costo del trabajo impreso y normalmente representa del 5 al 10% del costo total del trabajo terminado.

La tinta impresa es una mezcla homogénea de ingredientes que se encuentra en fase líquida o pastosa. No se trata de un compuesto químico específico sino de una suspensión coloidal de pigmentos en un vehículo o barniz con la presencia de otros varios aditivos. La fórmula de la tinta de cada fabricante se basa en un pigmento coloreado finamente dispersado en un vehículo resinoso, algunas veces con la adición de un agente de secado.

La mayoría de los ingredientes de una tinta para *offset* de hojas típica y convencional con secado por oxidación, se mezclan conjuntamente y después se dispersan en un molino especializado que normalmente está compuesto por tres rodillos o algún sistema más sofisticado. Se comprueba esa parte de la formulación y después se añaden el resto de los componentes, normalmente secantes líquidos y solventes para crear la reología deseada.

La tinta es una mezcla homogénea de materias primas; parte de la formulación puede estar constituida por un pigmento fino en polvo o una cera. Se precisa una buena dispersión para evitar grumos y para que el vehículo de la tinta empape bien el polvo de manera que así se obtenga un buen rendimiento en máquina. Los fabricantes de tinta comprueban los tamaños físicos de las partículas presentes mediante un instrumento especial.

En el laboratorio se mide el número de micrones del pigmento. Normalmente, una tinta *offset* no debería contener partículas cuyo tamaño fuera superior a 4 y 5 micras, ya que contribuye al desgaste de la plancha impresora.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN ARRANQUE DE LÍNEAS DE IMPRESIÓN EN LA EMPRESA DIARIOS MODERNOS S.A.

2.1. Fase de Definición

2.1.1. Descripción del problema

En la empresa Diarios Modernos S.A., no existe un método estándar de arranque de torres de impresión, por lo tanto, cada prensista utiliza un procedimiento diferente de arranque lo que ocasiona una gran variación en el desperdicio generado.

2.1.1.1. Proceso a mejorar

El proceso a mejorar es el arranque en torres de impresión, estableciendo un procedimiento estandarizado. De manera que se minimice la variabilidad y el desperdicio generado, a fin de que, cada línea de impresión implemente el nuevo método de arranque. Esto causará un impacto económico, representando un ahorro para la empresa.

2.1.1.2. Grupos de interés del proyecto

Se identifican los siguientes grupos de interés:

- ✓ Gerencia administrativa: es el grupo de mayor interés, ya que el impacto del proyecto, se verá reflejado en los costos de producción mediante un ahorro. La ejecución del proyecto se logra mediante su apoyo y supervisión.
- ✓ Prensistas (Operadores de líneas de impresión): el enfoque del proyecto recae directamente en sus actividades. Específicamente, en el arranque de las torres de impresión. El éxito del proyecto depende de la implementación del nuevo método por parte de cada prensista.
- ✓ Personal de mantenimiento: al reducir el desperdicio generado en el arranque y tener un procedimiento estandarizado, las líneas de impresión mejorarán su productividad. Disminuyendo los paros de producción y por consiguiente las requisiciones de mantenimiento.
- ✓ Personal de compaginación: teniendo menos desperdicio, manipularán menos material y su trabajo se hará más rápido. Contarán menos material.
- ✓ Montacarguistas: se apilará menos material de desperdicio, tendrá más espacio para maniobrar el montacargas y para almacenar bobinas de papel.

2.1.1.3. Clientes

Clientes internos

- ✓ Gerencia administrativa
- ✓ Prensistas
- ✓ Personal de mantenimiento
- ✓ Personal de compaginación
- ✓ Montacarguistas

Clientes externos

- ✓ Empresa recicladora
- ✓ Lector

2.1.2. Definición del problema

El principal problema es la variabilidad en el proceso de arranque. Cada uno de los prensistas de las líneas de impresión utiliza un procedimiento distinto de arranque. El efecto de esta falta de estandarización es la cantidad de desperdicio generado, no es constante y no se tienen parámetros definidos.

2.1.3. Alcance del proyecto

Se logrará implementar un procedimiento de arranque estandarizado en todas las líneas de producción mediante la aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) de Seis Sigma. Primero se reducirá la variabilidad y después se disminuye el número de ejemplares malos en el arranque.

Esto aumentará la productividad de los prensistas y el costo de producción se verá reducido gradualmente hasta un 25% en un término de un año al haber implementado la mejora.

2.1.4. Variables críticas para la calidad (CTQ's)

2.1.4.1. Necesidades del cliente

Gerencia administrativa

- ✓ Reducir el desperdicio en el arranque
- ✓ Reducir los costos de producción
- ✓ Disminuir el tiempo de ciclo de arranque
- ✓ Disminuir la variación del proceso
- ✓ Estandarizar el proceso de arranque
- ✓ Mantener la calidad del producto

Prensistas

- ✓ Agilizar el ciclo de operación de impresión
- ✓ Facilitar el procedimiento de arranque
- ✓ Disminuir los problemas que ocurren en el arranque y en operación
- ✓ Reconocimiento de productividad

Personal de mantenimiento

- ✓ Disminuir las requisiciones de reparación o de trabajo
- ✓ Reducir el costo de insumos para trabajos de mantenimiento
- ✓ Reconocimiento del éxito del plan de mantenimiento

Personal de compilación

- ✓ Agilizar el proceso de traslado de material de desperdicio
- ✓ Facilitar el proceso de conteo de material de desperdicio

Montacarguistas

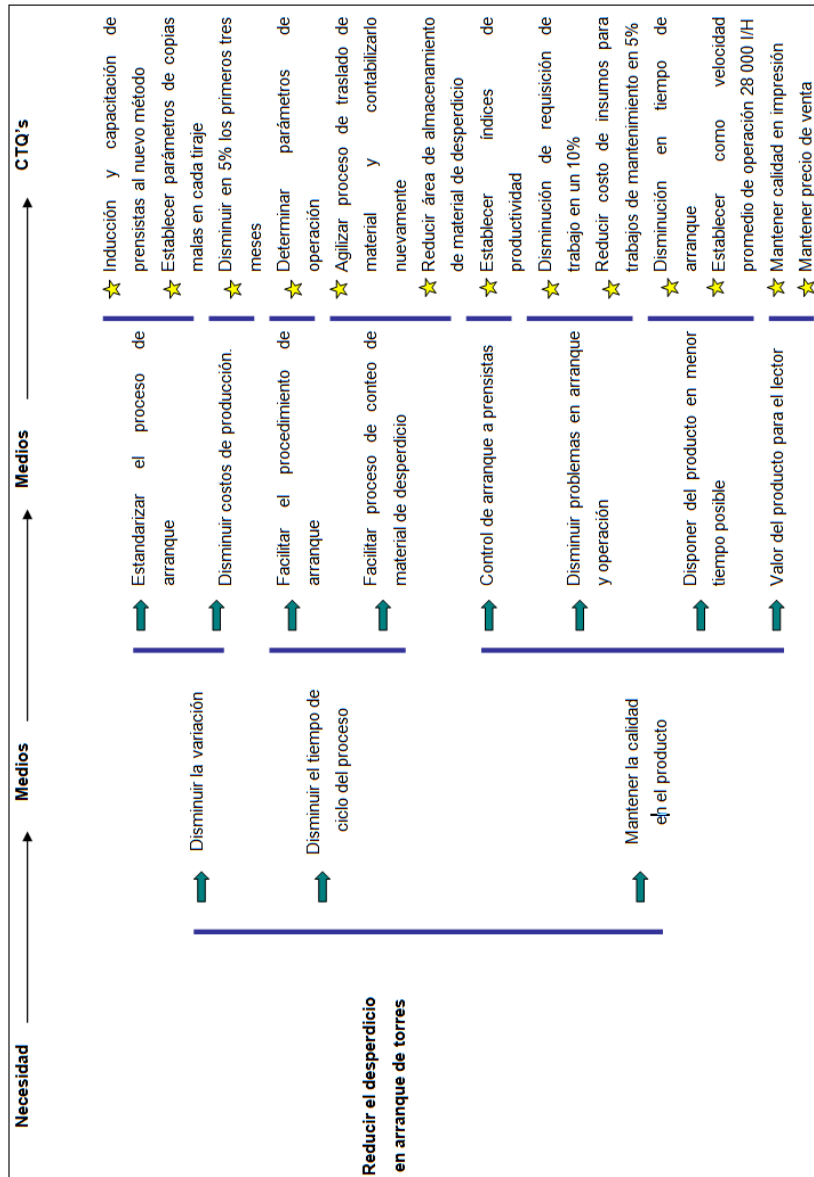
- ✓ Disponer de más espacio para maniobrar el montacargas
- ✓ Disponer de más espacio para almacenar materia prima (bobinas de papel)
- ✓ Disminuir el riesgo de sufrir un accidente al momento de apilar las bobinas de papel

Lector

- ✓ Disponer del producto en el menor tiempo posible
- ✓ Comprar el producto al mismo precio
- ✓ Encontrar la misma calidad en el producto

2.1.4.2. Árbol de variables críticas para la calidad (CTQ's)

Figura 10. Diagrama de variables críticas para la calidad (CTQ's)



Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Estándares de desempeño

2.1.5.1. Medición de desempeño

Para la medición de desempeño, se utilizará el formato de toma de datos en arranque de torres de impresión. En este formato, se tomará el tiempo y la velocidad con que opera la línea (en impresiones por hora). Al multiplicarlos, se obtendrán las copias producidas en ese lapso de tiempo. Al momento de obtener copias buenas, se suman los resultados parciales, y se obtiene el total de copias malas en el arranque. Este es un resultado aproximado y de esta forma, se medirá el desperdicio generado por cada prensista en los distintos tirajes.

2.1.6. Análisis económico-financiero

Se realiza el análisis económico, con base en el desperdicio generado en el arranque de las líneas de impresión. El objetivo del proyecto es disminuir en un 25% el desperdicio. Asignando el valor de una unidad monetaria a cada copia impresa, para que represente el monto del total de desperdicio generado en el arranque. Al tener el promedio de copias malas en el arranque de cada tiraje, se puede establecer el costo promedio anual de arranque por línea, y al sumarlos, se obtiene el costo promedio anual de arranque de la planta de impresión.

Se establecen parámetros de copias malas en cada tiraje. Para representar gráficamente el ahorro, se hace un análisis gráfico de brecha, comparando el actual desempeño contra el desempeño potencial. De forma general, a continuación se describe el ahorro que se producirá al implementar el nuevo método de arranque de torres de impresión.

2.1.6.1. Tabulación de datos en tiraje de ocho páginas

Escenario conservador: se disminuye en 25% el desperdicio.

Escenario pesimista: se disminuye en 15% el desperdicio.

Escenario optimista: se disminuye en 35% el desperdicio.

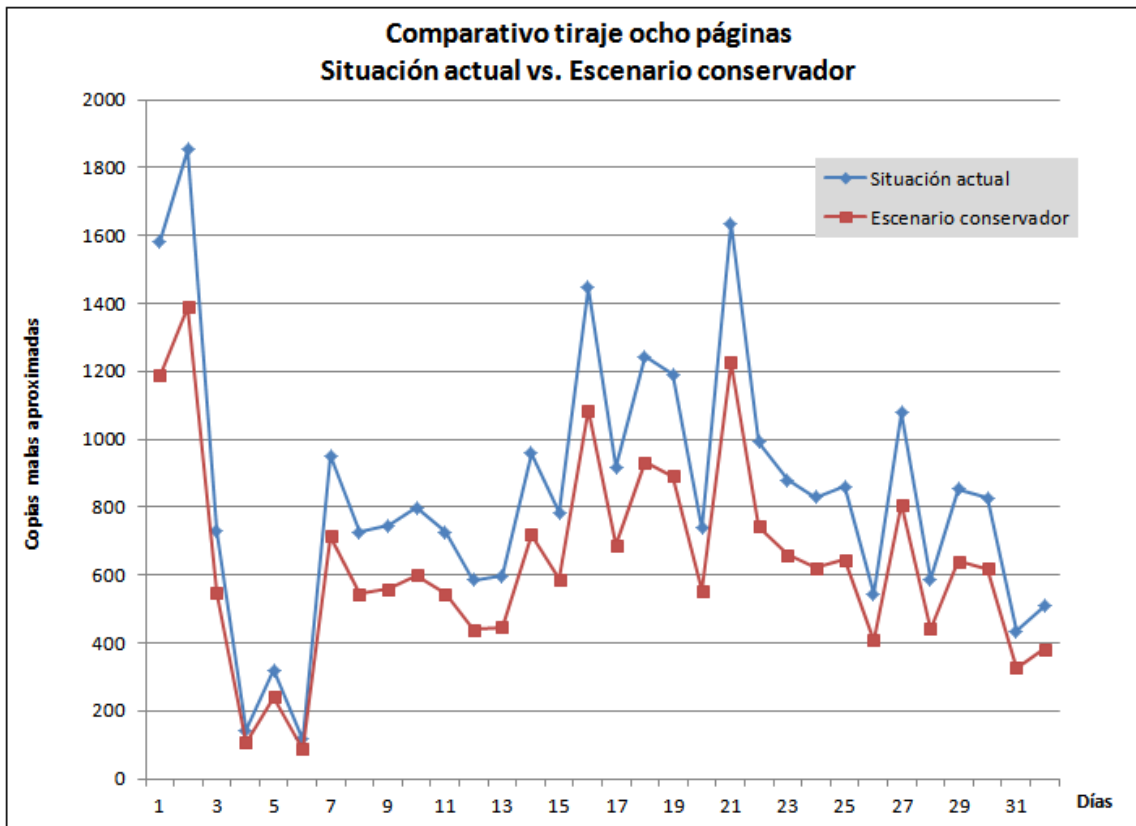
Tabla VII. Datos obtenidos en tiraje de ocho páginas

No.	Línea	Copias malas aproximadas	Escenario conservador 25%	Escenario optimista 35%	Escenario pesimista 15%
1	D	1583	1187	1029	1346
2	E	1852	1389	1204	1574
3	D	729	547	474	620
4	E	143	107	93	122
5	D	320	240	208	272
6	E	117	88	76	99
7	A	951	713	618	808
8	D	727	545	473	618
9	E	746	560	485	634
10	D	799	599	519	679
11	E	727	545	473	618
12	E	585	439	380	497
13	D	596	447	387	507
14	D	957	718	622	813
15	E	784	588	510	666
16	D	1445	1084	939	1228
17	A	918	689	597	780
18	A	1243	932	808	1057
19	E	1189	892	773	1011
20	E	738	554	480	627
21	D	1636	1227	1063	1391
22	A	992	744	645	843
23	D	878	659	571	746
24	E	828	621	538	704
25	E	859	644	558	730
26	D	544	408	354	462
27	E	1078	809	701	916
28	D	587	440	382	499
29	E	853	640	554	725
30	A	826	620	537	702
31	D	434	326	282	369
32	D	508	381	330	432
Promedio		849,12	636,84	551,93	721,76
Aproximado		850	637	552	722

Fuente: elaboración propia.

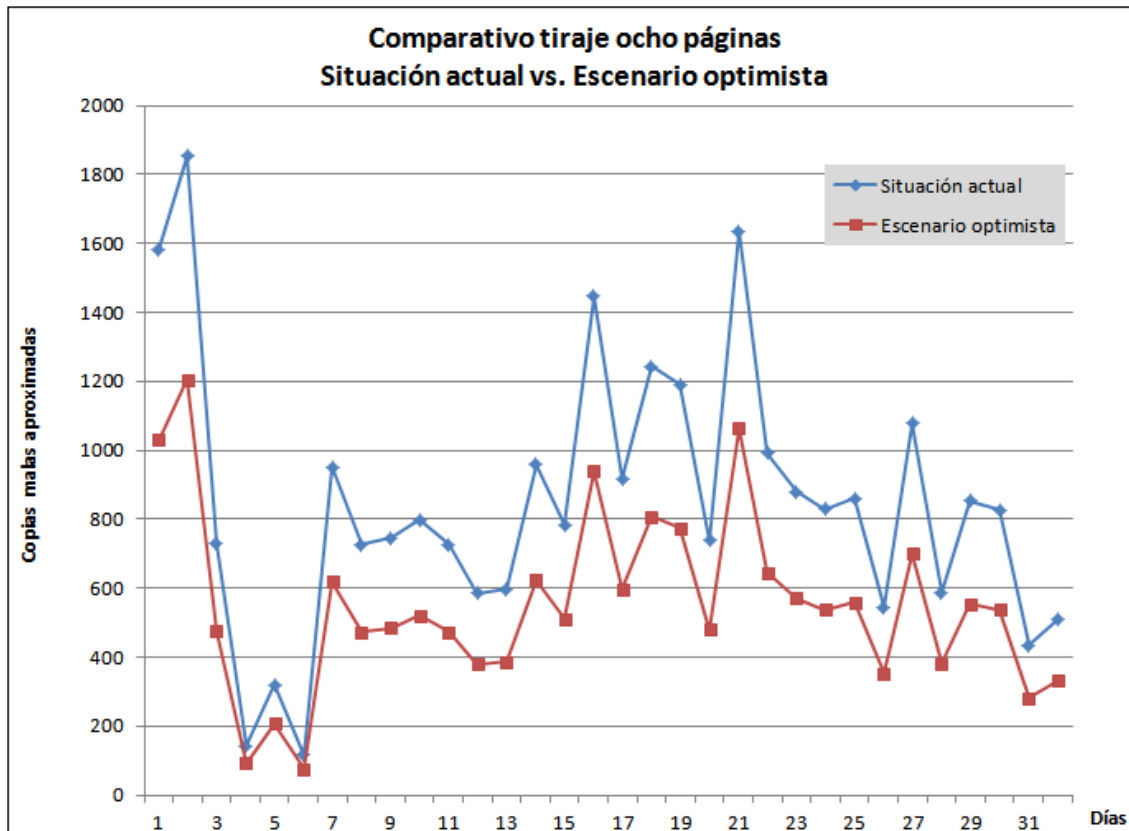
2.1.6.1.1. Gráficos de escenarios en tiraje de ochopáginas

Figura 11. Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario conservador en tirajes de ocho páginas



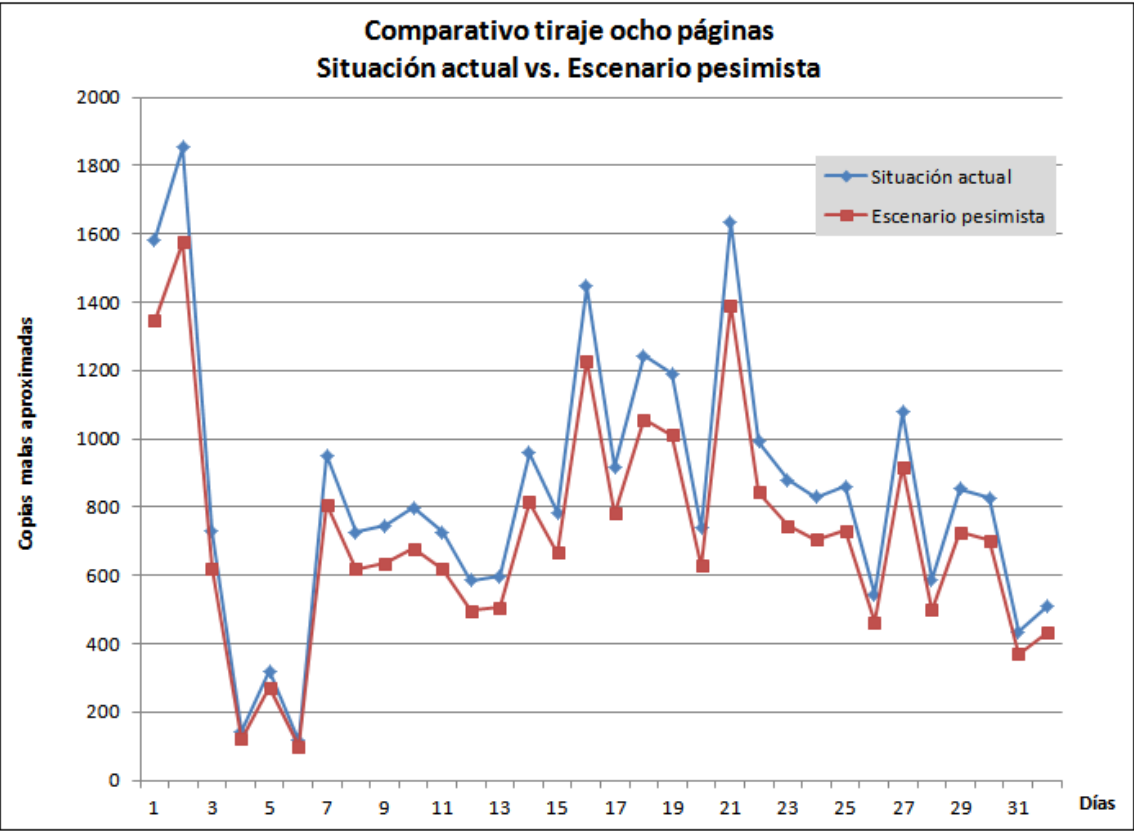
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario optimista en tirajes de ocho páginas



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario pesimista en tirajes de ocho páginas**



Fuente: elaboración propia.

**2.1.6.2. Tabulación de datos obtenidos en tiraje de
12-16 páginas**

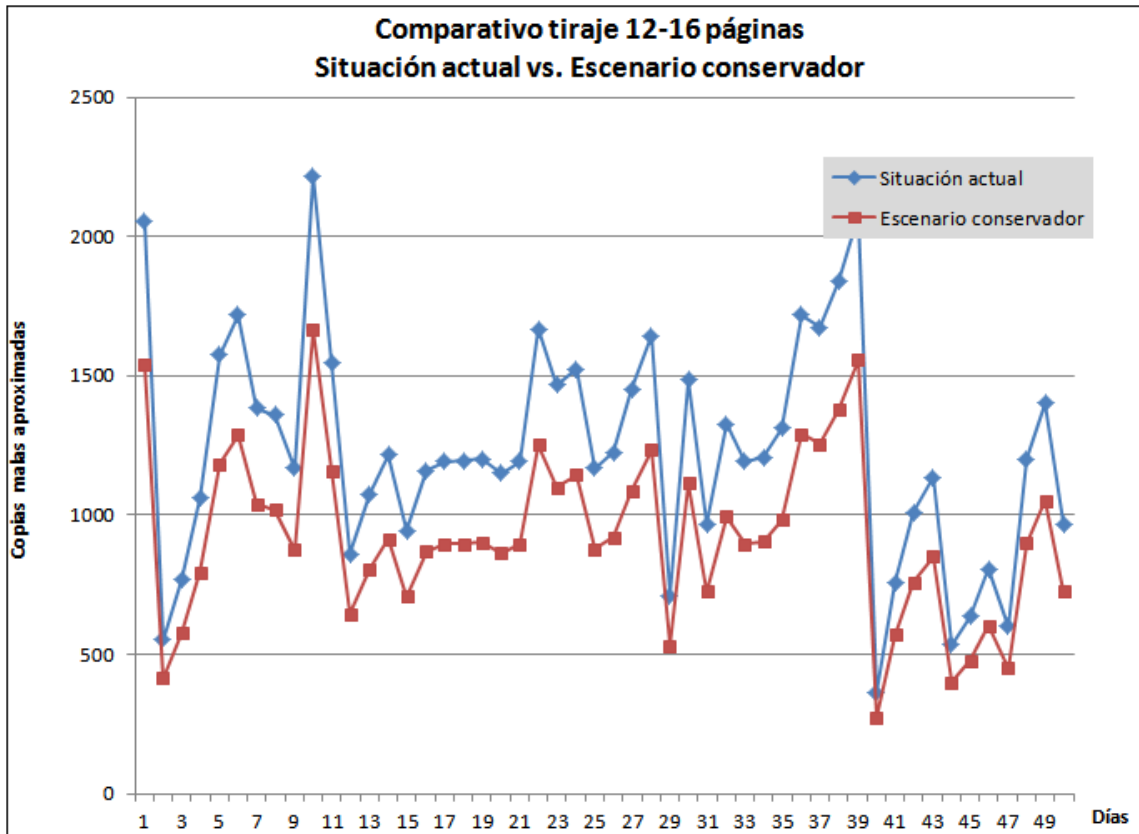
Tabla VIII. Datos obtenidos en tiraje de 12-16 páginas

No.	Línea	Tiraje	Copias malas	Conservador	Optimista	Pesimista
1	B	12	2052	1539	1334	1744
2	B	12	551	413	358	468
3	B	12	767	575	499	652
4	A	12	1059	794	688	900
5	B	12	1575	1181	1024	1339
6	A	16	1717	1288	1116	1459
7	B	12	1384	1038	900	1176
8	A	16	1359	1019	883	1155
9	B	12	1167	875	759	992
10	A	16	2218	1664	1442	1885
11	A	16	1544	1158	1004	1312
12	B	12	859	644	558	730
13	A	16	1076	807	699	915
14	B	12	1217	913	791	1034
15	B	16	943	707	613	802
16	D	16	1160	870	754	986
17	A	16	1193	895	775	1014
18	A	16	1196	897	777	1017
19	B	12	1201	901	781	1021
20	A	12	1150	863	748	978
21	B	12	1193	895	775	1014
22	B	12	1668	1251	1084	1418
23	B	12	1467	1100	954	1247
24	B	16	1525	1144	991	1296
25	A	12	1169	877	760	994
26	D	16	1226	920	797	1042
27	A	12	1451	1088	943	1233
28	A	12	1644	1233	1069	1397
29	D	12	709	532	461	603
30	A	12	1485	1114	965	1262
31	B	12	967	725	629	822
32	B	12	1325	994	861	1126
33	A	12	1193	895	775	1014
34	D	12	1207	905	785	1026
35	A	12	1310	983	852	1114
36	B	12	1719	1289	1117	1461
37	A	12	1672	1254	1087	1421
38	D	12	1838	1379	1195	1562
39	E	16	2075	1556	1349	1764
40	D	12	364	273	237	309
41	B	12	759	569	493	645
42	A	16	1010	758	657	859
43	B	16	1134	851	737	964
44	D	16	534	401	347	454
45	D	12	635	476	413	540
46	D	16	805	604	523	684
47	A	12	601	451	391	511
48	B	12	1200	900	780	1020
49	A	12	1400	1050	910	1190
50	D	16	966	725	628	821
Promedio			1232,78	924,58	801,31	1047,86
Aproximado			1233	925	802	1048

Fuente: elaboración propia.

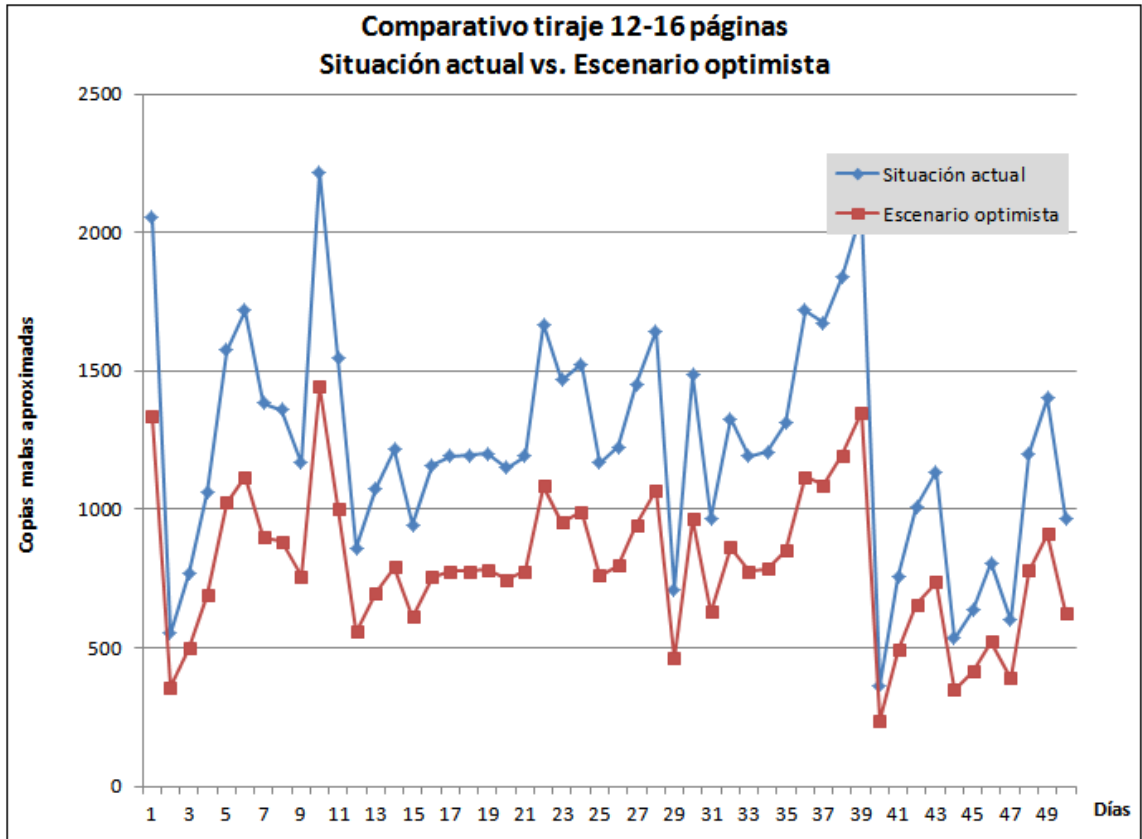
2.1.6.2.1. Gráficos de escenarios en tiraje de 12-16 páginas

Figura 14. Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario conservador en tirajes de 12-16 páginas



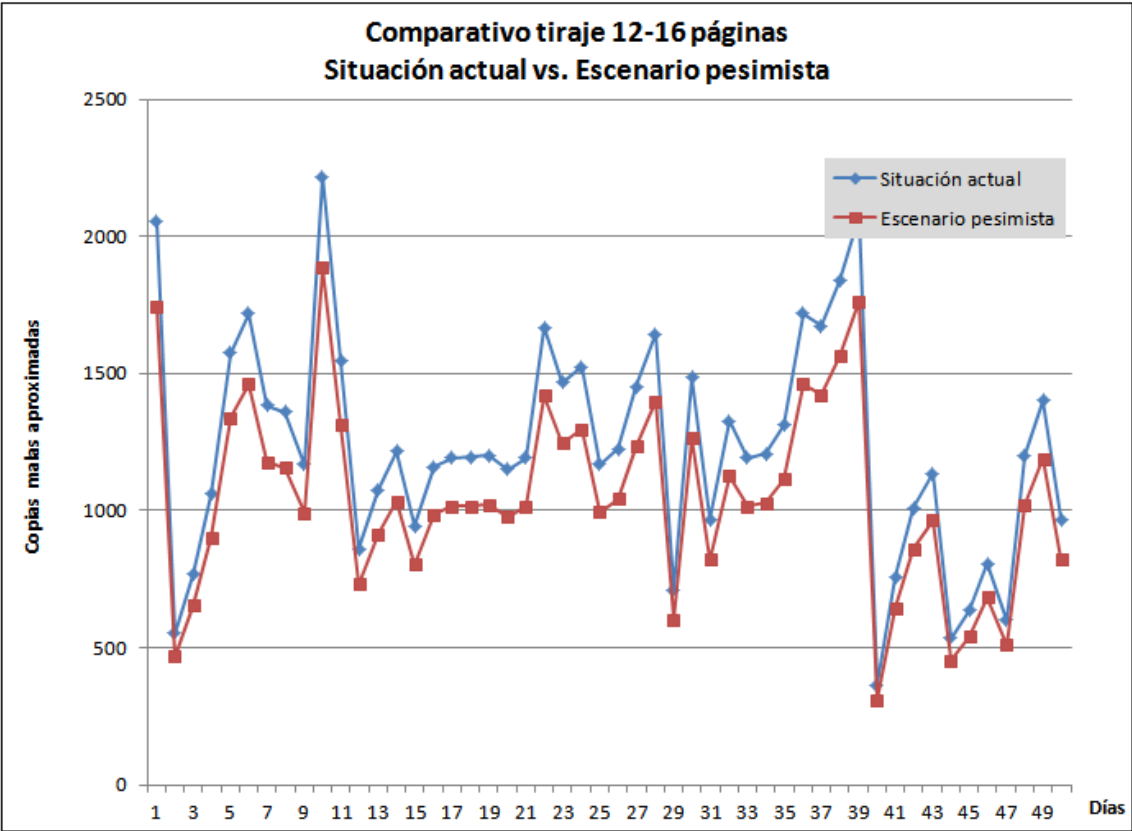
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario optimista en tirajes de 12-16 páginas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario pesimista en tirajes de 12-16 páginas**



Fuente: elaboración propia.

2.1.6.3. Tabulación de datos obtenidos en tiraje de 20-24 páginas

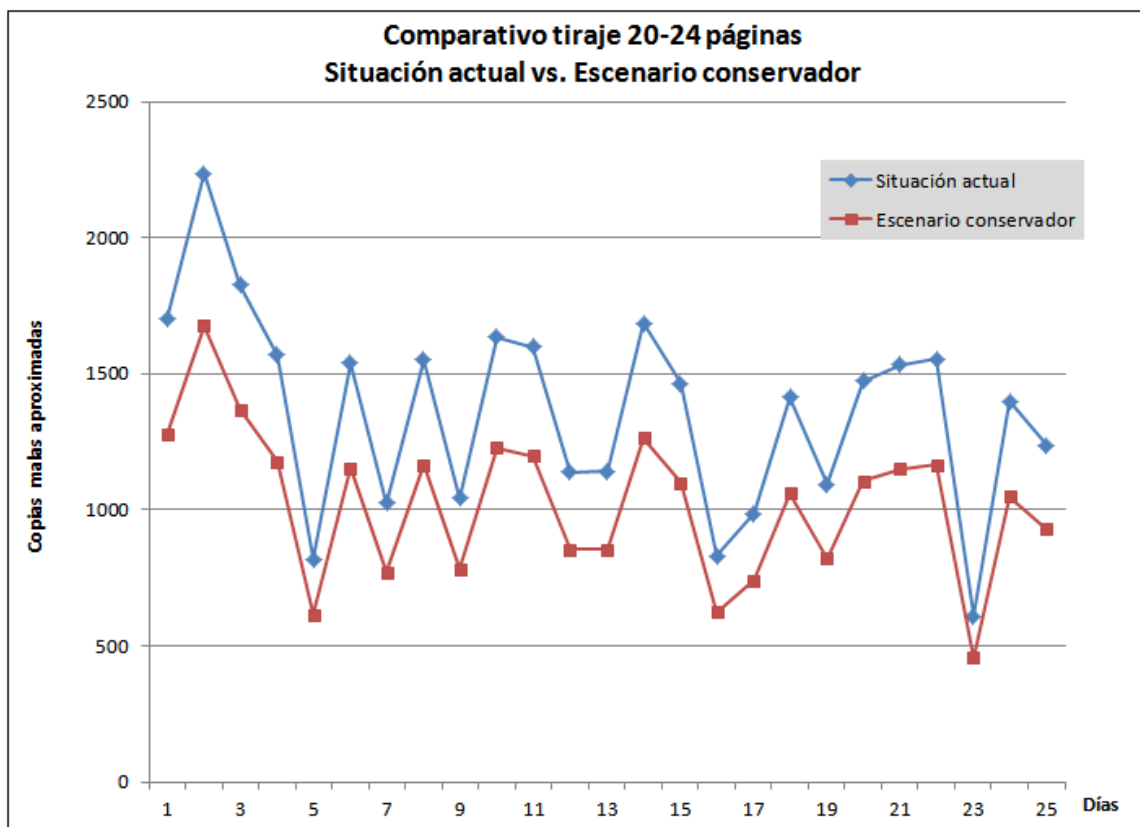
Tabla IX. Datos obtenidos en tiraje de 20-24 páginas

No.	Línea	Tiraje	Copias malas aproximadas	Escenario conservador	Escenario optimista	Escenario pesimista
1	B	20	1701	1276	1106	1446
2	A	20	2235	1676	1453	1900
3	A	20	1826	1370	1187	1552
4	B	24	1567	1175	1019	1332
5	D	20	819	614	532	696
6	B	20	1539	1154	1000	1308
7	B	20	1025	769	666	871
8	B	20	1552	1164	1009	1319
9	B	20	1042	782	677	886
10	B	20	1635	1226	1063	1390
11	A	20	1598	1199	1039	1358
12	B	24	1138	854	740	967
13	D	24	1140	855	741	969
14	A	24	1685	1264	1095	1432
15	A	24	1464	1098	952	1244
16	B	24	830	623	540	706
17	D	24	986	740	641	838
18	B	20	1413	1060	918	1201
19	A	20	1094	821	711	930
20	A	20	1473	1105	957	1252
21	B	20	1534	1151	997	1304
22	A	20	1553	1165	1009	1320
23	B	20	609	457	396	518
24	A	20	1398	1049	909	1188
25	B	20	1238	929	805	1052
Promedio			1363,76	1022,82	886,44	1159,20
Aproximado			1364	1023	887	1160

Fuente: elaboración propia.

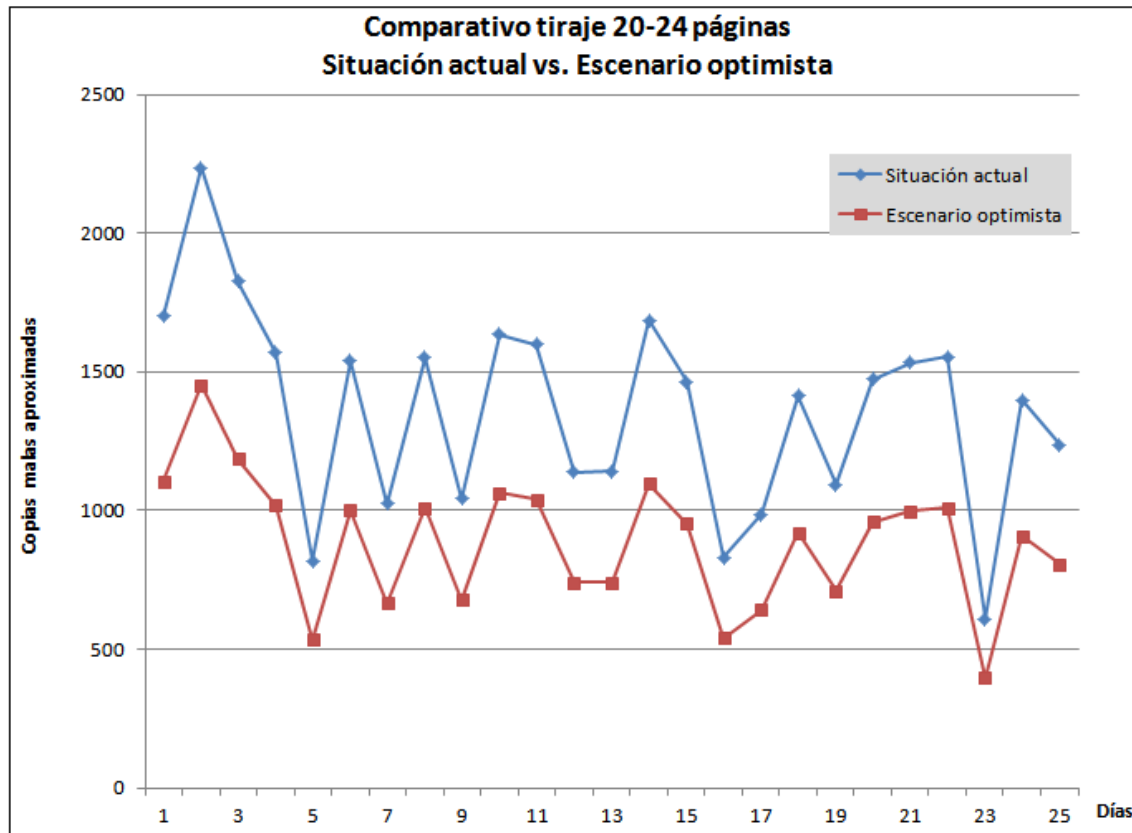
2.1.6.3.1. Gráficos de escenarios en tiraje de 20-24 páginas

Figura 17. Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario conservador en tirajes de 20-24 páginas



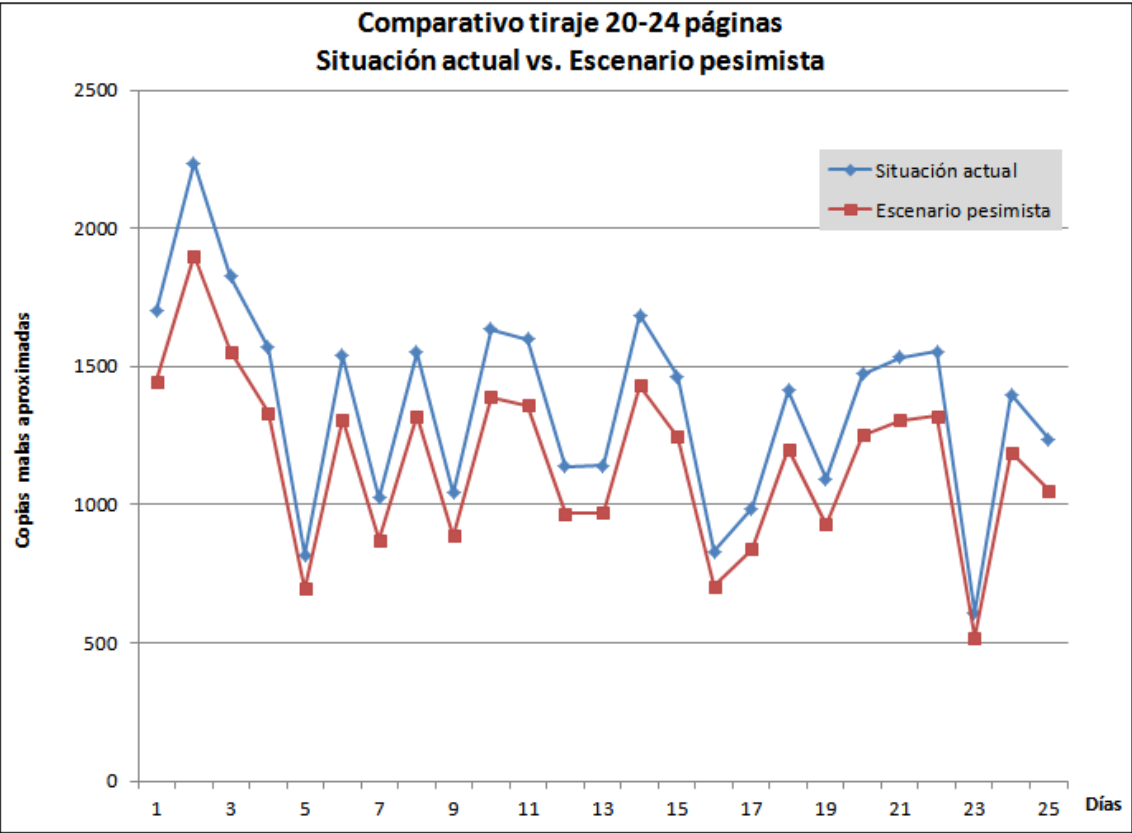
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario optimista en tirajes de 20-24 páginas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Gráfico comparativo Situación actual vs. Escenario pesimista en tirajes de 20-24 páginas**



Fuente: elaboración propia.

2.1.6.4. Promedio de tirajes al mes

Mediante los datos recolectados, también se pudo establecer el promedio de tirajes al mes. Se tomaron cinco semanas al mes, con el fin de compensar los días que no se anotaron datos de arranque en las líneas. A continuación se muestran los datos:

Tabla X. Cuadro de tirajes de la primera a la décima semana

Semana	Tiraje		
	8	12-16	20-24
1	7	7	1
2	4	3	3
3	10	4	2
4	4	6	1
5	4	3	1
Total	29	23	8

Semana	Tiraje		
	8	12-16	20-24
6	2	8	1
7	2	5	2
8	1	5	8
9	4	8	4
10	4	5	2
Total	13	31	17
Promedio	21	27	13

Fuente: elaboración propia.

Se tiene entonces un promedio de:

- ✓ 21 Tirajes al mes de ocho páginas
- ✓ 27 Tirajes al mes de 12-16 páginas
- ✓ 13 Tirajes al mes de 20-24 páginas

2.1.6.5. Ahorro anual proyectado en tirajes

Tiraje de ocho páginas

En un mes, existe un promedio de 21 tirajes de ocho páginas.

Al asignar el valor, de una unidad monetaria (UM), a cada copia se obtiene:

Tabla XI. **Ahorro anual en unidades monetarias en tirajes de ocho páginas**

Escenario	Promedio copias malas aproximadas	Tirajes en 1 mes	Costo (UM)
Situación actual	850	21	17850
Conservador	637	21	13377
Optimista	552	21	11592
Pesimista	722	21	15162

Escenario	Ahorro mensual (UM)	Ahorro anual (UM)
Conservador	4473	53676
Optimista	6258	75096
Pesimista	2688	32256

Fuente: elaboración propia.

- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de ocho páginas para el escenario Conservador es de 53676 unidades monetarias.
- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de ocho páginas para el escenario Optimista es de 75096 unidades monetarias.
- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de ocho páginas para el escenario Pesimista es de 32256 unidades monetarias.

Tiraje de 12-16 páginas

En un mes, existe un promedio de 27 tirajes de 12-16 páginas.

Al asignar el valor, de una unidad monetaria (UM), a cada copia se obtiene:

Tabla XII. Ahorro anual en unidades monetarias en tirajes de 12-16 páginas

Escenario	Promedio copias malas aproximadas	Tirajes en 1 mes	Costo (UM)
Situación actual	1233	27	33291
Conservador	925	27	24975
Optimista	802	27	21654
Pesimista	1048	27	28296

Escenario	Ahorro mensual (UM)	Ahorro anual (UM)
Conservador	8316	99792
Optimista	11637	139644
Pesimista	4995	59940

Fuente: elaboración propia.

- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de 12-16 páginas para el escenario Conservador es de 99792 unidades monetarias.
- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de 12-16 páginas para el escenario Optimista es de 139644 unidades monetarias.
- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de 12-16 páginas para el escenario Pesimista es de 59940 unidades monetarias.

Tiraje de 20-24 páginas

En un mes, existe un promedio de 13 tirajes de 20-24 páginas.

Al asignar el valor, de una unidad monetaria (UM), a cada copia se obtiene:

Tabla XIII. Ahorro anual en unidades monetarias en tirajes de 20-24 páginas

Escenario	Promedio copias malas aproximadas	Tirajes en 1 mes	Costo (UM)
Situación actual	1364	13	17732
Conservador	1023	13	13299
Optimista	887	13	11531
Pesimista	1160	13	15080

Escenario	Ahorro mensual (UM)	Ahorro anual (UM)
Conservador	4433	53196
Optimista	6201	74412
Pesimista	2652	31824

Fuente: elaboración propia.

- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de 20-24 páginas para el escenario Conservador es de 53196 unidades monetarias.
- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de 20-24 páginas para el escenario Optimista es de 74412 unidades monetarias.
- ✓ El ahorro total proyectado en el tiraje de 20-24 páginas para el escenario Pesimista es de 31824 unidades monetarias.

2.1.6.6. Ahorro total proyectado

Tabla XIV. Ahorro total proyectado en unidades monetarias en los tres escenarios

Escenario	Ahorro anual tiraje 8 páginas	Ahorro anual tiraje 12-16 páginas	Ahorro anual tiraje 20-24 páginas	Total
Conservador	53676	99792	53196	206664
Optimista	75096	139644	74412	289152
Pesimista	32256	59940	31824	124020

Fuente: elaboración propia.

- ✓ El ahorro total proyectado para el escenario Conservador es de 206664 unidades monetarias.
- ✓ El ahorro total proyectado para el escenario Optimista es de 289152 unidades monetarias.
- ✓ El ahorro total proyectado para el escenario Pesimista es de 124020 unidades monetarias.

2.1.6.7. Retorno de la inversión

Costo de implementación	
Prensistas	Q1000,00
Ayudantes	Q5000,00
Material de apoyo	Q500,00
Inducción	Q200,00
Proyectista	Q15000,00
Placas y papel	Q10000,00
Materiales	Q500,00
Tiraje de prueba	Q2500,00
Total	Q34700,00

Tabla XV. Retorno de la inversión en los tres escenarios en años

Escenario	Conservador	Optimista	Pesimista
Retorno	0,17	0,12	0,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Retorno de la inversión en los tres escenarios en meses

Escenario	Conservador	Optimista	Pesimista
Retorno	2,01	1,44	3,36
	2 meses	2 meses	4 meses

Fuente: elaboración propia.

Definiendo el costo total de implementación, se divide entre el ahorro de cada escenario para obtener el tiempo de retorno de la inversión.

- ✓ El retorno de la inversión para el escenario conservador es de 2 meses
- ✓ El retorno de la inversión para el escenario optimista es de 2 meses
- ✓ El retorno de la inversión para el escenario pesimista es de 4 meses

2.1.7. Mapeo del Proceso (Alto nivel)

2.1.7.1. Cuadro de análisis de Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes (SIPOC)

Esta herramienta es utilizada para documentar y detallar un proceso, desde las entradas de los proveedores hasta los productos que los clientes reciben.

El nombre proviene de las iniciales de cada columna del cuadro SIPOC en inglés: **S**uppliers, **I**nputs, **P**rocess, **O**utputs, y **C**ustomers(Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes).

- ✓ Identifica los límites del proceso;
- ✓ Identifica los clientes y proveedores de un proceso;
- ✓ Identifica las entradas del proceso suministradas por los proveedores y las salidas del proceso que obtienen los clientes; y
- ✓ Ayuda a identificar las necesidades de la recolección de datos.

Componentes del cuadro SIPOC

- ✓ Una descripción del proceso es una explicación de un proceso que provee salidas para satisfacer las necesidades del cliente.
- ✓ Los límites de entrada y salida definen el inicio y final del proceso
- ✓ Las salidas son los resultados del proceso. Debe prestarse atención especial en como deben ser determinadas estas salidas, deben estar basadas en las expectativas y necesidades del cliente.
- ✓ Los clientes son las personas quienes reciben y establecen las especificaciones en las salidas. Los clientes pueden ser internos o externos; el cuadro SIPOC debe ser específico en esto.
- ✓ Los requerimientos y especificaciones del cliente son expectativas cuantificables de las salidas del proceso.
- ✓ Las entradas son lo que necesita un proceso para funcionar
- ✓ Los proveedores suministran las entradas necesarias al proceso

Figura 20. Diagrama SIPOC para implementación de nuevo procedimiento de arranque

Proveedores (Suppliers)	Entradas (Inputs)	Proceso (Process)	Salidas (Outputs)	Clientes (Costumers)
Gerencia administrativa Personal de mantenimiento	Líneas de impresión en estado óptimo	Inicio: Fase de preparación	Líneas de impresión listas para el arranque	Prensista Lector
Preprensa	Recibir placas en menor tiempo posible	Procedimiento mejorado de arranque de torres de impresión	Disminución de tiempo de ciclo	Prensista Lector
Prensista Ayudantes	Realizar ajustes de registro en el menor tiempo posible		Disminución de tiempo de ciclo	Gerencia administrativa Lector
Gerencia administrativa	Establecer parámetros de copias malas y de operación		Menos desperdicio generado en arranque	Gerencia administrativa Personal de compilación Montacarguistas
Gerencia administrativa Prensistas	Implementación de nuevo método de arranque Establecer control a prensistas		Disminución de costos de producción en un 5% los primeros 3 meses	Gerencia administrativa
Gerencia administrativa	Establecimiento de índices de productividad	Final: Fase final de operación	Aumento en productividad de los prensistas	Gerencia administrativa Lector
Gerencia administrativa Coordinación de mantenimiento	Establecer velocidad promedio de operación a 28 000 Imp/Hora		Aumento en eficiencia de línea de producción	Gerencia administrativa Coordinación de mantenimiento Lector

Fuente: elaboración propia.

2.1.7.2. Charter del proyecto

Diarios Modernos, S.A.		Charter de proyecto Seis Sigma
Caso de la empresa		
<p>La empresa Diarios Modernos, S.A. dedicada a la producción del periódico Nuestro Diario, desea reducir los costos de producción. Con base en la disminución del desperdicio generado en el arranque de las líneas de impresión. El proyecto se apoya en el impacto económico que producirá en la empresa. Se desea disminuir la variabilidad que existe en el proceso y establecer un procedimiento estandarizado.</p>		
Ámbito del proyecto		
Entradas		Salidas
Líneas de impresión en estado óptimo.		Líneas de impresión listas para arranque.
Recibir placas en menor tiempo posible.		Disminución de tiempo de ciclo.
Ajustes de registro en menos tiempo.		
Establecer parámetros de copias malas y de operación.		Menos desperdicio generado en arranque.
Implementación de nuevo método de arranque. Establecer control a prensistas.		Disminución de costos de producción.
Establecimiento de índices de productividad.		Aumento en productividad de prensistas.
Establecer velocidad promedio de operación.		Aumento de eficiencia en líneas de producción.
Alcance y objetivos		Expertos en la materia
Reducir el desperdicio generado en arranques de torres de impresión.		Joan Sinclair / Gustavo Rangel
Establecer un procedimiento estandarizado de arranque.		Gustavo Rangel / Hugo Orellana
Disminuir la variabilidad del proceso.		Gustavo Rangel / Hugo Orellana
Aumentar productividad de los prensistas.		Gustavo Rangel / Hugo Orellana
Reducir el costo de producción en un 5% en los primeros 3 meses.		Gustavo Rangel / Hugo Orellana
Visto Bueno		
Gerente producción: Carlos Marroquín		
Fecha:		

Diarios Modernos, S.A.		Charter de proyecto
Definición del problema		
El principal problema es la variabilidad en el proceso de arranque. Cada uno de los prensistas de las líneas de impresión utiliza un procedimiento distinto de arranque. El efecto de esta falta de estandarización es la cantidad de desperdicio generado, no es constante y no se tienen parámetros definidos.		
Escenario Pesimista	Escenario Conservador	Escenario Optimista
Se disminuye en 15% el desperdicio generado.	Se disminuye en un 25% el desperdicio generado.	Se disminuye en un 35% el desperdicio generado.
Ahorro total anual	Ahorro total anual	Ahorro total anual
124 020 (UM)	206 664 (UM)	289 152 (UM)
Fases de Proyecto		
Fase	Inicio	Final
Definir	06/08/09	27/10/09
Medir	29/10/09	10/11/09
Analizar	11/11/09	23/11/09
Mejorar	24/11/09	10/01/10
Controlar	11/01/10	11/02/10
Equipo		
Miembro del equipo	Rol	Porcentaje de tiempo
Carlos Marroquín	<i>Ejecutivo (Executive)</i>	5%
Gustavo Rangel	<i>Project Champion</i>	50%
Gustavo Rangel/Hugo Orellana	<i>Asesor (Master Black Belt)</i>	30%
Prensistas	Dueño de Proceso(<i>Process Owner</i>)	10%
Hugo Orellana / Joan Sinclair	Recursos Humanos (<i>Human Resources Champion</i>)	5%
Líder de equipo: Hugo Orellana		
Asesor: Gustavo Rangel		
Observaciones:		

3. PROPUESTA DE MEJORA EN ARRANQUE DE TORRES DE IMPRESIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAMC DE SEIS SIGMA

3.1. Fase de medición

3.1.1. Mapeo de proceso

Mapear el proceso ayuda a identificar el flujo de eventos en un proceso, así como las entradas (x's) y las salidas (y's) en cada paso del proceso.

Características:

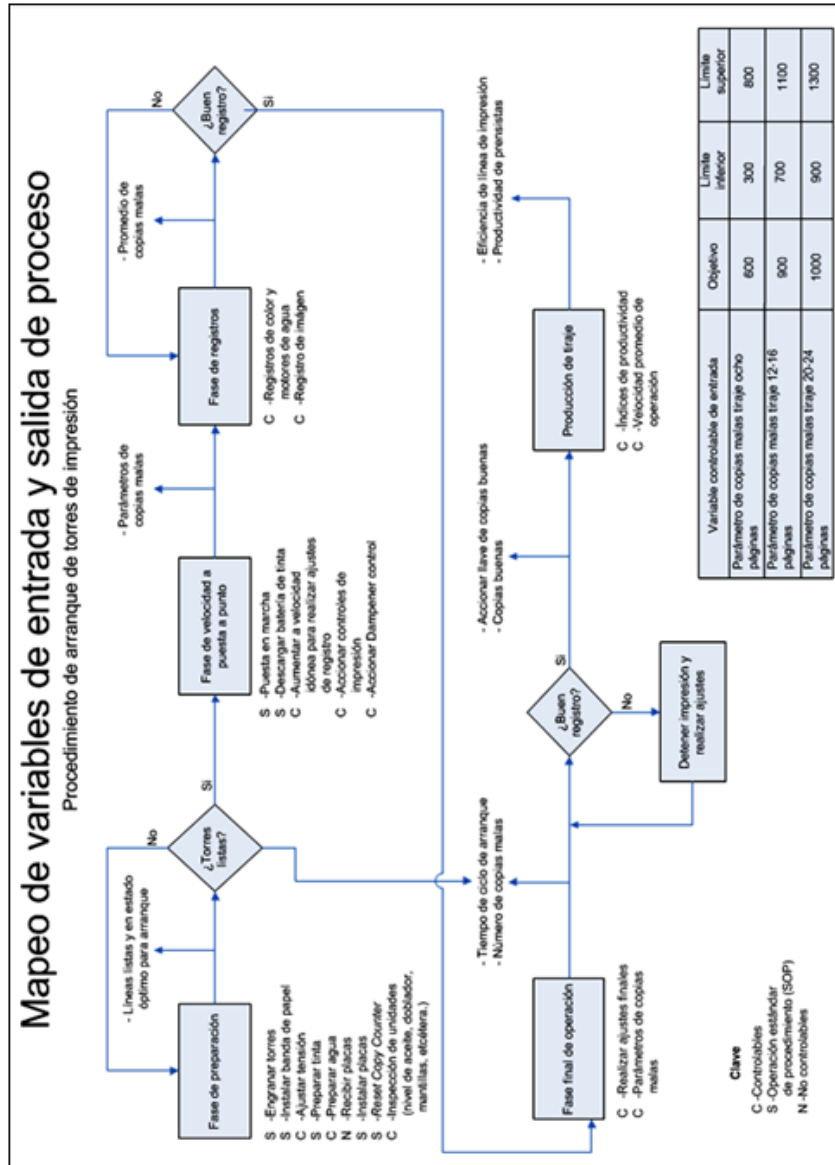
- ✓ Identifica gráficamente los pasos de un proceso
- ✓ Muestra visualmente la complejidad del proceso, e identifica actividades que no agregan valor al producto.
- ✓ Identifica las variables de entrada de proceso (x's) que se encuentran en cada paso del proceso y la variable de salida resultante (y's).
- ✓ Clasifica todas las variables de entrada de proceso (x's) en no controlables, controlables, u operaciones estándar de procedimiento.

Componentes del mapa de proceso

- ✓ Las entradas (x's) son las variables del proceso que son requeridas para la ejecución del paso del proceso. Pueden estar en la categoría de personas, métodos, materiales, maquinaria, medidas o ambiente.
- ✓ Los pasos del proceso son las tareas que transforman las entradas del proceso en salidas del proceso.
- ✓ Las salidas (y's) son las variables del proceso que resultan de la ejecución del paso del proceso. Pueden ser bienes, servicios o medidas.

3.1.1.1. Mapeo de variables de entrada y salida del proceso

Figura 21. Mapeo de variables de entrada y salida del proceso de arranque de torres de impresión



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Clasificación de variables de entrada

Fase de preparación

Operación estándar de procedimiento (S)

- ✓ Engranar torres;
- ✓ Instalar banda de papel;
- ✓ Preparar tinta;
- ✓ Instalar placas; y
- ✓ *ResetCopyCounter*;

Controlables

- ✓ Ajustar tensión;
- ✓ Preparar agua; y
- ✓ Inspección de unidades (nivel de aceite, doblador, mantillas, etcétera).

No controlables

- ✓ Recibir placas

Fase de velocidad a puesta punto

Operación estándar de procedimiento (S)

- ✓ Puesta en marcha; y
- ✓ Descargar batería de tinta.

Controlables

- ✓ Aumentar a velocidad idónea para realizar ajustes de registro;
- ✓ Accionar controles de impresión; y
- ✓ Accionar *Dampenercontrol*.

Fase de registros

Controlables

- ✓ Registros de color y motores de agua; y
- ✓ Registro de imagen.

Fase final de operación

Controlables

- ✓ Realizar ajustes finales; y
- ✓ Parámetros de copias malas.

Producción de tiraje

Controlables

- ✓ Índices de productividad; y
- ✓ Velocidad promedio de operación.

3.1.3. Identificación de variables de salida del proceso y sus mediciones

Fase de preparación

- ✓ Líneas listas y en estado óptimo para arranque. La medición se puede obtener mediante la implementación de un *checklist* de preparación de la línea de impresión.

Fase de velocidad a puesta punto

- ✓ Parámetros de copias malas. Se establecen los siguientes parámetros en el arranque:
 - Tiraje ocho páginas: rango de 300 a 800
 - Tiraje 12-16 páginas: rango de 700 a 1100
 - Tiraje 20-24 páginas: rango de 900 a 1300

- ✓ La medición se hará mediante la implementación de un *software* de captura de datos.

Fase de registros

- ✓ Promedio de copias malas. Se deberá supervisar que la velocidad de puesta a punto sea la correcta, y no sea mayor a 5000 Imp/Hora.

Fase final de operación

- ✓ Tiempo de ciclo de arranque y número de copias malas. El tiempo de ciclo de arranque deberá ser medido, estableciendo un tiempo estándar de arranque por cada tiraje. El número de copias malas será capturado automáticamente mediante un *software*.

Producción de tiraje

- ✓ Eficiencia de línea de impresión. La eficiencia de línea se medirá mediante el *software*, capturando la velocidad promedio de operación, que deberá ser de mínimo 27000 Imp/Hora.
- ✓ Productividad de prensistas. Se deben establecer indicadores de productividad, tomando de base el promedio de copias malas en el arranque y el tiempo de ciclo de cada tiraje que realicen.

3.1.4. Análisis de capacidad del proceso

3.1.4.1. Continuidad de salida sin fallos (*RolledThroughputYield (RTY)*)

El RTY es utilizado para evaluar el verdadero rendimiento de un proceso que incluye operaciones que no agregan valor al consumidor final, e implica arreglar cosas que no fueron realizadas correctamente desde la primera vez.

El RTY determina la probabilidad de que un producto o servicio pase por las distintas fases del proceso sin ser rechazado o ser reprocesado.

Se mide de la siguiente forma:

Se evalúan los defectos por unidad (dpu), este se calcula mediante la razón del número de defectos, entre la cantidad total de unidades producidas.

- ✓ Una unidad es el producto, información o servicio utilizado o comprado por el consumidor.
- ✓ Una oportunidad para un defecto es una medida característica de una unidad que necesita estar conforme a un estándar de consumo (Ejemplo, los ohmios de una resistencia eléctrica, el diámetro de un lapicero, el tiempo que tarda en entregar un paquete o el espacio de dirección en un formulario).
- ✓ Defectuoso es cuando una unidad completa es considerada inaceptable por la no conformidad de ninguna de las oportunidades para un defecto.

Asumiendo que los defectos están distribuidos en forma aleatoria, la forma especial de la fórmula de la distribución de Poisson, $RTY = e^{-dpu}$ puede ser usada para estimar el número de unidades con cero defectos.

Cálculo de *Rolled Throughput Yield* (RTY)

Unidades con cero defectos

Mediante las mediciones y toma de datos en el arranque de las líneas de impresión, se obtuvieron datos de paros de impresión. Se documentaron las causas de dichos paros, y se detallan en el cuadro que se presenta a continuación:

Tabla XVII. **Cantidad de observaciones de defectos en tirajes**

Tiraje	Cantidad de observaciones
Ochopáginas	32
12-16 páginas	50
20-24 páginas	26
Total	108

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Cantidad de paros en arranque de líneas**

Causa	Total
Cambio de placas	4
Rayones en placas	7
Papelatascado en doblador	22
Rompimiento de banda	4
Cambio de mantilla	1
Golpes en mantilla	4
Ajustes en registro	8
Otros (pegador, agua, etcétera)	7
Total	57

Fuente: elaboración propia.

Según lo observado, existen un total de 57 defectos en 108 unidades. Dando un dpu (defectos por unidad) siguiente:

$$dpu = \frac{57}{108} = 0,5278$$

Al utilizar este dato, en la fórmula de RTY, se obtiene:

$$RTY = e^{-0,5278} = 0,5899$$

De acuerdo con los datos obtenidos, se espera que en un 59% de los arranques no existan paros.

3.1.5. Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO)

El DPMO ayuda a determinar la capacidad de un proceso. Permite el cálculo de la capacidad de una o más oportunidades y, en última instancia, si se desea, para toda la organización. Para su cálculo, depende si los datos son variables o atributos y si hay una o más, oportunidades para un defecto.

Si se encuentra:

- ✓ Una oportunidad con datos variables, se utiliza el valor Z para determinar la probabilidad de observar un defecto, después se multiplica por un millón.
- ✓ Una oportunidad con datos de atributos, se calcula el porcentaje de defectos, después se multiplica por un millón.

Calcular el total de Defectos Por Oportunidad (DPO)

- ✓ Para calcular el DPO, se suman los defectos y el total de oportunidades para un defecto, después se dividen los defectos entre el total de oportunidades y se multiplica por un millón.

Ejemplo: Si existen ocho defectos y 30 total de oportunidades para un defecto, entonces,

$$DPMO = \left(\frac{8}{30} \right) * 1.000.000 = 266.667$$

- ✓ Cuando se utiliza este método para evaluar múltiples oportunidades con datos variables, se calcula cada DPMO para cada variable, después se suman para obtener el total de defectos y oportunidades.

Ejemplo: Si en una fase de un proceso se obtiene un DPMO de 50000 y en otra fase se obtiene un DPMO de 100000, hay un total de 150000 defectos por dos millones de oportunidades, o bien, un DPMO total del proceso de 75000.

Cálculo de Defectos Por Millón de Oportunidades (DPMO)

Se utiliza la fórmula para calcular el DPMO para cada variable, estas son, las causas de los paros. Los defectos de cada causa son divididos por el total de observaciones, que es 108, luego se multiplica por un millón. Al tener los resultados totales parciales, se suman para obtener un total y se realiza un promedio.

Tabla XIX. **Cálculo de DPMO del proceso**

Causa	Defectos	DPMO
Cambio de placas	4	37037,0370
Rayones en placas	7	64 814,8148
Papel atascado en doblador	22	203703,7037
Rompimiento de banda	4	37037,0370
Cambio de mantilla	1	9259,2592
Golpes en mantilla	4	37037,0370
Ajustes en registro	8	74074,0740
Otros (pegador, agua, etcétera.)	7	64814,8148
Total		527778,0000
DPMO del proceso		65972,0000

Fuente: elaboración propia.

En un millón de arranques, se encontrarán 65972 paros, por las distintas causas.

3.1.6. Variación a Corto plazo vs. Largo plazo

La duración en que los datos son recolectados determina si la variación a corto o largo plazo ha sido capturada dentro de un subgrupo. Existen dos tipos de variación en cada proceso: variación de causas comunes y variación de causas especiales. La variación de causas comunes es completamente aleatoria. Es la variación natural del proceso. Es el resultado de un evento, acción, o series de eventos o acciones. La naturaleza y causas de la variación de causas especiales son diferentes para cada proceso.

Los datos de corto plazo son datos que han sido recolectados de subgrupos del proceso. Cada subgrupo se estudia en un corto período de tiempo para capturar la variación debida a causas comunes. Así, el subgrupo consiste en recolectar datos en un reducido marco de tiempo considerado como una captura instantánea de tiempo del proceso. Por ejemplo, un proceso puede utilizar varios lotes de materia prima por turno. Una muestra representativa de datos de corto plazo consiste en una medida de CTQ, por sus siglas en inglés *CriticalToQuality*, (variables críticas para la calidad) dentro de un lote.

Los datos de largo plazo contienen tanto causas especiales como causas comunes de variación, que son típicamente observadas cuando todas las variables de entrada han cambiado en todo su rango. Continuando con el mismo ejemplo, los datos de largo plazo consistirían en la medición de varios lotes de materia prima medidos en diversas muestras de datos de corto plazo.

Los procesos tienden a exhibir más variación en un largo plazo que en un corto plazo. La variación de largo plazo esta constituida en la variabilidad de corto plazo y el desvío del proceso. El cambio de un corto plazo a un largo plazo puede ser cuantificado tomando muestras de ambas.

En un promedio, las medias de un proceso de corto plazo tienden a cambiar y desviarse por 1,5 Sigmas.

$$Z_{lt} = Z_{st} - 1,5$$

(El valor Z de corto plazo (Z_{st}) es conocida también como el valor Sigma de *Benchmark* (comparación de procesos). El DPMO es directamente relacionado con Z. En el apéndice se encontrará una tabla de conversión donde se convierte el valor de Z_{lt} a DPMO.

Ejemplo: Con un $Z_{st} = 1,0$, entonces, el $Z_{lt} = 1,0 - 1,5 = -0,5$. De la tabla de conversión, el DPMO a largo plazo es 691500 o 69,15% de defectos. El rendimiento es $(1 - 0,6915) = 0,3085$ o 30,85%.

3.1.7. Valor de Z, Valores de Sigma

Los valores de Sigma, son calculados para determinar una línea de base, o plan a seguir, para una oportunidad, proceso o producto. Pueden ser usados para comparar de forma muy precisa diferentes productos, servicios, información o divisiones dentro de una organización y si se desea, realizar un *Benchmarking* (comparación entre organizaciones con procesos similares) entre ellas.

Nota: Sigma ha tenido muchas definiciones diferentes y pueden ser utilizadas en diversas formas:

- ✓ Como un *Benchmarking*
- ✓ Como una desviación estándar de la población
- ✓ Como una medida de línea de base, que describe cuánto se desvía la media del proceso de la especificación más cercana.
- ✓ Como una medida de distancia

El valor de Sigma (Z) (o nivel de Sigma) ayuda a establecer líneas de base y fijar metas, objetivos de un proceso que puede ser medido. Una vez el valor de DPMO ha sido calculado, se encuentra el valor de Sigma (Z) en una tabla. (Ver apéndice).

Valor de Z del proceso

El valor de Z se localiza entre dos valores, por lo que hay necesidad de interpolar:

DPMO	Z
70000	1,476
65972	Z
65000	1,514

Interpolación:

$$\frac{70\,000 - 65\,972}{70\,000 - 65\,000} = \frac{1,476 - Z}{1,476 - 1,514}$$

Despejando Z de la ecuación:

$$Z = 1,476 - \left(\frac{70\,000 - 65\,972}{70\,000 - 65\,000} \right) (1,476 - 1,514)$$

$$Z_{st} \approx 1,50$$

Como los datos son de corto plazo y se desea estimar un rendimiento a largo plazo entonces la Z quedaría de la siguiente forma;

$$Z_{lt} = Z_{st} - 1,5$$

$$Z_{lt} = 1,5 - 1,5 = 0$$

Al buscar los valores en la tabla de conversión de sigma, se observa que el rendimiento a largo plazo del proceso es de 50.00%.

3.1.8. Gráficos de control de proceso

Se utilizaron las gráficas de control para datos variables de individuos, ya que el arranque de líneas de impresión, generalmente solo ocurre una vez por día. La gráfica de datos individuales se utiliza para vigilar el centrado de un proceso, y la gráfica de rangos para vigilar la variación en el proceso. Para muestras grandes se utiliza la desviación estándar.

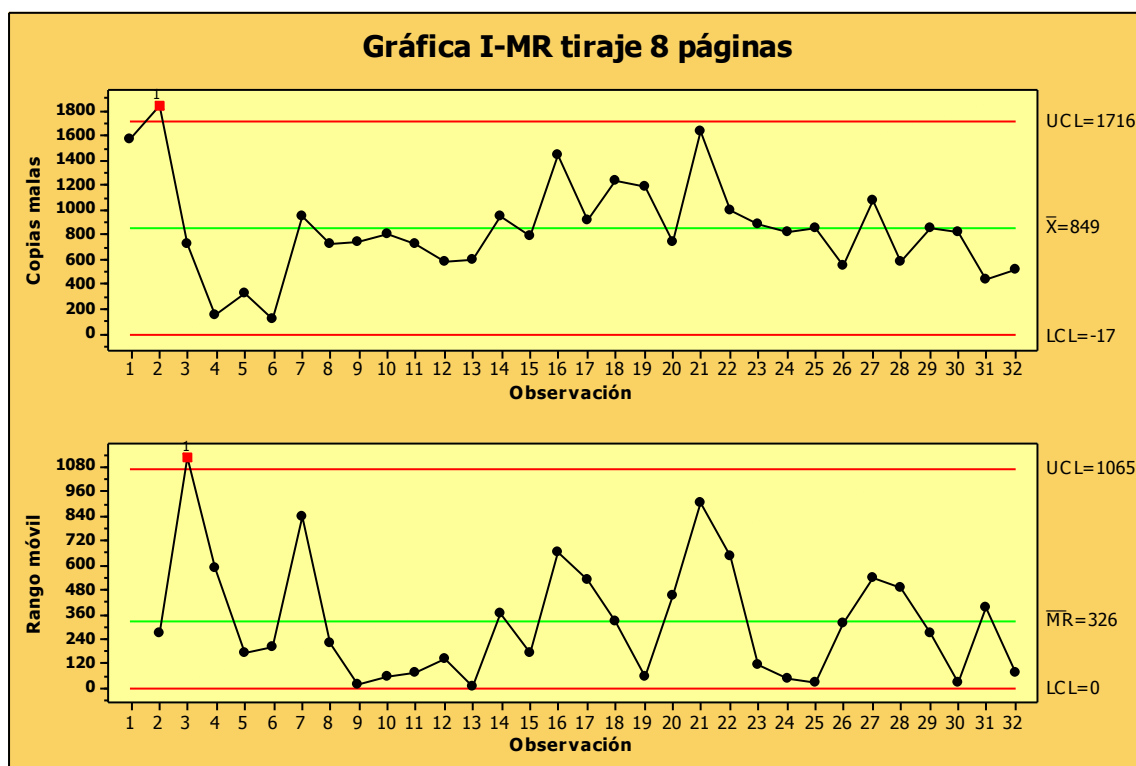
Interpretación de los patrones en las gráficas de control

Cuando un proceso está bajo control estadístico, los puntos de una gráfica de control fluctúan al azar entre los límites sin un patrón reconocible. La siguiente lista de verificación da un conjunto de reglas generales para examinar un proceso, con el fin de determinar si está bajo control:

- ✓ No hay algún punto fuera de los límites de control
- ✓ La cantidad de puntos por encima y por debajo de la línea central es aproximadamente la misma.
- ✓ Los puntos parecen concurrir aleatoriamente por encima y por debajo de la línea central.
- ✓ La mayoría de los puntos, pero no todos, aparecen cerca de la línea central, y sólo unos cuantos se ubican cerca de los límites de control.

Con ayuda del *software* Minitab 15, se han generado los gráficos de control a partir de las mediciones de arranque efectuadas en las líneas de impresión. A continuación se analizan cada una de las gráficas dados los tirajes de ocho, 12-16 y 20-24 páginas.

Figura 22. Gráfico I-MR en tiraje de ocho páginas

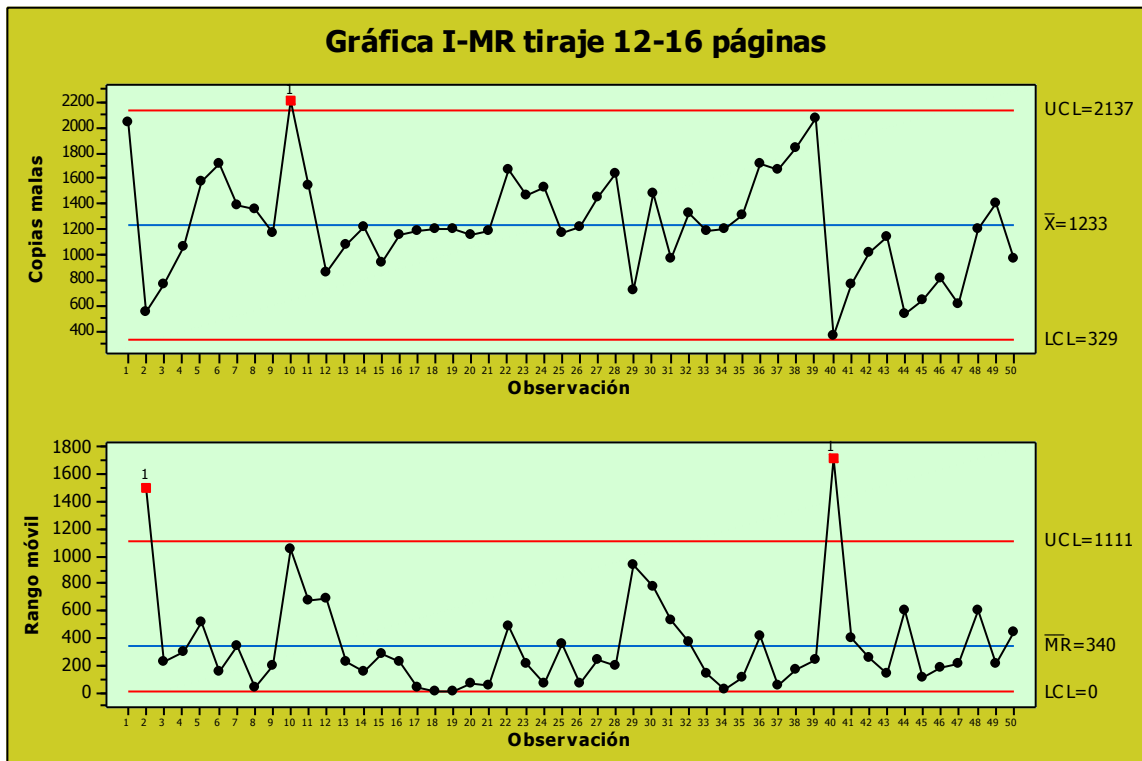


Fuente: elaboración propia.

Se puede establecer que el proceso de arranque de máquinas se encuentra fuera de control. En el dato dos, la medición superó el límite superior, existe también mucha variación entre los datos, aunque la mayoría de ellos se encuentran por debajo de la media de copias malas. La operación de ajustes en registro de imagen es mucho más rápida en este tiraje, ya que solamente se opera una torre de impresión.

Con la estandarización del método, la variación de los datos disminuirá, logrando esto, se podrá disminuir la media de copias malas a 600.

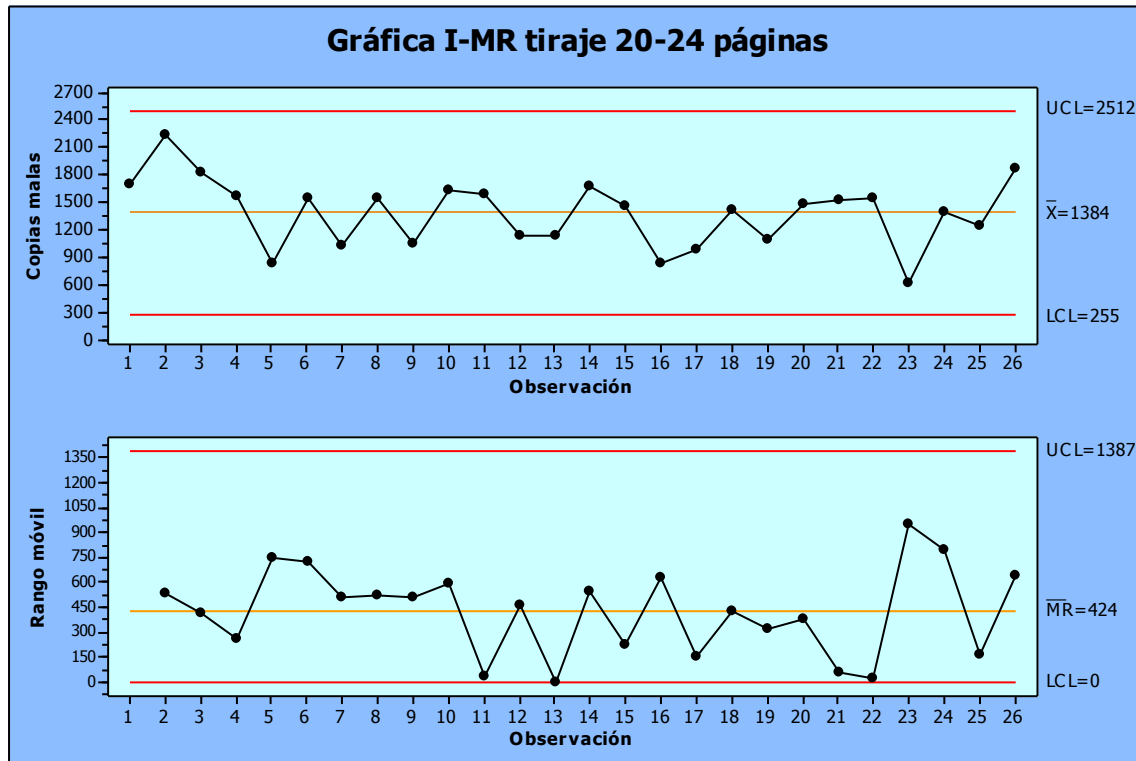
Figura 23. Gráfico I-MR en tiraje de 12-16 páginas



Fuente: elaboración propia.

La gráfica de control del tiraje de 12-16 páginas, indica que el proceso está fuera de control. En el dato 10, la medición es mayor al límite de control superior, también en la gráfica de rangos, las mediciones 1 y 40 sufrieron una gran variación a comparación de los demás datos. Aunque existe en este tiraje, la menor variación en mediciones de arranques. Este tiraje utiliza dos torres de impresión.

Figura 24. Gráfico I-MR en tiraje de 20-24 páginas



Fuente: elaboración propia.

Al analizar el gráfico de control, se puede concluir que el proceso de arranque para el tiraje de 20-24 páginas se encuentra bajo control. La mayoría de los datos se encuentran rozando la línea central. Existe mucha variación de los datos y se puede observar un patrón con tendencia hacia arriba del rango desde el dato 11 al 17. Este tiraje utiliza tres torres de impresión. Debido a esto la media de copias malas es mayor de los tres tirajes.

3.2. Fase de análisis

3.2.1. Identificación de las fuentes de variación

3.2.1.1. Diagrama de *Ishikawa*

Los diagramas Causa y Efecto (C&E) permiten a un equipo identificar, explorar y mostrar gráficamente, en un detalle cada vez mayor, las posibles causas importantes relacionadas a un problema o condición para descubrir la(s) causa (s) raíz. Un diagrama C&E:

- ✓ Posibilita a un equipo a enfocarse en el contenido del problema, no en el historial del problema o diferentes intereses personales de los miembros del equipo.
- ✓ Crea una captura del conocimiento colectivo en consenso del equipo en torno a un problema. Esto constituye apoyo para las soluciones resultantes.
- ✓ Enfoca al equipo en causas, no en síntomas

Pasos para construir el diagrama de Causa y Efecto / Diagrama de Pescado:

- ✓ Se coloca el planteamiento del problema en un triángulo o cuadro en la parte derecha siendo la cabeza del diagrama. Se escribe en él, el problema principal.
- ✓ Se dibujan las categorías de causa mayor o pasos en el proceso, y se conectan a la columna del diagrama de pescado. En un proceso de producción, las categorías tradicionales son las 5 M: máquinas (equipo), métodos (como se realiza el trabajo), materiales (componentes o materia prima), mano de obra (el personal de trabajo, operarios) y medio ambiente (entorno de la planta y condiciones de ambiente).

- ✓ Colocar la lluvia de ideas o las causas basadas en datos en la categoría apropiada. Algunas causas pueden estar en varias categorías.

3.2.1.2. Diagrama de Pareto

Un diagrama de Pareto se enfoca principalmente en los problemas que ofrecen mayor potencial de mejora al mostrar su frecuencia relativa o tamaño en un gráfico de barras descendiente. Un diagrama de Pareto:

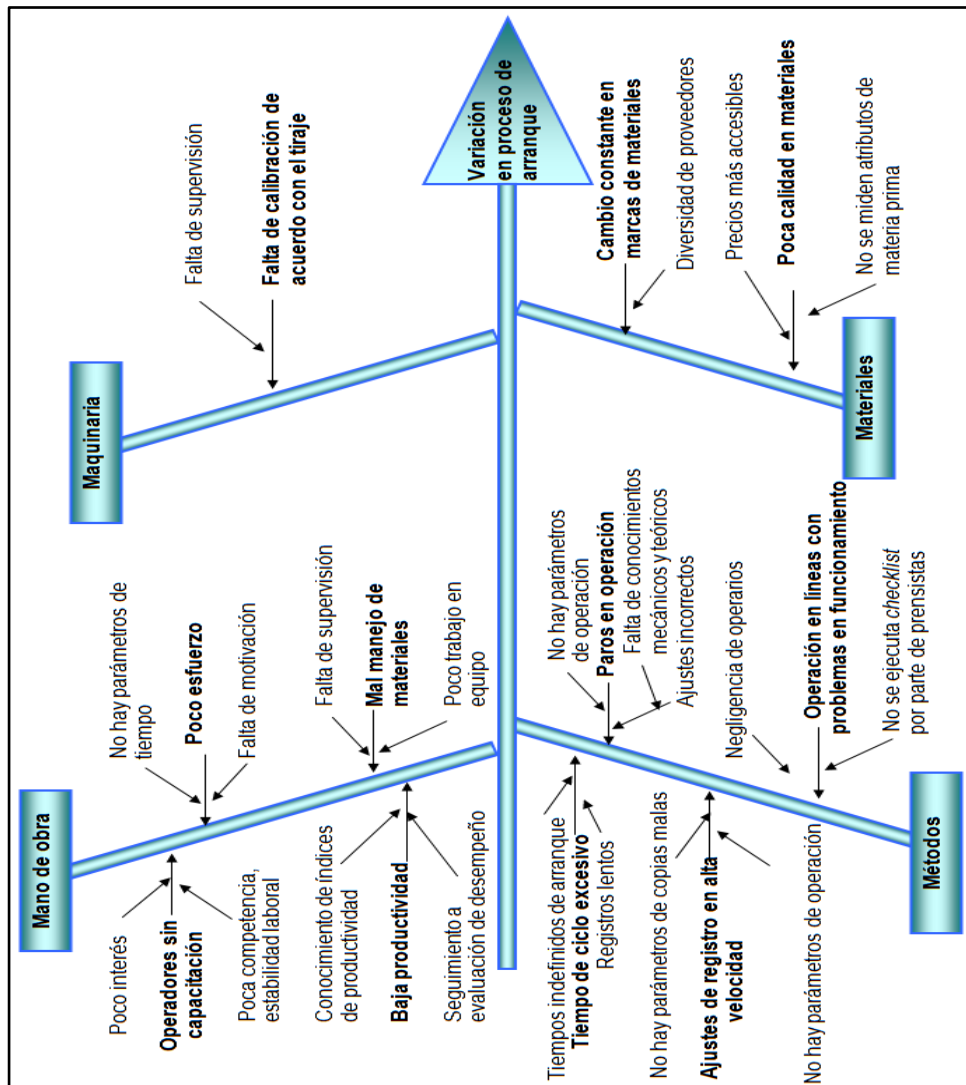
- ✓ Ayuda al equipo a enfocarse en las causas que tendrán mayor impacto si son solucionadas;
- ✓ Está basado en el comprobado principio de Pareto: 20% de las causas ocasionan el 80% de cualquier problema;
- ✓ Muestra la importancia relativa de los problemas en un simple, y fácil de interpretar, formato visual;
- ✓ Ayuda a prevenir el atacar los problemas secundarios, donde la solución elimina algunos problemas pero empeora otros; y
- ✓ Mide el progreso en un formato altamente visible que incentiva a seguir mejorando el proceso.

Pasos para realizar un diagrama de Pareto:

- ✓ Decidir en que problema se debe enfocar;
- ✓ Utilizar la lluvia de ideas o datos existentes, escoger las causas o problemas que serán monitoreados, comparados y ordenados;
- ✓ Escoger la unidad de medida más significativa como frecuencia o costo;
- ✓ Escoger el período de tiempo para el estudio;
- ✓ Recolectar los datos necesarios en cada categoría de problema como tiempo real o revisión de datos históricos;
- ✓ Comparar la frecuencia relativa o costo de cada categoría de problema;
- ✓ Listar las categorías de problema en la línea horizontal y las frecuencias en la línea vertical;
- ✓ Dibujar el porcentaje acumulado mostrando la porción del total que cada problema o categoría representa; e
- ✓ Interpretar resultados.

3.2.1.3. Diagrama de *Ishikawa* del proceso de arranque

Figura 25. Diagrama de *Ishikawa* sobre la variación en el proceso de arranque



Fuente: elaboración propia.

3.2.1.4. Diagrama de Pareto de causas de paros en arranques de líneas

Al recolectar los datos, se establece que los paros en arranque de líneas de impresión por cada tiraje se debieron a las causas listadas en el cuadro que se presenta a continuación, con su respectiva frecuencia. Después se calcula la frecuencia acumulada y el porcentaje acumulado.

Tabla XX. **Frecuencia de incidencias en causas de paros en arranque de líneas**

Causa	Tiraje			Total
	Ocho páginas	12-16 páginas	20-24 páginas	
Cambio de placas	0	4	0	4
Rayones en placas	1	4	2	7
Papel atascado en doblador	9	9	4	22
Rompimiento de banda	1	3	0	4
Cambio de mantilla	0	1	0	1
Golpes en mantilla	0	2	2	4
Ajustes en registro	2	4	2	8
Otros (pegador, agua, etcétera)	0	5	2	7

Fuente: elaboración propia.

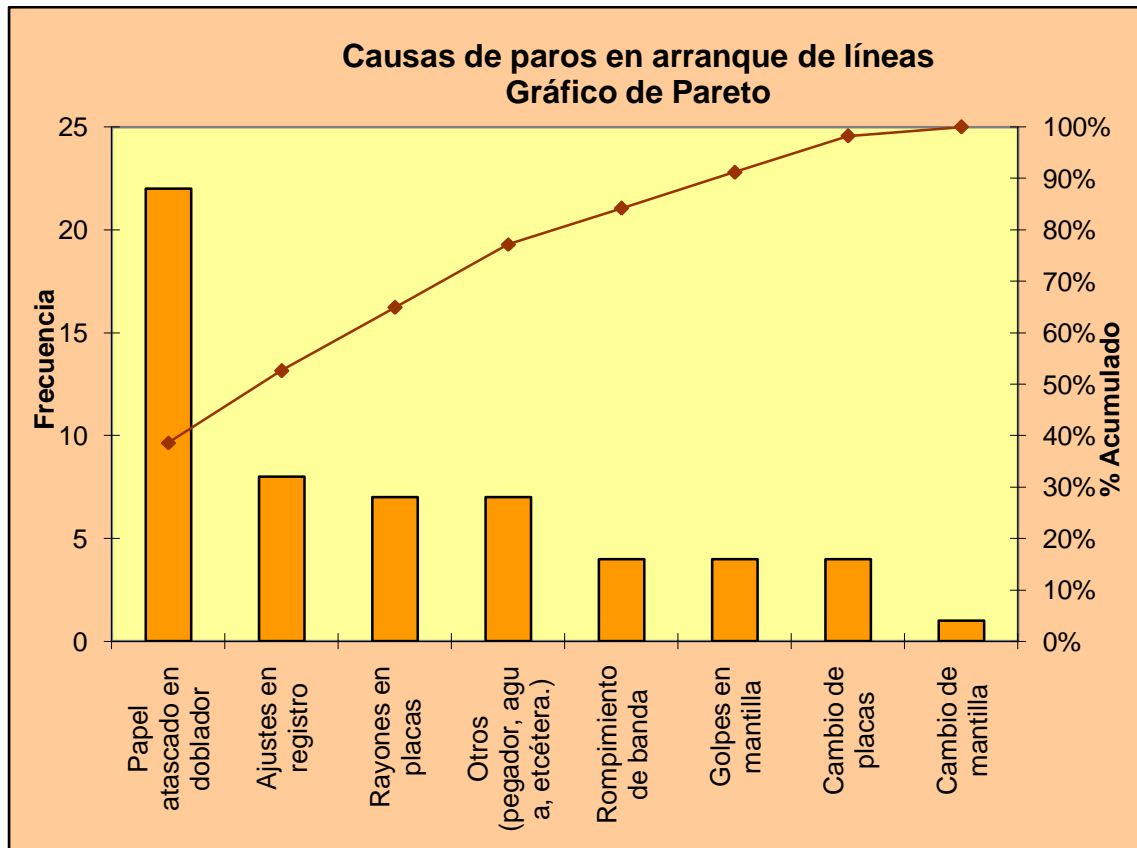
Tabla XXI. **Frecuencias acumuladas de causas de paros en arranque**

Causa	Frecuencia	Frecuencia acumulada	% Acumulado
Papel atascado en doblador	22	22	38,60%
Ajustes en registro	8	30	52,63%
Rayones en placas	7	37	64,91%
Otros (pegador, agua, etcétera)	7	44	77,19%
Rompimiento de banda	4	48	84,21%
Golpes en mantilla	4	52	91,23%
Cambio de placas	4	56	98,25%
Cambio de mantilla	1	57	100,00%
Total	57		

Fuente: elaboración propia.

Se genera el diagrama de Pareto con base en los datos obtenidos:

Figura 26. Gráfico de Pareto de causas de paros en arranque de líneas



Fuente: elaboración propia.

3.3.1.5. Interpretación de diagramas de *Ishikawa* y Pareto

Al analizar el diagrama de Pareto, inmediatamente se establece que la mayor causa de los paros en el arranque de las líneas de impresión es el atascamiento de papel en el doblador.

Esto representa el 40% de las causas de los paros. Al realizar el diagrama de *Ishikawase* observa que debido a la falta de calibración del doblador de acuerdo al tiraje, existe variación en el proceso de arranque.

Esto se une a que los operadores no tienen una capacitación adecuada y que no hay interés de su parte en adquirir conocimientos mecánicos o teóricos ya que la competencia es escasa y tienen estabilidad laboral.

También esto puede ocasionar problemas con el departamento de mantenimiento, ya que pueden ser objeto de acusaciones de mala práctica y que continuamente estén supervisando el arranque. Dada esta carencia de conocimientos realizan ajustes incorrectos y no existen parámetros de operación ni un procedimiento estandarizado de arranque que ayude a minimizar estos paros.

La segunda mayor causa de paros en el arranque son los ajustes en el registro, representa el 20% de las causas, esto, puede tener un significado positivo pues al realizar ajustes de registro que requiera, mayor corrección, se detiene la impresión para no generar mayor desperdicio.

Pero, también puede tener un significado negativo, ya que el tiempo de ciclo del arranque es excesivo, debido a registros lentos y el poco esfuerzo de operarios por falta de motivación. No existe un parámetro de tiempo y el horario de arranque no está indefinido, en ocasiones arrancan a las 2:00 p.m. y en otras a las 5:00 p.m.

Realizar los ajustes de registro en alta velocidad puede causar variación en el arranque y que el prensista esté obligado a detener la impresión y corregir los registros.

Al no haber parámetros de operación los prensistas no tienen un procedimiento a seguir y conforme a su experiencia, operan las líneas de impresión. Y al no haber parámetros de copias malas, el desperdicio generado aumenta, también, aumentando el tiempo de ciclo.

La tercera mayor causa que representa el 10% de los paros, es la de rayones en placas o cambio de placas. En una planta existe mal manejo de materiales debido a la falta de capacitación, al poco trabajo en equipo y a la falta de supervisión.

Los rayones en placas, desgraciadamente se encuentran hasta que la línea está imprimiendo. Esto obliga a los prensistas a detener la impresión y corregir el daño, que puede ser limpiando la parte afectada o peor aún, cambiando la placa dañada.

Otras causas raíz del cambio de placas pueden ser la poca calidad en los materiales. No se miden los atributos de la materia prima, al cambiar de proveedor o de producto utilizado.

Estos paros disminuirían, si los prensistas ejecutaran el *checklist* previo al arranque, detectando fallas y documentando el estado de las líneas, herramientas y materia utilizada en la operación.

También se recomienda una estricta supervisión, tanto en la fase de preparación de arranque, como en el procedimiento de arranque, para detectar si los operarios realizan eficientemente sus actividades y que no exista negligencia por su parte.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO MEJORADO DE ARRANQUE DE TORRES DE IMPRESIÓN

4.1. Fase de mejora

4.1.1. Establecer parámetros de operación. Procedimiento de arranque

Preparación

Los siguientes pasos proveen una lista de verificación básica para la preparación de la línea de impresión, para su arranque y operación. La configuración del equipo, experiencia de los operadores, y otras condiciones pueden requerir modificaciones en este procedimiento para lograr un mejor rendimiento.

- ✓ Engranar las torres requeridas para el tiraje, y desconectar aquellas que no sean requeridas;
- ✓ Chequear la lubricación y los niveles de aceite de las torres de impresión y el doblador. Lubricar aquellas unidades que lo requieran;
- ✓ Instalar la banda de papel a utilizar en el(los) pegador(es). Pasar la banda a través de las torres de impresión a utilizar. Activar los sensores de rompimiento de banda;
- ✓ Ajustar el doblador para el tiraje correspondiente. Realizar pruebas para asegurar el buen funcionamiento del doblador (doblar alrededor de 15 a 30 unidades);
- ✓ Llenar las fuentes de tinta, agitando la tinta que se encuentra de tirajes anteriores;

- ✓ Cerrar las llaves de tinta en las áreas donde no se utilizan. Girar el rodillo de tinta en caso de que se esté secando. Dejar de girar la palanca de rodillo de tinta hasta obtener una delgada película;
- ✓ Revisar las unidades de agua; limpiar las bandejas y rodillos si es necesario;
- ✓ Preparar el agua a utilizar con la solución de fuente. Chequear que la conductividad y el pH sean los correctos;
- ✓ Abrir las llaves de agua y verificar la correcta circulación en las torres de impresión;
- ✓ Instalar placas;
- ✓ Encender los activadores neumáticos, en las torres de impresión que se utilicen;
- ✓ Encender los motores de agua. Como ajuste inicial: establecer los motores de agua (*Dampener speed*) a 40;
- ✓ Abrir las llaves de tinta hasta llegar a 15 en el registro. En caso de trabajar con media banda de papel, cerrar todas las llaves de tinta que no se utilizarán;
- ✓ Ajustar la tensión de la banda de papel a 100 Kpa;
- ✓ Resetear el contador de copias buenas a cero; y
- ✓ Establecer el control principal de motor de agua en el nivel 25, en modo manual, en el panel de control.

Establecer la cantidad de tinta correcta en los rodillos de tinta

Ajustar la cantidad correcta de tinta en los rodillos de tinta, ayuda a minimizar el desperdicio de arranque.

Procedimiento para descargar la batería de tinta.

- ✓ En el panel de control, apagar los *switchselector* de *Impressions*, *WaterForm*, *InkForm*, *InkFeed* y *Dampener Control*. Después, activar el *switch selector* de *InkFeed* en manual;
- ✓ Poner en marcha la línea de impresión, presionando el botón *Inch* hasta que la línea empiece a caminar. Mientras se mantiene presionado el botón *Inch*, presione momentáneamente el botón *Faster*. Dejar de presionar ambos botones;
- ✓ En cada unidad de tinta de cada torre, se debe girar la palanca del rodillo de tinta. Cuando se obtenga una delgada película de tinta en el rodillo, dejar de girar la palanca; y
- ✓ Cada cinco segundos alternar el *switch selector* de *InkFeed*, en manual y apagado. Dejar de hacer hasta que ya no se obtengan señas de tinta en la banda de papel.

Puesta en marcha, arranque de línea

Seguir el procedimiento de arranque, al haber hecho toda la preparación correspondiente.

- ✓ Antes de poner en marcha la línea, asegurarse de que la luz verde del panel de control esté encendida y que todas las cubiertas de mantillas estén cerradas;
- ✓ Asegurarse que todas las torres de impresión estén listas para la operación;

- ✓ Poner en marcha la línea de impresión, presionando el botón *Inch* hasta que la línea empiece a caminar. Mientras se mantiene presionado el botón *Inch*, presionar momentáneamente el botón *Faster*. Dejar de presionar ambos botones. Descargar la batería de tinta. La línea estará caminando a una velocidad mínima;
- ✓ Chequear que la banda de papel esté centrada, en cada torre de impresión, si no lo está, centrar la banda utilizando el *switch* en el panel de control;
- ✓ Chequear si el doblador realiza su función correctamente, inspeccionando las copias. Hacer ajustes en el doblador si es necesario;
- ✓ Presionar el botón *Faster* para aumentar la velocidad de la línea, hasta la velocidad de 5000 Imp/Hora (Impresiones por hora). Esta es la velocidad idónea para realizar los ajustes correspondientes a los registros de imagen y tinta. Mientras se alcanza esta velocidad, se deben activar los siguientes *switch* selectores en el siguiente orden:
 - *Impressions* en manual
 - *WaterForm* en manual
 - *InkForm* en automático
 - *InkFeed* en automático
- ✓ Accionar el *switch DampenerControl* en manual y el nivel a 25; y
- ✓ Dejar de presionar el botón *Faster* cuando se alcance la velocidad de 5000 Imp/Hora (velocidad de puesta a punto). Detener la impresión en caso haya alguna advertencia, o alguna condición no normal ocurra.

Operación con velocidad de puesta a punto (5000 Imp/Hora)

- ✓ Tan pronto como la imagen sea visible en la banda de papel, empezar a chequear que la posición de la página sea apropiada y el corte sea adecuado. Hacer ajustes si es necesario;
- ✓ Importante: si las copias no son aceptables, detener la impresión y corregir los problemas mayores. No siga produciendo desperdicio;
- ✓ Inspeccionar la imagen de las copias y ajustar las llaves de tinta y la configuración de velocidad de agua que se requieran en las distintas unidades de las torres de impresión;
- ✓ Nota: para asegurar un producto limpio, utilizar la mínima configuración de tinta y de agua requerida para una buena impresión. Se recomienda que los ayudantes realicen los ajustes de tinta y agua en el menor tiempo posible y que los prensistas empiecen a realizar los ajustes de registro;
- ✓ Chequear la imagen de las copias y realizar los ajustes en el registro. Inmediatamente realizar las correcciones en registro transversal y registro circunferencial:
 - Empezar a realizar los ajustes de registro transversal en el lado 10 y el lado 13 en las unidades de color de cada torre de impresión.
 - Cuando el lado 13 esté en registro correcto, utilizar el registro circunferencial del lado 10 y realizar los ajustes correspondientes.
 - Realizar los ajustes requeridos tan rápido como sea posible para obtener el menor desperdicio posible. Concentrarse de primero en las áreas que necesitan mayor corrección para alcanzar un producto presentable rápidamente;

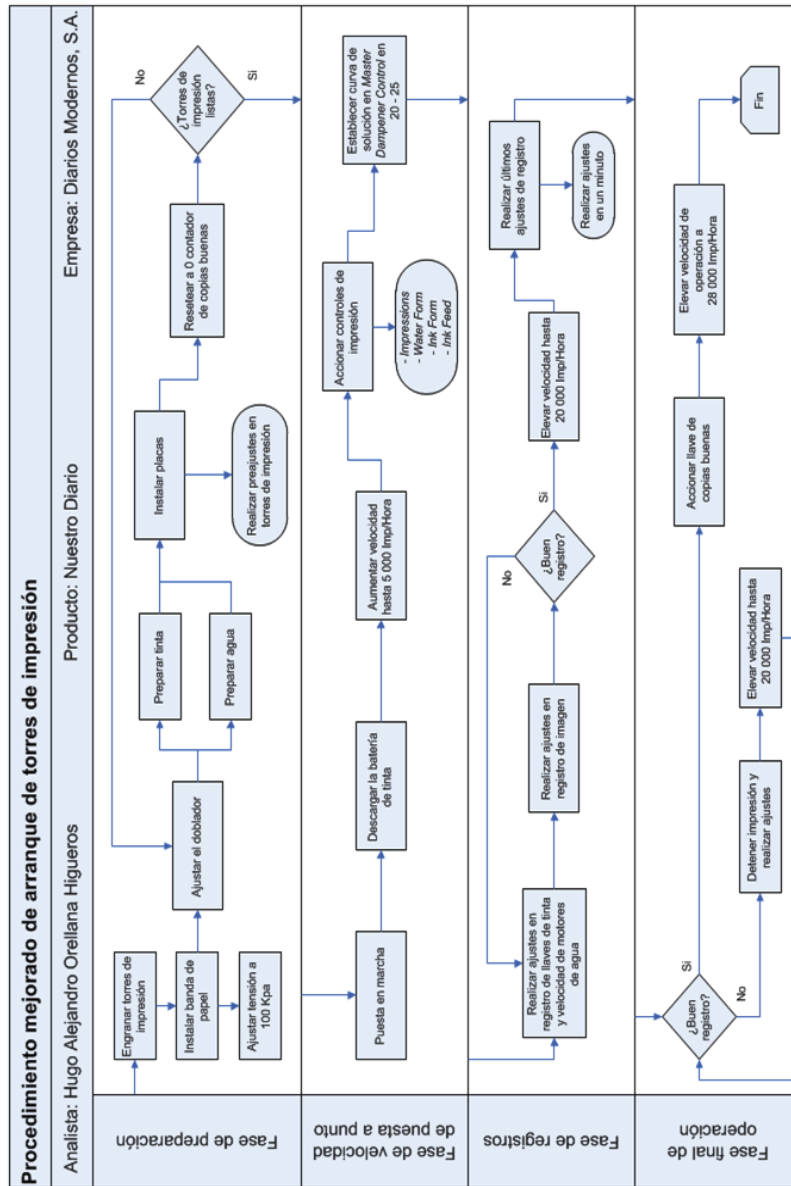
- ✓ Cuando se alcance un producto presentable, con un registro adecuado, elevar la velocidad hasta 20000 Imp/Hora;
- ✓ Al llegar a la velocidad de 20000 Imp/Hora, realizar los últimos ajustes de registro en el mínimo de tiempo posible. Ajustar el nivel de *Dampener control* en el panel principal, así también, en las unidades de las torres de impresión. Preferiblemente hacerlos en menos de un minuto;

Nota: si los ajustes a realizar son demasiados, no elevar la velocidad, hacer estos ajustes en la velocidad de puesta a punto 5000 Imp/Hora, si se deben hacer ajustes más serios, detener la impresión y realizarlos; y

- ✓ Al obtener un producto presentable, accionar la llave de copias buenas. Elevar la velocidad de operación a 28000 Imp/Hora. Establecer el *switch selector de Dampener control* en automático.

4.1.2. Diagrama de flujo del proceso

Figura 27. Diagrama de flujo del procedimiento mejorado de arranque de torres de impresión



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Parámetros de copias malas

Al realizar el análisis estadístico a las mediciones obtenidas en el procedimiento de arranque de líneas de impresión, se generaron distintos escenarios de datos. El escenario conservador, que es el objetivo principal del proyecto, consiste en una reducción del 25% de desperdicio generado en el arranque.

Con base en este escenario, se establecen los siguientes parámetros de copias malas para cada tiraje:

Tabla XXII. **Parámetros de copias malas en cada tiraje**

Tiraje	Objetivo	Límite inferior	Límite superior
Tiraje ocho páginas	600	300	800
Tiraje 12-16 páginas	900	700	1100
Tiraje 20-24 páginas	1000	900	1300

Fuente: elaboración propia.

El objetivo es, estandarizar el procedimiento de arranque. Una vez estandarizado, se deben disminuir los parámetros de copias malas acorde a los resultados obtenidos, hasta llegar a obtener los datos del escenario optimista, que es una disminución del 35% del desperdicio generado, en un término de cinco años.

4.1.4. Matriz de análisis de modos de fallas y efectos

La matriz de análisis de modos de fallas y efectos (FMEA por sus siglas en inglés) permite una evaluación del riesgo para los clientes si una entrada clave de proceso (x) llegará a fallar. La FMEA también ayuda a determinar que acciones tomar para minimizar este riesgo. Son usadas también para documentar procesos y las actividades de mejora del proceso.

La FMEA provee un resumen documentado de las ideas del equipo con respecto al riesgo del cliente si alguna de las entradas claves del proceso falla. Además, la FMEA contiene las acciones recomendadas e implementadas para minimizar este riesgo. Es un documento vivo ya que debe ser revisado y actualizado cuando el proceso haya sido modificado.

Inicialmente, la FMEA es completada en la fase de Medición de DMAMC y puede proveer acciones recomendadas por el equipo para minimizar el riesgo del cliente. Las revisiones a la FMEA continúan en las fases de Análisis y Mejora para asegurar el criterio de evaluación (severidad, ocurrencia y detección) y las relaciones causa-efecto son actualizadas con conclusiones basadas en datos.

Durante la fase de Control, la FMEA necesita ser actualizada para reflejar el estado final de la mejora del proyecto. La información de la FMEA será resumida en el documento de plan de control y será entregada al dueño del proceso. La información inicial que se necesita para realizar un FMEA es una lista de Variables de Entradas Clave de Proceso (x's). Esta lista de x's puede provenir de mapas de proceso, una Matriz de Causa y Efecto, un diagrama de *Ishikawa*, o una sesión de lluvia de ideas.

4.1.4.1. Matriz de análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) de procedimiento de arranque de torres de impresión

Figura 28. Diagrama FMEA del procedimiento de arranque de torres de impresión

Proceso: Arranque de torres de impresión		Analista: Hugo Alejandro Orellana H.					
Responsable: Prensistas		Fecha: 27/11/2009					
Diarios Modernos, S.A. Procedimiento de arranque de torres de impresión Análisis de Modo de Fallas y Efectos (FMEA)							
Fase de proceso	Entrada clave de proceso	Modo de fallas potenciales	Efectos potenciales	Causas potenciales	Controles actuales	Acciones recomendadas	Responsable
Preparación	Ajustar doblador acorde a tiraje	Papel atascado en doblador	Aumento de desperdicio generado	Mal ajuste de calibración en doblador		Capacitar a prensistas y ejecutar <i>checkrist</i>	
Preparación	Ajustar tensión de banda	Rompimiento de banda	Aumento en tiempo de ciclo	Mal ajuste en parámetro de tensión		Establecer parámetros de operación	
Preparación	Preparar agua de fuente	Velo de tinta en placas	Aumento de desperdicio generado	Conductividad de agua inadecuada	Medición de conductividad	Realizar la medición de conductividad previo al arranque	
Preparación	Instalar placas	Rayones en placas	Aumento en tiempo de ciclo	Manipulación inadecuada de placas		Capacitar a operarios en buenas prácticas de manufactura	
Preparación	Inspección de unidades	Paros en impresión	Aumento en tiempo de ciclo	No hay ejecución de <i>checkrist</i>		Ejecución de <i>checkrist</i> por parte de prensistas	

Continuación figura 28.

Fase de proceso	Entrada clave de proceso	Modo de fallas potenciales	Efectos potenciales	Causas potenciales	Controles actuales	Acciones recomendadas	Responsable
Velocidad a puesta a punto	Aumentar a velocidad idónea para ajustes de registro	Excede parámetro de copias malas	Aumento de desperdicio y tiempo de ciclo	Velocidad excesiva de línea de impresión		Establecer parámetros de operación	
Velocidad a puesta a punto	Accionar <i>Dampener Control</i>	Papel atascado en doblador	Aumento de desperdicio y tiempo de ciclo	Nivel de <i>Dampener Control</i> excesivo		Establecer parámetros de operación	
Registros	Registros de color	Registros lentos	Aumento de tiempo de ciclo	Preajustes de tinta incorrectos		Establecer parámetros de operación	
Registros	Ajustes de motores de agua	Papel atascado en doblador	Aumento de desperdicio generado	Preajustes de nivel de agua incorrectos		Establecer parámetros de niveles de agua por unidad en cada torre	
Registros	Registros de imagen	Excede parámetro de copias malas	Aumento de desperdicio generado	Ajustes hechos en tiempo excesivo		Establecer parámetros de copias malas y parámetros de tiempo	
Final de operación	Realizar ajustes de registro finales	Paros en impresión	Aumento de desperdicio y tiempo de ciclo	Registros que requieran mayor corrección		Establecer parámetros de operación	

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Recolección de datos. Prueba piloto

El día lunes 7 de diciembre de 2009, se realizó la prueba piloto utilizando el procedimiento mejorado de arranque y estableciendo los parámetros de operación. La prueba se realizó en la línea A, en un tiraje de ocho páginas.

Se siguieron los pasos ordenadamente en la Fase de Preparación. El arranque inició a las 10:22 A.M. y terminó a las 10:28:30 A.M. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- ✓ El número de copias malas fue de 739 contadas manualmente.
- ✓ Se detuvo la impresión a las 10:22:30 por problemas en doblador. Previamente se realizó un cambio de hules de corte en el doblador. Se reinicia la impresión a las 10:25.
- ✓ Se mantuvo la velocidad en 5000 Imp/Hora, al momento de realizar los ajustes en el registro de color y de imagen.
- ✓ Se eleva la velocidad a 15000 Imp/Hora, al momento de terminar los ajustes en el registro.
- ✓ Se realizan los últimos ajustes con una velocidad de 15000 Imp/Hora, en 2,5 minutos.

Cabe mencionar los siguientes aspectos:

- ✓ Los ayudantes del prensista, los cuales realizaron la mayoría de pasos en la fase de preparación, no colocaron de forma alineada las placas. Esto aumentó el tiempo de ajustes en el registro de imagen.

- ✓ Los últimos ajustes se realizaron en 2,5 minutos, los cuales deben realizarse en máximo 1,5 minutos.
- ✓ El personal que realizó la prueba piloto, pertenecen al departamento de mantenimiento. Teniendo los conocimientos básicos de arranque de líneas de impresión, pero no la práctica y agilidad necesaria para el tiraje.

4.1.6. Análisis económico con datos reales

Aún con los inconvenientes, el número de copias malas obtenidas en el arranque se encuentra dentro del parámetro establecido, que es de 300 a 800 copias malas para un tiraje de ocho páginas. Se ubica en el escenario pesimista con un 15% de disminución en el desperdicio generado.

4.1.6.1. Ahorro anual proyectado

Tomando las 739 copias malas obtenidas en el arranque, se realiza el análisis económico con resultados reales. En un mes existe un promedio de 21 tirajes de ocho páginas. Se asigna el valor de una unidad monetaria (UM) obtenemos:

Tabla XXIII. **Ahorro anual de la situación real en unidades monetarias**

Escenario	Promedio copias malas aproximadas	Tirajes en un mes	Costo (UM)
Situación real	739	21	15519

Escenario	Ahorro mensual (UM)	Ahorro anual (UM)
Situación real	2331	27972

Fuente: elaboración propia.

4.1.6.2. Retorno de la inversión

Tabla XXIV. Retorno de la inversión de la situación real en años

Escenario	Situación real
Retorno	1,24

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Retorno de la inversión de la situación real en meses

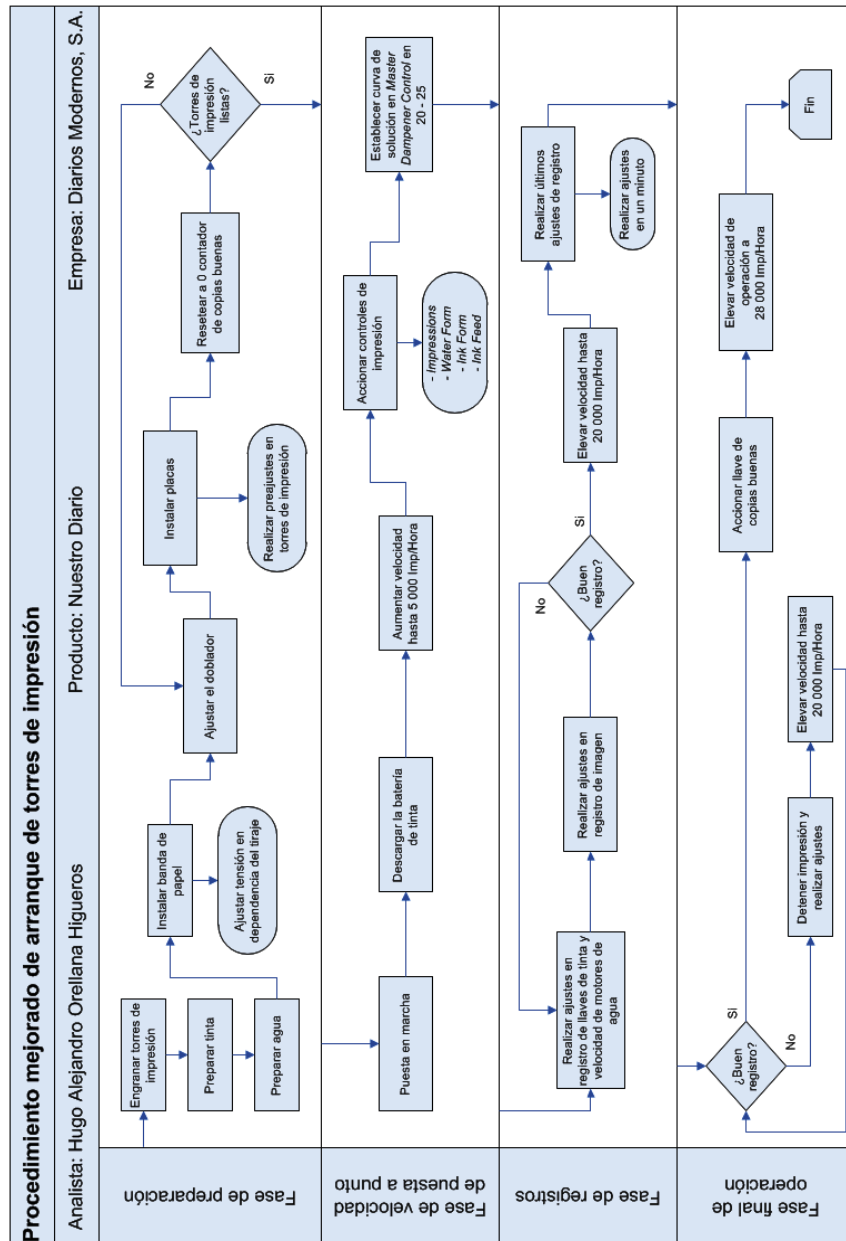
Escenario	Situación real
Retorno	14,88

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Manteniendo el mismo costo de implementación estimado en la Fase de Análisis de Q34700,00, la inversión se recupera en 15 meses.

4.1.7. Diagrama de flujo mejorado después de prueba piloto

Figura 29. Diagrama de flujo mejorado después de prueba piloto



Fuente: elaboración propia.

Se realizaron pequeños cambios en el procedimiento de arranque de torres de impresión.

Se cambió el orden en algunos pasos en la fase de preparación:

- ✓ Se prepara la tinta después de engranar las torres;
- ✓ Se prepara el agua después de preparar la tinta;
- ✓ Se instala la banda de papel después de preparar el agua;
- ✓ La tensión se ajusta acorde a cada tiraje; y
- ✓ El doblador se ajusta después de instalar la banda de papel y ajustar la tensión.

5. ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA EMPRESA DIARIOS MODERNOS, S.A.

5.1. Producción más limpia

Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. Producción más limpia puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad.

Para los procesos de producción, resulta de una medida o la combinación de varias de ellas, que conserva materias primas, agua y energía; elimina materiales tóxicos y peligrosos; y reduce la cantidad de toxicidad de todas las emisiones y desechos en la fuente durante el proceso de producción.

Para los productos, se enfoca en reducir los impactos ambientales, a la salud y a la seguridad de los productos a través de los ciclos de vida completos, desde la extracción de materia prima, pasando por el proceso de manufactura y uso, hasta la disposición final del producto.

Para los servicios, la Producción más limpia implica la incorporación de las preocupaciones ambientales dentro del diseño y prestación de los servicios.

5.2. Implementación de soluciones ecológicas en la empresa Diarios Modernos, S.A

Consciente de la preservación del medio ambiente, la empresa Diarios Modernos, S.A. emplea diversas medidas y acciones los cuales van directamente enfocadas en crear un medio sostenible y amigable para el entorno ecológico.

5.2.1. Utilización de papel reciclado

El proyecto está enfocado a la disminución del desperdicio generado en el arranque de las torres de impresión. Se utiliza papel reciclado para la impresión de varias secciones del diario. El papel de desperdicio es separado y no se tira a la basura, es vendido a una recicladora de papel para su uso posterior. También se utiliza el papel restante de los rollos que alimentan a las torres de impresión, el cual no ha sido utilizado, en diversas tareas del proceso.

5.2.2. Utilización de tinta hecha a base de soja

Diarios Modernos S.A. utiliza en la impresión del diario tinta hecha a base de soja. Esta tinta tiene una fuente renovable, al utilizar el aceite en vez del petróleo y también producen muy pocos compuestos orgánicos volátiles.

El papel impreso con tinta de soja es mucho más fácil de reciclar, debido a que sale con mayor facilidad del papel, con el agregado de que los colores de esta tinta son más brillosos. Esto quiere decir que no hay petróleo, pero hay soja. Como muchos subproductos obtenidos de la soja, esta clase de tintas surgió como una alternativa frente a la escasez de los derivados del petróleo y sus altibajos financieros.

La tinta se compone, en líneas generales, de un 20 % de pigmentos y un 80% de aceite de soja evitándose el uso de resinas lo que reduce su precio. La ausencia de resinas facilita asimismo el proceso de reciclaje del papel ya que la tinta de soja se suelta más fácilmente.

Al mezclar aceites derivados de la soja, también se emplean los del algodón, canola, cártamo y girasol pero en menor medida, como solventes en la elaboración de algunas tintas se obtiene un material biodegradable, de baja toxicidad para el hombre, derivado de un recurso renovable (a diferencia de las derivadas del petróleo) y con bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles.

Con los aceites obtenidos de la oleaginosa se producen tintas para impresión. Son ecológicas, económicas, más rendidoras y superan en calidad a las derivadas del petróleo.

5.2.3. Utilización de solución fuente biodegradable

La solución fuente utilizada en la impresión de Nuestro Diario es biodegradable, es decir, todos los componentes del producto son estables en el medioambiente. Pueden mostrar estabilidad ambiental significativa al ser absorbidos por la tierra. Debido a su composición, reduce la utilización de agua y de tinta en cada tiraje.

5.2.4. Disminución de utilización de solventes de limpieza

Este proyecto consistió en disminuir la utilización de solventes de limpieza *Roller and Wash* que el personal de mantenimiento utilizaba para limpiar las líneas de impresión. Para esto se utilizó el ciclo DMAMC, donde se definió el problema, el cual consistía en la falta de un procedimiento estándar de despacho en la bodega de materia prima.

En la bodega, solamente se abría un tonel que contenía el solvente y el personal de mantenimiento tomaba libremente lo que ellos consideraban necesario para realizar sus labores.

Después de definirse el problema, se hizo la medición de cuanto solvente utilizaban. Seguidamente se analizó el porque utilizaban tanto solvente. Para mejorar el proceso, se aplicaron herramientas que optimizan el consumo de solvente, y por último, se instauró un plan de control para mantener el nivel de consumo en los estándares establecidos por la Gerencia de Producción.

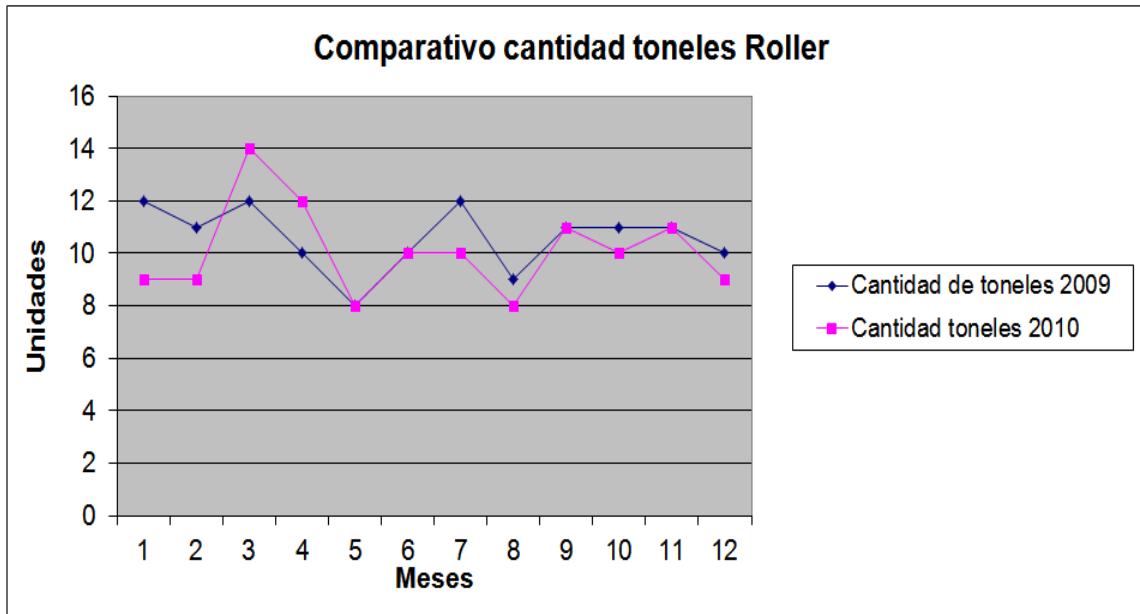
A continuación, se adjuntan los datos que detallan el ahorro obtenido en el año 2010 por el proyecto:

Tabla XXVI. Ahorro real en consumo de solvente *Roller and Wash*

Consumo de <i>Roller and Wash</i>		Código	11303.0008					
Año 2009				Año 2010				Ahorro Real
Mes	Cantidad toneles	Precio	Total	Mes	Cantidad toneles	Precio	Total	
Enero	12	Q3 900,00	Q46 800,00	Enero	9	Q3 900,00	Q35 100,00	Q11 700,00
Febrero	11	Q3 900,00	Q42 900,00	Febrero	9	Q3 900,00	Q35 100,00	Q7 800,00
Marzo	12	Q3 900,00	Q46 800,00	Marzo	14	Q3 900,00	Q54 600,00	-Q7 800,00
Abril	10	Q3 900,00	Q39 000,00	Abril	12	Q3 900,00	Q46 800,00	-Q7 800,00
Mayo	8	Q3 900,00	Q31 200,00	Mayo	8	Q3 900,00	Q31 200,00	Q0,00
Junio	10	Q3 900,00	Q39 000,00	Junio	10	Q3 900,00	Q39 000,00	Q0,00
Julio	12	Q3 900,00	Q46 800,00	Julio	10	Q3 900,00	Q39 000,00	Q7 800,00
Agosto	9	Q3 900,00	Q35 100,00	Agosto	8	Q3 900,00	Q31 200,00	Q3 900,00
Septiembre	11	Q3 900,00	Q42 900,00	Septiembre	11	Q3 900,00	Q42 900,00	Q0,00
Octubre	11	Q3 900,00	Q42 900,00	Octubre	10	Q3 900,00	Q39 000,00	Q3 900,00
Noviembre	11	Q3 900,00	Q42 900,00	Noviembre	11	Q3 900,00	Q42 900,00	Q0,00
Diciembre	10	Q3 900,00	Q39 000,00	Diciembre	9	Q3 900,00	Q35 100,00	Q3 900,00
Total del año			Q495 300,00	Total del año			Q471 900,00	Q23 400,00

Fuente: Reporte de proyecto *Roller and Wash* del departamento de mantenimiento de la empresa Diarios Modernos S.A.

Figura 30. **Gráfico comparativo de consumo de solvente**
Roller and Wash



Fuente: Reporte de proyecto *Roller and Wash* del departamento de mantenimiento de la empresa Diarios Modernos S.A.

5.3. Proyectos a realizarse para la minimización de residuos

Una parte fundamental de la estrategia de Producción más limpia es la minimización de residuos, la cual consiste en procurar la disminución de los insumos utilizados (materia prima, energía eléctrica, solventes, aceite, etcétera), manteniendo la misma producción, a fin de optimizar el proceso productivo.

5.3.1. Proyecto de reducción de consumo de energía eléctrica

Este proyecto, consiste en cambiar los motores de las líneas rotativas de impresión. Los motores actuales funcionan con corriente directa (DC) y tienen un alto costo de mantenimiento, ya que hay que desmontarlos de la línea y enviarlos al proveedor. Esto obliga a la planta de producción a tener un motor de reserva, el cual sustituirá al motor original durante el tiempo que se encuentre en mantenimiento.

El proyecto tendrá una inversión aproximada de Q350000,00, adquiriendo tres motores que funcionarán con corriente alterna (AC), los cuales producirán un ahorro aproximado de Q32000,00 anuales en concepto de energía eléctrica. Estos motores también producirán un ahorro en mantenimiento, ya que el personal será capacitado para realizar el proceso de mantenimiento que dichos motores necesitan, produciendo un ahorro de Q11394,00 anuales.

5.3.2. Proyecto de instalación de tuberías de tinta en cada torre de impresión

En este proyecto se determinó que para mejorar la calidad del proceso de impresión, el proceso de suministro de tinta a las líneas de impresión debía ser modificado. La forma de llenar cada torre de impresión de tinta era de forma manual, los auxiliares de prensistas, con cubetas, llenaban los depósitos de tinta (los cuales son ocho por cada torre) constantemente, procurando mantenerlos al nivel necesario para la continua impresión de ejemplares en cada tiraje.

El proyecto consistió en cuatro fases:

- ✓ Fabricación e instalación de tanques de tinta: en estos tanques es donde se deposita la tinta. La cual debe extraerse de toneles a través de una bomba de succión, la cual se desmonta una vez lleno el tanque de tinta.
- ✓ Fabricación e instalación de tuberías: mediante cálculos obtenidos en función de los requerimientos de las líneas de impresión, se determinó el diámetro y la cédula de las tuberías, necesarias para el correcto suministro de tinta en cada tintero de las torres de impresión.
- ✓ Instalación de bombas: las bombas son neumáticas, debido a la densidad de la tinta, y se necesitan dos bombas por tanque de tinta para el correcto suministro. Una de las bombas es desmontable, la cual succiona la tinta hacia el depósito de tinta. La otra bomba es la encargada de bombear la tinta hacia los tinteros de cada torre de impresión.
- ✓ Instalación de medidores de flujo: debido a que el proceso de impresión se encuentra monitoreado por el *software SCADA*, se instalaron medidores de flujo, los cuales proporcionan los datos necesarios para el control del consumo de tinta en cada tiraje.

Con este proyecto, se logra un uso más eficiente de la tinta, un ambiente de trabajo más limpio y un proceso mecanizado. El ahorro proyectado obtenido en la mano de obra anual, se detalla a continuación:

Tabla XXVII. Ahorro estimado en proyecto de bombas de tinta

Planilla de producción mensual								
Línea	A	B	C	D	Total	Salario Promedio (mensual)	Costo de la hora	Total
Prensista (primer turno)	1	1	1	1	4	Q7 000,00	Q48,61	Q28 000,00
Operarios (primer turno)	3	3	3	3	12	Q4 000,00	Q27,78	Q48 000,00
Prensista (primer turno)	1	1	1	1	4	Q7 000,00	Q48,61	Q28 000,00
Operarios (segundo turno)	3	3	3	3	12	Q4 000,00	Q27,78	Q48 000,00
Compaginadores	20	20	20	20	80	Q2 500,00	Q17,36	Q200 000,00
Mecánico de turno	1				1	Q6 000,00	Q41,67	Q6 000,00
Electricista de turno	1				1	Q6 000,00	Q41,67	Q6 000,00
Gran total					114			Q364 000,00

Nota: con el proyecto de mecanización de tinta se prevé ahorrar un operador por cada turno.

Planilla de producción mensual (después del proyecto)								
Línea	A	B	C	D	Total	Salario Promedio (mensual)	Costo de la hora	Total
Prensista (primer turno)	1	1	1	1	4	Q7 000,00	Q48,61	Q28 000,00
Operarios (primer turno)	2	2	2	2	8	Q4 000,00	Q27,78	Q32 000,00
Prensista (primer turno)	1	1	1	1	4	Q7 000,00	Q48,61	Q28 000,00
Operarios (segundo turno)	2	2	2	2	8	Q4 000,00	Q27,78	Q32 000,00
Compaginadores	20	20	20	20	80	Q2 500,00	Q17,36	Q200 000,00
Mecánico de turno	1				1	Q6 000,00	Q41,67	Q6 000,00
Electricista de turno	1				1	Q6 000,00	Q41,67	Q6 000,00
Gran total					106			Q332 000,00

Ahorro proyectado mensual	Q32 000,00
Ahorro proyectado anual	Q384 000,00

Fuente: Reporte de proyecto de bombas de tinta del departamento de mantenimiento de la empresa Diarios Modernos S.A.

Como se puede apreciar, el ahorro proyectado anual es de Q384000,00, lo que hace a este proyecto altamente sostenible, mejorando la calidad del proceso de impresión de ejemplares.

6. MEJORA CONTINUA

6.1. Fase de control

6.1.1. Plan de control

Un plan de control provee una memoria institucional del estado de un proceso y las mediciones que lo definen. Provee para un proceso puntual, soluciones de problemas, reparación y ayuda en la formación de actividades de auditoría.

Se convierte en un documento vivo junto con el proceso para sustentar las mejoras del proceso. También documenta el control de actividades de un proyecto de Seis Sigma antes de su finalización.

Un plan de control de Seis Sigma es un conjunto de documentos que:

- ✓ Proveen un punto de referencia entre instrucciones, características y especificaciones.
- ✓ Une las características críticas para la satisfacción (CTS) con los detalles operacionales del proceso.
- ✓ Abarca diversas áreas de proceso incluyendo los procedimientos de operación, mantenimiento preventivo y control de indicadores.

- ✓ Provee un indicador de prevención contra la desviación del proceso mediante métodos de medición identificados y responsabilidades así como, reglas de decisión y referencias estándar de operación.
- ✓ Faculta el control local de un proceso, acciones correctivas y recursos
- ✓ Puede proveer un indicador para el cierre y cuarentena de actividades
- ✓ Asegura que un proyecto Seis Sigma esta listo para su finalización. Si un plan de control no puede ser completado, al menos uno de los elementos claves (identificación, especificación, medición, respuesta prevista a la no conformidad, o control / responsabilidad) no ha sido definido o acordado.

Figura 31. Plan de control en tirajes

DIARIOS MODERNOS, S.A.
PLAN DE CONTROL EN TIRAJES

PRENSISTA:	TIRAJE:	FECHA:	
LÍNEA:		Vo.Bo:	

<p>FASE DE PREPARACIÓN HORA: _____</p> <p>CONTADOR GENERAL: _____</p> <p>CONTADOR DE COPIAS BUENAS: _____</p> <p style="text-align: center;">CHECKLIST</p> <p>Preparar tinta Preparar solución de fuente Instalar banda de papel Ajuste de doblador Línea en estado óptimo</p> <p>PARAMETROS INICIALES DE OPERACION</p> <p>Llaves de tinta a 15. Medición de solución de fuente entre 1 250 y 1 600 micromhos. Presión de banda de papel en 50 y 100 kpa. (Dependiendo tiraje) Dampener Speed en torres a 40. Velocidad en ajustes de registro en 5 000 Imp/Hora. Nivel del <i>Master Dampener Control</i> entre 15 y 20.</p>	<p>FASE DE REGISTROS HORA: _____</p> <p>PAROS</p> <p>Papel atascado en doblador Ajustes en registro Rayones en placa Rompimiento de banda Golpes en mantilla Cambio de placas Cambio de mantilla Otros:</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> <p>PARAMETROS FINALES DE OPERACION</p> <p>Tiraje</p> <p>Ocho páginas 12-16 páginas 20-24 páginas</p> <p>Límite de desperdicio</p> <p>800 copias malas 1100 copias malas 1300 copias malas</p> <p>Velocidad Promedio en Tiraje en 28 000 Imp/Hora.</p>										

FASE FINAL DE OPERACIÓN HORA: _____

COPIAS MALAS EN ARRANQUE: _____

VELOCIDAD PROMEDIO EN TIRAJE: _____

OBSERVACIONES:

Fuente: elaboración propia.

6.2. Capacitación de personal

La finalidad de la capacitación es desarrollar las capacidades y habilidades del personal. Se proporciona conocimientos en aspectos técnicos del trabajo y se adiestra al personal para el correcto desempeño de su labor. Es necesario reiterar que la capacitación no es un gasto, por el contrario, es una inversión que redundará en beneficio de la empresa y de los miembros que la conforman.

Desarrollar las capacidades del colaborador, proporciona beneficios para los empleados y para la organización. Ayuda a los colaboradores aumentando sus habilidades y cualidades y beneficia a la organización incrementando las habilidades del personal de una manera costo-efectiva.

Dado que el acceso a la capacitación con información actualizada nos da la oportunidad de estar en mejores condiciones para ser competitivos en nuestras perspectivas laborales y profesionales. Al utilizar y desarrollar las habilidades del colaborador, la organización entera se vuelve más fuerte, productiva y rentable.

6.2.1. Gerencia de planta

Es muy importante que la Gerencia esté activamente involucrada con el desarrollo de proyectos para el aseguramiento y aumento de la calidad en el proceso de producción. Se contó con el apoyo de la Gerencia de planta, facilitando los medios (tiempo, permisos, materiales, etcétera) necesarios para cada una de las fases del proyecto.

Se enfatiza en la necesidad de establecer un control más estricto durante el arranque de las líneas de impresión, ya que entre menos material de desperdicio se genere, menos es el costo de producción para la empresa.

6.2.2. Prensistas

El proyecto se enfoca directamente en la forma en que los prensistas operan la línea rotativa de impresión, desde la preparación del tiraje, hasta la finalización de la impresión de ejemplares. Para lograr en ellos un cambio de actitud, se debe capacitar al prensista, en términos de calidad y mejora continua.

Se debe instruir en el nuevo método, explicando el motivo y el porqué de cada uno de los pasos necesarios para el arranque de las líneas de impresión. Se debe entregar material impreso que contenga de manera gráfica y escrita, los nuevos parámetros de operación.

6.2.3. Ayudantes

La inducción al nuevo método debe incluir a los ayudantes, ya que ellos contribuyen al aseguramiento de la calidad en el proceso de producción. Debe entregarse a los ayudantes, material impreso donde se especifique sus funciones durante el proceso de producción. También se les debe capacitar en la implementación de un *checklist* anterior al arranque de líneas. Motivando al empleado, se logran mejores resultados y una actitud positiva al cambio.

6.3. Matriz de análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) de procedimiento de arranque de torres de impresión actualizado

Figura 32. Diagrama FMEA actualizado

Diarios Modernos, S.A.
 Procedimiento de arranque de torres de impresión
 Análisis de Modo de Fallas y Efectos Actualizado
 (FMEA)

Proceso:	Arranque de torres de impresión						Analista:	Hugo Alejandro Orellana H.	
Responsable:	Prensistas						Fecha:	27/11/2009	
Fase de proceso	Entrada clave de proceso	Modo de fallas potenciales	Efectos potenciales	Causas potenciales	Controles actuales	Acciones recomendadas	Responsable		
Preparación	Ajustar doblador acorde a tiraje	Papel atascado en doblador	Aumento de desperdicio generado	Mal ajuste de calibración en doblador	Reporte de producción	Capacitar a prensistas y ejecutar <i>check/list</i>	Prensista		
Preparación	Ajustar tensión de banda	Rompimiento de banda	Aumento en tiempo de ciclo	Mal ajuste en parámetro de tensión	-----	Establecer parámetros de operación	Operador Enkel		
Preparación	Preparar agua de fuente	Velo de tinta en placas	Aumento de desperdicio generado	Conductividad de agua inadecuada	Medición de conductividad	Realizar la medición de conductividad previo al arranque	Operador		
Preparación	Instalar placas	Rayones en placas	Aumento en tiempo de ciclo	Manipulación inadecuada de placas	-----	Capacitar a operarios en buenas prácticas de manufactura	Operador		
Preparación	Inspección de unidades	Paros en impresión	Aumento en tiempo de ciclo	No hay ejecución de <i>check/list</i>	Reporte de producción	Ejecución de <i>check/list</i> por parte de prensistas	Prensista		

Fuente: elaboración propia.

Continuación de figura 32.

Fase de proceso	Entrada clave de proceso	Modo de fallas potenciales	Efectos potenciales	Causas potenciales	Controles actuales	Acciones recomendadas	Responsable
Velocidad a puesta a punto	Aumentar a velocidad idónea para ajustes de registro	Excede parámetro de copias malas	Aumento de desperdicio y tiempo de ciclo	Velocidad excesiva de línea de impresión	-----	Establecer parámetros de operación	Prensista
Velocidad a puesta a punto	Accionar <i>Dampener Control</i>	Papel atascado en doblador	Aumento de desperdicio y tiempo de ciclo	Nivel de <i>Dampener Control</i> excesivo	-----	Establecer parámetros de operación	Prensista
Registros	Registros de color	Registros lentos	Aumento de tiempo de ciclo	Preajustes de tinta incorrectos	Reporte de producción	Establecer parámetros de operación	Operador
Registros	Ajustes de motores de agua	Papel atascado en doblador	Aumento de desperdicio generado	Preajustes de nivel de agua incorrectos	Reporte de producción	Establecer parámetros de niveles de agua por unidad en cada torre	Operador
Registros	Registros de imagen	Excede parámetro de copias malas	Aumento de desperdicio generado	Ajustes hechos en tiempo excesivo	-----	Establecer parámetros de copias malas y parámetros de tiempo	Operador / Prensista
Final de operación	Realizar ajustes de registro finales	Paros en impresión	Aumento de desperdicio y tiempo de ciclo	Registros que requieren mayor corrección	-----	Establecer parámetros de operación	Operador / Prensista

Fuente: elaboración propia.

6.4. Evaluación de desempeño

La evaluación de desempeño como proceso sistemático y periódico debe tener como fin el estimular a los trabajadores para mejorar la consecución de los resultados, valorando objetivamente el trabajo individual del operario.

Para la evaluación de desempeño en la ejecución del nuevo método, deberá tabularse la información recopilada en el plan de control del proyecto. Mediante la disminución del número de copias malas en el arranque se controlará el desempeño de cada prensista en cada tiraje.

Mensualmente, deberá publicarse el resultado de cada prensista. Haciendo mención especial, a aquellos que trabajan dentro de los parámetros establecidos por la empresa. El reconocimiento tanto favorable como desfavorable de los responsables hacia sus colaboradores, es un mecanismo que puede facilitar la motivación dentro de la organización.

CONCLUSIONES

1. Aplicando la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) de Seis Sigma en el proceso de arranque de líneas de impresión, se logró estandarizar el procedimiento, disminuyendo la variabilidad y por consecuencia, reduciendo el número de ejemplares malos impresos en el arranque.
2. Mediante el análisis estadístico efectuado, se establece que la media actual de copias malas en arranque del tiraje de ocho páginas es de 850, con una desviación estándar de 396,095. En el tiraje de 12-16 páginas, la media es de 1233, con una desviación estándar de 408,054. En el tiraje de 20-24 páginas, la media es de 1364, con una desviación estándar de 366,165. Con lo que se puede inferir que en el tiraje de 12-16 páginas, es donde existe mayor variación.
3. En el procedimiento de arranque de líneas de impresión, se establecieron nuevos parámetros de operación. Se determinó que los parámetros que influyen directamente en la impresión de copias malas son: la velocidad de línea en fase de registros que se fijó a 5000 impresiones por hora, y la velocidad en fase final de operación, la cual se fijó a 20000 impresiones por hora. También se estableció que el tiempo para realizar los últimos ajustes de registro es de un minuto.

4. Los parámetros de copias malas establecidos se fijaron con base en el escenario Conservador del análisis económico y estadístico, el cual consiste en una reducción del 25% del desperdicio actual generado, estos son:
 - ✓ Para el tiraje de ocho páginas, entre 300 y 800, con una media de 600 copias malas.
 - ✓ Para el tiraje de 12-16 páginas, entre 700 y 1100, con una media de 900 copias malas.
 - ✓ Para el tiraje de 20-24 páginas, entre 900 y 1300, con una media de 1000 copias malas.

5. Siguiendo los parámetros establecidos en el nuevo método de arranque de impresión, se obtuvo 739 copias malas en la prueba piloto. Lo que se traduce en una disminución del 15% del desperdicio generado, en el tiraje de ocho páginas. Esto indica el éxito de la utilización de la metodología DMAMC de Seis Sigma en el proyecto de mejora de arranques de torres de impresión y disminución de desperdicio.

6. El plan de control provee a la Gerencia un formato de toma de datos en cada fase del proceso de arranque de líneas de impresión, que servirá para la evaluación del desempeño de cada prensista y para la mejora continua del proceso. Se emplea un *checklist* para controlar el estado de las torres de impresión antes del arranque y también contiene los parámetros iniciales y finales de operación. Se registran los paros más comunes en los tirajes, las observaciones del prensista y la cantidad de copias malas o desperdicio generado.

7. Los campos de aplicación de la metodología DMAMC de Seis Sigma son muy extensos, puede ser aplicada en cualquier entorno laboral. Definiendo el problema, midiendo sus implicaciones, analizando las posibles causas y efectos, mejorando y controlando el proceso continuamente, se abarca en su totalidad cualquier proyecto de mejora.

Mediante la aplicación de herramientas estadísticas se obtiene un análisis de datos reales y se puede establecer la variación del proceso, y controlando este, se pueden obtener resultados monetariamente favorables a la organización. La aplicación de la filosofía Seis Sigma ha generado ahorros considerables en la empresa en la empresa Diarios Modernos S.A., este proyecto sirve de ejemplo para los estudiantes y profesionales de Guatemala que deseen estudiar y aplicar la metodología en su ejercicio profesional.

RECOMENDACIONES

A la empresa Diarios Modernos S.A.:

1. El desarrollo de proyectos para el aseguramiento de la calidad en una organización debe gestarse en la Gerencia, contando con su total respaldo y comprendiendo la necesidad de una mejora continua para satisfacer los requerimientos del cliente. Por eso, se recomienda capacitar a gerentes en la filosofía de mejora de procesos Seis Sigma, para que puedan desarrollar en proyectos que aumenten la productividad de la organización.
2. Capacitar a prensistas y ayudantes en temas de mejora de calidad, buenas prácticas de manufactura y trabajo en equipo. Estas capacitaciones, deberán ser dirigidas por los gerentes de los departamentos involucrados en la ejecución de los proyectos.
3. Al realizar la inducción del nuevo método a prensistas y ayudantes, se recomienda hacerlo con ayuda de material impreso y audiovisual. Se deberá motivar al personal a su participación en la actividad proporcionando puntos de vista y críticas constructivas para la mejora del proceso.
4. Entregar a cada prensista un documento gráfico y detallado del nuevo procedimiento de arranque y los parámetros de operación. El documento deberá ser elaborado de forma tal, que resulte sencilla para su interpretación.

5. Se recomienda realizar una revisión periódica del desempeño de cada prensista, y dar a conocer los resultados al personal. Se debe llevar un control mensual del desperdicio generado por cada línea de impresión, esto con la finalidad de motivar al personal a realizar un mejor trabajo, manteniendo la calidad del producto y logrando un cambio de actitud de forma positiva hacia sus labores.
6. Realizar anualmente actividades con los empleados, las cuales consistirán en el desarrollo y gestión de proyectos Seis Sigma. Se deberán de otorgar bonificaciones monetarias a los responsables de los proyectos mejor estructurados que sean viables y dentro de las capacidades presupuestarias de la empresa.
7. Aplicar la metodología DMAMC de Seis Sigma en el desarrollo de proyectos en cada departamento que constituye la empresa. Esto servirá para aumentar la productividad del personal y generar ahorros monetarios reflejados en los reportes presupuestarios de la institución.

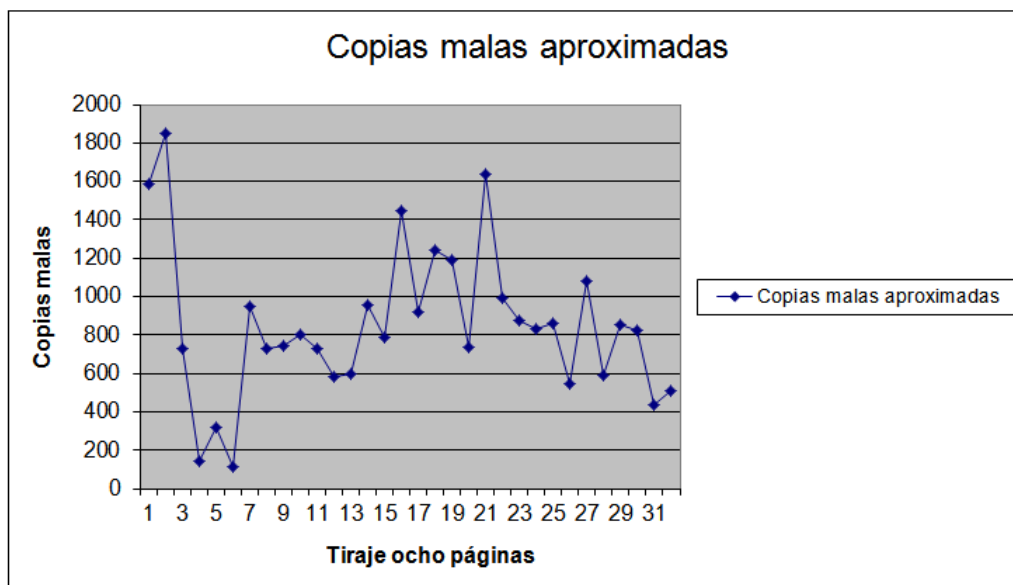
BIBLIOGRAFÍA

1. Diarios Modernos. *Quienes somos* [en línea]. Nuestro Diario Digital. Guatemala. Disponible en Web: <<http://www.nuestrodiario.com/>>. [Consulta: 10 de octubre de 2009].
2. ECKES, George. *Six Sigma Team Dynamics: the eusivekey to project success*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, 2003. 287 p. ISBN: 0-471-22277-1.
3. EVANS, James R.; LINDSAY, William, M. *Administración y control de la calidad*. Cervantes, Sergio R. (ed.). 7ª ed. México, D.F.: Cengage Learning, 2008. 856 p. ISBN-10: 970-686-836-4.
4. General Electric Company. *What Is Six Sigma?*[en línea]. Estados Unidos. [Consulta: 02 de octubre de 2009]. Disponible en Web: <<http://www.ge.com/en/company/companyinfo/quality/whatis.htm>>.
5. GOAL /QPC AND SIX SIGMA ACADEMY. *The Black Belt Memory Jogger*. Picard, Daniel (ed.). Estados Unidos: GOAL/QPC, 2002. 273 p. ISBN: 1-57681-043-7.
6. MUNDANA, Yelka. *Informe de prácticas preprofesionales realizado durante 1997 en la Empresa QuebecorWorldPerú* [en línea]. Perú. Disponible en Web: <<http://www.monografias.com/trabajos20/practicas-preprofesionales/practicas-preprofesionales.shtml>>.[Consulta: 07 de agosto de 2009].

7. Process Quality Associates Inc. *The Evolution of Six Sigma* [en línea]. Ontario, Canadá. Disponible en Web: <http://www.pqa.net/ProdServices/sixsigma/W06002009.html>. [Consulta: 02 de octubre de 2009].
8. PYZDEK, Thomas. *Statistical Six Sigma Definition* [en línea]. Estados Unidos. Disponible en Web: http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1254&Itemid=156 [Consulta: 10 de octubre de 2009].
9. UK Department of Trade and Investment. *Six Sigma Fact Sheet* [en línea]. Londres, Reino Unido. Disponible en Web: <http://www.businessballs.com/sixsigmadtifactsheet.pdf>. [Consulta: 01 de septiembre de 2009].
10. Wikipedia.org. *Impresión Offset* [en línea]. Actualizado el 2 de agosto de 2011. Disponible en Web: http://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_offset. [Consulta: 02 de febrero de 2010].
11. Wikipedia.org. *Rasterización* [en línea]. Actualizado el 7 de mayo de 2011. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Rasterizaci%C3%B3n>. [Consulta: 02 de febrero de 2010].
12. ZAMORANO DÍAZ, Raúl. *Qué es Seis Sigma: gestión y cambio organizacional* [en línea]. PPG Consultores. Santiago, Chile. Disponible en Web: <http://www.detextiles.com/files/6%20SIGMA.pdf>. [Consulta: 27 de enero de 2010].

APÉNDICE

Apéndice 2. Gráfico de copias malas en tiraje de ocho páginas



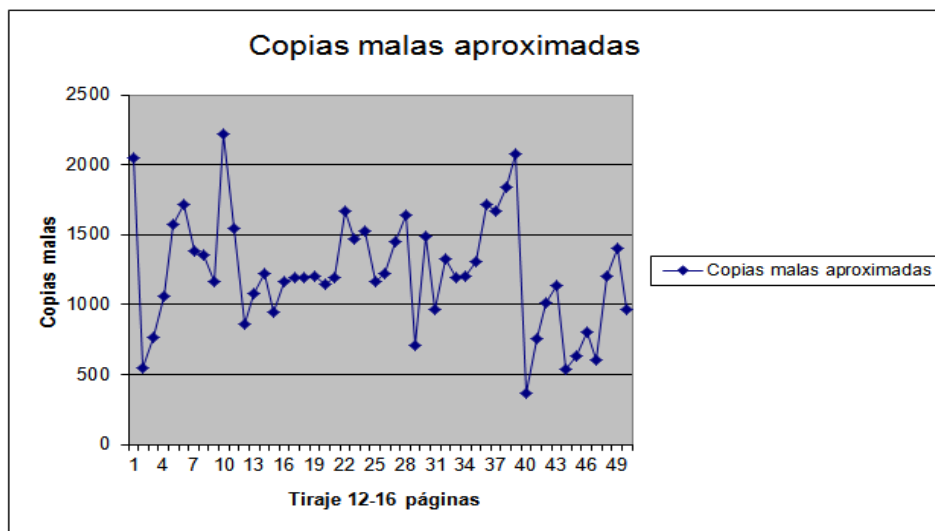
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Análisis estadístico descriptivo en tiraje de ocho páginas

Total de datos recolectados	
Media	849,125
Error típico	70,020
Mediana	812,500
Moda	727,000
Desviación estándar	396,095
Varianza de la muestra	156 891,468
Curtosis	0,715
Coefficiente de asimetría	0,624
Rango	1 735,000
Mínimo	117,000
Máximo	1 852,000
Suma	27 172,000
Cuenta	32,000
Mayor (1)	1 852,000
Menor(1)	117,000
Nivel de confianza (95.0%)	142,807

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Gráfico de copias malas en tiraje de 12-16 páginas**



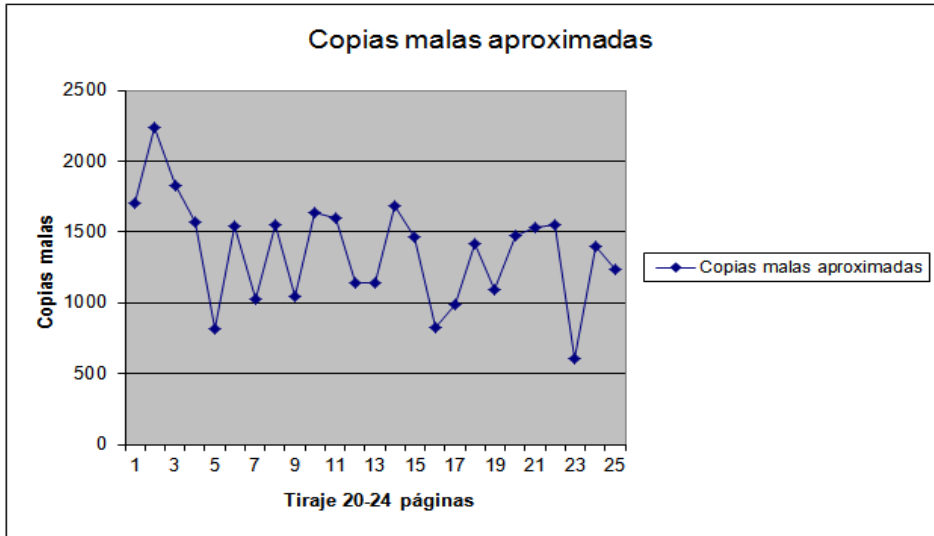
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Análisis estadístico descriptivo en tiraje de 12-16 páginas**

Total de datos recolectados	
Media	1232,780
Error típico	57,707
Mediana	1198,000
Moda	1193,000
Desviación estándar	408,054
Varianza de la muestra	166 508,134
Curtosis	0,003
Coefficiente de asimetría	0,184
Rango	1 854,000
Mínimo	364,000
Máximo	2 218,000
Suma	61 639,000
Cuenta	50,000
Mayor (1)	2 218,000
Menor(1)	364,000
Nivel de confianza (95.0%)	115,967

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Gráfico de copias malas en tiraje de 20-24 páginas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Análisis estadístico descriptivo en tiraje de 20-24 páginas**

Total de datos recolectados	
Media	1363,760
Error típico	73,233
Mediana	1 464,000
Moda	-----
Desviación estándar	366,165
Varianza de la muestra	134 077,106
Curtosis	0,184
Coficiente de asimetría	-0,014
Rango	1 626,000
Mínimo	609,000
Máximo	2 235,000
Suma	34 094,000
Cuenta	25,000
Mayor (1)	2 235,000
Menor(1)	609,000
Nivel de confianza (95.0%)	151,145

Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Tabla de conversión para cálculo de nivel de Sigma

Long-term Yield	Long-term Sigma	Short-term Sigma	Defects per Million	Long-term Yield	Long-term Sigma	Short-term Sigma	Defects per Million
99,99966%	4,5	6,0	3,4	96,41%	1,8	3,3	35900
99,99950%	4,4	5,9	5	95,54%	1,7	3,2	44600
99,99920%	4,3	5,8	8	94,52%	1,6	3,1	54800
99,99900%	4,2	5,7	10	93,32%	1,5	3	66800
99,99800%	4,1	5,6	20	91,92%	1,4	2,9	80800
99,99700%	4,0	5,5	30	90,32%	1,3	2,8	96800
99,99600%	3,9	5,4	40	88,50%	1,2	2,7	115000
99,99300%	3,8	5,3	70	86,50%	1,1	2,6	135000
99,99000%	3,7	5,2	100	84,20%	1	2,5	158000
99,98500%	3,6	5,1	150	81,60%	0,9	2,4	184000
99,97700%	3,5	5,0	230	78,80%	0,8	2,3	212000
99,96700%	3,4	4,9	330	75,80%	0,7	2,2	242000
99,95200%	3,3	4,8	480	72,60%	0,6	2,1	274000
99,93200%	3,2	4,7	680	69,20%	0,5	2	308000
99,90400%	3,1	4,6	960	65,60%	0,4	1,9	344000
99,86500%	3,0	4,5	1350	61,80%	0,3	1,8	382000
99,81400%	2,9	4,4	1860	58,00%	0,2	1,7	420000
99,74500%	2,8	4,3	2550	54,00%	0,1	1,6	460000
99,65400%	2,7	4,2	3460	50,00%	0	1,5	500000
99,53400%	2,6	4,1	4660	46,00%	-0,1	1,4	540000
99,37900%	2,5	4,0	6210	42,00%	-0,2	1,3	580000
99,18100%	2,4	3,9	8190	38,00%	-0,3	1,2	620000
98,93000%	2,3	3,8	10700	34,00%	-0,4	1,1	660000
98,61000%	2,2	3,7	13900	31,00%	-0,5	1	690000
98,22000%	2,1	3,6	17800	27,00%	-0,6	0,9	730000
97,73000%	2,0	3,5	22700	24,00%	-0,7	0,8	760000
97,13000%	1,9	3,4	28700				

Fuente: Libro *The Black Belt Memory Jogger*.

QPC and Six Sigma Academy, P. 271.

