



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Selección óptima de maquinaria rotativa de impresión industrial

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero eléctrico electrónico

P R E S E N T A

Carlos Alberto Pérez Juárez

DIRECTOR DE TESIS

M.I. Ann Godelieve Wellens Purnal



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Octubre 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

1. Preliminares	4
1.1. Introducción	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. General	5
1.2.2. Particulares	5
1.3. Alcances y limitaciones	6
1.4. Estructura de la tesis	6
2. Marco teórico.....	8
2.1. Impresión	8
2.2. Historia de la impresión	8
2.3. Sistemas de impresión actuales	10
2.3.1. Sistema offset.....	10
2.3.2. Sistema flexográfico.....	14
2.3.3. Sistema digital	17
2.3.4. Comparación de los sistemas.....	18
2.4. Calidad en la impresión	19
2.5. Acabados en línea	24
2.5.1. Tipos de acabados	24
2.5.2. Evolución en el tiempo	31
2.6. Costos	31
2.6.1. Clasificación de costos	32
2.6.2. Costos de producción	32
2.7. Calidad	34
2.8. Herramientas básicas de la calidad	35
3. Metodología	42
3.1. Selección de usuarios representativos	43
3.2. Obtención de la información financiera.....	45
3.3. Determinación de la merma.....	48
3.4. Comparación de la calidad.....	49
3.5. Acabados en línea	51
3.6. Análisis de factores externos	52
3.7. Comparación de los sistemas.....	53
4. Resultados	54
4.1. Inversión inicial.....	54
4.2. Costo de impresión.....	55
4.3. Rentabilidad y retorno de inversión	59
4.4. Determinación de la merma.....	62
4.5. Mantenimiento.....	75
4.6. Evaluación de la calidad de impresión	77
4.7. Evaluación de los factores externos	79
4.8. Comparación entre los sistemas de impresión.....	81
5. Conclusiones y recomendaciones.....	86
6. Bibliografía.....	88

Índice de figuras

Figura 1 Esquema de impresión huecograbado.....	10
Figura 2 Esquema de impresión offset.....	11
Figura 3 Placa de impresión offset.....	12
Figura 4 Placas offset.....	13
Figura 5 Ejemplos de impresiones offset.....	13
Figura 6 Esquema de impresión en flexografía.....	15
Figura 7 Ejemplo de plancha flexográfica.....	16
Figura 8 Trabajos impresos en flexografía.....	17
Figura 9 Máquina de impresión digital.....	18
Figura 10 Tramado tradicional o de amplitud modulada.....	19
Figura 11 Tramado por frecuencia.....	20
Figura 12 Ángulos de trama en impresión offset.....	21
Figura 13 Ángulos de trama en flexografía.....	22
Figura 14 Ejemplo efecto moiré.....	22
Figura 15 Forma de roseta cuando las tintas se superponen correctamente.....	23
Figura 16 Roseta abierta.....	23
Figura 17 Roseta cerrada.....	24
Figura 18 Esquema de impresión por serigrafía.....	25
Figura 19 Ejemplos Inkjet.....	25
Figura 20 Ejemplos hot stamping.....	26
Figura 21 Esquema cold stamping.....	27
Figura 22 Ejemplo embossing o relieve.....	27
Figura 23 Ejemplo etiquetas troqueladas.....	28
Figura 24 Ejemplo material laminado.....	28
Figura 25 Sistema de corte salida a hojas.....	29
Figura 26 Tratamiento corona.....	30
Figura 27 Sistema de inspección de video.....	30
Figura 28 Ejemplos elementos de seguridad.....	31
Figura 29: Diagrama Ishikawa, característica de calidad.....	36
Figura 30: Diagrama de Ishikawa, factores causal.....	37
Figura 31: Diagrama de Ishikawa, rama de factores causales.....	37
Figura 32 Ejemplo planilla de inspección.....	38
Figura 33 Ejemplo gráfico de control.....	38
Figura 34 Simbología diagramas de flujo.....	39
Figura 35 Ejemplo histograma.....	40
Figura 36 Ejemplo diagrama de Pareto.....	40
Figura 37 Modelos de diagramas de dispersión.....	41
Figura 38: Factores fundamentales en la selección de un equipo de impresión.....	42
Figura 39 Ejemplos etiquetas y empaque.....	43
Figura 40 Máquina de impresión offset.....	44
Figura 41 Rotatek máquinas de impresión offset.....	45
Figura 42 Miyakoshi máquinas de impresión offset.....	45
Figura 43 Muller máquinas de impresión offset.....	46
Figura 44 Mark Andy máquinas de impresión flexográficas.....	46

Figura 45 Nilpeter máquinas de impresión flexográficas	46
Figura 46: Factores causantes de la merma.....	49
Figura 47 Cuenta hilos.....	50
Figura 48 Marca de registro.....	50
Figura 49 Ventajas de máquina con acabados en línea.....	51
Figura 50 Comparación de merma por ajuste en máquina offset "con acabados" vs "sin acabados"	64
Figura 51 Comparación de merma por ajuste en máquina flexográfica "con acabados" vs "sin acabados"	67
Figura 52 Comparación merma por ajuste Offset vs flexografía.....	68
Figura 53 Comparación merma por paro Offset vs flexografía	69
Figura 54 Comparación merma por ajuste "con acabados" Offset vs flexografía.....	70
Figura 55 Comparación merma por ajuste "sin acabados" Offset vs flexografía	71
Figura 56: Diagrama de Ishikawa.....	75

Índice de tablas

Tabla 1 Comparativo de los 3 principales sistemas de impresión.....	18
Tabla 2 Costo de inversión offset vs flexo.....	54
Tabla 3 Costo de impresión en offset.....	55
Tabla 4 Costo de impresión en flexo	57
Tabla 5 Costos promedio.....	59
Tabla 6 Utilidad de producción	61
Tabla 7 Retorno de inversión	61
Tabla 8 Merma máquinas offset.....	62
Tabla 9 Merma total por ajuste máquinas offset con y sin acabados en línea	63
Tabla 10 Merma máquinas flexo.....	65
Tabla 11 Merma total por ajuste en máquinas flexo con y sin acabados en línea.....	66
Tabla 12 Producción impresión offset	72
Tabla 13 Insumos extras por acabados fuera de línea en offset	72
Tabla 14 Producción impresión flexográfica.....	73
Tabla 15 Insumos extras por acabados fuera de línea en flexografía.....	74
Tabla 16 Mantenimiento máquinas offset vs flexo	76
Tabla 17 Calidad de impresión offset vs flexo.....	77
Tabla 18 Rechazos empresas offset.....	77
Tabla 19 Rechazos empresas flexográficas	78
Tabla 20 Representación de costo por error en offset vs flexo	79
Tabla 21 Calificaciones.....	83
Tabla 22 Ejemplo 1 selección de sistema de impresión	84
Tabla 23 Ejemplo 2 selección de sistema de impresión	84
Tabla 24 Ejemplo 3 selección de sistema de impresión	85

SELECCIÓN ÓPTIMA DE MAQUINARIA ROTATIVA DE IMPRESIÓN INDUSTRIAL

CAPÍTULO I

1. Preliminares

1.1. Introducción

Actualmente se utilizan 2 tipos de maquinaria de impresión industrial, la prensa plana que es alimentada por hojas para su impresión y la rotativa que utiliza bobinas para su impresión. Este trabajo se enfocará en las máquinas rotativas ya que son las que se utilizan para la impresión de etiquetas y empaque, a diferencia de las prensas planas que se utilizan para impresiones de gran formato. Son 4 los diferentes métodos para la impresión en la industria gráfica, siendo *rotograbado*, *flexografía*, *offset* y *digital*, de los cuales la flexografía y el offset cada vez convergen más y el rotograbado y la impresión digital son los menos utilizados debido a los grandes costos que generan (incluyendo pre impresión, maquinaria y consumibles), por lo que no entrarán dentro de este estudio. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas, mismas que se analizarán durante el desarrollo del trabajo; siempre una es más rentable que otra dependiendo de los **trabajos a imprimir y el número de impresiones requeridas**, por lo que el análisis y estudio de este proyecto se basarán en la comparación de los costos de maquinaria, pre impresión y consumibles entre las máquinas de impresión flexográfica y offset. Asimismo, cabe mencionar que, aunque las máquinas modernas ya utilizan la combinación de estos dos tipos de impresión, es importante mencionar que solo uno es utilizado como método de impresión principal y la contraparte y otros tipos de impresión como serigrafía, hot o cold stamping, Inkjet o dato variable (códigos de barra o QR), entre otros, se utilizan más como métodos complementarios para ciertos acabados.

La impresión digital cada vez tiene más aceptación; sin embargo, el hecho de que los consumibles solo se puedan adquirir con el fabricante de la máquina sigue haciendo de este un método de impresión un sistema excesivamente caro para tirajes medios o largos, además de que este tipo de maquinaria aún no cuenta con la opción de acabados en línea, por lo que en la mayoría de los casos los usuarios prefieren utilizar este tipo de maquinaria como complemento a sus otros equipos en caso de requerir pocas impresiones ya sea por reemplazo o por que el trabajo así lo requiera.

Por otra parte, vivir en el actual mundo globalizado hace difícil pensar que el ser especialistas en una sola ciencia o en una sola rama de la ingeniería, podría ser suficiente para llegar al éxito profesional. Aunque es importante la especialización como profesionista, los conocimientos técnicos necesariamente están ligados a muchas cosas y desafortunadamente es difícil darse cuenta de ello dentro de un

ambiente estudiantil, por estar completamente enfocados en el propio campo académicamente. Durante sus estudios, el futuro profesional rara vez tiene conciencia de las demás ramas de la ingeniería que existen y las posibilidades que pueden ofrecer para complementar conocimientos, sin mencionar la necesidad que en algún momento se pudiera llegar a tener de las mismas.

Hago mención de todo esto ya que en mi vida profesional he tenido la necesidad desde aprender a tratar con la gente hasta aprender temas que tienen que ver con ingeniería industrial, mecánica y de costos y quiero referirme en específico al diseño y venta de maquinaria de impresión industrial que es lo que hago actualmente. La parte 100% electrónica de la maquinaria está a cargo de ROTATEK (empresa que fabrica las máquinas) y es de lo más avanzado tecnológicamente, lo cuál en la mayoría de los casos es parte fundamental de la decisión del cliente ya que es una garantía en cuanto al servicio postventa en el diagnóstico y apoyo con fabrica para la detección de fallas y coordinación de mantenimientos preventivos. Sin embargo, para mi labor en este momento, correspondiente al área de costos y configuración, además del conocimiento técnico profundo de la maquinaria que es de gran utilidad en el diseño y venta, he tenido la necesidad de profundizar en conocimientos de costos, análisis de proyectos y calidad, razón por la cual voy a basar mi trabajo de investigación en estos temas.

Finalmente, reconozco la importancia que ha tenido para mi el tener que aprender otras áreas de la ingeniería y que la formación que tuve en la facultad fue fundamental para que este proceso fuera mas fácil y rápido ya que me prepararon para enfrentar esta y otras situaciones que son una realidad en la vida profesional.

1.2. Objetivos

1.2.1.General

Comparar las ventajas y desventajas que tiene realizar las impresiones en una máquina de impresión offset contra una máquina flexográfica para la selección óptima de un sistema de impresión de acuerdo con las necesidades y características del usuario.

1.2.2.Particulares

- Comparar y validar los costos:
 - De pre impresión entre el offset y la flexografía.
 - De inversión en maquinaria offset y flexografía.
 - Y frecuencia de los consumibles entre máquinas de impresión offset y flexografía.

- Comparar cualitativamente la calidad y precio de venta de los trabajos impresos en máquinas de impresión offset y flexografía.
- Comparar la merma cuando se realiza todo el proceso en línea y cuando se realizan los acabados fuera de línea.

1.3. Alcances y limitaciones

El alcance de este trabajo es definir qué tipo de maquinaria de impresión es más rentable para una empresa en específico, mediante un análisis comparativo de los costos de maquinaria, pre impresión, consumibles y acabados, y un análisis cualitativo de la calidad de los trabajos impresos con base en los trabajos actuales y la proyección a futuro de dicha empresa (los nuevos trabajos o proyectos) y tomando en cuenta la tendencia y los precios del mercado actual.

La principal limitación de este trabajo es que la mayor parte de la información proporcionada por las empresas es confidencial, por lo que solo se puede hablar de los resultados obtenidos sin ser muy específico en el tipo de trabajos que realiza cada empresa ni de los equipos que se utilizan, así como sus precios de venta; se utilizó el precio de mercado promedio como referencia en la mayoría de los casos.

1.4. Estructura de la tesis

En la parte preliminar se realiza una breve introducción sobre el tema a desarrollar con el objetivo de tener un panorama general del problema y el porqué está relacionado con mi carrera, además se expusieron los objetivos que se pretenden alcanzar así como sus alcances y limitaciones.

En el marco teórico, se explica a mayor detalle cada proceso de impresión con sus ventajas y desventajas así como los tipos de acabados que existen, haciendo referencia a un poco de la historia de la misma para llegar a los días actuales. Así también se explican el proceso de determinación de costos en cada uno de los procesos y los métodos estadísticos que se utilizaron para llegar a las conclusiones.

En la metodología se describen los pasos que se realizaron para el análisis de los temas de interés a comparar, los cuales son los costos de pre impresión, costo de la maquina, costo y frecuencia de los consumibles, tipos de acabados y merma en cada caso, cuando se cuenta con ellos en línea y cuando no, y velocidad de máquina con y sin acabados.

En la parte de los resultados se realiza un reporte del estudio realizado para tener una comparación confiable en cuanto a los costos de la maquina, y para el caso de la pre impresión, los consumibles y la merma se tomaron en cuenta los factores externos que también afectan al proceso de impresión y generan costos como el operador, el proceso, los procedimientos internos y las condiciones climáticas.

En el estudio costo - beneficio, se analizaron los casos específicos de trabajos realizados tanto en impresión offset como en flexografía, ambos en empresas con experiencia en los métodos de impresión, analizando los costos de pre impresión, merma, consumibles y calidad, donde esta última se analizó cualitativamente de acuerdo con las exigencias del usuario final.

En la última parte de conclusiones y recomendaciones, se presenta la conclusión de este trabajo sobre qué tipo de maquinaria es más rentable para una empresa en específico de acuerdo con sus trabajos actuales y su proyección a futuro tomando en cuenta los siguientes puntos: calidad exigida, monto de inversión, precio de venta de los trabajos, costos de preimpresión y consumibles, versatilidad de la máquina, tiempos de producción y espacio físico disponible.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Impresión

Desde el descubrimiento de la tinta y papel, el ser humano ha tratado de dejar huella de su historia, escribiendo libros, pergaminos o realizando pinturas, y en la actualidad no solo es la búsqueda de trascender si no que la impresión se ha vuelto una estrategia mercadológica para el capitalismo actual, ya que la industria en su mayoría busca tener publicidad mas llamativa que incremente sus niveles de venta al grado de que el empaque en muchas ocasiones es de mayor calidad que el producto mismo.

Por lo anterior, la industria gráfica es una de las de mayor crecimiento en la actualidad.

2.2. Historia de la impresión

La primera imprenta

Ya en el siglo II D.C. los chinos habían desarrollado e implantado el arte de imprimir textos, y aunque el imprimir en papiro o pergamino no era fácil, con la invención del papel en año 105 D.C. y la difusión de la religión budista, que influyeron favorablemente en la imprenta china, la impresión comenzó a ser a gran escala.

La impresión en su forma primitiva se hacia con bloques de madera para estampar las palabras del texto e ilustraciones. El primer libro que se imprimió fue en Sutra de Diamante, estampado por Wang Cien el 11 de mayo del año 886 en China. Los bloques de madera se tallaban a mano, en relieve e invertidos, se les “entintaba” con pintura de agua, y se colocaba el papel encima del bloque. Un fuerte frotamiento trasladaba la tinta al papel o pergamino.

Los primeros tipos móviles o manuales los hizo Phi Sheng en China, entre los años 1041 y 1049. Aunque los tipos móviles fueron, inventados por chinos, su idioma no era adecuado para utilizarlos en otras partes del mundo, **(Hernández, 1995)**.

La xilografía

Surgida en la China imperial en el siglo V, la xilografía es una disciplina artística que parte de una plancha o tableta de madera de cerezo, boj o peral en donde se va moldeando con cincel el relieve que se va a reproducir. La confección de libros xilográficos fue muy artesanal e implicaba mucho trabajo por lo que finalmente dejó de usarse por la versatilidad requerida en la imprenta.

Hoy en día se considera al artista alemán Alberto Durero (1471-1528) como el maestro de la xilografía por antonomasia. Fue tal su dedicación a este noble arte de modelar la madera que llegó a desarrollar un conjunto de reglas didácticas orientadas a conseguir una inalcanzable perfección plástica, **(Hernández, 1995)**.

Invención del Sistema Tipográfico

Gutenberg inventó los tipos móviles metálicos, usando una aleación de plomo, antimonio y estaño; corresponden a caracteres formados en relieve y de forma inversa sobre metal (fotograbado). Estos tipos se alinean en un marco de madera *Rama* formando líneas de texto. Para los espacios en blanco se utilizan móviles ciegos sin altos relieves.

Para imprimir una foto o ilustración con este método de impresión, se hace un original llamado *Clise* mediante el sistema de fotograbado. Este sistema no permite reproducir grandes detalles porque no se pueden utilizar tramas cerradas ya que la impresión se estampa.

La particularidad de este sistema es el relieve que se produce al dorso de la impresión. Se utilizan máquinas minerva y planas para este sistema. Quedan ya pocas máquinas tipográficas ya que fueron remplazados por el sistema offset; estas máquinas se utilizan para tiradas pequeñas (cantidades de 100 a 200) y para tarjetas personales, facturas, recibos, tarjetas de casamiento, u otras piezas que contengan más que nada tipografías y no se necesiten reproducir fotografías, **(Hernández, 1995)**.

El huecograbado o rotograbado

En 1466 aparecen las primeras referencias del huecograbado, en donde sobre planchas o cilindros de cobre se trazaba con un buril el dibujo que se querría imprimir y encima de la plancha se ponía tinta. Luego se limpiaba la plancha con un trapo y solo quedaba tinta en los surcos grabados en la placa. Encima de la placa se ponía el papel húmedo y se imprimía. Para hacer manualmente la placa de cobre se requería de un artista que no podía equivocarse y debía dibujar la imagen de lo que quería que saliera.

El timbrado es un impresión de alta calidad en relieve utilizado para tarjetas personales y papelería, para lo cual el cuño utilizado es de 6 mm de espesor; se graba con el buril el texto y los dibujos en profundidad y de derecha a izquierda.

La impresión se realiza llenando de tinta lo profundizado y utilizando un cilindro impresor se presiona sobre el papel para transferir la tinta al soporte, lográndose el relieve característico de esta técnica, **(AIIM 24, 2013)**, como se muestra en la figura 1.

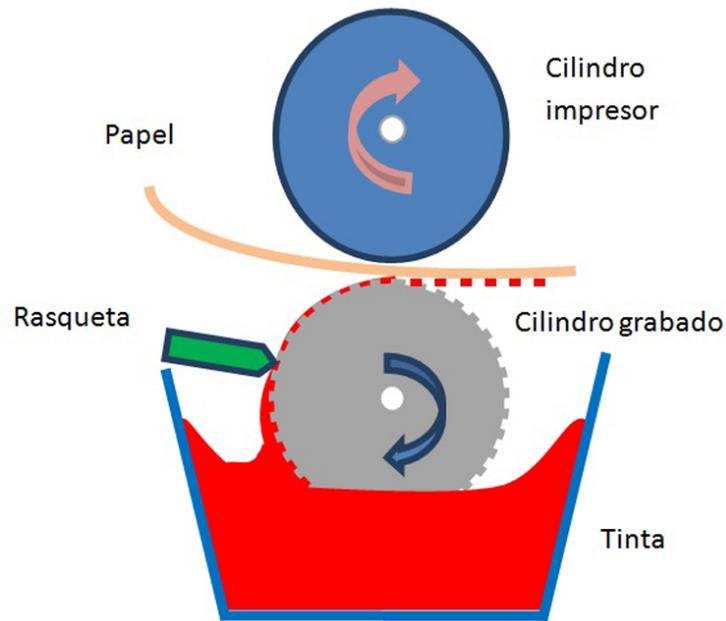


Figura 1 Esquema de impresión huecograbado

Fuente: http://revista.aiim.es/Articulos/24_Las%20Artes%20Gráficas%20Sistemas%20de%20Impresión.aspx

2.3. Sistemas de impresión actuales

Actualmente existen varios tipos de impresión, de los cuales los mas importantes y usados son el offset, la flexografía y en menor medida la impresión digital; a continuación se describirá el principio de cada uno de los métodos.

2.3.1. Sistema offset

La 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 placa metálica, compuesta generalmente de una aleación de aluminio. La plancha toma la tinta en las zonas donde hay un compuesto hidrófobo, el resto de la plancha se moja con agua para que repele la tinta; la imagen o el texto se trasfiere por presión a una mantilla de caucho, para pasarla finalmente, al papel por presión (**Pozo, 2001**).

Algunas de sus características son:

- La impresión Offset se realiza mediante planchas tratadas y fijadas sobre cilindros, de modo que hay dos cilindros por cada uno de los cuatro colores (negro, magenta, cian y amarillo). De este modo se obtiene papel impreso por ambas caras.
- 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. Como la tinta es un compuesto graso, es repelida por el agua, y se deposita exclusivamente en las partes tratadas, o sea, con imagen.
- 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.

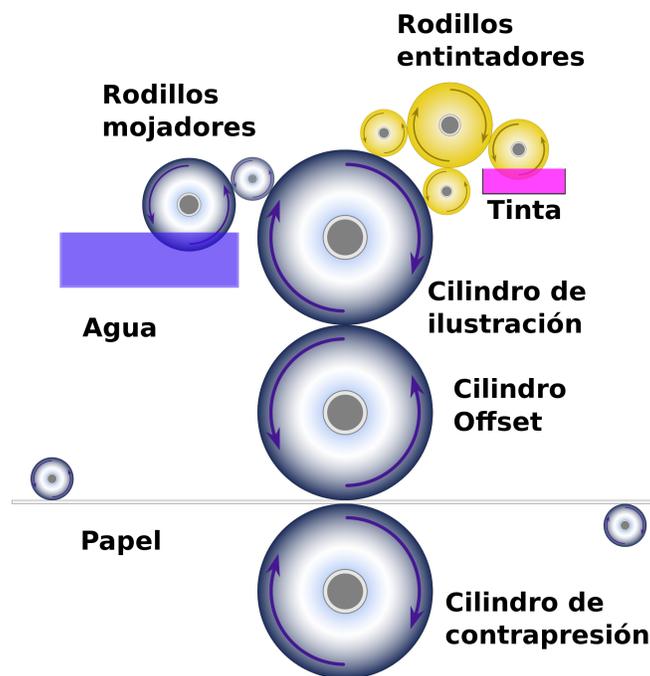


Figura 2 Esquema de impresión offset

Fuente: <https://es.pinterest.com/pin/530298924854034793/>

En este esquema se muestra el proceso de impresión offset y se puede observar que este sistema de impresión es indirecto ya que el cilindro de ilustración que es el que lleva la placa de impresión nunca toca el sustrato que se va a imprimir.

Las placas térmicas en impresión offset están compuestas por una base y una emulsión, como se muestra en la figura 3.

Base: Suele fabricarse con aluminio ya que resulta un material idóneo por su resistencia, maleabilidad, ligereza y por tener un precio accesible. En el proceso de fabricación de placas para impresión offset se realizan múltiples tratamientos físico-químicos tales como el granulado, anodizado del aluminio, protección del anodizado, etc. Estos procesos son necesarios para conseguir que las planchas tengan la capacidad de retener el agua (hidrófila) y sean resistentes a la impresión.

Emulsión: Se trata de una finísima capa fotosensible aplicada de forma homogénea sobre la superficie. La emulsión es sensible a las longitudes de onda IR (infrarrojas), propiedad necesaria para poder realizar la filmación de la placa en sistemas CTP. La emulsión tiene la propiedad de retener la tinta, (lipófilo).

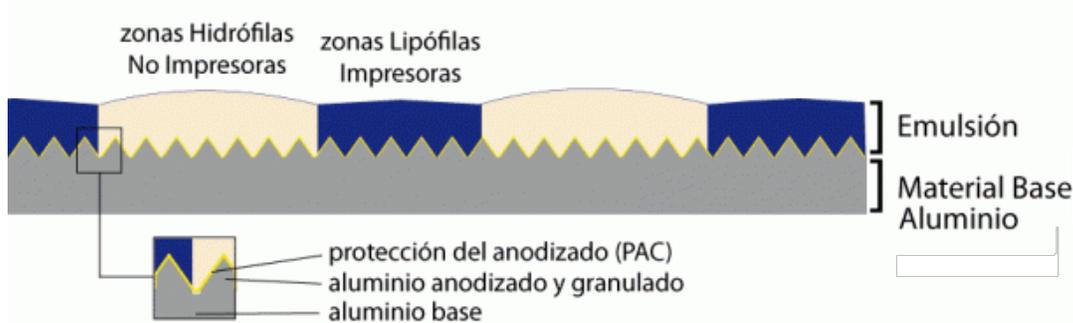


Figura 3 Placa de impresión offset

Fuente: <http://www.cevagraf.coop/posts/planchas-termicas-para-impresion-offset/>

Generalmente el funcionamiento de impresión offset con placas es el siguiente: primero se moja la plancha con agua para que así actúe como anti-adherente para la tinta en las zonas de no imagen (zona hidrófila), después la tinta entra en contacto con la plancha de forma que la zona lipófila queda impregnada con el color correspondiente. A su vez, la tinta en la placa se traspa a la mantilla de la máquina para entrar luego en contacto con el papel. Este sistema de impresión se denomina indirecto, ya que la placa nunca entra en contacto con el papel, si no que la tinta se traspa a la mantilla o cilindro impresor para luego imprimirse en el papel.

La impresión offset se realiza con placas monocromáticas, es decir que cada placa tiene un único color; la secuencia de impresión de cada tinta con su correspondiente placa (Cyan, Magenta, Yellow, Key) crea el resultado final en CMYK (Laing, 1996), como se muestra en la figura 4.



Figura 4 Placas offset

Fuente: <http://www.interempresas.net/Graficas/Articulos/23422-Las-planchas-offset.html>

En esta figura se puede observar las 4 placas de impresión para un trabajo en cuatricromía o CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key), y como se ve cada placa tiene una parte de la imagen que corresponde a un color para obtener la imagen final.



Figura 5 Ejemplos de impresiones offset

Fuente: http://lineadigital.com/?page_id=1203

En la figura 5 podemos ver algunos trabajos impresos en offset, los cuales de acuerdo a sus características tienen una buena definición en cuanto a los textos y color en la imágenes, lo que da un valor agregado a los productos.

2.3.2. Sistema flexográfico

La flexografía es un sistema de impresión en altorrelieve (las zonas de la plancha que imprimen están más altas que aquellas que no deben imprimir). Al igual que en la tipografía y la xilografía, la tinta se deposita sobre la plancha, que a su vez presiona directamente el sustrato imprimible, dejando la mancha allí donde ha tocado la superficie a imprimir, como se muestra en la figura 6.

Lo que distingue la flexografía de la tipografía (de la que es un derivado) es que la plancha es de un material gomoso y flexible (de ahí su nombre de flexo-grafía).

Este sistema de impresión se conocía en principio como "impresión a la anilina" o impresión con goma. Tras algunos intentos en Inglaterra, nació definitivamente en Francia a finales del siglo XIX como método para estampar envases y paquetes de diverso tipo a partir del uso de prensas tipográficas en las que se sustituyeron las planchas usuales por otras a base de caucho.

Gracias al desarrollo de los tintes a la anilina, de gran colorido, y de materiales plásticos como el celofán, la impresión a la anilina tuvo una gran aplicación en el mundo de los envases de todo tipo.

Después de la II Guerra Mundial, las tintas de base alcohólica y acuosa fueron sustituyendo a las de anilina (que es tóxica) y el proceso pasó a denominarse flexografía (**Pozo, 2001**).

Ventajas de la flexografía

Las ventajas de la flexografía se dan sobretudo en los soportes no absorbentes, como films, polímeros, PVC, polietileno, etc.

Maquinaria de menor coste: Las máquinas de flexo son bastante baratas comparando con offset o huecograbado para conseguir resultados similares en determinados trabajos.

No deja huella en el dorso al "besar" el soporte gracias a su flexibilidad, a pesar de ser una forma impresora en altorrelieve.

Planchas baratas. Los materiales de las planchas son baratos y resultan rentables para pequeños y medianos trabajos. Aún así, todavía son bastante más caras que las planchas offset.

Constancia de color. El sistema de entintado permite mantener el control del color en toda la tirada, lo que garantiza la fidelidad de su reproducción.

Versatilidad. Al poder realizar la impresión en soportes absorbentes y no absorbentes, además de poder utilizar los más diversos formatos, permite que la línea de producción se adapte a muy diversos tipos de mercados.

Desventajas de la flexografía

Genera efecto squash (es un salpicado alrededor del punto impreso que provoca una corona circular en su perímetro. Se debe al efecto difusor de la tinta líquida al presionar sobre el soporte.), perjudicando la entonación y el ajuste de color.

Bajas lineaturas Debido al tipo de plancha, la calidad de la imagen aún no es muy alta 120 lpp (pero se está acercando al offset).

Deformación del cliché o plancha. Las formas flexográficas son propensas a deformarse. Su uso en cuatricromías tiene limitaciones.

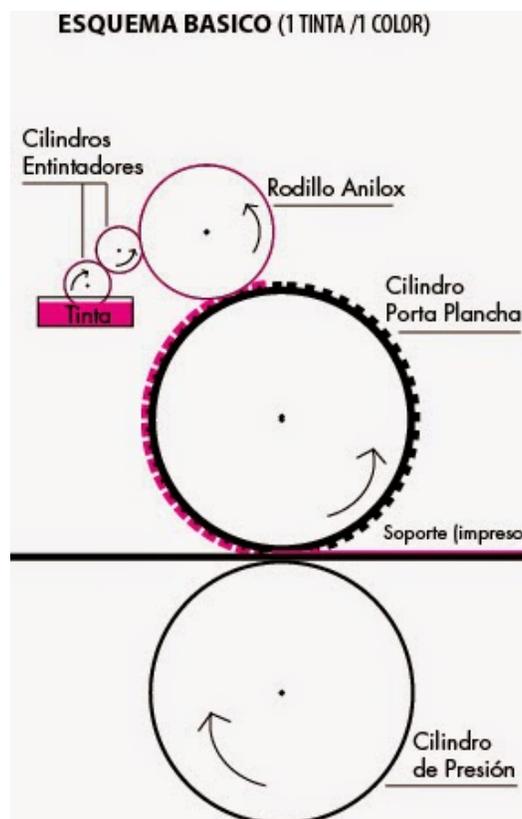


Figura 6 Esquema de impresión en flexografía

Fuente: http://grafidiario.blogspot.mx/2014_05_01_archive.html

En la figura se muestra que la flexografía es un sistema de impresión en alto relieve y directo (puede parecer que es indirecto por los rodillos, pero la transferencia de tinta es directa al soporte final) que fundamentalmente se hace en rotativas. Sin embargo y al contrario que la tipografía la diferencia fundamental reside en que usa otra forma impresora, tintas líquidas y el sistema de impresión tiene un rodillo intermedio para pasar la tinta al soporte (anilox).



Figura 7 Ejemplo de plancha flexográfica

Fuente: <https://laprestampa.wordpress.com/2015/04/20/sistemas-de-impresion-en-alto-relieve/>

En la figura 7 se muestra un ejemplo de plancha o polímero flexográfico, y con la aparición de sistemas entintadores de cámara (chambered systems), de planchas basadas en ftopolímeros (en lugar de las tradicionales de caucho), los avances en las tintas de base acuosa y de los cilindros anilox de cerámica se han mejorado enormemente este sistema de impresión, que en la actualidad ha sustituido casi por completo a la tipografía tradicional en trabajos de gran volumen.



Figura 8 Trabajos impresos en flexografía

Fuente: <https://laprestampa.wordpress.com/2015/04/20/sistemas-de-impresion-en-alto-relieve/>

En la figura 8 se muestran algunos trabajos impresos en flexografía, y de acuerdo a sus características se puede observar que en su mayoría son trabajos en sustratos plásticos o no absorbentes que es donde la flexografía es más utilizada, también se puede ver que los colores son bastante fuertes, esto debido a que la aportación de tinta es mayor, aunque por esta misma razón son trabajos sin demasiados textos ni imágenes complicadas.

2.3.3. Sistema digital

Los procesos digitales han ido sustituyendo a los convencionales durante estos últimos treinta años. Con la llegada de los sistemas de impresión digital incluso el proceso de impresión en su conjunto ha cambiado drásticamente. La impresión digitalizada representa una mezcla de comodidad y flexibilidad: cambia el aspecto de la comunicación impresa.

En la impresión digital, los datos pasan directamente de la pre impresora a la prensa y al sustrato. En otras palabras, se suprimen muchas fases del proceso de impresión tradicional que consumían tiempo y material. Los plazos de preparación y cambio se reducen enormemente ya que no se necesita ajuste de imagen, pruebas, imposición ni insolación, Las impresiones salen de la prensa secas y pueden imprimirse por orden, listas para su acabado (*Stuart, 2003*).

Y aunque la impresión digital va en aumento, aun no es una opción para tirajes de impresión de más de 15,000 unidades, esto debido a los grandes costos de los consumibles y que normalmente solo pueden ser suministrados por el fabricante de la máquina, por lo que este tipo de sistema de impresión es una opción pero para el reemplazo de impresiones rechazadas o trabajos muy cortos.



Figura 9 Máquina de impresión digital

Fuente: http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2008/predrupa/products.html

En la figura 9 se muestra una máquina de impresión digital, que es bastante parecida a una impresora convencional solo que a escala industrial.

2.3.4. Comparación de los sistemas

Para comparar los 3 principales sistemas de impresión, se consideran la lineatura, calidad de imagen y textos, así como el número de impresiones y consideraciones en la preimpresión, como se puede ver en la tabla 1.

Tabla comparativa de los 3 principales sistemas de impresión

Sistema	Calidad			Numero de impresiones	Consideraciones sobre diseño (Preimpresión)
	Lineatura (lpp)	Imagen	Texto		
Offset	60 a 250	Alta	Bien definido	de 10,000 a 75,000	textos y líneas en negativo no deberán de tener menos de medio punto en la parte más fina.
Flexografía	100 a 150	Buena	Efecto remarcado	de 10,000 a 75,000	no utilizar grandes áreas sólidas, evitar textos finos y sombreados.
Hueco	120 a 200	Superior al offset	Inferior al offset	mas de 100,000	evitar textos y dibujos muy finos, las líneas y textos en negativo no deberán ser menores de 0.2 mm en su parte más fina.

Tabla 1 Comparativo de los 3 principales sistemas de impresión.

En esta tabla se puede ver claramente que tanto el sistema offset como el sistema flexográfico están en el mismo rango de número de impresiones, es por esta razón que son competencia directa en el mercado de la industria gráfica, por lo que es importante conocer sus diferencias en cuanto a calidad, lo que marcará la diferencia entre un sistema u otro.

2.4. Calidad en la impresión

Para definir la calidad en impresión básicamente se consideran 2 aspectos, la trama y la lineatura.

Trama

A comparación de una foto convencional, que generalmente se percibe de buena calidad, una impresora industrial no puede imprimir en tonos continuos. Mientras que una fotografía se genera mediante un reflejo de la imagen original en papel fotosensible, la misma imagen digitalizada consiste en un conjunto de pequeños puntos ordenados en líneas, por lo cual es necesario tramar las imágenes que van a ser reproducidas.

Tramar una imagen consiste en convertir una imagen en una serie de puntos. Aunque las imágenes estén reproducidas en puntos, estos son tan pequeños que el ojo humano es incapaz de percibirlos, consiguiendo la ilusión de que las imágenes están impresas, como las originales, en tonos continuos. Las imágenes creadas a partir de estos puntos se llaman medios tonos o semitonos *(Johansson, Lundberg, Ryberg, 2011)*.

Hay dos formas de lograr semitonos mediante tramas.

Amplitud Modulada (AM)

Las tramas de semitonos tradicionales, también llamadas de Amplitud Modulada (AM), utilizan el tamaño del punto para reproducir los semitonos. Los puntos más pequeños simulan los tonos más claros y a medida que el punto va aumentando se van generando las zonas más oscuras, o de sombras *(Johansson, Lundberg, Ryberg, 2011)*, como se puede ver en la figura 10.

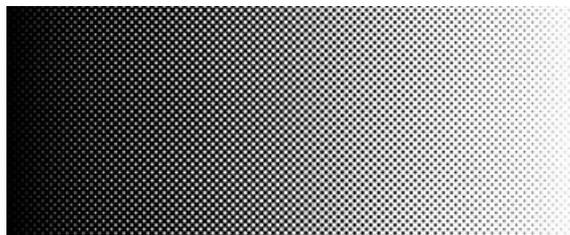


Figura 10 Tramado tradicional o de amplitud modulada

Fuente: <https://disenopreimpresionsuamon.wordpress.com/2012/02/19/la-lineatura-de-trama/>

Frecuencia modulada (FM)

En el tramado estocástico, o de Frecuencia Modulada (FM), el tamaño de los puntos es siempre el mismo, en este caso se utiliza la frecuencia, el número, de puntos para generar el efecto de los tonos. Las zonas más oscuras tienen una mayor cantidad de punto que las zonas de tonos claros (*Johansson, Lundberg, Ryberg, 2011*), como se puede ver en la figura 11.

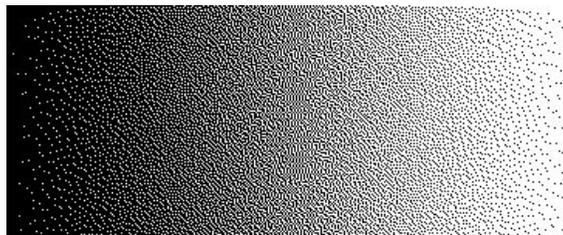


Figura 11 Tramado por frecuencia

Fuente: <https://disenopreimpresionsuamon.wordpress.com/2012/02/19/la-lineatura-de-trama/>

Lineatura

Existe una tercera forma de generar semitonos que consiste en combinar el tramado tradicional con el estocástico en una misma imagen. Esta forma, que recibe el nombre de tramado híbrido, aprovecha las ventajas del tramado tradicional en los medios tonos debido a que genera menor ganancia de punto que el tramado FM, y las ventajas del tramado escolástico capaz de reproducir mejor las zonas de luces y sombras de las imágenes.

La calidad de las imágenes tramadas viene determinada por lo que conocemos como lineatura de trama, expresada en líneas por pulgada (lpp) y a veces también en líneas por centímetro, hace referencia al tamaño de las líneas donde van situados los puntos de semitono. Cuanto menor es la lineatura de trama, mayor es el punto de semitono y, en consecuencia, la imagen se verá con menos detalles. Por el contrario, en imágenes con una lineatura de trama alta los detalles serán más finos (*Johansson, Lundberg, Ryberg, 2011*).

La lineatura de trama puede ir de 65 a 250 lpp dependiendo del método de impresión, y del sustrato que vayamos a utilizar.

- En impresión offset la lineatura de trama puede alcanzar un rango que va de los 60 a los 250 lpp
- En huecograbado trabajaremos con una lineatura de trama que va de las 120 a las 200 lpp
- En serigrafía podemos utilizar una lineatura de trama que va de los 50 a los 100 lpp
- Y para flexografía de 100 a 150 lpp

En cuanto al sustrato,

- El papel prensa se imprime en una lineatura que va de 65 a 100 lpp,
- El papel offset no estucado tiene un rango de 100 a 150 lpp
- Y el papel estucado o cuche, va de las 150 lpp hasta las 250 lpp que alcanza la impresión en el estucado brillo.

Ángulos de trama

Para reproducir una imagen en un sistema de impresión, se realiza una conversión de la imagen por cada color **CMYK** (**C**yan, **M**agenta, **Y**ellow y **K**ey); es decir se crea una trama por tinta. El cerebro puede percibir con facilidad patrones en ángulos de trama de entre 0 y 90 grados. En la impresión de cuatricromía tenemos cuatro tramas (una por cada una de las tintas), (*Laing, 1996*).

- **Ángulos de trama para el huecograbado**

En cuanto al ángulo de trama del huecograbado, lo habitual en huecograbado para cuatro colores es 90° para amarillo, 75° para magenta, 45° para el negro y 105° para el cian.

- **Ángulos de trama para el offset**

En cuanto al ángulo de trama del offset, lo general es que el negro esté a 45° (neutraliza la fuerza del color), el amarillo, que tiene menor contraste a 90° (también 0°) y que el cian y el magenta estén con ángulos cercanos a los 45°, pero en direcciones opuestas (bien 15° para cian / 75° magenta o 15° magenta / 75° cian). Interesa que entre los tres colores más visibles haya una diferencia de 30°, como se muestra en la figura 12.

Ángulos de trama en impresión offset

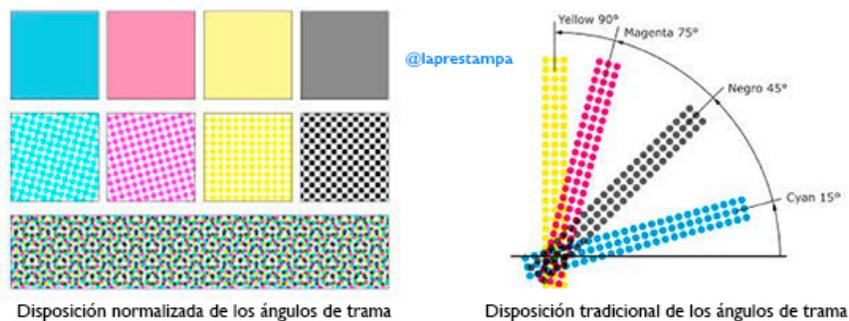


Figura 12 Ángulos de trama en impresión offset

Fuente: <https://laprestampa.wordpress.com/2015/09/07/la-trama-de-puntos/>

- **Ángulos de trama para la flexografía**

Respecto al ángulo de trama de la flexografía, no hay un estándar pero si no hay unión de colores (tricromías o cuatricromías), lo cuál suele ser bastante habitual en muchos productos, se suele usar el ángulo de 45° para cada trama, ya que es el ángulo “menos malo” y 60° para masas de color. También en flexografía se suelen dar 7.5° a las inclinaciones de trama, como se ve en la figura 13.

Ángulos de trama característicos en flexografía

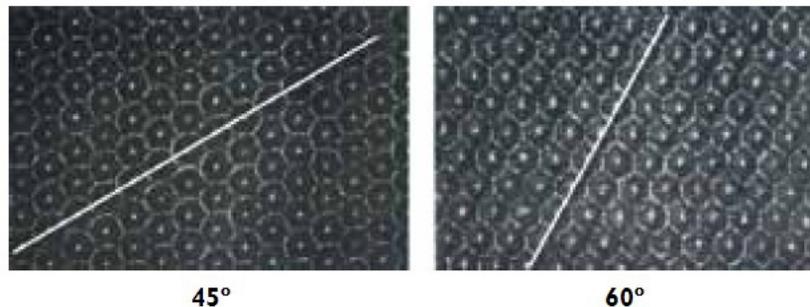


Figura 13 Ángulos de trama en flexografía.

Fuente: <https://laprestampa.wordpress.com/2015/09/07/la-trama-de-puntos/>

Efecto Moiré o interferencia visual

Es un efecto geométrico de distorsión ocasionado por la interacción de dos patrones de trama, situados uno encima del otro. El resultado es un nuevo patrón con un efecto visual un tanto peculiar. A este efecto visual se le llamó moiré o muaré. Se tomó prestado el nombre del término francés con el que se denomina a un tipo de tejido de seda que posee un efecto visual parecido debido a su composición a base de patrones de líneas. Un ángulo erróneo es lo que puede provocar el efecto moiré. Éste aparece cuando los ángulos de cada color coinciden y se superponen los puntos de manera irregular. Se altera la imagen por la interferencia de patrones produciendo un defecto en la pieza impresa, que suele percibirse a simple vista y es muy molesto, tendría un aspecto similar al de la figura 14.



Figura 14 Ejemplo efecto moiré

Fuente: <http://the-print-guide.blogspot.mx/2009/12/moire.html>

Trama de roseta

Cuando se superponen las tramas de diferentes tintas de forma correcta, especialmente cuando se superponen cuatro tramas, debe surgir un motivo poligonal que recuerda a una flor, llamado "roseta", como se muestra en la figura 15.

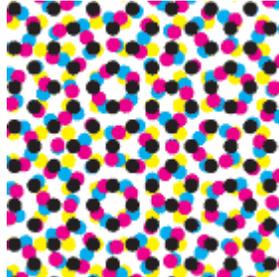


Figura 15 Forma de roseta cuando las tintas se superponen correctamente.

Fuente: <http://www.prepensadigital.com.mx/conocimientos.html>

La roseta, aunque es una cierta forma de moiré, no es molesta al ojo y, de hecho, la buena formación de una roseta es el único modo de asegurar una impresión con tramas ordenadas. Su presencia asegura que los puntos no se superpondrán más de lo necesario.

En el caso de tramas muy gruesas (de baja lineatura), la roseta puede llegar a ser bastante evidente. En tramas muy finas no es realmente perceptible.

Existen dos tipos de roseta:

Roseta abierta

Es el tipo más usual, figura 16. En ella el motivo geométrico no tiene los puntos de la trama negra como centro. Al dejar más espacios abiertos, tolera mejor que la cerrada los pequeños errores de registro y tiene menos ganancia de punto (hay menos zonas de contacto entre los puntos cuando son grandes). Sin embargo, es más evidente al ojo.

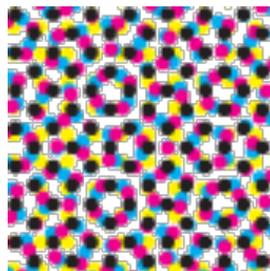


Figura 16 Roseta abierta

Fuente: <http://www.prepensadigital.com.mx/conocimientos.html>

Roseta cerrada

Es menos común. Aquí, el motivo geométrico sí tiene los puntos de la trama negra como centro de la roseta, como se ve en la figura 17.

Es más difícil de controlar que la roseta abierta y tiene más ganancia de punto, pero puede proporcionar más detalles en imágenes con muchas zonas oscuras y es menos evidente al ojo.

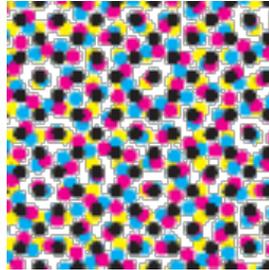


Figura 17 Roseta cerrada

Fuente: <http://www.prepressdigital.com.mx/conocimientos.html>

2.5. Acabados en línea

Un acabado es un proceso adicional al de impresión para dar más valor agregado al producto final, y cuando éste está en línea significa que la misma máquina lo realiza después del proceso de impresión (no es necesario otro equipo).

2.5.1. Tipos de acabados

Existen diferentes tipos de acabado dependiendo de los trabajos de cada usuario y a continuación se describen los más utilizados:

- **Serigrafía:** es un método de impresión que posibilita reproducir una imagen sobre diferentes tipos de material sin que se pierda calidad pese a las repeticiones del estampado, figura 18.

La técnica se lleva a cabo con la transferencia de tinta mediante una malla que está tensada en un marco. En aquellas zonas donde no se debe estampar, un barniz bloquea el paso de la tinta.

En el resto del dibujo, se ejerce presión sobre la malla tensada para que imprima la superficie que se desea estampar.

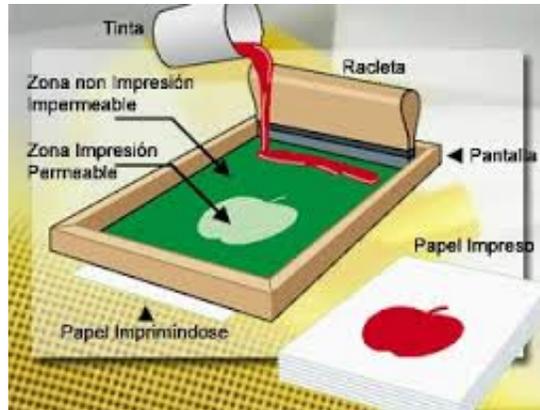


Figura 18 Esquema de impresión por serigrafía

Fuente: <http://artesgraficase.galeon.com/aficiones2687024.html>

- **Inkjet:** La impresión de datos variables consiste en imprimir datos diferentes en cada ejemplar (fotos, textos, etc.). Se consigue imprimir ejemplares diferentes entre sí para toda la impresión. Suele utilizarse para crear correos personalizados, por ejemplo para publicidad directa. Se basa en la combinación de un conjunto de elementos maestros, comunes a todas las copias de un documento (es decir, los datos reutilizables), y un conjunto de elementos variables que varían de una copia a otra. Mediante el uso de la impresión de datos variables, usted puede crear una comunicación personalizada con elementos que tendrán un atractivo especial para el público al que se dirige.

La impresión de datos variables utiliza una tecnología de impresión digital que personaliza la comunicación al vincular un dispositivo de impresión, por ejemplo la digital press, a bases de datos que albergan el contenido de los documentos impresos. La comunicación personalizada incluye reglas que especifican la selección de contenidos de la base de datos y la inclusión de dichos contenidos en el documento. Desde personalización hasta códigos de barras o QR, ver figura 19.



Figura 19 Ejemplos Inkjet

fuelle: http://www.123rf.com/photo_22414810_creative-qr-code-reader-scanning-barcode-communication-technology-and-business-online-shopping-retai.html

- **Hot stamping:** es una técnica de impresión por calor. Se realiza a partir de una placa que presiona una delgada película y transfiere por calor (entre 100º y 300º) la imagen sobre diversos materiales como el cartón, tela, plástico y madera. La placa está hecha de materiales con alta transferencia de calor como el magnesio, bronce, aluminio y polímero. Lleva en forma de relieve el diseño que será aplicado al producto. La película o foil está compuesta por capas de adhesivo activado por calor, aluminio, resina y film de poliéster. Los formatos más utilizados son el metalizado y los holográficos. Para integrarlos en nuestros diseños podemos considerarlos como una tinta directa sobreimpresa. Haremos primero la impresión de las tintas en un sistema como el offset o flexografía y por último el estampado. Los originales deben ser monocromáticos y vectoriales.

Las aplicaciones son muy variadas: cajas, etiquetas, libros, revistas, electrodomésticos, tarjetas, cosméticos, entradas, etc. Tiene un excelente resultado si aplicamos el stamping sobre plastificado mate. Se logra un alto contraste visual y al tacto, ver figura 20.



Figura 20 Ejemplos hot stamping.

Fuente: <http://centerforbookarts.org/monday-methods-hot-stamping/>

- **Cold stamping:** el procedimiento de Cold Stamping consiste en transferir un color contenido en un poliéster transportador (llamado foil o película) a un material que se desea decorar, esto se logra a través de un procedimiento que implica un adhesivo. Para el procedimiento de estampado en frío, se requiere una máquina especial para Cold Stamping, adhesivo UV, Rodillo, lámparas UV en buenas condiciones [poco menos de 1000 horas de vida útil], ver figura 21.

El material que se desea imprimir se coloca en la máquina para que un rodillo bañe el diseño deseado con el adhesivo UV, se realiza una presión entre la película y la parte húmeda por el adhesivo para lograr un contacto y por último se seca a través de la lámpara UV.

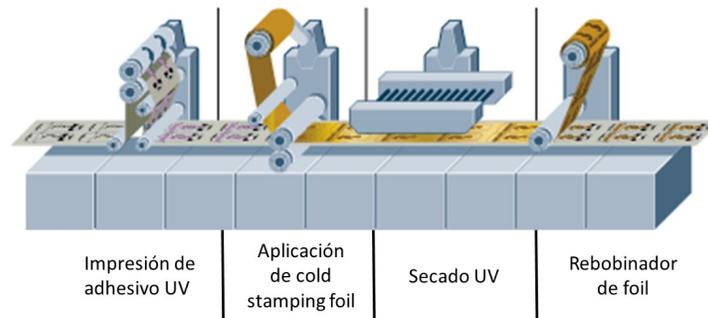


Figura 21 Esquema cold stamping

Fuente: <http://www.kurz.de/kurzweb/en/home.nsf/?Open&DirectURL=554C06CE152251A8C12570810032EFF0>

- **Embossing o relieve:** es la técnica de dar relieve a los trabajos, ver figura 22, tanto en papeles planos como en trabajos ya troquelados, se utiliza para dar realce a las imágenes o para colocar información texturizada como por ejemplo el braille.



Figura 22 Ejemplo embossing o relieve

Fuente: <https://www.evolvealready.ca/embossing.html>

- **Troquel:** Lo que hace el troquel, como instrumento, es crear marcas, perforaciones y semi cortes sobre la superficie del material a troquelar, ver figura 23. Existen troqueles de diferente tipo (planos, rotativos, etc.) que, gracias a su diseño, ofrecen distintas clases de resultados. La acción de tipo mecánica que se lleva a cabo con un troquel se conoce como troquelación. La finalidad de la troquelación, como ya dijimos, es crear el marcado necesario en un cartón, un papel, un metal, etc. para que el material se pueda recortar de una manera sencilla.

La perforadora doméstica o de oficina puede considerarse como un troquel simple ya que permite troquelar hojas. En el caso de la industria que se encuentra especializada en lo que es la fabricación de cartón, hay que exponer diversos datos de interés. Así, por ejemplo, hay que tener en cuenta que el troquel debe disponer de una serie de piezas fundamentales como son las gomas, las cuchillas o regletas cortadoras y la base de una matriz.



Figura 23 Ejemplo etiquetas troqueladas

Fuente: <http://bengar.com/blog/wp-content/uploads/troquelado-compo.jpg>

- **Laminado:** Este proceso consiste en colocar una película transparente sobre el material ya impreso con el objetivo de proteger la impresión y dar una mayor durabilidad se utiliza principalmente en etiquetas que van a la intemperie, ver figura 24.



Figura 24 Ejemplo material laminado

Fuente: <http://www.etiquetasbrasil.com.br/etiquetas-adesivas>

- **Hojeado:** Es un sistema de corte, el cual se utiliza cuando los trabajos se necesitan en hoja y no en rollo como normalmente se entregan, ver figura 25, consta de un cilindro de corte controlado por un servomotor el cual da el formato necesario de acuerdo a su velocidad de giro, después una banda transportadora por la cual se van recolectando las hojas sueltas.

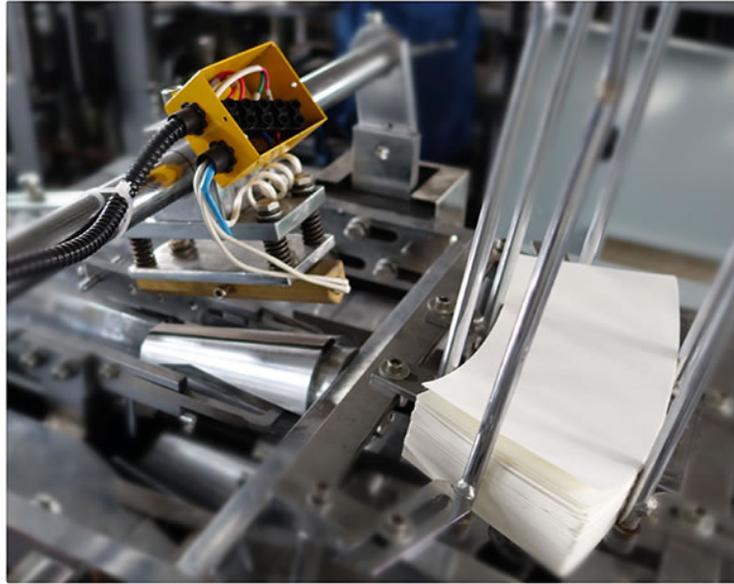


Figura 25 Sistema de corte salida a hojas

Fuente: <http://graphicmachinerycn.es/8-15-paper-cup-making-machine.html>

- **Tratamiento corona:** El efecto primario del tratamiento corona es el de activar la superficie de la primera, es decir, aumentar la energía superficial medida en dinas por centímetro (dinas/cm). Los sistemas de tratamiento corona alcanzan este resultado aplicando una determinada potencia sobre la superficie, ver figura 26, por un periodo de tiempo determinado. La energía superficial de los materiales plásticos, medida en dinas/cm, tiene que ser de al menos 10 dinas/cm más alta de la tensión superficial del líquido que se quiere aplicar. Generalmente, los films plásticos tienen superficies químicas inertes y no porosas con tensiones superficiales bajas que las hacen no receptivas a la fijación de los substratos como tintas para la impresión, adhesivos o recubrimientos.

Entre las distintas películas plásticas, el polietileno y el polipropileno son los que tienen la energía superficial más baja y son los dos materiales más a menudo sometidos al tratamiento corona para mejorar sus características de adhesión. Sin embargo, el tratamiento superficial de efecto corona no se limita a estos dos materiales y puede utilizarse también para mejorar la capacidad de adhesión de prácticamente todos los materiales plásticos al igual que algunos materiales no plásticos (aluminio y papel) o metalizado en general.

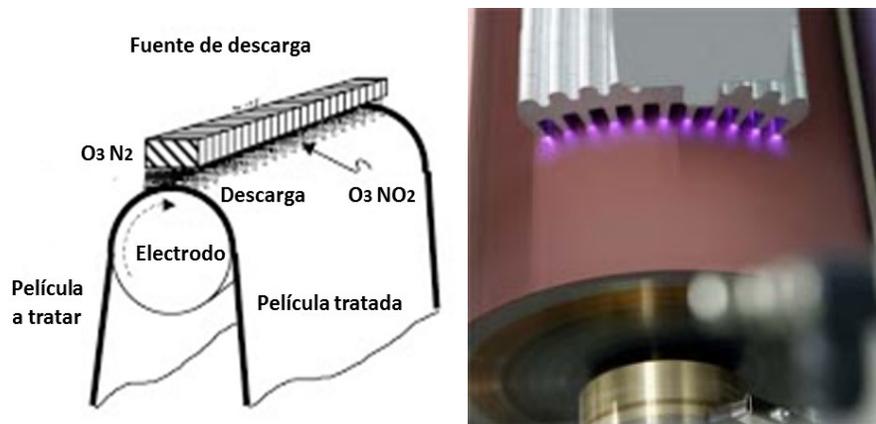


Figura 26 Tratamiento corona

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2012/05/tratamiento-corona.html>

- **Inspección de video:** este es un sistema que consta de cámaras de video, ver figura 27, que van tomando imágenes de las impresiones y marcas de registro para que el operador pueda detectar fallas a velocidad de impresión y evitar exceso de desperdicio por detección tardía de errores de impresión. Dichas imágenes se revisan en un monitor y algunos equipos tienen la posibilidad de recorrer la cámara para monitorear diversos puntos o todo el ancho de impresión o colocar una cámara por unidad de impresión para realizar correcciones en fallas de registro automáticamente.



Figura 27 Sistema de inspeccion de video

Fuente: <http://revistaelimpresor.com/numerosas-innovaciones-en-el-eltromat-bst-para-impresion-de-etiquetas-en-label-expo-europe-2015/>

- **Seguridad:** la aplicación de elementos de seguridad, ya sea por tintas especiales o micro textos, ver figura 28, se realiza en las unidades de impresión, y es uno de los acabados que da mayor valor agregado al trabajo final, por lo que su demanda es alta aunque no todas las máquinas pueden aplicarlos.



Figura 28 Ejemplos elementos de seguridad

Fuente: <http://www.banxico.org.mx/billetes-y-monedas/>

Estos son los acabados más utilizados en la actualidad, aunque con el constante avance en la tecnología hay que estar abierto a nuevas posibilidades.

2.5.2. Evolución en el tiempo

Con el paso del tiempo la exigencia en la calidad de la impresión ha ido en aumento, ya sea por mercadotecnia o por seguridad, lo que ha ocasionado que la industria gráfica aumente sus procesos de acabado, como respuesta a estas nuevas necesidades.

2.6. Costos

El costo de un producto está formado por el precio de la materia prima, el precio de la mano de obra directa empleada en su producción, el precio de la mano de obra indirecta empleada para el funcionamiento de la empresa y el costo de amortización de la maquinaria y de los edificios, **(Anthony, 2002)**.

Los especialistas afirman que muchos empresarios suelen establecer sus precios de venta con base en los precios de los competidores, sin antes determinar si éstos alcanzan a cubrir sus propios costos. Por eso, una gran cantidad de negocios no prosperan ya que no obtienen la rentabilidad necesaria para su funcionamiento. Esto refleja que el cálculo de los costos es indispensable para una correcta gestión empresarial.

El análisis de los costos empresariales permite conocer qué, dónde, cuándo, en qué medida, cómo y por qué pasó, lo que posibilita una mejor administración del futuro.

En otras palabras, el costo es el esfuerzo económico que se debe realizar para lograr un objetivo operativo (el pago de salarios, la compra de materiales, la fabricación de un producto, la obtención de fondos para la financiación, la administración de la empresa, etc.). Cuando no se alcanza el objetivo deseado, se dice que una empresa tiene pérdidas.

2.6.1. Clasificación de costos

Existen diferentes tipos de clasificación de costos, en este trabajo es importante mencionar los siguientes:

- Según la forma de fabricación de las unidades de producto:

Costos directos: aquellos cuya incidencia monetaria en un producto o en una orden de trabajo puede establecerse con precisión (materia prima, jornales, etc.)

Costos indirectos: aquellos que no pueden asignarse con precisión; por lo tanto se necesita una base de prorrateo (seguros, lubricantes).

- Según el tipo de variabilidad:

Costos variables: son aquellos costos que dependen del volumen de producción.

Costos fijos: son aquellos costos que no dependen del volumen de producción.

2.6.2. Costos de producción

Los costos de producción, la productividad y el precio del producto son los tres factores más importantes en la determinación de la cantidad de productos o servicios que una organización está dispuesta a ofrecer en un mercado. Los costos se definen como el valor sacrificado para que una organización mantenga y consiga los recursos necesarios para la producción de bienes y servicios que necesariamente generan un beneficio futuro, así como los ingresos que debe proporcionar, a los proveedores de recursos, por el uso de los factores de producción, *(Del Rio, 2001)*.

Tipos de recursos

Se define el costo como el valor sacrificado para el sostenimiento o la consecución de recursos, que en una compañía pueden clasificarse en:

- Recursos fijos: cuya cantidad no puede ser modificada por la organización en un corto plazo, y que pueden soportar volúmenes diferentes de producción. Ej. Las edificaciones e instalaciones, el personal administrativo, la maquinaria y el equipo, es decir toda la denominada “capacidad instalada”.

Se sintetiza que los costos asociados a los recursos fijos son: fijos en cantidad y variables por unidad.

- Recursos variables: Conjunto de requerimientos necesarios para la producción que varía directamente en función de su volumen. Como son los insumos y materias primas, trabajadores, energía. Se sintetiza que los costos asociados a los recursos variables son: variables en cantidad y fijos por unidad.

Costos explícitos y costos implícitos

En economía para la obtención del beneficio económico se hace una distinción entre dos tipos de costos, estos son los costos explícitos y los implícitos. Los pagos monetarios que una empresa hace a quienes no son propietarios de la empresa por los recursos que suministra como sueldos, combustibles, materias primas etc. y que son costos por los cuales existe una factura, se denominan costos explícitos.

Mientras tanto, los costos implícitos son aquellos costos de los insumos de propiedad de la empresa que son empleados en su proceso de producción por los cuales no se realiza un pago en efectivo; muchas veces pasan desapercibidos en el proceso de la toma de decisiones. Omitir los costos implícitos es un frecuente y gran error que se percibe usualmente en las pequeñas y medianas empresas y que sin duda pueden afectar la sostenibilidad del negocio. Esos costos se deben estimar a partir de lo que esos recursos podrían generar en su mejor empleo alternativo, puesto que tales recursos no son gratuitos, tienen un costo de oportunidad. De ahí que el concepto de costo implícito está relacionado con costo de oportunidad (*Del Rio, 2001*).

Beneficio económico y beneficio contable

Aunque los economistas y los contadores divergen del uso del término beneficio, el ingeniero industrial en la consideración de los factores que afectan la producción debe tener total claridad acerca de a que se refiere cada uno de ellos. El beneficio contable es el ingreso total menos los costos contables o explícitos mientras para los economistas el beneficio es el ingreso total menos los costos explícitos e implícitos, incluido en éstos últimos el beneficio normal del empresario. El beneficio que se obtiene después de cubrir ambos costos se denomina beneficio puro o beneficio económico (*Anthony, 2002*).

Costos totales, variables, fijos y de oportunidad

- costos totales: incluyen la suma de todos los costos que están asociados al proceso de producción de un bien, o a la prestación de un servicio, por lo tanto entre más se produce mayor será el costo en el que se incurre. Los costos totales se dividen en dos componentes: costos fijos y costos variables.

$$\text{Costos Totales (CT)} = \text{Costos Fijos (CF)} + \text{Costos Variables (CV)}$$

- **costos variables:** son la parte de los costos totales que varían en el corto plazo según cambia la producción. Proviene de todos los pagos aplicados a los recursos que varían directamente en función del volumen de producción; es decir, el valor de las materias primas que se utilicen en función del número de productos, la energía consumida, los salarios pagados al personal de producción y en general cualquier tipo de gasto que igualmente puede variar en función de lo producido.
- **costos fijos:** son parte de los costos totales que no varían en el corto plazo con la cantidad producida. Incluyen todas las formas de remuneración u obligaciones resultantes del mantenimiento de los recursos fijos de la producción que se emplean en una cantidad fija en el proceso productivo. Los costos fijos deben pagarse aunque la empresa no produzca y no varían aunque varíe la producción, permaneciendo constantes para un volumen establecido de productos o servicios, como el alquiler o la renta que se paga por las instalaciones, los sueldos del personal administrativo, las primas del seguro contra incendio, terremoto, etc. Los gastos que no varían con el nivel de producción, se denominan costos fijos totales (CFT).
- **costo de oportunidad:** la capacidad de elegir entre dos o más alternativas es lo que da origen al costo de oportunidad, éste se define como el valor de un recurso en su mejor uso alternativo. Cuando se refiere a la elección que debe hacer el consumidor entre diversas alternativas para la satisfacción de sus necesidades se entiende como costo de oportunidad, al valor de la alternativa perdida que no se eligió.

Por ejemplo, el costo de oportunidad de tener una cantidad de ítems en inventario en el almacén de repuestos en lugar de tener este dinero en el banco, es el interés mensual que puede generar dicho monto.

2.7. Calidad

Las cualidades y particularidades típicas de algo se resaltan a partir del concepto de calidad, una noción que se utiliza al realizar comparaciones entre elementos pertenecientes a una misma especie. Cabe resaltar que la definición de calidad, por el carácter subjetivo de su acepción, no suele ser precisa.

Existen múltiples perspectivas útiles a la hora de abordar el concepto de calidad. Si nos referimos a un producto, la calidad apunta a lograr una diferenciación de tipo cualitativo y cuantitativo en relación a algún atributo requerido. En cuanto al usuario, la calidad implica satisfacer sus expectativas y anhelos. Esto quiere decir que la calidad de un objeto o servicio depende de la forma en que éste consiga cubrir las necesidades del cliente. También puede decirse que la calidad consiste en añadir valor al consumidor o usuario **(Marcelino, Ramírez, 2012)**.

Por tanto, partiendo del uso de calidad como sinónimo de excelencia, tenemos que determinar que en la actualidad es frecuente utilizar las expresiones “sello de calidad” o “marca de calidad”. Con ambas lo que se consigue, básicamente en el ámbito de la alimentación”, es determinar que una serie de alimentos cuentan con las mejores propiedades que los convierten en productos exquisitos y que se diferencian de sus competidores precisamente por aquellas.

Las tecnologías de la información, por su parte, hablan de la calidad de datos al momento de comprobar que la información recopilada, procesada, conservada y entregada es un fiel reflejo de la realidad.

La buena calidad de un producto o servicio se encuentra condicionada por tres cuestiones básicas:

- La perspectiva técnica (que abarca los detalles científicos y tecnológicos relacionados al producto en cuestión)
- La dimensión humana (la cual busca promover un vínculo positivo entre clientes y entidades empresariales)
- La dimensión económica (que busca reducir los costos, tanto para la compañía como para el consumidor)

Otros aspectos importantes en materia de calidad son la cantidad justa del producto que se comercializa, la agilidad en su distribución y su precio concreto.

Para garantizar la calidad de un producto, existen normas o pautas que funcionan como reglas a seguir. Aunque cada empresa cuenta con normas internas, hay otras que son obligatorias de acuerdo a lo estipulado por las leyes.

2.8. Herramientas básicas de la calidad

Como norma general, existen algunas características que se denominan críticas para establecer la calidad de un producto o servicio. Lo más común es efectuar mediciones de estas características, obteniendo así datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto o servicio, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado o servicio prestado.

Para realizar un mejor análisis de estos datos resulta útil apoyarse en lo que se denominan técnicas gráficas de calidad, como lo son las siete herramientas básicas de calidad, utilizadas para la solución de problemas relacionados a la calidad, mencionadas por primera vez por Kaoru Ishikawa (**Marcelino, Ramírez, 2012**).

¿Cuáles son las herramientas de la calidad?

Las siete herramientas de la calidad son:

- 1 Diagramas de Causa – Efecto
- 2 Planillas de inspección
- 3 Gráficos de control
- 4 Diagramas de flujo
- 5 Histogramas
- 6 Gráficos de Pareto
- 7 Diagramas de dispersión

Herramienta 1: diagramas de causa - efecto

La variabilidad de una característica de calidad es un efecto o consecuencia de múltiples causas, por ello, al observar alguna inconformidad con alguna característica de calidad de un producto o servicio, es sumamente importante detallar las posibles causas de la inconsistencia. La herramienta de análisis más utilizada son los llamados diagramas de causa - efecto, conocidos también como diagramas de espina de pescado o diagramas de Ishikawa. Para hacer un diagrama de causa - efecto se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Elegir la característica de calidad que se va a analizar. Trazamos una flecha horizontal gruesa en sentido izquierdo a derecha, figura 29, que representa el proceso y a la derecha de ésta escribimos la característica de calidad.



Figura 29: Diagrama Ishikawa, característica de calidad

- Indicamos los factores causales más importantes que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad. Trazamos flechas secundarias diagonales en dirección de la flecha principal, figura 30. Usualmente estos factores causales se ven representados en materias primas, máquinas, mano de obra, métodos de medición, etc.

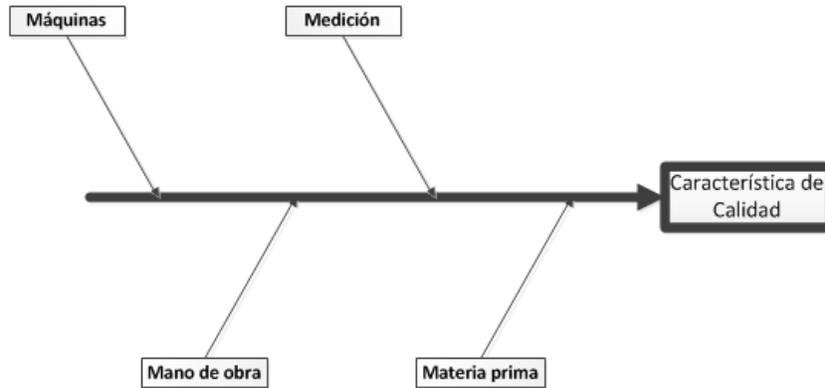


Figura 30: Diagrama de Ishikawa, factores causal

- Anexamos en cada rama factores causales más detallados de la fluctuación de la característica de calidad, figura 31. Para simplificar esta labor podemos recurrir a la técnica del interrogatorio. De ésta forma seguimos ampliando el diagrama hasta asegurarnos de que contenga todas las posibles causas de dispersión.

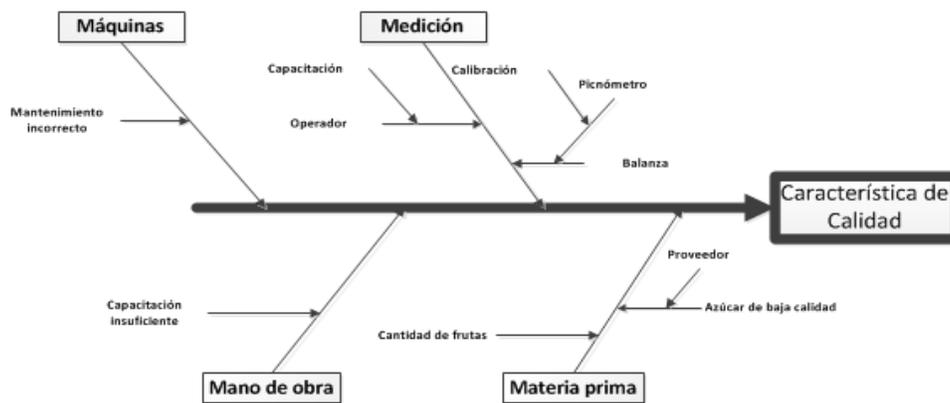


Figura 31: Diagrama de Ishikawa, rama de factores causales

- Verificamos que todos los factores causales de dispersión hayan sido anexados al diagrama. Una vez establecidas de manera clara las relaciones causa y efecto, el diagrama estará terminado.

Herramienta 2: planillas de inspección

Las planillas de inspección son una herramienta de recolección y registro de información, ver figura 32. La principal ventaja de éstas es que dependiendo de su diseño sirven tanto para registrar resultados, como para observar tendencias y dispersiones, lo cual hace que no sea necesario concluir con la recolección de los datos para disponer de información de tipo estadístico.

El diseño de una planilla de inspección precisa de un análisis estadístico previo, ya que en ella se preestablece una escala para que en lugar de registrar números se hagan marcaciones simples.

HOJA DE VERIFICACIÓN		No. _____																
NOMBRE DEL SERVICIO: _____	FECHA: _____																	
AREA: _____	DELEGACIÓN: _____																	
ESPECIFICACIÓN: _____	UNIDAD DE ADSCRIPCIÓN: _____																	
No. DE INSPECCIONES: _____	NOMBRE DEL EMPELADO: _____																	
OBSERVACIONES: _____	NOMBRE DEL GRUPO: _____																	
DIMENSIONES																		
	1.5	1.6	1.7	1.8	2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.0	3.1	
40																		
35																		
30																		
25																		
20																		
15																		
10																		
5																		
0																		
	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2	
	FRECUENCIA O TOTAL																	

Figura 32 Ejemplo planilla de inspección

Herramienta 3: gráficos de control

Los gráficos o cartas de control son diagramas preparados donde se van registrando valores sucesivos de la característica de calidad que se está estudiando, ver figura 33. Estos datos se registran durante el proceso de elaboración o prestación del producto o servicio. Cada gráfico de control se compone de una línea central que representa el promedio histórico, y dos límites de control (superior e inferior).

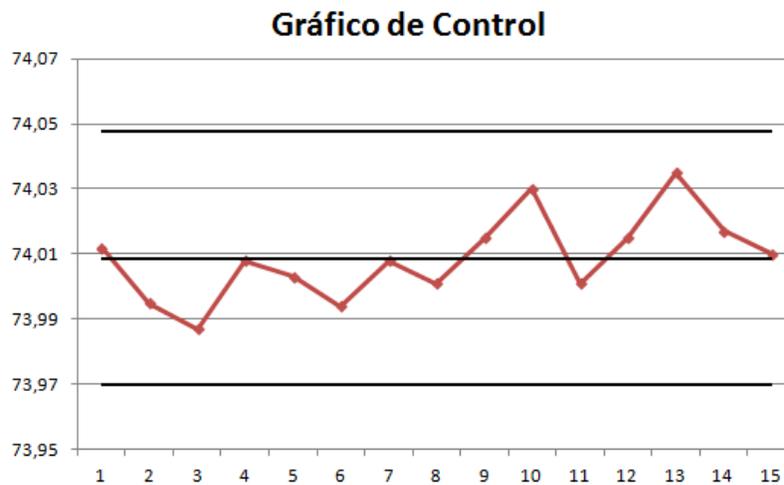


Figura 33 Ejemplo gráfico de control

Herramienta 4: diagramas de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso, ver figura 34. Su importancia consiste en la simplificación de un análisis preliminar del proceso y las operaciones que tienen lugar al estudiar características de calidad. Esta representación se efectúa a través de formas y símbolos gráficos usualmente estandarizados, y de conocimiento general. Los ingenieros industriales usualmente recurren a la norma ASME, (1880, <http://www.asme.org/>) - Guía para la elaboración de un diagrama de proceso, para efectuar diagramas de flujo.

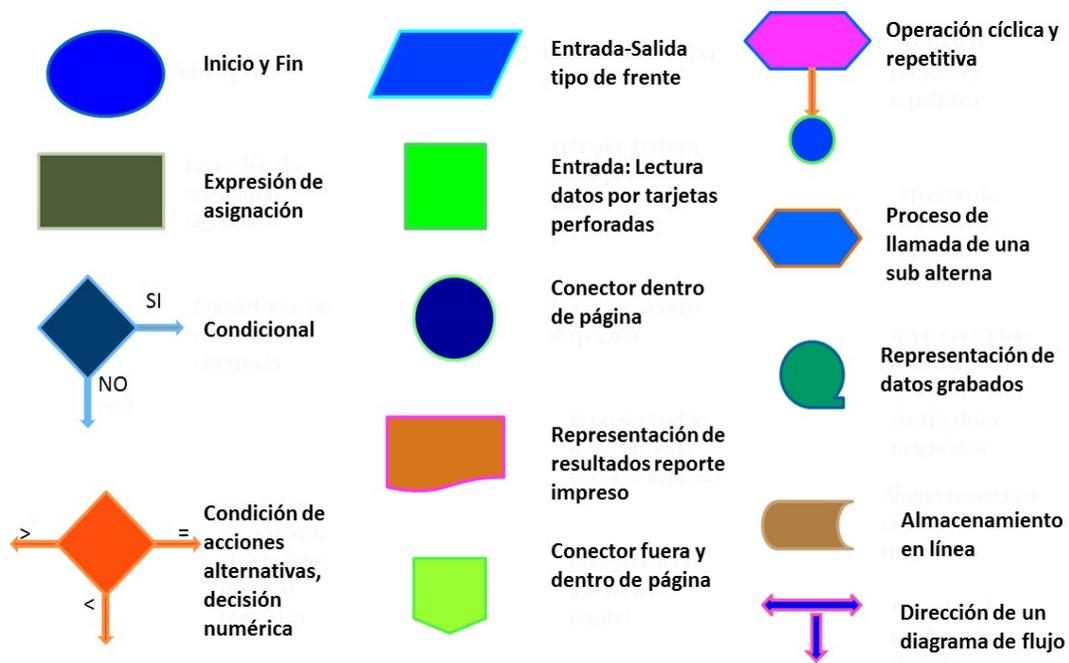


Figura 34 Simbología diagramas de flujo

Fuente: <https://prezi.com/uoufoeiyyvpp6/diagrama-de-flujo/>

Herramienta 5: histogramas

Un histograma o diagrama de barras es un gráfico que muestra la frecuencia de cada uno de los resultados cuando se efectúan mediciones sucesivas, ver figura 35. Este gráfico permite observar alrededor de qué valor se agrupan las mediciones y cuál es la dispersión alrededor de este valor. La utilidad en función del control de calidad que presta esta representación radica en la posibilidad de visualizar rápidamente información aparentemente oculta en un tabulador inicial de datos.

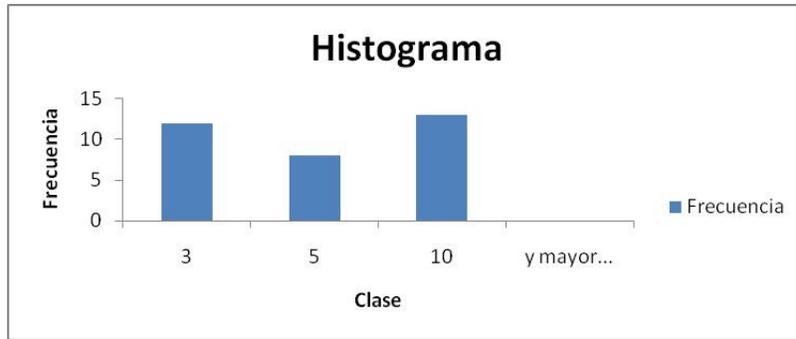


Figura 35 Ejemplo histograma

Herramienta 6: diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una variación del histograma tradicional, puesto que en el Pareto se ordenan los datos por su frecuencia de mayor a menor. El principio de Pareto, también conocido como la regla 80 -20 enunció en su momento que "el 20% de la población, poseía el 80% de la riqueza". Evidentemente son datos arbitrarios y presentan variaciones al aplicar la teoría en la práctica, sin embargo este principio se aplica con mucho éxito en muchos ámbitos, entre ellos en el control de la calidad, ámbito en el que suele ocurrir que el 20% de los tipos de defectos, representan el 80% de las inconformidades, ver figura 36.

El objetivo entonces de un diagrama de Pareto es el de evidenciar prioridades, puesto que en la práctica suele ser difícil controlar todas las posibles inconformidades de calidad de un producto o servicios.

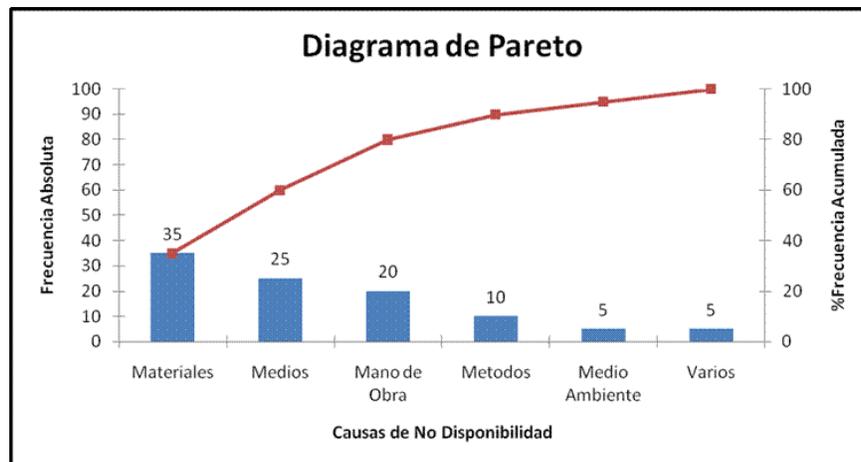


Figura 36 Ejemplo diagrama de Pareto

Herramienta 7: diagramas de dispersión

También conocidos como gráficos de correlación, estos diagramas permiten básicamente estudiar la intensidad de la relación entre 2 variables, ver figura 37. Dadas dos variables X y Y, se dice que existe una correlación entre ambas si éstas son directa o inversamente proporcionales (correlación positiva o negativa).

En un gráfico de dispersión se representa cada par (X,Y) como un punto donde se cortan las coordenadas de X y Y.

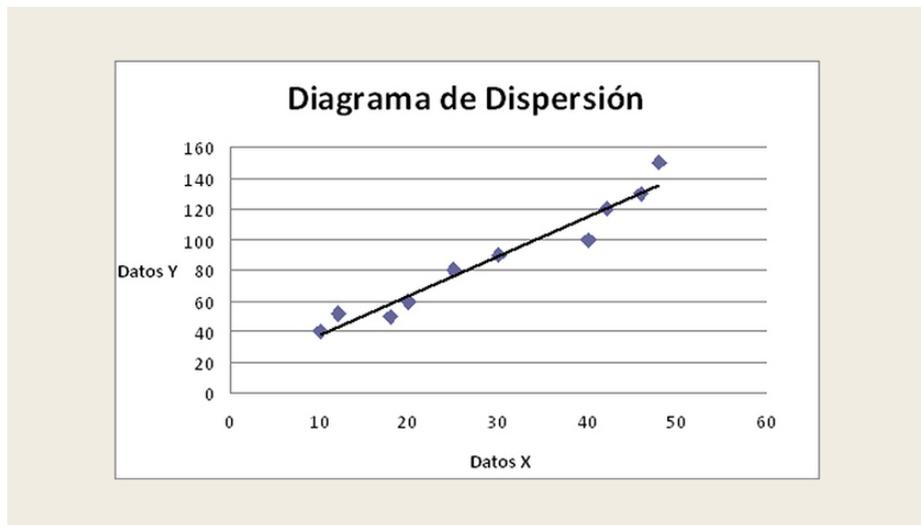


Figura 37 Modelos de diagramas de dispersión

CAPÍTULO III

3. Metodología

Como los sistemas de impresión offset y flexográficos trabajan según un principio diferente, para poder analizar cuándo es mejor usar uno u otro, se debe tomar en cuenta tanto el costo del equipo y sus consumibles, como las posibilidades que tiene cada uno para generar trabajos específicos, por lo tanto, para realizar una selección óptima entre una máquina de impresión offset y una flexográfica, hay tres aspectos fundamentales a analizar: financieros, de producción y externos, como se muestra en la figura 38.

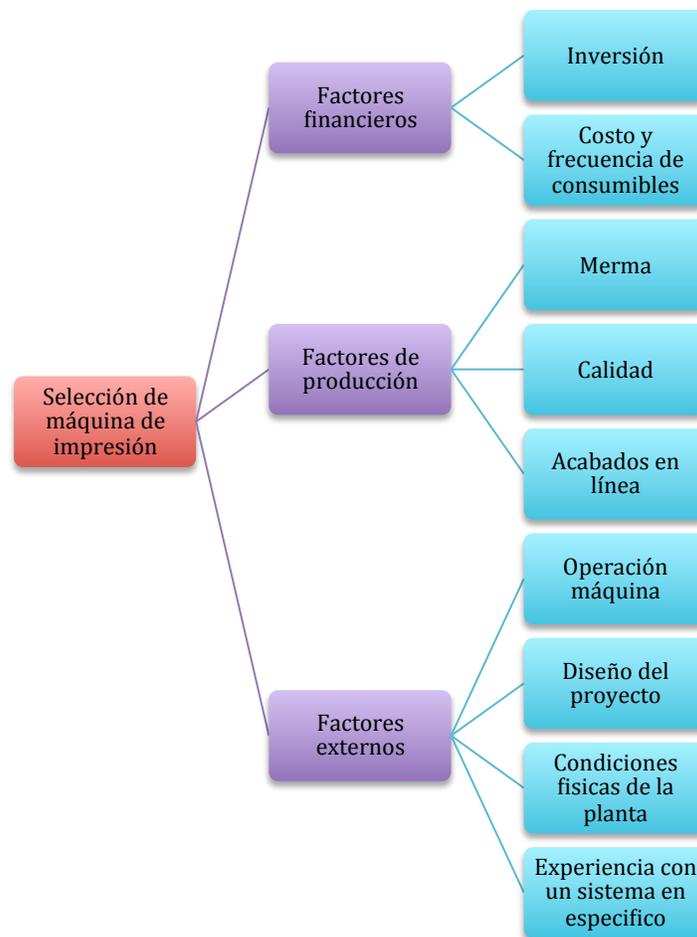


Figura 38: Factores fundamentales en la selección de un equipo de impresión.

Los factores financieros incluyen la inversión inicial del equipo así como el costo y la frecuencia de los consumibles. Los factores de producción más importantes son la merma o cantidad de desperdicio que se genera, la calidad del trabajo realizado y si existe o no la posibilidad de realizar acabados en línea.

Finalmente, para conocer la influencia de los factores externos se analiza la facilidad de uso de cada uno de los sistemas, el costo de posibles errores, la posibilidad de adecuar el equipo a las necesidades del usuario (es decir, el diseño del proyecto), el espacio disponible en la planta y si el usuario está familiarizado con un sistema u otro y por lo tanto tiene preferencia por alguno de los dos.

3.1. Selección de usuarios representativos

El primer paso para poder realizar una comparación entre ambos sistemas es seleccionar usuarios representativos dentro de la industria gráfica en el sector de las etiquetas y empaque, ver figura 39, los cuales estén familiarizados con ambos o alguno de los sistemas de impresión a analizar.



Figura 39 Ejemplos etiquetas y empaque

Fuentes: <http://www.coverislatam.com/index.php/es/2015-12-11-16-20-47/etiquetas-tape>
<http://www.plastherm.com.mx/empaques-para-bebidas.aspx>

En esta figura se muestran algunos trabajos de clientes que utilizan máquinas de impresión rotativas, como por ejemplo Rotatek fabricante de maquinaria de impresión offset, ver figura 40, tanto en sistemas offset como flexográficos.



Figura 40 Máquina de impresión offset

Fuente: www.rotatek.com

Para esta selección no fue posible hacer un muestreo aleatorio por las siguientes razones:

- Porque la mayoría de la información es confidencial por la competencia que existe en el área,
- Debes tener acceso a ellos, y
- Hay más clientes de flexografía (80%), por lo que con muestreo aleatorio se tendría el riesgo de analizar solo clientes de flexografía.

Por lo que se seleccionaron clientes grandes que tuvieran trabajos similares entre ellos, y de preferencia que tuvieran equipos recientes o manejaran ambas tecnologías. Por los costos de inversión inicial no hay muchos clientes que tengan la posibilidad de adquirir un equipo nuevo. Así que se eligieron los grandes porque son los que dictan los estándares de calidad ya que tienen más trabajos y máquinas más recientes comparados con los pequeños que tienen máquinas más viejas y no tienen acceso a los equipos nuevos.

Por lo anterior se seleccionaron de los más importantes impresores, dos especialistas en offset, dos especialistas en flexografía y uno que utiliza ambas tecnologías. Cabe mencionar que para evitar que los resultados no sean sesgados, de los cinco clientes seleccionados, dos tienen máquinas de la marca representada, mientras que los otros tres clientes tienen equipos de la competencia.

3.2. Obtención de la información financiera

Para obtener la información correspondiente a la inversión inicial primero se realizó una búsqueda de posibles proveedores de maquinaria de impresión industrial por internet y en las exposiciones más importantes de la industria gráfica: Label Expo en sus versiones más importantes para la industria mexicana (Américas, Latin America y Europe) y Drupa. No se consideraron las exposiciones que se llevan a cabo en México debido a que son demasiado pequeñas y no hay exhibición de maquinaria de impresión aunque algunas de las que se llevan a cabo son: expo grafica y label summit.

Posteriormente se cotizaron máquinas con configuración estándar para ambos sistemas de impresión y diferentes marcas:

- para offset se consideraron 5 colores, secado UV, tinteros automáticos, salida a bobina y una unidad para barnizar,
- mientras que para la máquina flexográfica estándar se consideraron 8 colores, secado UV y salida a bobina. En esta última se emplean rodillos anilox para controlar la aportación de tinta, por lo que no existen configuraciones con tinteros automáticos.

Algunas marcas que se tomaron en cuenta para este análisis fueron, ver figuras 41, 42, 43, 44 y 45:



Figura 41 Rotatek máquinas de impresión offset

Fuente: www.rotatek.com



Figura 42 Miyakoshi máquinas de impresión offset

Fuente: <http://www.miyakoshi.com>



Figura 43 Muller máquinas de impresión offset

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Müller_Martini_Logo.svg



Figura 44 Mark Andy máquinas de impresión flexográficas

Fuente: www.markandy.com

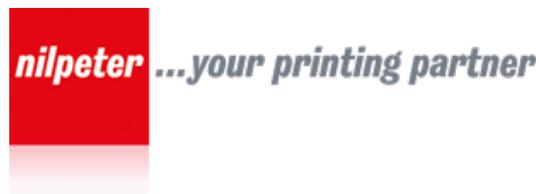


Figura 45 Nilpeter máquinas de impresión flexográficas

Fuente: www.nilpeter.com

Se analizó el monto de la inversión inicial para tres marcas líderes de impresión flexográfica y tres marcas líderes de impresión offset aunque una ya dejó de fabricar este tipo de maquinaria, pero sirvió como referencia para el costo de inversión inicial. Cabe mencionar que no se consideraron las marcas pequeñas, principalmente chinas que, aunque tienen un costo de adquisición de alrededor del 35% menor, no son consistentes en el mercado debido a su menor tiempo de vida o son marcas que desaparecen rápidamente del mercado.

De los cotizaciones obtenidas se obtuvo el costo promedio para cada uno de los sistemas de impresión.

Para obtener información sobre el costo y la frecuencia de los consumibles, se entrevistó a operadores de la máquina así como a los trabajadores de las áreas de mantenimiento y compras de los clientes seleccionados dedicadas específicamente a las máquinas de impresión. Para cada cliente, se entrevistó a los responsables y ayudantes de cada turno de producción, así como a los encargados y auxiliares de compras y mantenimiento, dando un promedio de 9 personas por cliente:

De 4 a 5 operarios, 2 personas del área compras y de 2 a 3 personas del área de mantenimiento.

No se diseñó una encuesta específica; la entrevista se llevó a cabo de forma informal y se basó en las siguientes 3 preguntas:

- Costo promedio de consumibles (tintas, placas, polímeros, lámparas, mantillas, alcohol, sustratos, baterías, anilox, limpiadores y extras), presupuesto para mantenimiento.
- Tiempo de cambio y/o compra de insumos.
- Mantenimientos preventivos, frecuencia y costo promedio de refacciones.

Con la información obtenida, se estimó el costo promedio de cada uno de los consumibles, así como la frecuencia de cambio de los mismos para un año de operación de 3 máquinas offset y 3 máquinas flexográficas, considerando solo la parte de impresión, con las siguientes configuraciones:

Máquinas offset:

- año 2012, 5 colores y ancho de impresión de 450 mm
- Año 2001, 4 colores y ancho de impresión de 520 mm
- año 2015, 4 colores y ancho de impresión de 330 mm

Máquinas flexográficas:

- año 2013, 8 colores y 15" de ancho de impresión
- año 2003, 6 colores y 18" de ancho de impresión
- año 2012, 8 colores y 12" de ancho de impresión

Además, también se tomó en cuenta los metros lineales impresos durante un año para cada máquina, y así poder calcular el costo por metro cuadrado impreso para cada uno de los sistemas, para poder compararlos, el cálculo se estimó con la siguiente fórmula:

Costo x m² de impresión (\$/m²) = costo total anual (\$) / área total impresa (m²)

Donde:

Costo total anual (\$) = Σ consumibles (\$), y;

Área total impresa (m²) = metros lineales impresos (m) x el ancho de impresión (m)

3.3. Determinación de la merma

El análisis de los factores de producción es sumamente importante, ya que los tres están directamente ligados a los márgenes de utilidad posibles en cada trabajo de impresión. La calidad de la impresión es el factor que permite reducir la merma por rechazos de los trabajos, mientras que la posibilidad de realizar los acabados en línea reduce el número de procesos, que está directamente relacionado con la merma.

Para hacer una estimación en cuanto al valor de la merma en cada proceso, se seleccionaron los 4 factores más comunes e importantes que representan la mayor parte de la merma en un proceso de impresión, no importando el tipo de tecnología que se utilice (ver figura 32):

- Metros requeridos para el ajuste
- Metros requeridos cuando existe un paro de operación o por ruptura de papel
- Metros requeridos por acabado fuera de línea (reproceso)
- Metros requeridos por unidad extra en línea

Para ver si existe una diferencia en la cantidad de merma dependiendo del tipo de sistema, se analizaron los 4 factores anteriores, ver figura 46, para trabajos similares realizados con ambos sistemas, en diferentes condiciones, trabajos nuevos, repetidos, tiros largos, tiros cortos, con acabados en línea y fuera de línea. Se analizaron 3 trabajos por máquina, dando un total de 18 trabajos de impresión, 9 para offset y 9 para flexografía, para este análisis se verificó la cantidad de merma físicamente durante producción y además en el caso de trabajos repetidos se revisaron las bitácoras de producción.

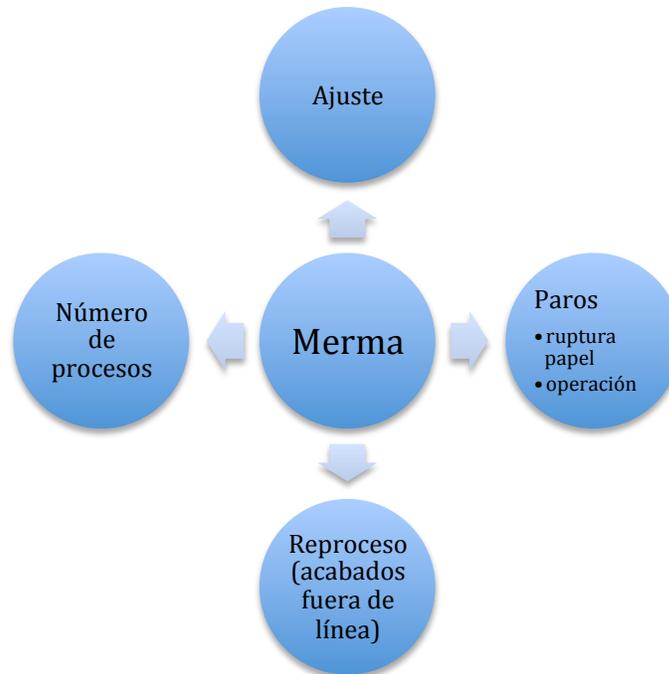


Figura 46: Factores causantes de la merma

El número de procesos y reproceso por acabados fuera de línea son factores causantes de merma que varían dependiendo del tipo de trabajo que se desea imprimir, mientras que la merma por paros depende tanto de la cantidad de impresiones requeridas así como de la habilidad del operador, siendo la merma por ajuste la más estable aunque en el caso de trabajos repetidos ésta disminuye considerablemente para el caso de impresión offset, esto debido a que los tinteros automáticos favorecen el tiempo de calibración y por lo tanto disminuyen el desperdicio para poner a punto un trabajo.

3.4. Comparación de la calidad

Para evaluar la calidad lo que se hizo fue comparar trabajos similares impresos en ambas tecnologías junto con las correspondientes áreas de calidad, en donde los puntos que se revisaron fueron los siguientes: registro, anclaje de la tinta, rechazos, tamaño y definición de textos e impresiones. Para este análisis se revisaron 18 trabajos, 9 para offset y 9 para flexografía, y para el área de calidad de cada empresa los trabajos son revisados por dos personas en producción y una más antes de la salida para entrega o entrada a almacén. Cabe mencionar que aunque no se revisaron los trabajos con el área de calidad del cliente final de los trabajos, sí se revisaron los registros para ver la causa de los rechazos más comunes.

Para el registro se observaron los trabajos con un cuenta hilos, ver figura 47, teniendo como error máximo permitido ± 0.05 mm.



Figura 47 Cuenta hilos

Fuente: http://www.sbk-mexico.com/catalogo/product_info.php?products_id=160

El cuenta hilos es una herramienta que se utiliza para revisar errores de impresión, principalmente de registro, ver figura 48.

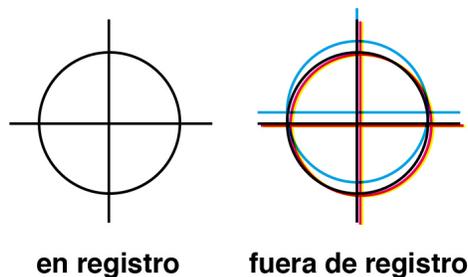


Figura 48 Marca de registro

Fuente: <https://tecnologiografica1.wordpress.com/2014/10/22/preparacion-de-originales-marcas-2/>

Para la evaluación del anclaje de la tinta la prueba que normalmente realizan es la de colocar una cinta adhesiva sobre el trabajo y verificar que no se lleve la tinta al desprenderla, y en cuanto a la definición y tamaño de los textos e impresiones, la inspección es 100% visual, aunque por las características mismas de cada sistema se sabe que el sistema flexográfico está limitado en cuanto al tamaño mínimo de los textos y la definición de las impresiones.

3.5. Acabados en línea

Para poder comparar que tanto afecta el tener los acabados fuera de línea o tener todo el proceso en una sola máquina, se evaluaron los incrementos promedio en la merma para cada proceso extra así como el número de operadores, maquinaria y tiempo extra necesarios para estos procesos, se contabilizó para cada uno de los clientes el número de procesos que se tienen fuera de línea y el número de operadores necesarios para dichas máquinas, obteniendo un valor promedio que se tomará como referencia para tener una idea del ahorro que se tendría al incorporar cada proceso en una misma máquina o el costo que representa el hacerlo por separado. Y aunque esto es independiente al tipo de sistema de impresión que se utilice, es importante considerarlo a la hora de elegir un equipo que los pueda incorporar en línea o no, por lo que se realizó una tabla comparativa para ver que tipo de acabados en línea puede ofrecer cada sistema.



Figura 49 Ventajas de máquina con acabados en línea

Las ventajas que tiene el tener todos los acabados en un mismo proceso son evidentes, ya que además de que se reduce considerablemente la merma, se reduce también el número de operadores, maquinaria y tiempo de los trabajos requeridos, como se muestra en la figura 49.

3.6. Análisis de factores externos

Estos factores son los más difíciles de cuantificar ya que son totalmente ajenos a la fabricación y tipo de máquina, y aunque influyen en los costos y la eficiencia de producción, no se pueden controlar, es por esta razón que es importante tener una estimación de los mismos.

Para comparar la facilidad y eficiencia de operación de una máquina flexográfica vs una offset, se entrevistó a los jefes de producción de los mismos 5 clientes considerando los siguientes factores:

- Tiempo de colocación de la placa de impresión vs polímero
- Tiempo preparación máquina (cambio de tintas y limpieza)
- Número de paros aceptables por cambios de material

Y ya que los tiempos de colocación de placa o polímero y de preparación de la máquina dependen de la experiencia y habilidad del operador, se consideraron estos clientes expertos en su área, para tener una medida estándar que nos servirá como referencia, ya que estos tiempos se consideraron como los óptimos para cada sistema. Y no serían los mismos para cualquier otro cliente.

Además también se consideraron los costos y posibilidad de daño de los consumibles que se cambian en cada trabajo de acuerdo a sus características físicas para cada sistema de impresión, la placa de impresión y la mantilla para el caso del offset y el anilox y el polímero para el caso de la flexografía.

También se entrevistó a los gerentes y/o dueños de las mismas 5 fabricas, y se les preguntó que tan importante era contar con asesoría relacionada a la configuración de la máquina que más se adecuara a sus necesidades, así como la importancia de estar familiarizado con un sistema de impresión en específico, y que tanto influiría esto para la toma de decisión de compra de una máquina u otra.

Por último con las configuraciones estándar consideradas para cada sistema se compararon las dimensiones físicas de cada máquina, y que tanto incrementaría por agregar una unidad extra, para determinar el espacio necesario para cada sistema y si existe una diferencia considerable entre sistemas evaluar la relevancia.

3.7. Comparación de los sistemas

Para poder realizar la comparación entre los sistemas y poder definir cual es más adecuado para determinado tipo de usuario, que es nuestro objetivo principal, se calificó cada uno de los aspectos o factores que se analizaron y que influyen en la determinación de que sistema es mejor para un caso en específico, otorgando calificaciones del 1 al 10, en donde para los factores que arrojaron resultados numéricos promedio se calculó en base a porcentajes, tomando en cuenta el valor mayor como 100% y obteniendo la parte proporcional correspondiente del valor del sistema de impresión que en cada caso arrojó un valor menor, siendo 10 = 100%, y para el caso de los factores que solo tenían información cualitativa se consideró una escala de Likert, de igual forma con valores del 1 al 10, en base a las entrevistas realizadas con el personal de las 5 empresas analizadas, donde 10 fue la escala máxima de satisfacción y 1 la mínima.

Con estas calificaciones se elaboró una tabla comparativa de ponderaciones en donde para cada caso en específico se considera la importancia de cada factor otorgando un porcentaje a los mismos, que en total de el 100%, para finalmente poder evaluar la calificación final para cada sistema en base a esta ponderación, y así saber que sistema es más adecuado para ese caso en específico.

CAPÍTULO IV

4. Resultados

4.1. Inversión inicial

Para los factores de financieros se consideró, tanto la inversión inicial como el costo de impresión por metro cuadrado de cada uno de los sistemas, para posteriormente poderlos comparar y evaluar que tan rápido es el retorno de la inversión.

Primero para el presupuesto de inversión inicial, en la tabla 2, se muestra el costo de tres diferentes marcas de máquinas tanto offset como flexográficas, en donde se consideró una configuración estándar para cada uno de los sistemas.

*Máquina	Costo (USD)	**Máquina	Costo (USD)
offset 1	\$784,000.00	flexo 1	\$336,000.00
offset 2	\$896,000.00	flexo 2	\$455,000.00
offset 3	\$550,000.00	flexo 3	\$520,000.00
Promedio	\$743,333.33	Promedio	\$437,000.00

*configuración estándar para maquina offset 5 colores, secado UV, tinteros automáticos, troquel, salida bobina, barniz.

**configuración estándar para maquina flexo, 8 colores, secado UV, tinteros automáticos, troquel, salida bobina.

Tabla 2 Costo de inversión offset vs flexo

En esta tabla se muestran los precios de fabrica antes de importación de tres principales marcas de cada uno de los sistemas de impresión, y se observa claramente que las máquinas flexográficas son mucho mas económicas que las máquinas offset, y si lo observamos en porcentajes tenemos que:

Máquina offset \$ 743,333.33	➔	100%
Máquina flexo \$ 437,000.00	➔	59%

Aunque estos porcentajes podrían variar si agrega una unidad extra de acabados ya que para ambos tipos de máquina estas unidades tienen una diferencia menor. Por ejemplo si se requiere una unidad de relieve, que para una máquina offset tienen un costo de \$60,000.00 USD en promedio y para una máquina flexográfica un costo de \$47,000.00 USD en promedio, tenemos que:

Máquina offset \$ 803,333.33 → 100%
 Máquina flexo \$ 484,000.00 → 60%

Tan solo hay una diferencia del 1%, por lo que se puede decir que no es representativo, para marcar una diferencia entre el costo de inversión inicial entre un equipo offset y uno flexográfico.

Es por esta razón que la mayoría de los posibles usuarios interesados quedan fuera de la posibilidad de adquirir un equipo offset, y aunque el mercado tiende a exigir productos con mayor calidad, y de acuerdo a las características propias de cada sistema de impresión es claro que esta demanda tiende a exigir trabajos impresos en offset, solo los clientes más importantes con grandes volúmenes de impresión tienen acceso o posibilidad de adquirir un equipo que requiere una inversión inicial tan importante.

4.2. Costo de impresión

Para el cálculo de costos de impresión se consideraron los costos promedio de los consumibles más representativos para cada sistema de impresión así como su frecuencia anual, y para obtener el precio de impresión por m² se consideraron los metros lineales totales impresos y el ancho de impresión de cada máquina, como se muestra en las tablas 3 y 4:

Costos y frecuencias anuales de empresas offset

	Empresa 1		Empresa 2		Empresa 3	
Máquina	año 2012, 5 colores y ancho de 450 mm		año 2001, 4 colores y ancho de 520 mm		año 2015, 4 colores y ancho de 330 mm	
Impresión (m)	6,435,000		9,652,500		5,850,000	
# de trabajos	1,248		130		624	
	Costo	Frec.	Costo	Frec.	Costo	Frec.
Placa	\$374,400	624	\$93,600	195	\$199,680	416
Mantilla	\$19,600	4	\$23,520	6	\$15,680	4
Tintas	\$4,124,900	2171	\$5,721,280	3764	\$2,199,440	1447
Lamparas	\$59,280	2.5	\$59,280	3	\$35,568	2
Alcohol	\$29,016	52	\$43,524	78	\$29,016	52
Limpiadores	\$8,580	78	\$10,296	94	\$30,800	70
Baterías	\$86,667	0.33	\$138,667	0.67	\$69,333	0.33
Extras	\$52,000	52	\$78,000	78	\$52,000	52
Refacciones	\$60,000	1	\$100,000	2	\$50,000	1
Total Anual	\$4,814,443		\$6,268,167		\$2,681,517	
Precio x m2	\$1.66		\$1.25		\$1.39	

Tabla 3 Costo de impresión en offset

En esta tabla se muestran los costos anuales de los consumibles para poder imprimir en una máquina offset así como el costo anual de refacciones requeridas para su mantenimiento, en donde se puede observar que los elementos que más influyen en el aumento o disminución del costo de impresión son los siguientes:

El número de unidades de impresión (colores) que tiene cada máquina, por lo que para la empresa 1 que tiene una máquina de 5 colores los costos totales siempre son mayores ya que se multiplican por 5 unidades a diferencia de las máquinas de las empresas 2 y 3 que tienen 4 colores, aunque la empresa 1 tiene la ventaja de poder imprimir un color directo además de la cuatricromía lo que le da mayor versatilidad para mayor definición en algún trabajo en específico y las otras 2 empresas necesitarían reprocesar el trabajo si necesitaran un color directo también.

Las placas de impresión ya que su consumo depende del número de trabajos realizados en un año y aunque éstas se pueden reutilizar, esto depende tanto del número de impresiones y/o el número de veces que se reimprima el trabajo ya que sufren desgaste también al manipularlas. Es por esta razón que para el caso de la empresa 1 y 2 tenemos los consumos más altos en cuanto a placas de impresión.

Empresa 1	1,248 trabajos	624 placas x color	total \$ 374,400
Empresa 2	130 trabajos	195 placas x color	total \$ 93,600
Empresa 3	624 trabajos	416 placas x color	total \$ 199,680

Las tintas cuyo consumo depende directamente del número de metros lineales impresos, aunque es importante mencionar que mientras más número de trabajos se impriman incrementa un poco el gasto en cuanto el consumo de tintas por ajuste, es por esta razón que la relación no es lineal.

Empresa 1	6,435,000 impresión (m)	2,171 tinta (kg)	total \$ 4,124,900
Empresa 2	9,652,500 impresión (m)	3,764 tinta (kg)	total \$ 5,721,280
Empresa 3	5,850,000 impresión (m)	1,447 tinta (kg)	total \$ 2,199,440

Las baterías de impresión que depende directamente del número de metros lineales impresos y en menor medida de si la máquina es más reciente o más vieja, teniendo que la empresa 2 que es la máquina que más imprime y la mas vieja se hace cambio de baterías cada 18 meses y para la empresa 1 y 3 se realiza cambio cada 36 meses.

Empresa 1	6,435,000 impresión (m)	36 meses	total en un año \$ 86,667
Empresa 2	9,652,500 impresión (m)	18 meses	total en un año \$ 138,667
Empresa 3	5,850,000 impresión (m)	36 meses	total en un año \$ 69,333

Las refacciones que se necesitan para el mantenimiento habitual de la máquina que como se puede ver éstas aumentan cuando la máquina es mas vieja y por el número de unidades que tenga la máquina.

Empresa 1	año 2012	5 colores	refacciones \$ 60,000
Empresa 2	año 2001	4 colores	refacciones \$ 100,000
Empresa 3	año 2015	4 colores	refacciones \$ 50,000

Finalmente con la suma de todos los costos se obtuvo un total anual para cada empresa y para calcular el costo por metro cuadrado de impresión se dividió este total entre los metros cuadrados totales impresos en un año, que se obtuvieron multiplicando los metros lineales impresos por el ancho de impresión.

Empresa 1	total \$ 4,814,433	m ² impresos 2,895,750	costo x m ² \$ 1.66
Empresa 2	total \$ 6,268,167	m ² impresos 5,019,300	costo x m ² \$ 1.25
Empresa 3	total \$ 2,681,517	m ² impresos 1,930,500	costo x m ² \$ 1.39

Y aunque el costo por metro cuadrado de impresión varía de acuerdo a los consumibles, número de colores y modelo de la máquina, está claro que mientras más m² impresos obtengamos la eficiencia de la máquina será mejor y por lo tanto el costo x m² impreso será menor.

Costos y frecuencias anuales de empresas flexográficas

	Empresa 1		Empresa 2		Empresa 3	
Máquina	año 2013, 8 colores y 15" de ancho		año 2003, 6 colores y 18" de ancho		año 2012, 8 colores y 12" de ancho	
Impresión (m)	7,507,500		10,725,000		6,435,000	
# de trabajos	312		104		624	
	Costo	Frec.	Costo	Frec.	Costo	Frec.
Polimero	\$943,488	125	\$589,680	104	\$1,048,320	139
Tintas	\$6,006,000	3003	\$7,722,000	5148	\$4,118,000	2059
Anilox	\$604,800	3	\$529,200	4	\$604,800	3
Lamparas	\$94,848	2.5	\$88,920	3	\$71,136	2
Alcohol	\$30,056	52	\$45,084	78	\$30,056	52
Limpiadores	\$11,700	78	\$14,040	94	\$10,500	70
Adhesivo	\$24,960	156	\$12,480	104	\$22,240	139
Extras	\$78,000	52	\$117,000	78	\$78,000	52
Refacciones	\$90,000	1	\$135,000	2	\$90,000	1
Total Anual	\$7,883,852		\$9,253,404		\$6,073,052	
Precio x m2	\$2.76		\$1.89		\$3.10	

Tabla 4 Costo de impresión en flexo

En esta tabla se muestran los costos anuales de los consumibles para poder imprimir en una máquina flexográfica así como el costo anual de refacciones requeridas para su mantenimiento habitual, aceite, grasa, refrigerante etc.

En donde se puede observar que los elementos que mas influyen en el aumento o disminución del costo de impresión son los siguientes:

El número de unidades de impresión (colores), como se puede ver para el caso de las empresas 1 y 3 que tienen máquinas de 8 colores, se observan los costos más altos y para la empresa 2 que tiene una máquina de 6 colores los costos disminuyen aunque es importante resaltar que tanto la empresa 1 como la 3 pueden realizar trabajos más complicados debido a la versatilidad que les da tener más unidades de impresión en sus máquinas, lo que es igual a poder vender sus trabajos a un precio mayor.

Los polímeros que su frecuencia está directamente relacionada con el número de trabajos que se realizan en un año y aunque estos se pueden reutilizar tienen un tiempo de vida que depende tanto del número de impresiones como del cambio y manipulación de los mismos y al ser filmados en relieve el riesgo de daño por manipulación aumenta mientras más trazos o relieves finos tenga la impresión.

Empresa 1	312 trabajos	125 polímeros x color	total \$ 943,488
Empresa 2	104 trabajos	104 polímeros x color	total \$ 589,680
Empresa 3	624 trabajos	139 polímeros x color	total \$ 1,048,320

Las tintas que su consumo está directamente relacionado con el número de metros lineales impresos y el número de unidades de impresión que tenga la máquina, aunque es importante mencionar que mientras más trabajos diferentes se realicen el consumo aumenta por cuestiones de limpieza y ajuste, es por esto que la relación no es lineal a los metros de impresión.

Empresa 1	7,507,500 impresión (m)	3,003 tinta (kg)	total \$ 4,124,900
Empresa 2	10,725,000 impresión (m)	5,148 tinta (kg)	total \$ 5,721,280
Empresa 3	6,435,000 impresión (m)	2,059 tinta (kg)	total \$ 2,199,440

Los rodillos anilox que son los que determinan la aportación de tinta hacia el polímero de acuerdo a su lineatura, por lo que se requieren diferentes rodillos de acuerdo a la necesidad de tinta por color para cada trabajo así como para trabajos de formatos diferentes y aunque estos son compatibles entre unidades, la frecuencia o número de rodillos anilox está definida tanto por el número de unidades de impresión como por la variedad y número de trabajos realizados en formatos diferentes. Es por esta razón que es común ver una gran cantidad de rodillos anilox en empresas que utilizan flexografía.

Empresa 1	8 colores	312 trabajos	24 anilox	total \$ 604,800
Empresa 2	6 colores	104 trabajos	21 anilox	total \$ 529,200
Empresa 1	8 colores	624 trabajos	24 anilox	total \$ 604,800

Las refacciones que se necesitan para el mantenimiento habitual de la máquina que como se puede ver éstas aumentan cuando la máquina es mas vieja y por el número de unidades que tenga la máquina.

Empresa 1	año 2013	8 colores	refacciones \$ 90,000
Empresa 2	año 2003	6 colores	refacciones \$ 135,000
Empresa 3	año 2012	8 colores	refacciones \$ 90,000

Finalmente con la suma de todos los costos se obtuvo un total anual para cada empresa y para calcular el costo por metro cuadrado de impresión se dividió este total entre los metros cuadrados totales impresos en un año, que se obtuvieron multiplicando los metros lineales impresos por el ancho de impresión.

Empresa 1	total \$ 7,883,852	m ² impresos 2,860,357	costo x m ² \$ 2.76
Empresa 2	total \$ 9,253,404	m ² impresos 4,903,470	costo x m ² \$ 1.89
Empresa 3	total \$ 6,073,052	m ² impresos 1,961,388	costo x m ² \$ 3.10

Y aunque el costo por metro cuadrado de impresión varía de acuerdo a los consumibles, número de colores y modelo de la máquina, está claro que mientras más m² impresos obtengamos la eficiencia de la máquina será mejor y por lo tanto el costo x m² impreso será menor.

4.3. Rentabilidad y retorno de inversión

Como se puede observar en la tabla 5, el costo por m² de impresión depende tanto del número de unidades de impresión con las que cuenta la máquina, así como de la cantidad de impresiones, tinta y número de trabajos. Y la diferencia en cuanto al costo de impresión entre una máquina flexográfica y una offset se da principalmente debido a que para imprimir en flexografía se necesitan más unidades de impresión y el costo de los polímeros y rodillos anilox es considerablemente mayor en comparación con el costo de las placas y las baterías de impresión que se utilizan en las máquinas offset, es por esta razón que las máquinas offset son más versátiles cuando se requiere imprimir mayor número de trabajos cortos en diferentes formatos.

Promedios	Offset	Flexografía
Unidades mínimas necesarias	4	6
Trabajos	667	346
m ² impresos	3,281,850	3,241,739
Gasto anual polímero vs placa	\$222,560.00	\$860,496.00
Gasto anual anilox vs baterías	\$98,222.22	\$579,600.00
Gasto anual por tintas	\$4,015,206.67	\$5,948,666.67
costo x m ² de impresión	\$1.43	\$2.58

Tabla 5 Costos promedio

Como se muestra en la tabla 5, para un numero de m² impresos promedio similar existe una diferencia considerable en los gastos anuales tanto de tintas como de polímero vs placa y anilox vs baterías lo que se refleja en el costo por m² de impresión, además de que se demuestra que las máquinas offset son mas versátiles para usuarios que imprimen una gran variedad de trabajos y formatos diferente.

Polímero flexo \$ 860,496	→	100%
Placa offset \$ 222,560	→	26%
Anilox flexo \$ 579,600	→	100%
Batería offset \$ 98,222	→	17%
Tintas flexo \$ 5,948,666	→	100%
Tintas offset \$ 4,015,206	→	67%
Impresión flexo \$ 2.58	→	100%
Impresión offset \$ 1.43	→	56%

Por lo que se puede decir que una máquina offset es mas rentable que una máquina flexográfica ya que el costo por m² de impresión en offset es un 56% del costo impresión en flexografía lo que significa que el imprimir en offset te permite tener una ganancia aún cuando el precio de venta sea el costo de impresión en flexografía, lo que te da una buena estrategia de mercado, esto es muy importante ya que cada vez mas el mercado de la flexografía converge con el mercado del offset.

Además de que para el caso de las tintas, aunque el costo por kg de tinta UV es mayor para el offset \$380.00 en comparación con el costo por kg de tinta UV flexográfica \$250.00, la aportación normal de una tinta offset UV es de 1.5 gr/m² y la aportación normal de una tinta flexográfica UV es de 3.5 gr/m², lo que representa menor consumo en el caso del offset, es por esta razón que el gasto total anual en tintas es mayor para el sistema flexográfico.

Aportación tintas flexo 3.5 gr/m ²	→	100%
Aportación tintas offset 1.5 gr/m ²	→	43%

Por otra parte en cuanto al retorno de inversión si por ejemplo consideramos que para los costos x m² promedio de cada uno de los sistemas el sustrato de impresión fue papel cuche autoadhesivo el cual tiene un costo promedio x m² de \$6.20 y el precio de venta promedio x m² de una etiqueta autoadhesiva que solo lleva impresión (sin ningún acabado extra) es de \$9.25, ver tabla 6, tenemos que:

Promedios	Offset	Flexografía
m ² impresos	3,281,850	3,241,739
Costo x m ² de impresión	\$1.43	\$2.58
Costo del sustrato x m ²	\$6.20	\$6.20
Precio de venta x m ²	\$9.25	\$9.25
Ingrseos	\$30,357,112.50	\$29,986,081.13
Egresos	\$25,064,297.35	\$28,474,321.95
Utilidad	\$5,292,815.15	\$1,511,759.17
Utildad en USD	\$286,098.12	\$81,716.71

Tabla 6 Utilidad de producción

Lo que nos deja una clara diferencia en cuanto al margen de utilidad entre un sistema y otro, que para el cálculo en USD se consideró un T.C. de \$ 18.50 pesos por USD, y aunque la inversión inicial de una máquina offset es mucho mayor que la de una máquina flexográfica, si consideramos los costos promedios para cada sistema, ver tabla 7, tenemos los siguiente:

Promedios	Offset	Flexografía
Costo del equipo en USD	\$743,333.33	\$437,000.00
Utilidad anual en USD	\$286,098.12	\$81,716.71
Retorno de inversion en años	2.60	5.35

Tabla 7 Retorno de inversion

En la tabla 7, se observa que el retorno de inversión promedio para una máquina offset es de 2.6 años mientras que para una máquina flexográfica que es de 5.35 años, casi el doble de tiempo.

Es importante resaltar que estos cálculos están hechos en base a los promedios de cada sistema de impresión, pero como se observó en las tablas para el cálculo de los costos de impresión éstos dependen directamente de la eficiencia, metros impresos, número de trabajos y unidades de impresión de cada máquina en específico, así mismo también hay que considerar que mientras más completa sea una máquina permite también un mejor precio de venta de los trabajos impresos, por lo que si se realiza el cálculo para cada una de las máquinas se obtendrían resultados diferentes. Aunque sí nos deja la idea clara de que el retorno de inversión es mas rápido para una máquina offset, lo que permite obtener ganancias o hacer inversiones futuras más rápido. Finalmente este tipo de equipos tienen un tiempo de vida estimado por los fabricantes de 10 años, lo que para cualquiera de los 2 sistemas de impresión deja un margen de vida útil bastante amplio para poder obtener ganancias sobre la inversión, además de que por lo general en México trabajan por mas de 20 años.

4.4. Determinación de la merma

En las tablas 8, 9, 10 y 11, se muestran los factores más importantes que se analizaron para la determinación de la merma, los metros necesarios para ajustar la máquina, el número de paros y la cantidad de acabados (ya sea en línea o fuera de línea), para 3 trabajos similares de tres diferentes clientes para cada tipo de tecnología.

Cantidad de merma en máquinas offset

Máquina	Trabajo		Paros		Acabados			
					Fuera de línea		En línea	
	Impresión (m)	Ajuste (m)	#	(m)	#	(m)	#	(m)
año 2012, 5 colores y ancho de 450 mm	3500	95	1	28			2	8.5
	7500	110	3	30			3	11
	4500	202	0	0	1	150	1	12
año 2001, 4 colores y ancho de 520 mm	8000	255	2	24			1	10
	10000	295	3	27	2	145	1	15
	12000	243	5	32			2	34
año 2015, 4 colores y ancho de 330 mm	4000	221	1	22			2	13
	3000	223	0	0	1	110	1	11
	2500	215	0	0			2	12
Promedio		207						

Tabla 8 Merma máquinas offset

En la tabla 8, se muestran los metros necesarios por ajuste, por paro y por acabados ya sea en línea o fuera de línea, así como el número de acabados y paros, para 9 trabajos diferentes impresos en máquinas offset y se puede observar que el usuario de la máquina 2012 tiene trabajos que van de los 4,500 a los 7,500 metros de impresión, el usuario de la máquina 2001 trabajos que van de los 8,000 a los 12,000 metros de impresión y el usuario de la máquina 2015 trabajos de los 2,500 a los 4,000 metros de impresión siendo este último el que tiene los tirajes más cortos, por lo que el número de paros es menor ya que en comparación con los otros 2 usuarios, que para trabajos de más de 5,000 metros de impresión, tendrían como mínimo un paro por cambio de bobina de material, este último evita ese paro lo que se traduce en menor merma en metros lineales aunque como se verá en la siguiente tabla el porcentaje de merma con respecto a los metros impresos no disminuye.

Por otra parte si observa la columna de la cantidad de metros de merma por ajuste podemos ver que va de los 95 a los 295 metros, con un promedio de 207 metros de merma por ajuste, esta diferencia es debido a que para los casos donde los metros de ajuste fueron menores 95 y 110 metros, se trataba de trabajos repetidos por lo que el

ajuste de tinteros fue mínimo, ahora si nos vamos a las columnas de acabados, se puede ver que se divide en acabados fuera de línea y en línea y es muy notoria la diferencia y por lo tanto la ventaja que se tiene al tener los acabados incorporados en la misma máquina, ya que la merma por acabado fuera de línea va de los 110 a los 150 metros, mientras que cuando están en línea va de los 8.5 a los 34 metros como máximo, una diferencia de mas del 70% en el peor de los casos.

En la tabla 9 se muestra un comparativo de la merma total entre el trabajo solo con la impresión y el trabajo con la impresión y acabados, ya sea fuera de línea o en línea, para los mismos 9 trabajos, donde:

$$\text{Total (m) sin acabados} = \text{ajuste (m)} + ((\# \text{ paros}) * (\text{paro (m)}))$$

$$\text{Porcentaje (\%) sin acabados} = \frac{\text{total (m) sin acabados}}{(\text{total (m) impresos} + \text{total (m) sin acabados})} * 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Total (m) acabados} = & \\ & ((\# \text{ acabados fuera de línea}) * (\text{acabado fuera de línea (m)})) + \\ & ((\# \text{ acabados en línea}) * (\text{acabado en línea (m)})) \end{aligned}$$

$$\text{Total (m) con acabados} = \text{total (m) sin acabados} + \text{total (m) acabados}$$

$$\text{Porcentaje (\%) con acabados} = \frac{\text{total (m) con acabados}}{(\text{total (m) impresos} + \text{total (m) con acabados})} * 100\%$$

Merma total x ajuste en máquinas offset

Máquina	Ajuste			
	Con acabados		Sin acabados	
	Total (m)	Porcentaje	Total (m)	Porcentaje
año 2012, 5 colores y ancho de 450 mm	140	4%	123	3%
	233	3%	200	3%
	364	7%	202	4%
año 2001, 4 colores y ancho de 520 mm	313	4%	303	4%
	681	6%	376	4%
	471	4%	403	3%
año 2015, 4 colores y ancho de 330 mm	269	6%	243	6%
	344	10%	223	7%
	239	9%	215	8%
Promedio	339	6%	254	5%

Tabla 9 Merma total por ajuste máquinas offset con y sin acabados en línea

Y en la figura 50, se puede ver gráficamente el total de metros por ajuste requeridos para cada uno de los trabajos tanto con acabados como sin acabados y sus respectivos promedios, lo que nos deja ver más claramente los resultados de la tabla 9.

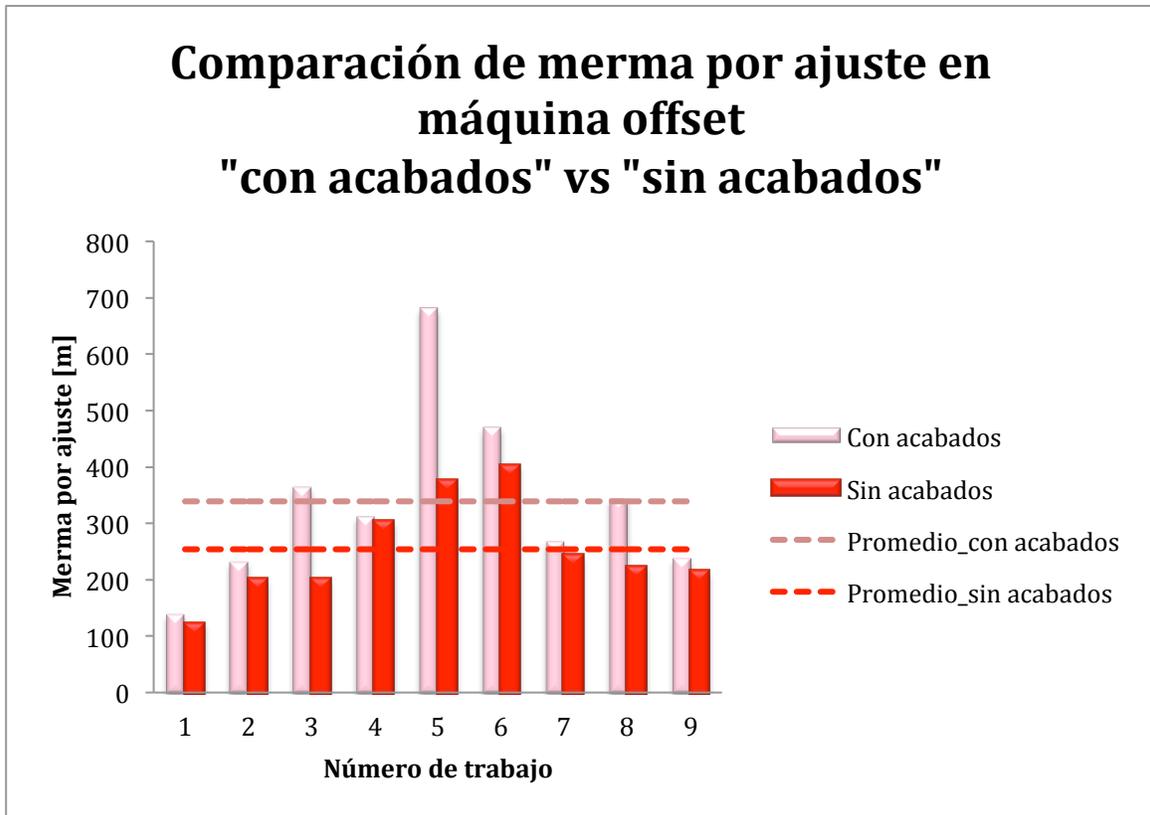


Figura 50 Comparación de merma por ajuste en máquina offset "con acabados" vs "sin acabados"

Como se ve en la tabla 9 y en la figura 50, los porcentajes de merma por pura impresión (sin acabados), van del 3% al 8% respecto al total de metros de material utilizado para cada trabajo, teniendo los mayores porcentajes de merma en el usuario de la máquina 2015 que como se vio en la tabla anterior era el que tenía los trabajos de tirajes más cortos es por esto que el porcentaje en la merma aumenta, ya que si vemos la cantidad de metros esta por debajo de la media, por otra parte si comparamos los porcentajes de merma sin acabados contra los porcentajes de merma con acabados podemos ver que para los trabajos que no tenían acabados fuera de línea el incremento en la merma fue de tan solo el 1%, mientras que para los trabajos que tenían acabados fuera de línea el incremento fue del 2%, y en el caso del trabajo que tenía 2 acabados fuera de línea la merma fue de 376 metros a 681 metros, casi el doble, lo que nos deja ver claramente de nuevo la ventaja de tener los acabados incorporados en la misma máquina.

A continuación se analizaron los metros necesarios para ajustar una máquina flexográfica, el número de paros y la cantidad de acabados (ya sea en línea o fuera de línea), para poder comparar los sistemas:

Cantidad de merma en máquinas flexográficas

Máquina	Trabajo		Paros		Acabados			
	Impresión (m)	Ajuste (m)	#	(m)	Fuera de línea		En línea	
			#	(m)	#	(m)	#	(m)
año 2013, 8 colores y 15" de ancho	3750	223	0	0			2	16
	8000	174	2	110			1	14
	5000	181	1	121	1	113	1	15
año 2003, 6 colores y 18" de ancho	9500	245	2	115			2	17
	11000	267	3	124	2	98	1	12
	11000	233	4	132	1	105	1	18
año 2012, 8 colores y 12" de ancho	3500	204	1	102	1	101	1	10
	2500	157	0	0	1	98	1	11
	4500	221	1	99			2	16
Promedio		212						

Tabla 10 Merma máquinas flexo

En la tabla 10, se muestran los metros necesarios por ajuste, por paro y por acabados ya sea en línea o fuera de línea, así como el número de acabados y paros, para 9 trabajos diferentes impresos en máquinas flexográficas y se puede observar que el usuario de la máquina 2013 tiene trabajos que van de los 3,750 a los 8,000 metros de impresión, el usuario de la máquina 2003 trabajos que van de los 9,500 a los 11,000 metros de impresión y el usuario de la máquina 2012 trabajos de los 3,500 a los 4,500 metros de impresión siendo este último el que tiene los tirajes más cortos, por lo que el número de paros es menor ya que en comparación con los otros 2 usuarios, que para trabajos de más de 5,000 metros de impresión, tendrían como mínimo un paro por cambio de bobina de material, este último evita ese paro lo que se traduce en menor merma en metros lineales aunque como se verá en la siguiente tabla el porcentaje de merma con respecto a los metros impresos no disminuye.

Por otra parte si observa la columna de la cantidad de metros de merma por ajuste podemos ver que va de los 157 a los 267 metros, con un promedio de 212 metros de merma por ajuste, ahora si nos vamos a las columnas de acabados, se puede ver que se divide en acabados fuera de línea y en línea, y es muy notoria la diferencia que hay entre uno y otro, por lo que la ventaja que se tiene al tener los acabados incorporados en la misma máquina es evidente, ya que la merma por acabado fuera de línea va de

los 98 a los 113 metros, mientras que cuando están en línea va de los 10 a los 18 metros como máximo, una diferencia de mas del 80% en el peor de los casos.

En la tabla 11 se muestra un comparativo de la merma total entre el trabajo solo con la impresión y el trabajo con la impresión y acabados, ya sea fuera de línea o en línea, para los mismos 9 trabajos, donde:

$$\text{Total (m) sin acabados} = \text{ajuste (m)} + ((\# \text{ paros}) * (\text{paro (m)}))$$

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ sin acabados} = \frac{\text{total (m) sin acabados}}{(\text{total (m) impresos} + \text{total (m) sin acabados})} * 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Total (m) acabados} = & \\ & ((\# \text{ acabados fuera de línea}) * (\text{acabado fuera de línea (m)})) + \\ & ((\# \text{ acabados en línea}) * (\text{acabado en línea (m)})) \end{aligned}$$

$$\text{Total (m) con acabados} = \text{total (m) sin acabados} + \text{total (m) acabados}$$

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ con acabados} = \frac{\text{total (m) con acabados}}{(\text{total (m) impresos} + \text{total (m) con acabados})} * 100\%$$

Merma total x ajuste en máquinas flexográficas

Máquina	Ajuste			
	Con acabados		Sin acabados	
	Total (m)	Porcentaje	Total (m)	Porcentaje
año 2013, 8 colores y 15" de ancho	223	6%	223	6%
	394	5%	394	5%
	430	8%	302	6%
año 2003, 6 colores y 18" de ancho	475	5%	475	5%
	859	7%	639	5%
	884	7%	761	6%
año 2012, 8 colores y 12" de ancho	417	11%	306	8%
	266	10%	157	6%
	320	7%	320	7%
Promedio	474	7%	397	6%

Tabla 11 Merma total por ajuste en máquinas flexográficas con y sin acabados en línea

Y en la figura 51, se puede ver gráficamente el total de metros por ajuste requeridos para cada uno de los trabajos tanto con acabados como sin acabados y sus respectivos promedios, lo que nos deja ver más claramente los resultados de la tabla 11.

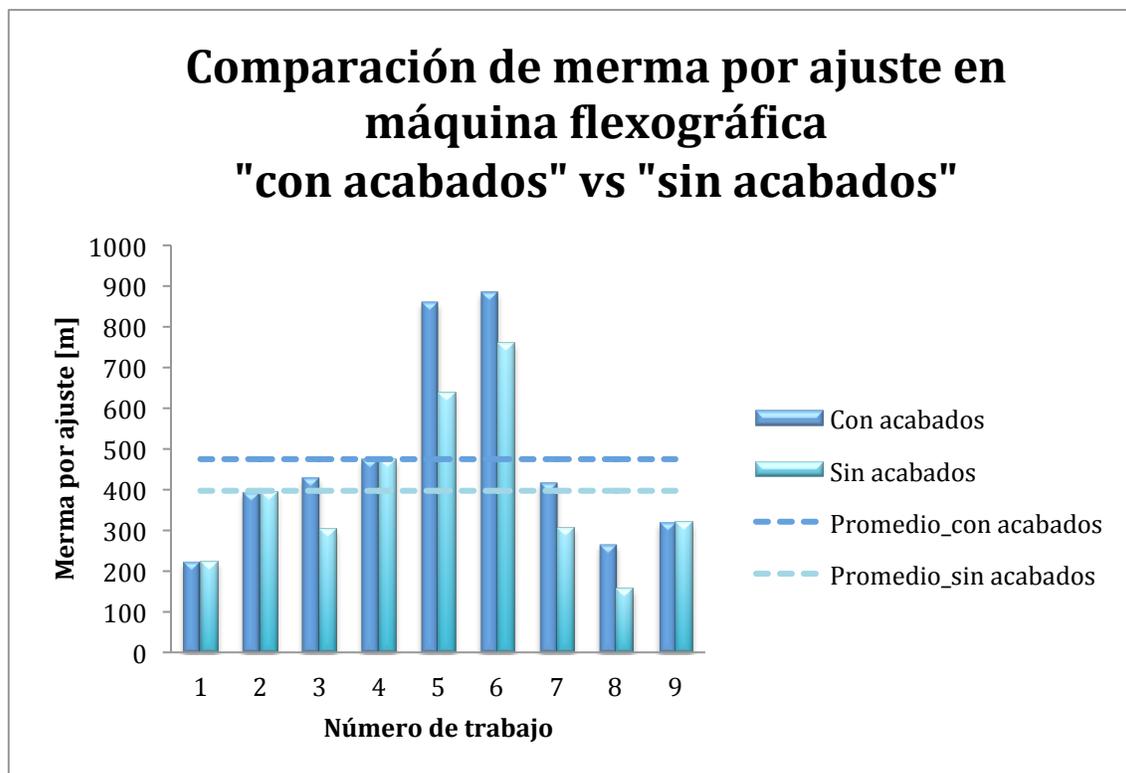


Figura 51 Comparación de merma por ajuste en máquina flexográfica "con acabados" vs "sin acabados"

Como se ve en la tabla 11 y en la figura 51, los porcentajes de merma por pura impresión (sin acabados), van del 5% al 8% respecto al total de metros de material utilizado para cada trabajo, teniendo los mayores porcentajes de merma en el usuario de la máquina 2012 que como se vio en la tabla anterior era el que tenía los trabajos de tirajes mas cortos es por esto que el porcentaje en la merma aumenta, ya que si vemos la cantidad de metros esta por debajo de la media, por otra parte si comparamos los porcentajes de merma sin acabados contra los porcentajes de merma con acabados podemos ver que para los trabajos que no tenían acabados fuera de línea el incremento en la merma fue de tan solo el 1%, mientras que para los trabajos que tenían acabados fuera de línea el incremento fue entre el 2% y el 3%, y en el caso del trabajo que tenía 2 acabados fuera de línea la merma fue de 639 metros a 859 metros, no es tan marcado como en las máquinas offset, debido a que para las máquinas flexográficas la merma por ajuste es mayor pero nos deja ver claramente de nuevo la ventaja de tener los acabados incorporados en la misma máquina.

Por último en las figuras 52, 53, 54 y 55, se representa gráficamente la comparación entre las tablas 8, 9, 10 y 11, para tener una idea más clara de los resultados obtenidos y como se mencionó en la metodología estos datos se recopilaron de empresas líderes en el mercado, con operadores especialistas en cada uno de los sistemas, por lo que se puede considerar que estos promedios son los estándares para trabajos que van de los 2,500 a los 12,000 metros de impresión, y comparando ambos sistemas se obtuvo como resultado lo siguiente:

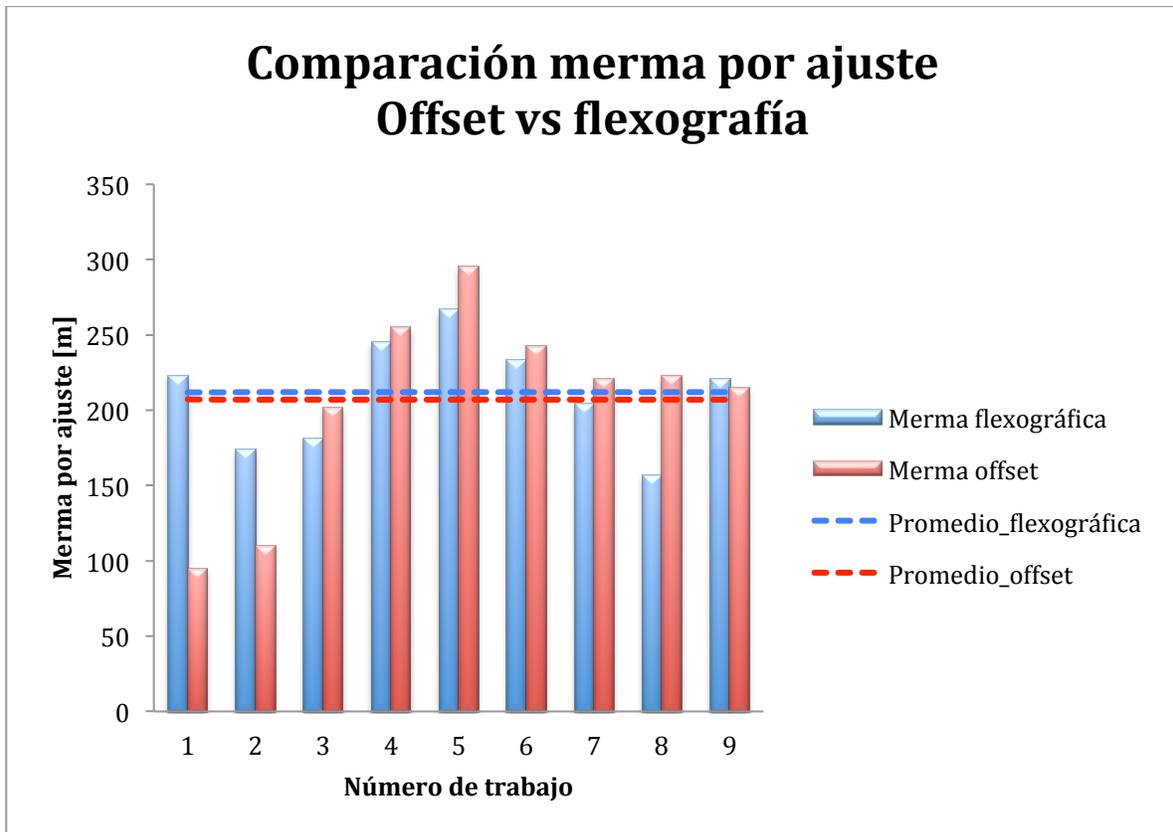


Figura 52 Comparación merma por ajuste Offset vs flexografía

Merma promedio por ajuste offset	➔	207 metros
Merma promedio por ajuste flexografía	➔	212 metros

En la merma por ajuste podemos ver que la diferencia entre los promedios no es representativa entre los sistemas, pero es importante mencionar que para el caso de trabajos repetitivos las máquinas offset tienen una ventaja ya que esta merma por ajuste se reduce considerablemente, por ejemplo: para el caso del usuario de la máquina offset 2012 tiene un trabajo repetido que requirió una merma por ajuste de 95 metros que si se compara con el trabajo que requirió de menores metros por ajuste en las máquinas flexográficas que fue de 157 metros, existe una diferencia

considerable, por lo que se puede decir que si el análisis se hubiera realizado con puros trabajos repetidos para el caso de las máquinas offset (que son las únicas que cuentan con registro de trabajos debido a los tinteros automáticos), se hubiera notado una diferencia bastante marcada en los promedios de metros por ajuste.

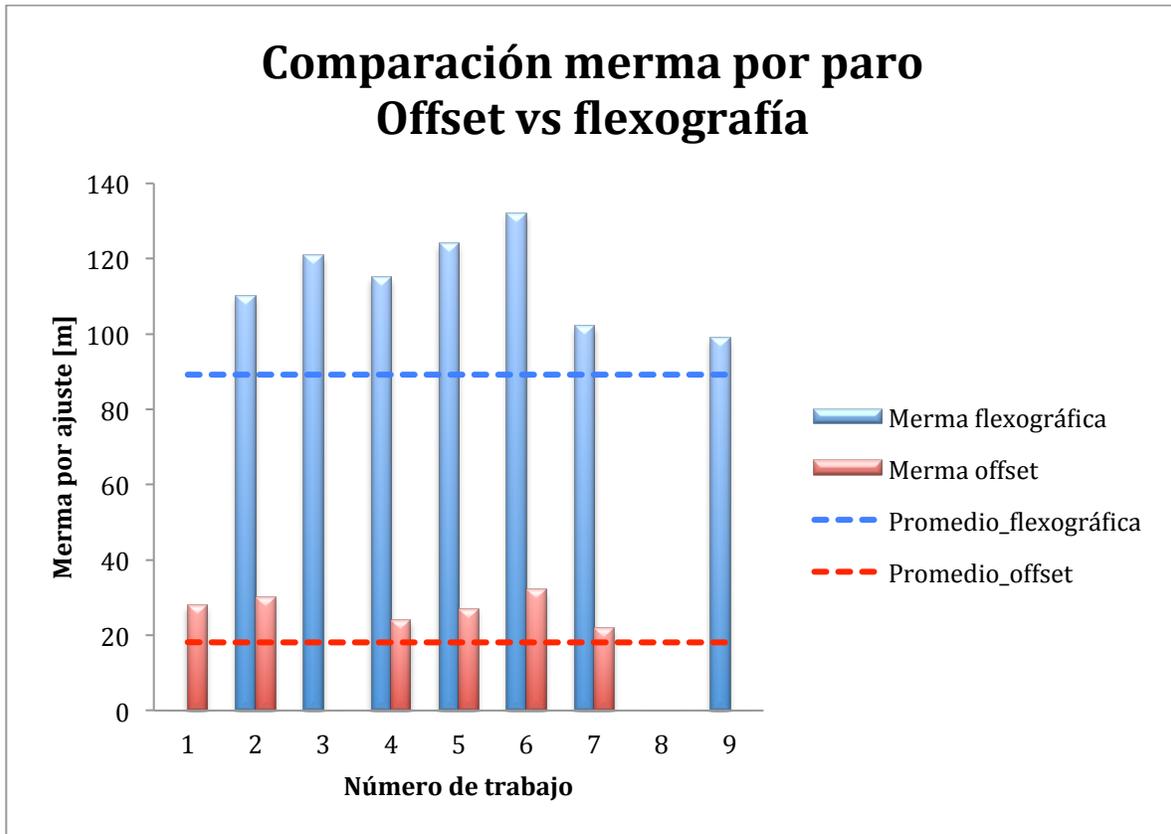


Figura 53 Comparación merma por paro Offset vs flexografía

Merma promedio por paro en offset	➔	18 metros
Merma promedio por paro en flexografía	➔	89 metros

Aquí es donde se puede ver una diferencia considerable en la merma, esto es debido a que para el caso del sistema offset cuando existe un paro, la máquina sufre desajustes mínimos lo que permite que para volver a arrancar la máquina se necesiten pocos metros para volver a tener el trabajo listo, a diferencia del sistema flexográfico que la máquina requiere de una nueva calibración de las unidades de impresión y si a esto le sumamos que las máquinas flexográficas por diseño suelen tener mas unidades de impresión que las máquinas offset, los metros requeridos para el ajuste aumentan, necesitando casi un 50% de los metros requeridos para un ajuste inicial.

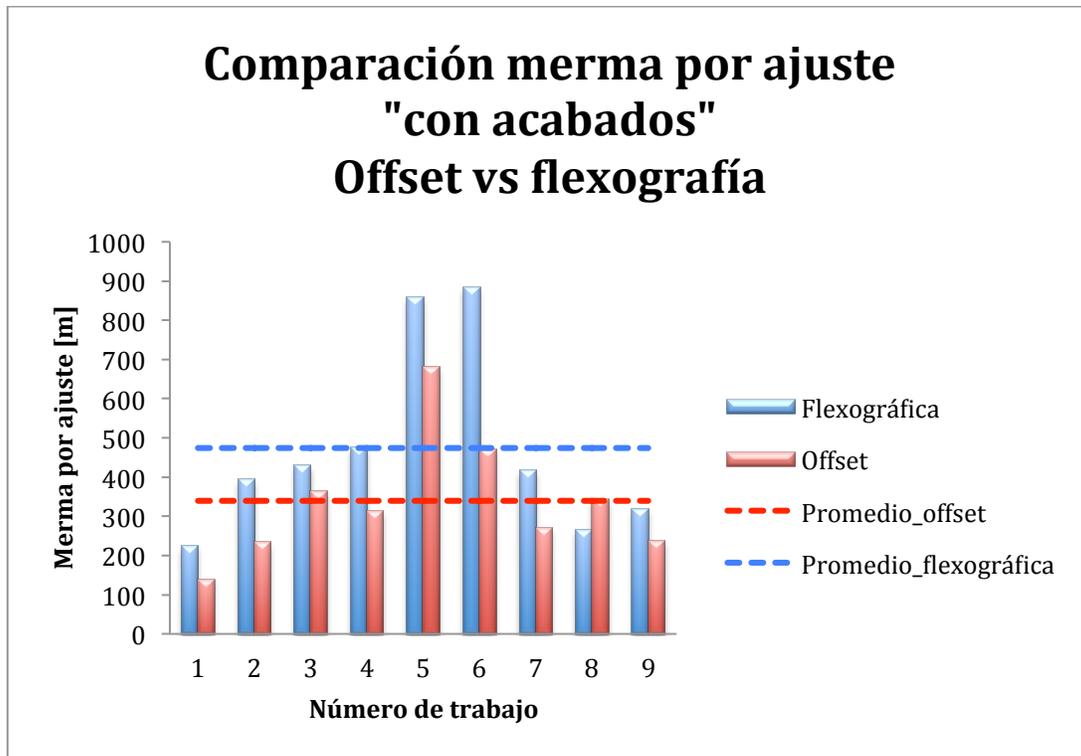


Figura 54 Comparación merma por ajuste "con acabados" Offset vs flexografía

Merma promedio con acabados en línea en offset → 339 metros
 Merma promedio con acabados en línea en flexografía → 474 metros

En la figura 54, se puede ver la merma total con acabados para cada sistema, ya sea en línea o fuera de línea, y aunque los metros por acabado fuera de línea fueron mayores para el sistema offset, se puede observar una clara diferencia en los metros necesarios por ajuste, entre el sistema offset y el flexográfico, esto es debido a la cantidad de merma que se genera en los paros, que como se pudo ver en la gráfica de la figura 53, ésta es considerablemente mayor en el sistema flexográfico.

Es importante mencionar también la merma promedio por acabado para ambos sistemas, que aunque en principio deberían ser las mismas, como se vio en las tablas 8 y 10, existió una variación cuando los acabados se realizaron fuera de línea.

Merma promedio por acabado en línea en offset → 14.1 metros
 Merma promedio por acabado en línea en flexografía → 14.3 metros

En la merma por acabados en línea prácticamente no existe diferencia, debido a que al tratarse de unidades iguales adaptadas a cada máquina respectivamente, la merma es la misma al ajustar estas unidades.

Merma promedio por acabado fuera línea en offset → 135 metros
 Merma promedio por acabado fuera línea en flexografía → 103 metros

Aquí podemos ver una ligera diferencia, aunque esta no depende realmente del tipo de sistema de impresión, si no mas bien del tipo de acabado que se haya realizado al trabajo impreso ya que hay algunos acabados, como el hot stamping, que generan mas metros de merma debido a que son susceptibles a tener error o son mas delicados de trabajar, que para el caso de las impresiones en offset este tipo de acabados son mas comunes y es por esto que se ve una diferencia en la merma.

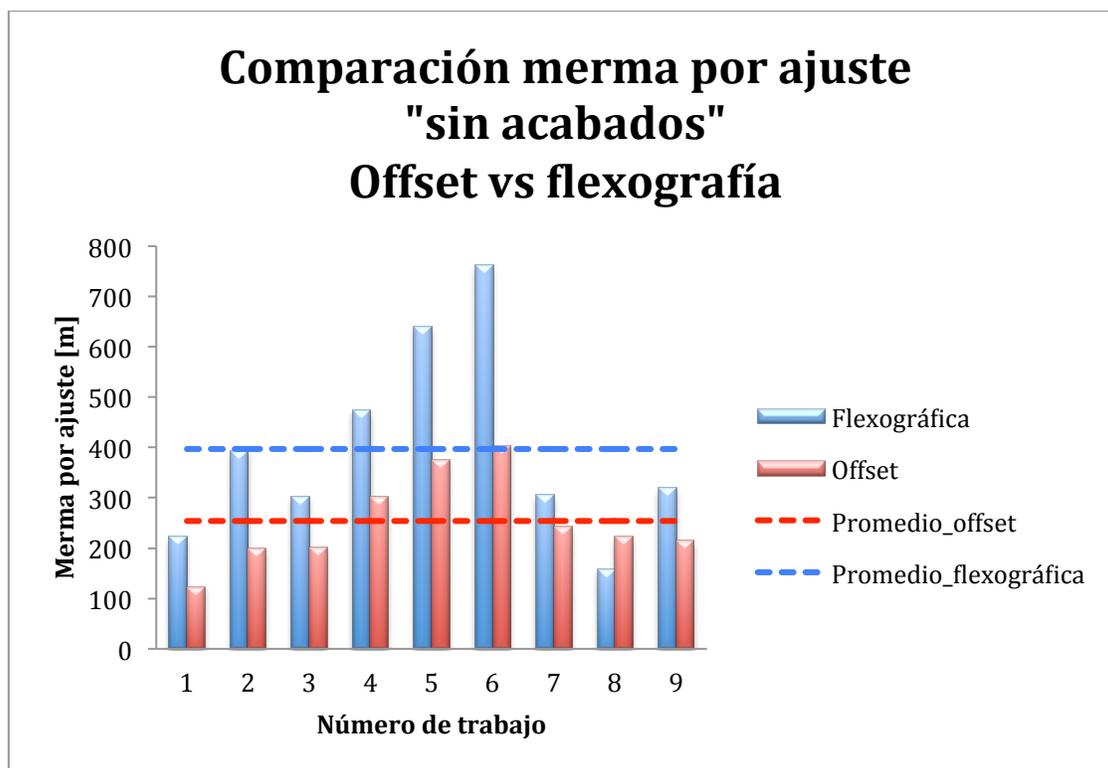


Figura 55 Comparación merma por ajuste "sin acabados" Offset vs flexografía

Merma promedio sin acabados en línea en offset → 254 metros
 Merma promedio sin acabados en línea en flexografía → 397 metros

En la figura 55, se puede ver la merma total por pura impresión (sin acabados), y se puede observar una clara diferencia en los metros necesarios por ajuste, entre el sistema offset y el flexográfico, esto es debido a la cantidad de merma que se genera en los paros, que como se pudo ver en la gráfica de la figura 53, ésta es considerablemente mayor en el sistema flexográfico. Solo que en ésta gráfica están considerados los metros totales por ajuste, que incluyen los paros.

Acabados:

En las tablas 12, 13, 14 y 15, se muestra el tiempo, la merma, el número de operadores y maquinaria extra necesarios para realizar los acabados fuera de línea en los 9 casos de offset y los 9 casos de flexografía.

Máquina	Impresión offset		
	Impresión		
	Trabajo	Operadores	
Impresión (m)	Cantidad	(hrs)	
año 2012, 5 colores y ancho de 450 mm	3500	2	2.5
	7500	2	4
	4500	2	3
año 2001, 4 colores y ancho de 520 mm	8000	2	4
	10000	2	4.5
	12000	2	5
año 2015, 4 colores y ancho de 330 mm	4000	2	3
	3000	2	2
	2500	2	2

Tabla 12 Producción impresión offset

En la tabla 12, se describe la cantidad de operadores y el tiempo que les lleva producir cada uno de los 9 trabajos en offset analizados, antes de los acabados fuera de línea, en el caso de que existieran, para tenerlos como referencia para la siguiente tabla.

Acabados fuera de línea offset

Trabajo	Acabados					
	Máquinas		Tiempo extra		Merma	
	Impresión (m)	Cantidad	Operadores	(hrs)	Porcentaje	(m)
3500	0					
7500	0					
4500	1	1	4	133%	150	3%
8000	0					
10000	2	2	10	222%	290	3%
12000	0					
4000	0					
3000	1	1	3	150%	110	4%
2500	0					

Tabla 13 Insumos extras por acabados fuera de línea en offset

La tabla 13, muestra tanto la cantidad de máquinas, operadores, tiempo y merma extra necesarios para la realización de los acabados fuera de línea en el caso de los trabajos en offset analizados, y como se puede ver para estos casos fue necesario un operador extra por máquina lo que implica salarios y maquinaria extra además del tiempo necesario para realizarlos, que si vemos el porcentaje en comparación con el tiempo de producción en la máquina de impresión, se esta utilizando entre un 133% y un 222% mas del tiempo que si lo realizáramos en una sola máquina, además de esto tenemos los costos que generan las máquinas extra, tanto por inversión como por mantenimiento, por otra parte esta la merma extra que generan estos procesos adicionales ya que como se puede observar se necesita entre un 3% y un 4% mas de los metros requeridos ya que se desperdician durante estos procesos extras, y si a esto le sumamos que por seguridad siempre se considera entre un 1% y 2% extra por cualquier eventualidad, la merma real neta que se genera por estos procesos extra extraía entre un 5% y 6%. Y mientras mas procesos se realicen el incremento tanto en los tiempos como en la merma será mayor como se puede ver en el caso del trabajo de 10,000 metros de impresión que tienen 2 procesos adicionales y es el que genera mas tiempo y desperdicio.

impresión flexografía

Máquina	Impresión		
	Trabajo	Operadores	
	Impresión (m)	Cantidad	(hrs)
año 2013, 8 colores y 15" de ancho	3750	2	4
	8000	2	6
	5000	2	5
año 2003, 6 colores y 18" de ancho	9500	2	6
	11000	2	8
	11000	2	8
año 2012, 8 colores y 12" de ancho	3500	2	3
	2500	2	3
	4500	2	4

Tabla 14 Producción impresión flexográfica

En la tabla 14, se describe la cantidad de operadores y el tiempo que les lleva producir cada uno de los 9 trabajos en flexografía analizados, antes de los acabados fuera de línea, en el caso de que existieran, para tenerlos como referencia para la tabla 15.

Acabados fuera de línea flexografía

Trabajo	Acabados					
	Máquinas		Tiempo extra		Merma	
Impresión (m)	Cantidad	Operadores	(hrs)	Porcentaje	(m)	Porcentaje
3750						
8000						
5000	1	1	5	100%	113	2%
9500						
11000	2	2	16	200%	196	2%
11000	1	1	8	100%	105	1%
3500	1	1	3	100%	101	3%
2500	1	1	3	100%	98	4%
4500						

Tabla 15 Insumos extras por acabados fuera de línea en flexografía

La tabla 15, muestra tanto la cantidad de máquinas, operadores, tiempo y merma extra necesarios para la realización de los acabados fuera de línea en el caso de los trabajos en flexografía analizados, y como se puede ver para estos casos fue necesario un operador extra por máquina lo que implica salarios y maquinaria extra además del tiempo necesario para realizarlos, que si vemos el porcentaje en comparación con el tiempo de producción en la máquina de impresión, se esta utilizando entre un 100% y un 200% mas del tiempo que si lo realizáramos en una sola máquina, además de esto tenemos los costos que generan las máquinas extra, tanto por inversión como por mantenimiento, por otra parte esta la merma extra que generan estos procesos adicionales ya que como se puede observar se necesita entre un 2% y un 4% mas de los metros requeridos ya que se desperdician durante estos procesos extras, y si a esto le sumamos que por seguridad siempre se considera entre un 1% y 2% extra por cualquier eventualidad, la merma real neta que se genera por estos procesos extra extraía entre un 4% y 6%. Y mientras mas procesos se realicen el incremento tanto en los tiempos como en la merma será mayor como se puede ver en el caso del trabajo de 11,000 metros de impresión que tienen 2 procesos adicionales y es el que genera mas tiempo y desperdicio.

Por último en cuanto a los acabados, como ya vimos que la merma que estos generan no depende del tipo de sistema de impresión es importante hacer un análisis de la variedad de acabados que puede incorporar un sistema u otro, y consultando con los fabricantes de maquinaria de cada uno de los sistemas, se llego a la conclusión de que para ambos tipos de máquina se pueden incorporar la mayoría de los acabados, aunque los fabricantes de máquinas flexográficas no en todos los casos, por lo que este punto aunque es importante de considerar, no es representativo para la selección de un sistema u otro.

Los factores que pueden hacer variar esta merma se representa en el siguiente diagrama de Ishikawa, ver figura 50:

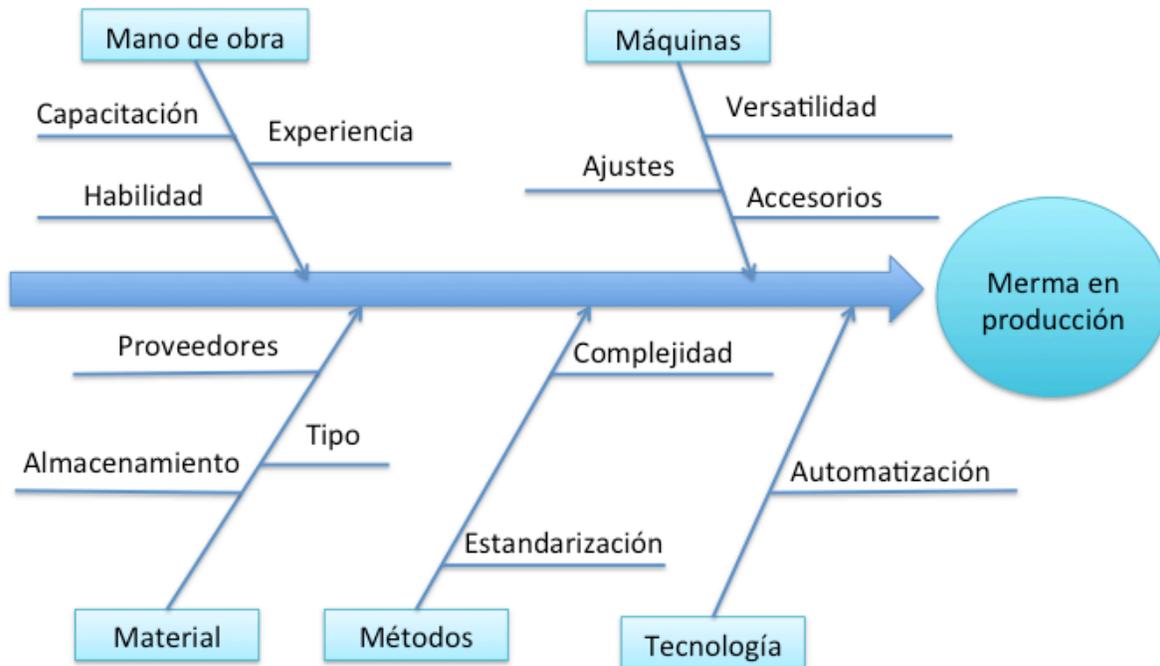


Figura 56: Diagrama de Ishikawa

En este diagrama se pueden observar los 5 principales factores que pueden hacer variar la merma en producción de los cuales, la máquina y la tecnología con la que cuenta dicha máquina son las que le corresponden controlar al fabricante y los métodos, material y mano de obra le corresponden al usuario.

Es por esto que es importante hacer una buena selección de máquina, con el objetivo de reducir al máximo este tipo de gastos por merma.

4.5. Mantenimiento

Para tener una estimación del costo de mantenimiento de cada uno de los sistemas de impresión, se obtuvo el promedio en base a los presupuestos anuales asignados por cada una de las empresas, donde se consideraron los gastos por herramientas, refacciones de stock y de uso cotidiano (consumibles), como se muestra en la tabla 16:

Presupuesto de mantenimiento máquinas offset vs flexo

Mantenimiento Offset			Mantenimiento Flexo		
Máquina	Descripción	Presupuesto	Máquina	Descripción	Presupuesto
año 2012, 5 colores y ancho de 450 mm	Refacciones	\$415,000	año 2013, 8 colores y 15" de ancho	Refacciones	\$278,400
	Consumibles	\$60,000		Consumibles	\$90,000
	Herramienta	\$60,000		Herramienta	\$65,000
	Total	\$535,000		Total	\$433,400
año 2001, 4 colores y ancho de 520 mm	Refacciones	\$373,500	año 2003, 6 colores y 18" de ancho	Refacciones	\$343,360
	Consumibles	\$100,000		Consumibles	\$135,000
	Herramienta	\$75,000		Herramienta	\$70,000
	Total	\$548,500		Total	\$548,360
año 2015, 4 colores y ancho de 330 mm	Refacciones	\$311,250	año 2012, 8 colores y 12" de ancho	Refacciones	\$296,960
	Consumibles	\$50,000		Consumibles	\$90,000
	Herramienta	\$60,000		Herramienta	\$75,000
	Total	\$421,250		Total	\$461,960
	Promedio	\$501,583		Promedio	\$481,240

Tabla 16 Mantenimiento máquinas offset vs flexo

En la tabla 16, comparativa se tiene como resultado una diferencia mínima como se puede observar en los promedios, esto debido a que aunque las refacciones para las maquinas offset son mas costosas, el mantenimiento periódico (consumibles) de las máquinas flexográficas es mas frecuente lo que implica también que haya mas desgaste de herramientas. Por lo que el gasto por mantenimiento no seria representativo en la toma de decisión entre un equipo u otro, aunque es importante tener en cuenta que el gasto por refacciones de stock inicial es mas alto en el caso de máquinas offset ya que este en la mayoría de los casos se toma como parte de la inversión inicial.

Y además durante la entrevista con los gerentes y/o dueños de las empresas evaluadas, se les preguntó en especifico que tan importante era la parte de

mantenimiento en la toma de decisión sobre la compra de un equipo u otro, y todos estuvieron de acuerdo que esta parte es fundamental para la compra de una máquina nueva y que no dependía del tipo de sistema si no más bien del compromiso de cada fabricante, lo que reafirmo todavía mas que este punto no tenia relevancia en la selección de un equipo u otro.

4.6. Evaluación de la calidad de impresión

Basado en la investigación del marco teórico se verificaron cualitativamente los trabajos de acuerdo a los puntos de la tabla 17:

Sistema	Calidad		
	Lineatura (lpp)	Imagen	Texto
Offset	60 a 300	Alta	Bien definido
Flexografía	100 a 150	Buena	Efecto remarcado

Tabla 17 Calidad de impresión offset vs flexo

Se observa una diferencia bastante clara en cuanto a la calidad de impresión en imagen y textos por lo que los comentarios en cuanto a la calidad de la impresión fueron unánimes, no hay punto de comparación, el offset obtuvo la ventaja en este departamento.

Y para sustentar esta evaluación se revisó las bitácoras de rechazos por calidad en un año de los mismos clientes, como se muestra en las tablas 18 y 19:

Rechazos por calidad en offset en un año			
	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
Máquina	año 2012, 5 colores y ancho de 450 mm	año 2001, 4 colores y ancho de 520 mm	año 2015, 4 colores y ancho de 330 mm
Impresión (m)	6,435,000	9,652,500	5,850,000
# de trabajos	1248	130	624
# de rechazos	22	17	33
Merma (m)	110,000	170,000	99,000
Porcentaje	1.71%	1.76%	1.69%

Tabla 18 Rechazos empresas offset

En la tabla 18, se puede observar tanto el número de trabajos rechazados en un periodo de un año como la merma en metros impresos que estos rechazos generaron para las tres empresas que tienen máquinas offset, y si observamos los porcentajes que estos metros de merma representan en comparación con los metros totales impresos durante este periodo de tiempo podemos observar que van del 1.69% al 1.76%, y aunque la diferencia en trabajos rechazados es considerable entre una empresa y otra, esto se debe a que el tiraje de los trabajos es mas corto para el caso de las empresas con mas rechazos, es por esta razón que nos enfocamos en los metros de merma totales y el porcentaje que representan como perdida para la empresa.

Rechazos por calidad en flexografía en un año

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
Máquina	año 2013, 8 colores y 15" de ancho	año 2003, 6 colores y 18" de ancho	año 2012, 8 colores y 12" de ancho
Impresión (m)	7,507,500	10,725,000	6,435,000
# de trabajos	312	104	624
# de rechazos	41	32	53
Merma (m)	246,000	336,000	185,500
Porcentaje	3.28%	3.13%	2.88%

Tabla 19 Rechazos empresas flexográficas

En la tabla 19, se puede observar tanto el número de trabajos rechazados en un periodo de un año como la merma en metros impresos que estos rechazos generaron para las tres empresas que tienen máquinas flexográficas, y si observamos los porcentajes que estos metros de merma representan en comparación con los metros totales impresos durante este periodo de tiempo podemos observar que van del 2.88% al 3.28%, y aunque la diferencia en trabajos rechazados es considerable entre una empresa y otra, esto se debe a que el tiraje de los trabajos es más corto para el caso de las empresas con mas rechazos, es por esta razón que nos enfocamos en los metros de merma totales y el porcentaje que representan como perdida para la empresa.

Por otra parte si comparamos estos porcentajes tenemos que en promedio:

Porcentaje de merma promedio por rechazos en offset ➔ 1.73 %
 Porcentaje de merma promedio por rechazos en flexografía ➔ 3.10 %

Lo que nos deja ver claramente lo que se evaluó cualitativamente, los trabajos en flexografía tienen en promedio un 44% mas de rechazos por calidad en comparación con el offset, y los casos más habituales que marcaron la diferencia fueron: textos poco legibles e imágenes mal definidas.

4.7. Evaluación de los factores externos

Los factores externos que tienen mayor peso en la decisión de la selección de un sistema u otro son 4 principalmente:

Operación

Para este punto se consideraron los costos de los elementos que se manipulan durante un cambio de trabajo, para poder evaluar el costo de un posible daño por error en la operación, así como las características físicas de estos mismos elementos para saber la probabilidad de que suceda un incidente.

En la tabla 20, se comparan los 2 elementos de cambio mas común, cuando hay un cambio de trabajo en una máquina offset vs una máquina flexográfica:

Operación

Offset			Flexografía		
Elemento	Características	Costo	Elemento	Características	Costo
Placa	fabricado en una placa metálica susceptible a rayones.	\$120	Polímero	fabricado en polímero, las partes finas suelen desprenderse si no se coloca bien, grabado en relieve.	\$945
Mantilla	fabricado en goma de caucho, daño por exceso de presión.	\$980	Anilox	fabricado en cerámica, muy frágil se daña incluso si soporta su propio peso.	\$25,200
		Total \$1,100			Total \$26,145

Tabla 20 Representación de costo por error en offset vs flexo

Como se puede observar no existe comparación alguna en cuanto al costo por daño de alguno de estos elementos ya que aun si solo se hiciera la comparación de los elementos que llevan la imagen grabada que serían la placa vs polímero la diferencia en precio es bastante considerable y si a esto le sumamos que los elementos en flexografía son más sensibles a sufrir un daño y que las máquinas flexográficas utilizan mas unidades de impresión, la probabilidad de que algún polímero o anilox se dañe es aun mayor, lo que obviamente ocasiona que el tiempo de preparación de una máquina flexográfica sea mayor al tiempo de preparación de una máquina offset.

Diseño o selección de máquina

Otra de las inquietudes que surgieron durante las entrevistas fue el hecho de contar con una máquina que se acomodara a las necesidades del usuario, y de la importancia de contar con una asesoría por parte del fabricante independientemente del tipo de sistema de impresión, para poder adquirir el equipo que más se adecuara a sus necesidades.

Espacio físico necesario

Otra inquietud que surgió durante las entrevistas con los gerentes de planta y/o dueños de las empresas, fue el tema del espacio mínimo requerido para poder instalar la máquina, para esto se compararon las dimensiones de una configuración estándar para cada tipo de máquina y se considero la longitud que aumentaría con un modulo más, para contemplar diversos acabados.

- Configuración estándar para maquina offset

5 colores, secado UV, tinteros automáticos, troquel, salida bobina, barniz.
Longitud 18 m, alto 1.80 m y ancho 0.75 m.
Unida extra 1.35 m de longitud.

- Configuración estándar para maquina flexográfica

8 colores, secado UV, tinteros automáticos, troquel, salida bobina.
Longitud 21 m, alto 1.80 m y ancho 0.70 m.
Unidad extra 1.2 m de longitud.

Como se puede ver para una configuración estándar la máquina flexográfica es 3 metros más larga por lo que requiere mas espacio disponible en planta, aunque las unidades extra son más cortas para las máquinas flexográficas, el largo total de la máquina dependerá del numero de unidades requeridas.

Familiarización ó experiencia

Otro de los puntos importantes en la toma de decisión según pude observar al hablar con los usuarios fue la experiencia que se tiene en determinado tipo de impresión, ya que lo más difícil es convencer a alguien que esta acostumbrado a un tipo de sistema de impresión, a utilizar uno que seria nuevo para el.

4.8. Comparación entre los sistemas de impresión

Finalmente para la comparación de los sistemas de impresión, con los resultados obtenidos se asignaron las siguientes calificaciones, del 1 al 10 de acuerdo a lo establecido en la metodología, para cada uno de los factores evaluados y así poder realizar una tabla comparativa.

Factores financieros

- Inversión

Máquina offset \$ 803,333.33	➔	100%
Máquina flexo \$ 484,000.00	➔	60%

Debido a que la relación de costo de una máquina flexográfica en comparación con una offset es del 60%, la calificación en este punto para el sistema flexográfico es de 10 y para el sistema offset es de 6.

- Costo x m²

Máquina offset \$ 1.43	➔	56%
Máquina flexo \$ 2.58	➔	100%

Si comparamos ahora el costo x m² de impresión tenemos que la calificación que correspondería para el sistema offset sería de 10 y para el sistema flexográfico sería de 6.

Factores de producción

- Merma

Sin acabados (solamente impresión)

Máquina offset 254 m	➔	64%
Máquina flexo 397 m	➔	100%

Con acabados

Máquina offset 339 m	➔	72%
Máquina flexo 474 m	➔	100%

Si tomamos en cuanto un promedio entre los porcentajes de merma con acabados y sin acabados tenemos que este sería del 68%, por lo que la calificación final para el sistema flexográfico es de 7 mientras que para el sistema offset es de 10.

- Calidad

Promedio de rechazos por calidad en un año

Máquina offset 1.73%	→	56%
Máquina flexo 3.10%	→	100%

Para este punto en específico además de esta referencia, se considero también la parte cualitativa de inspección por las áreas de calidad de las respectivas empresas y las características mismas de cada sistema de impresión expuestas en el marco teórico y es por esta razón que el sistema flexográfico se le asignó una calificación de 5 en lugar de 6 como se venia ajustando en puntos anteriores.

- Acabados

Como los acabados no dependen del tipo de sistema de impresión que se utilice, en este punto se asignó una calificación de 10 a ambos sistemas, pero es importante tener en cuenta los tipos de acabados que ofrece cada proveedor de maquinaria a la hora de seleccionar, ya que no todos pueden ofrecer una amplia gama de acabados en línea, lo cual afectaría considerablemente la merma por producción fuera de línea.

Factores externos

En el caso de los factores externos la evaluación fue cualitativa, de acuerdo a las entrevistas realizadas, con operadores, gerencia, áreas de mantenimiento y ventas de las empresas evaluadas.

- Operación

Para asignar las calificaciones en cuanto a operación, se considero el costo de un posible error en la puesta a punto de la máquina que para el sistema flexográfico es mucho más representativo, lo que implica que se tiene que ser más cuidadoso al ajustar este tipo de maquinaria, también se considero el hecho de que para el sistema offset existe la posibilidad de guardar trabajos por que el ajuste en trabajos repetidos reduce el tiempo y facilita el ajuste, por último también se considero que en el mercado mexicano hay mucho mas máquinas flexográficas instaladas lo que hace mas fácil encontrar operadores que estén familiarizados con este sistema. Y como el offset tiene la ventaja en 2 de los tres puntos considerados, se le asigno la calificación de 10 a este sistema y 7 al sistema flexográfico.

- Diseño

Nuevamente para este punto la asesoría en el diseño de la máquina no depende del sistema de impresión, si no del fabricante de la máquina por lo que a ambos sistemas se les asignó la calificación de 10, aunque es importante tenerlo en cuenta a la hora de seleccionar un proveedor es por esto que aparece en la tabla comparativa.

- Espacio

Aunque para una configuración estándar la máquina offset es un poco mas corta que la máquina flexográfica, esto debido principalmente que los sistemas flexográficos tiene más unidades de impresión, el añadir una unidad extra implica más espacio para la máquina offset que para la flexográfica, es por esta razón que se le asigno una calificación de 9 al sistema flexográfico y de 10 al offset.

- Experiencia

Para la experiencia, como ya se menciona en el mercado mexicano existen mucho más equipos flexográficos instalados, por lo que la mayoría de los posibles usuarios están más familiarizados con este tipo de sistema, lo que hace que les sea más atractivo seguir sobre ese sistema de impresión, por lo que la calificación para el sistema flexográfico es de 10 y para el sistema offset de 6.

Por último con todas las calificaciones asignadas se elaboró la siguiente tabla comparativa, ver tabla 21:

Selección de máquina de impresión

		Offset		Flexo		Ponderación
		Calificación	%	Calificación	%	
Factores Financieros	Inversión	6	0	10	0	
	costo x m ²	10	0	6	0	
Factores de producción	Merma	10	0	7	0	
	Calidad	10	0	5	0	
	Acabados	10	0	10	0	
Factores externos	Operación	10	0	7	0	
	Diseño	10	0	10	0	
	Espacio	10	0	9	0	
	Experiencia	6	0	10	0	
		Final	0	Final	0	0%

Tabla 21 Calificaciones

En esta tabla se muestran las calificaciones asignadas a cada sistema de impresión y su respectiva parte proporcional, que se obtiene de acuerdo a los porcentajes de ponderación asignados por el usuario potencial, que en su total deben dar el 100% y están basados en sus necesidades específicas, para finalmente obtener una calificación global de cada sistema, siendo el sistema que obtenga la mayor calificación, la mejor opción para ese usuario en específico.

A continuación se muestran 3 ejemplos, ver tablas 22, 23 y 24:

Selección de máquina de impresión

		Offset		Flexo		Ponderación
		Calificación	%	Calificación	%	
Factores Financieros	Inversión	6	3	10	5	50%
	costo x m ²	10	2	6	1.2	20%
Factores de producción	Merma	10	0.5	7	0.35	5%
	Calidad	10	1	5	0.5	10%
	Acabados	10	0.5	10	0.5	5%
Factores externos	Operación	10	0.25	7	0.175	2.5%
	Diseño	10	0.25	10	0.25	2.5%
	Espacio	10	0.25	9	0.225	2.5%
	Experiencia	6	0.15	10	0.25	2.5%
		Final	7.9	Final	8.45	100%

Tabla 22 Ejemplo 1 selección de sistema de impresión

Para este ejemplo se puede observar que lo primordial para este usuario es la inversión por lo que el equipo que mas se ajusta a sus necesidades es el flexográfico, ya que posiblemente no tenga el presupuesto para invertir en un equipo offset.

Selección de máquina de impresión

		Offset		Flexo		Ponderación
		Calificación	%	Calificación	%	
Factores Financieros	Inversión	6	1.8	10	3	30%
	costo x m ²	10	1	6	0.6	10%
Factores de producción	Merma	10	0.5	7	0.35	5%
	Calidad	10	3	5	1.5	30%
	Acabados	10	0.5	10	0.5	5%
Factores externos	Operación	10	0.25	7	0.175	2.5%
	Diseño	10	0.25	10	0.25	2.5%
	Espacio	10	0.25	9	0.225	2.5%
	Experiencia	6	0.75	10	1.25	12.5%
		Final	8.3	Final	7.85	100%

Tabla 23 Ejemplo 2 selección de sistema de impresión

En este caso y aunque para este usuario también es muy importante el tema de la inversión y además esta familiarizado con el sistema flexográfico, se observa que también esta en busca de un equipo que le de la calidad suficiente, por lo que debería revisar mejor equipos offset.

Selección de máquina de impresión

		Offset		Flexo		Ponderación
		Calificación	%	Calificación	%	
Factores Financieros	Inversión	6	0.9	10	1.5	15%
	costo x m ²	10	1.5	6	0.9	15%
Factores de producción	Merma	10	1	7	0.7	10%
	Calidad	10	2	5	1	20%
	Acabados	10	3	10	3	30%
Factores externos	Operación	10	0.25	7	0.175	2.5%
	Diseño	10	0.25	10	0.25	2.5%
	Espacio	10	0.25	9	0.225	2.5%
	Experiencia	6	0.15	10	0.25	2.5%
		Final	9.3	Final	8	100%

Tabla 24 Ejemplo 3 selección de sistema de impresión

En este ultimo ejemplo tenemos el caso de este usuario, para el que lo mas importante son los factores de producción, ya que la inversión no es problema para el y cuando este es el caso, la decisión es mas que evidente, lo que necesita este usuario es un equipo offset.

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

Después de haber realizado este trabajo de investigación pude comparar las ventajas y desventajas que tiene realizar las impresiones en una máquina de impresión offset contra una máquina flexográfica para la selección óptima de un sistema de impresión de acuerdo con las necesidades y características del usuario, el cuál era mi objetivo principal, ya que como se pudo ver en la marco teórico el tipo de trabajos para los cuales están diseñados estos dos sistemas de impresión cada vez convergen más, y es por esta razón que surge la necesidad de realizar un análisis comparativo para tomar la mejor decisión.

También pude comprar y validar los factores más relevantes que intervienen en la selección de un sistema de impresión:

- **Factores financieros:** inversión y costo de impresión,
- **Factores de producción:** merma, calidad y acabados en línea,
- **Factores externos:** operación, diseño, condiciones físicas de la planta y experiencia con un sistema en específico.

De los cuales los resultados más relevantes en cuanto a impresión se refiere fueron los siguientes:

- **Promedio de inversión inicial requerida**

Máquina offset \$ 803,333.33

Máquina flexo \$ 484,000.00

- **Costo promedio x m² de impresión**

Máquina offset \$ 1.43

Máquina flexo \$ 2.58

- **Metros totales de merma por ajuste**

Sin acabados (solamente impresión)

Máquina offset 254 m

Máquina flexo 397 m

- **Porcentaje promedio de rechazos por calidad en un año**

Máquina offset 1.73%

Máquina flexo 3.10%

Finalmente se elaboró una tabla comparativa de ambos sistemas con los resultados obtenidos y se aplicó a algunos casos específicos, de los cuales puedo concluir que tal y como se ve en los datos anteriores la mejor opción como sistema de impresión es el offset, siempre y cuando exista la inversión inicial suficiente para adquirir un equipo, y aunque es importante considerar que en el mercado mexicano la mayor parte del equipo instalado son máquinas flexográficas, razón por lo cuál la mayoría de los usuarios potenciales están familiarizados con este tipo de sistema, la tabla nos deja ver claramente que sigue siendo mejor opción una máquina offset.

Y aunque actualmente la mayoría de los fabricantes construyen máquinas híbridas (que combinan unidades offset y flexográficas), uno sigue siendo el sistema principal de impresión y el otro se utiliza como una unidad de acabado para aprovechar los beneficios de la otra tecnología de impresión, textos definidos en el caso de las máquinas flexográficas que incorporan unidades offset y colores directos o aplicación de barniz para máquinas offset que incorporan unidades flexográficas.

También hay que considerar que aunque los acabados no son parte del sistema de impresión como tal, el tenerlos en línea reduce considerablemente los costos de producción, ya que el trabajo se realiza en una sola pasada, reduciendo los tiempos, operadores y maquinaria extra que se necesitarían si se realizaran fueran de línea, por lo que hay que tenerlo muy en cuenta a la hora de seleccionar algún proveedor de maquinaria independientemente del sistema de impresión que fabrique.

Por otra parte en cuanto a la calidad, tal y como se describe en el marco teórico, por las características propias de cada sistema de impresión, el offset ofrece una mayor calidad de impresión en los textos y en la definición de imágenes y la flexografía una mayor aportación de tinta para colores mas intensos o plastas, y aunque con los avances tecnológicos, las nuevas formas de realizar los relieves en los polímeros flexográficos ayudan a dar una mejor calidad en la impresión (cada vez mas parecido al offset), tiene su consecuencia económica ya que son equipos caros, por lo que aumenta el costo de impresión.

Por ultimo pienso que es muy importante tener en cuenta antes de tomar alguna decisión, **“que el costo de impresión del sistema offset te permitiría vender los trabajos a costo de impresión de sistema flexográfico, aun ganando dinero”**.

6. Bibliografía

Libros

- Lynn, John, Como preparar diseños para la imprenta, Gustavo Gili, Barcelona, España, 1994
- Euniciano Martin Hernández, Artes graficas, introducción general tecnología general , Edebe, 1995, Barcelona
- Pozo Puértolas, Rafael, Diseño e industria Gráfica, Elisava Ediciones, Barcelona, España, 2001
- Laing, John y Saunders-Davies, Materiales gráficos y técnicas, Rhiannon, Blume, Barcelona, España, 1996
- Johansson, Kaj, Jundberg, Peter, Ryberg, Robert. Manual de producción gráfica : recetas. 2ª Ed. Barcelona : Gustavo Gili, 2011
- Anthony, Robert N., La contabilidad en la administración de empresas, México LIMUSA, 2002
- Del Río González, Cristóbal, *Costos III (Variables de distribución. Administración y toma de decisiones)*, México ECASA, 2001
- D.N.Prabhakar Murthy, Wallace R. Blischke, Warranty management and product manufacture / New York : Springer Verlag, c2005
- Mariana Marcelino Aranda, Dania Ramírez Herrera, Administración de la calidad : nuevas perspectivas / México, D. F. : Grupo Editorial Patria, 2012
- Lalit K. Mestha and Sohail A. Dianat, Control of color imaging systems : analysis and design / Boca Raton : CRC Press, 2009
- Daniel L. Lau, Gonzalo R. Arce, Modern digital halftoning / New York : M. Dekker, 2008

Revistas

- Impresión digital, Stuart, Jane, Madrid 2003.
- Revista AIIM (asociación de ingenieros industriales de Madrid) No. 24, 2013, El Sector de las Artes Gráficas

Paginas web

- Rotatek. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.rotatek.com
- Gallus. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.gallus.com
- Kurtz. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.kurtz.com
- Label Expo. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.labelexpo.com
- AIIM. (2016). marzo 2016, Sitio web: http://revista.aiim.es/Articulos/24_Las%20Artes%20Gráficas%20Sistemas%20de%20Impresión.aspx
- Drupa. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.drupa.com
- Mark Andy. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.markandy.com
- Labels & Labeling (2016), Sitio web: <http://www.labelsandlabeling.com>
- Nilpeter. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.nilpeter.com
- CAP. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.capingeneria.com
- Calcomanias Tradicionales. (2016). enero 2016, de Sitio web: www.calcomaniastradicionales.com.mx