



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE CORTE DE PAPEL MONEDA EN EL  
BANCO DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A:**

**DANIEL MEDINA REYES**



**DIRECTOR DE TESIS:  
M.I. ANN GODELIEVE WELLENS PURNAL  
2016**

*Para mi madre, por vislumbrar mis logros y  
alimentar mis sueños mucho antes de que yo  
pudiera hacerlo.  
Te Amo*

## Tabla de contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>6</b>
<b>ALCANCES</b>	<b>6</b>
<b>LIMITACIONES</b>	<b>6</b>
<b>ESTRUCTURA DEL TRABAJO</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1 MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>8</b>
1.1 ACERCA DEL BANCO DE MÉXICO	8
1.2 MISIÓN Y VISIÓN	9
1.3 FÁBRICA DE BILLETES	9
1.4 ORGANIGRAMA	10
1.5 TRAYECTORIA EN FÁBRICA DE BILLETES DE BANCO DE MÉXICO	12
<b>CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO</b>	<b>13</b>
2.1 LA IMPRESIÓN DE BILLETES	13
2.1.1. DEFINICIONES	13
2.1.2. PROCESOS DE IMPRESIÓN	13
2.1.3. SISTEMAS DE IMPRESIÓN	14
2.1.4. FABRICACIÓN DE BILLETES DEL BANCO DE MÉXICO	17
2.1.5. LA PARTICULARIDAD DEL BANCO DE MÉXICO	22
2.2 MEJORA CONTINUA	22
2.2.1. METODOLOGÍA DMAIC	22
2.2.2. EL MÉTODO DMAIC PARA EL MEJORAMIENTO	23
2.2.3. HISTORIA DE LA FILOSOFÍA LEAN	26
2.2.4. TIPOS DE DESPERDICIO	27
2.3 ALGUNAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS POR LA INGENIERÍA INDUSTRIAL	28
2.3.1. PROJECT CHARTER	29
2.3.2. HERRAMIENTAS DE LA FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING	30
2.3.3. MAPEO DEL PROCESO	30
2.3.4. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	31
2.3.5. DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA-EFECTO)	32
2.3.6. 5'S	33
<b>CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA</b>	<b>35</b>
3.1 DEFINIR	36
3.1.1. ESTADO INICIAL DEL PROYECTO	36

3.1.2. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO A PERSONAL RESPONSABLE	36
<b>3.2 MEDIR</b>	<b>37</b>
3.2.1. HERRAMIENTAS PARA EJECUTAR EL DIAGNOSTICO	37
3.2.2. ESTRUCTURA DEL ÁREA	37
3.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EN EL ÁREA DE PFA	40
3.2.4. IMPACTO ECONÓMICO POR LA CANTIDAD DE MATERIAL RECHAZADO POR MAL CORTE	44
3.2.5. LLUVIA DE IDEAS	44
3.2.6. PLAN DE TRABAJO	45
3.2.7. TOMA DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	46
3.2.8. COMO IMPLEMENTAR LAS 5´S	46
3.2.9. ENCUESTAS A LOS OPERADORES	47
<b><u>CAPÍTULO 4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</u></b>	<b><u>49</u></b>
4.1 ACTIVIDAD DE CORTE	49
4.2 LLUVIA DE IDEAS	52
4.2.1. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DEL PORCENTAJE DE MAL CORTE	53
4.2.2. ÁREAS DE OPORTUNIDAD	55
4.3 ANÁLISIS EN LA ACTIVIDAD DE EMPAREJADO	55
4.3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS EMPAREJADO DE HOJAS.	58
4.4 ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD DE CORTE	58
4.4.1. DIAGRAMA BIMANUAL CORTE DE HOJAS	59
4.4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS OPERACIÓN DE CORTE DE HOJAS	62
4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS ENCUESTAS A OPERADORES	64
4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS CANAL DE CORTE	65
4.7 LOS 8 DESPERDICIOS	66
4.8 5´S	68
<b><u>CAPÍTULO 5 MEJORAR Y CONTROLAR</u></b>	<b><u>69</u></b>
5.1 MEJORAR	69
5.2 EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO	74
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>77</u></b>
<b><u>ANEXOS</u></b>	<b><u>79</u></b>
1. PROJECT CHARTER	79
2. DIAGRAMAS BIMANUALES	84
3. GUÍAS	94
<b><u>TABLAS DE ILUSTRACIONES</u></b>	<b><u>100</u></b>
RELACIÓN DE FIGURAS	100
RELACIÓN DE GRÁFICAS	100
RELACIÓN DE TABLAS	100
<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>101</u></b>

## Introducción

*“Corresponderá privativamente al Banco de México emitir billetes y ordenar la acuñación de moneda metálica, así como poner ambos signos en circulación a través de las operaciones que esta Ley le autoriza realizar.” Agrega, “los billetes que emita el Banco de México deberán contener: la denominación con número y letra; la serie y número; la fecha del acuerdo de emisión; las firmas en facsímile de un miembro de la Junta de Gobierno y del Cajero Principal; la leyenda “Banco de México”, y las demás características que señale el propio Banco”.*

Es así como el Banco de México al tratarse de una institución que cuenta con la facultad exclusiva de proveer de billete y monedas a la economía del País, a primera vista podría compararse con cualquier empresa manufacturera de las que existen en el territorio Mexicano. Pero en realidad es una empresa particular, ya que su estrategia no es para nada idéntica con alguna de las miles de compañías que poseen competencia, que luchan por tener la mejor posición en el mercado, que lanzan ofertas desmedidamente y que con ello, embelesan al usuario final. Esta fábrica es única en su ramo en el territorio nacional. Sus clientes cautivos son más de 112 millones de mexicanos que tienen o tendrá su producto en sus manos.

El Banco de México considera que es de suma importancia mejorar la comprensión pública de la banca central en el país, en particular, con respecto a sus acciones encaminadas a mantener la estabilidad de precios, procurar el sano desarrollo del sistema financiero, garantizar el buen funcionamiento de los sistemas de pago y proveer un medio de intercambio seguro y confiable para que las personas puedan realizar sus transacciones económicas.

En las siguientes páginas se describe cómo esta institución, a pesar de ser la única en su ramo, se preocupa por la calidad con la cual se realiza su producto. Es por ello que nace el proyecto de mejora continua y estandarización, enfocado en el proceso de corte, que, mediante estudios y análisis, arrojará resultados que tendrán un efecto directo sobre la producción, así como la forma en que actualmente los operadores realizan las actividades. Ambas recibirán un impacto positivo, puesto que uno de los principales propósitos de estandarizar las actividades es eliminar los desperdicios en la producción y buscar siempre la mejor práctica.

## Objetivo

Conocer y analizar el proceso de corte de hojas y reducir la cancelación de material por defecto de mal corte en el área de Procesos Finales Automatizados, analizando y conociendo la variabilidad del proceso para así poder homologar las actividades que realiza el personal.

## Objetivos específicos

- Determinación del impacto económico por la cantidad de material rechazado por mal corte.
- Identificar los puntos críticos que afecten de manera directa al proceso de corte.
- Generación y/o actualización de diagramas de flujo para analizar el proceso actual de corte de hojas.
- Analizar la eficiencia de los operadores dentro del proceso de corte, así como su conocimiento del equipo correspondiente.
- Reducir el porcentaje de cancelación por mal corte
- Identificar las prácticas que logren mejorar y optimizar la ejecución de las operaciones en el área de corte.
- Elaborar guías de operación que indiquen de manera específica cómo se realizan las actividades identificadas como críticas.
- Analizar el impacto de las mejoras propuestas.

## Alcances

El análisis del proyecto presentado contempla el desarrollo de un sistema, direccionado a la calidad del producto final en los procesos de la fábrica de billetes, específicamente el área de procesos finales automatizados, en la cual se debe contar con el debido control; esto incluye también mejora de las áreas de trabajo, estandarización de actividades y documentación del proceso actual.

## Limitaciones

La mejora de las áreas y estandarización de actividades solo se concentrará en el área de procesos finales automatizados, dejando de lados las otras áreas de la producción, ya que no se tienen injerencia sobre ellas; aunado a esto, el tiempo con el que se cuenta está delimitado a 6 meses.

## Estructura del trabajo

El capítulo 1 describe el marco de referencia de este trabajo; consiste en una breve reseña de cómo el Banco de México nace en momentos de grandes retos y aspiraciones para la economía del país y que durante sus primeros seis años de vida, el Banco obtuvo un éxito razonable en cuanto a promover el renacimiento del crédito en el país.

Se mencionan los principios de misión y visión de la institución, así como la organización y el proceso en general de la fabricación de billetes.

El capítulo 2 describe el proceso de impresión que corresponde al proceso de reproducción mediante el cual se aporta tinta a un sustrato, para transmitir información (texto y/o imágenes) de forma repetitiva. Por otra parte también se describe el proceso de fabricar un billete y lo complejo que resulta comparado con el proceso tradicional de impresión, así como algunas de las herramientas de ingeniería industrial utilizadas para el análisis del proceso.

El capítulo 3 describe la metodología DMAIC que fue utilizada para el análisis de este proyecto, junto con ciertas herramientas de ingeniería industrial, a su vez se da una idea clara de cómo está conformada el área que está siendo estudiada.

El capítulo 4 se analizan los resultados generados con la metodología seguida, estos resultados son mostrados de manera simplificada y gráfica.

El capítulo 5 presentan las mejoras que se implementaron en el proyecto, estas fueron analizadas y puestas en práctica.

## Capítulo 1 Marco de referencia

### 1.1 Acerca del Banco de México

Los antecedentes del Banco de México se remontan, al menos, hasta principios del siglo XIX. En 1822, durante el imperio de Agustín de Iturbide, se presentó, sin éxito, un proyecto para crear una institución con la facultad de emitir billetes, que se denominaría "Gran Banco del Imperio Mexicano".

El Banco de México, constituido el 25 de agosto de 1925 y que abrió sus puertas el 1° de septiembre del mismo año, fue la consumación de un anhelo largamente acariciado por los mexicanos. Su creación cerró un largo periodo de inestabilidad y anarquía monetaria, iniciado desde principios del siglo XIX y durante el cual reinaba un sistema de pluralidad de bancos de emisión; sistema que, además, fue agravado por el conflicto revolucionario de 1910, y con el que sobrevino la desconfianza en el papel moneda y la destrucción del sistema monetario vigente hasta ese momento.

Los antecedentes del Banco de México se remontan, al menos, hasta principios del siglo XIX. En 1822, durante el imperio de Agustín de Iturbide, se presentó, sin éxito, un proyecto para crear una institución con la facultad de emitir billetes, que se denominaría "Gran Banco del Imperio Mexicano".

Durante sus primeros seis años de vida, el Banco obtuvo un éxito razonable en cuanto a promover el renacimiento del crédito en el país. Sin embargo, las dificultades que enfrentó para consolidarse como banco central fueron considerables. Aunque su prestigio creció y logró avances, la circulación de sus billetes fue débil y pocos bancos comerciales aceptaron asociarse con él mediante la compra de sus acciones.

Con la destrucción del sistema bancario porfirista durante la Revolución, la polémica ya no se centraba en la conveniencia del monopolio o la libre emisión de moneda, sino en las características que el Banco Único de Emisión debería tener, y cuyo establecimiento se consagró en el artículo 28 de la Constitución promulgada en 1917. La disyuntiva consistía en el establecimiento de un banco privado o un banco bajo control gubernamental. Los constituyentes reunidos en Querétaro optaron por la segunda fórmula: que la emisión de moneda se encargaría exclusivamente a un banco que estaría "bajo el control del Gobierno".

Sin embargo, a pesar de dicha promulgación, siete largos años demoró la fundación del entonces llamado Banco Único de Emisión. Mientras tanto, en el mundo se fue consolidando la tesis sobre la necesidad de que todos los países contaran con un banco central.



El Banco de México por mandato constitucional tiene por objetivo prioritario buscar una inflación baja y estable, lo que significa procurar que la moneda que emite mantenga su poder adquisitivo a lo largo del tiempo.

Adicionalmente le corresponde promover el sano desarrollo del sistema financiero y propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pagos.

Banco de México cuenta con un esquema de distribución en el que participan su oficina central y seis sucursales del propio Banco, las cuales están ubicadas estratégicamente en el territorio nacional. También participan algunas sucursales bancarias llamadas corresponsalías. Éstas actúan a nombre de Banco de México y son administradas por el mismo banco central, ya sea directamente por la oficina central o por alguna de sus sucursales.

El esfuerzo del banco central mexicano ha sido constante durante más de 90 años y ha brindado sus frutos: se ha logrado un sistema financiero relativamente estable, eficiente, competitivo, innovador y bien regulado en el que participan muchos intermediarios y organizaciones que ofrecen servicios de gran utilidad para la población; y toda una infraestructura segura capaz de facilitar las transferencias de recursos entre las personas.

Banco de México es hoy una entidad sólida y reconocida, con funciones tradicionales que siguen vigentes en la actualidad, pero con procesos más modernos.

## 1.2 Misión y visión

### *Misión*

“El Banco de México tiene el objetivo prioritario de preservar el valor de la moneda nacional a lo largo del tiempo y, de esta forma, contribuir a mejorar el bienestar económico de los mexicanos.”

### *Visión*

“Ser una institución de excelencia merecedora de la confianza de la sociedad por lograr el cabal cumplimiento de su misión, por su actuación transparente, así como por su capacidad técnica y compromiso ético.”

## 1.3 Fábrica de billetes

Una de las principales funciones del Banco de México es proveer billetes y monedas al país. En la práctica, el banco central no provee directamente los billetes y monedas a la economía, sino que los pone en circulación a través de los bancos comerciales.

Para poder sacar el máximo provecho al derecho de la emisión de billetes, el costo de fabricarlos debe ser menor que el valor que tienen en el mercado. La ganancia que resulta de esta diferencia queda en las manos del banco emisor.

De 1925 a 1968, los billetes de México fueron impresos por la empresa American Bank Note Company en Nueva York. Sin embargo, en la década de los sesenta el Banco de México tomó la decisión de fundar una fábrica propia.

A partir de 1969 comenzó a funcionar la fábrica de billetes del Banco de México. La obra requirió de una cuidadosa planeación integral en materia de localización, construcción, medidas de seguridad, equipamiento y capacitación. Gracias a la colaboración de empresas como Waterlow & Sons, y De la Rue Giori, los esfuerzos fructificaron y los técnicos mexicanos en impresión de papel moneda quedaron debidamente capacitados.

El primer billete producido en México fue de 10 pesos, tenía la figura de Miguel Hidalgo y Costilla y se lanzó a la circulación a principios de los años setenta. La elaboración de billetes en la fábrica del Banco de México ha sido obra de técnicos y artistas que diseñan, graban y producen los billetes en su totalidad. Gracias a la experiencia y la técnica que poseen han conformado una verdadera escuela que ha dado prestigio a los técnicos y artistas mexicanos, y la capacidad para fabricar no sólo billetes mexicanos sino también de otros países.

Todos los billetes que produce la fábrica de billetes del Banco de México pasan por un cuidadoso control de calidad que aseguran que los billetes duren el tiempo necesario en circulación y que no puedan ser falsificados. Para esto último, cada billete cuenta con elementos de seguridad que pueden ser detectados a simple vista por cualquier persona; otros son más especializados y requieren de aparatos para poder identificarlos.

#### 1.4 Organigrama

Cada vez que se utiliza un billete, la gente deposita su confianza en él y supone que su billete es auténtico, que vale lo que indica y que será aceptado sin problemas. Para mantener esa confianza, Banco de México debe dificultar que los billetes puedan ser falsificados.

En la fabricación de cualquier billete, se requieren equipos, materiales y técnicas sofisticados que no se encuentran usualmente en imprentas comerciales. Además, sólo es posible producir billetes por especialistas y sólo es conveniente hacerlo en forma industrial.

Por lo anterior, el organigrama puede diferir del de otras empresas, en el sentido que en casi todas las áreas y pasos del proceso se cuenta con estrictos controles, revisiones y conteos de material antes y después de procesar, así como varios puntos de control de calidad.

La división del Banco de México que se encarga de la emisión de papel moneda es su Dirección de Emisión (Banco de México, 2016) que consta, además de la fábrica de billetes, de la Dirección de Programación y Distribución de Efectivos, la Subgerencia de Atención a la Falsificación de Moneda, la Dirección de Administración de Emisión y la Dirección de

Seguridad. Asimismo, la fábrica de billetes cuenta con una gerencia que se encarga de logística y mantenimiento, además de la de producción, en donde se realizó este trabajo.

A continuación se muestra el organigrama de la Gerencia de Producción de la fábrica de billetes (figura 1.1).

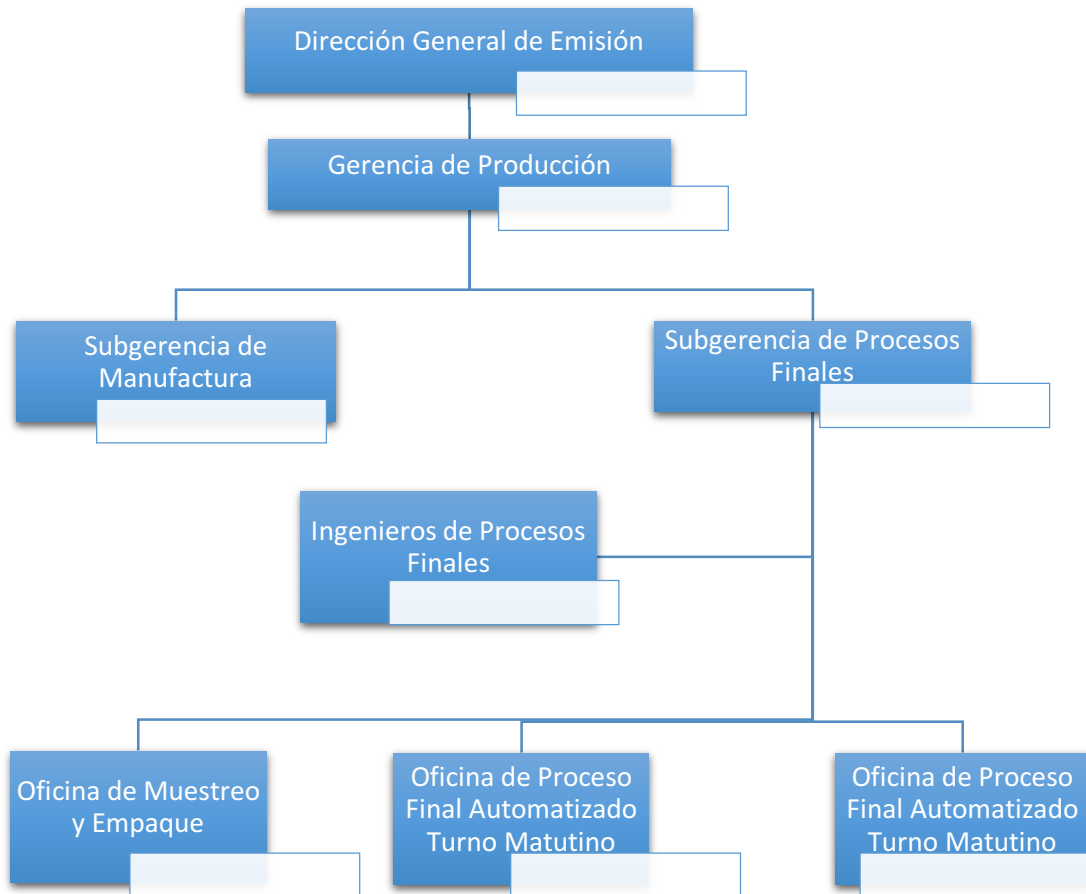


Figura 1.1 Organigrama gerencia de producción

La (figura 1.1) muestra cómo se encuentra estructurada la gerencia de producción, la cual tiene como responsabilidad utilizar recursos, ya sean tecnológicos y analíticos, para que el producto garantice los estándares de calidad impuestos previamente.

Cabe mencionar que, debido a la gran cantidad de puntos de revisión y la necesidad de un control perfecto, hace un año se creó la Subgerencia de Calidad de los Procesos de Fabricación de Billeto; sin embargo, este proyecto se inició desde antes de su creación en dentro del área de procesos finales.

## 1.5 Trayectoria en fábrica de Billetes de Banco de México

En julio de 2013 nace la oportunidad de entrar a la fábrica de billetes de Banco de México, como operador auxiliar desarrollando actividades de tipo operativo, específicamente en el área de empaque la cual es el último proceso por el cual pasa un billete antes de ser entregado al cajero regional centro; gracias a que se realizó el trabajo operativo en diferentes partes del proceso, los conocimientos adquiridos así como una perspectiva razonada permitieron descubrir algunos vicios que se encuentren ocultos.

Después de 5 meses como operador auxiliar, la gerencia del Banco pone en marcha un proceso de mejora continua en donde se me invita a participar como analista de proceso; es aquí donde los conocimientos adquiridos en la facultad de ingeniería son puestos a prueba, ya que la primer tarea era analizar el proceso de corte y buscar una solución a la problemática de cancelación por mal corte.

A lo largo de 13 meses me encuentro enfocado en el proyecto, sin perder de vista las actividades que se deben de realizar como ingeniero de procesos finales; en enero de 2015 se lleva a cabo una reestructuración, es aquí cuando las responsabilidades toman mayor relevancia ya que soy nombrado ingeniero de procesos finales.

El puesto anterior lo he desempeñado los últimos 10 meses, en los cuales he tenido:

- Conocimiento en el proceso de corte, características de equipos.
- Conocimiento específico del proceso de impresión.
- Uso de diagramas para evaluar la eficiencia del personal y de los procesos.
- Toma de decisiones para la clasificación de los billetes.
- Conocimiento en las características de insumos utilizados para empaque.
- Conocimiento en las técnicas de desarrollo personal y laboral.

Actualmente las actividades que realizo son: tareas administrativas involucradas con el último proceso de fabricación de los billetes, tomando en cuenta los criterios de calidad y seguridad establecidos por la Gerencia de Producción, siempre en apego a la normatividad vigente del Banco de México, dar soporte a la toma de decisiones, del subgerente y jefes, que facilite la provisión de billete nuevo, en tiempo y forma, al Cajero Regional Centro.

Además de lo anterior, las tareas incluyen realizar y coordinar las adaptaciones de software y configuración de los parámetros de los equipos lectoclasificadores para el proceso de billete nuevo.

## Capítulo 2 Marco teórico

### 2.1 La impresión de billetes

La impresión de billetes corresponde a un proceso de impresión como existen muchos otros. Aunque existen diferencias por la seguridad que se requiere dentro del proceso, así como los controles que requiere el mismo producto, básicamente su proceso no difiere del proceso de impresión común.

#### 2.1.1. Definiciones

Las artes gráficas aparecen en muchas de las cosas que rodean a la sociedad: los libros, carteles, folletos y catálogos, e incluso en las tarjetas de crédito entre otros.

El término aparece tras la invención de la imprenta por Gutenberg, en el siglo XV, e incluía todas las técnicas relacionadas con la producción de libros, la impresión, encuadernación, acabado, etc.

Algunas definiciones importantes dentro del proceso de impresión son:

- *La impresión:* es un proceso de reproducción mediante el cual se aporta tinta a un sustrato, para transmitir información (texto y/o imágenes) de forma repetitiva, utilizando un soporte que incorpora dicha información (plancha).
- *La forma impresora:* es el material que se utiliza para transferir la tinta al sustrato y que contiene la imagen a reproducir, como por ejemplo los rodillos o planchas que contienen la figura a imprimir.
- *La tinta:* es la sustancia coloreada que se aporta al sustrato durante la impresión.
- *El sustrato:* es el material que recibe la tinta.
- *La máquina de impresión:* es el equipo que se utiliza para llevar a cabo el proceso.

#### 2.1.2. Procesos de impresión

Los procesos de impresión que se utilizan en la actualidad se pueden clasificar en procesos convencionales o tradicionales y procesos digitales.

A su vez, los procesos tradicionales se pueden clasificar de varias formas:

*Por el tipo de forma impresora:*

- *Altorrelieve:* La forma impresora tiene dos alturas, quedando los textos e imágenes por encima de la superficie de la plancha.
- *Bajorrelieve:* La información a imprimir está por debajo de la superficie de la plancha.
- *Plano:* La forma de impresión es lisa.

- *Estarcido*: La forma de impresión es una malla y la tinta pasa a través de aperturas definidas en la misma

Por la transferencia de la imagen

- *Directos*: La forma impresora transfiere la imagen directamente sobre el soporte.
- *Indirectos*: La forma impresora transfiere la imagen a un elemento intermedio y de éste pasa al soporte.

Por el aporte de tinta

- *Directo*: La tinta se aporta directamente a la forma impresora.
- *Indirecto*: La tinta se aporta a la forma impresora a través de un elemento intermedio.

### 2.1.3. Sistemas de impresión

Los sistemas de impresión tradicionales son:

#### *Tipografía*

La tipografía es un sistema de impresión en el que los elementos a imprimir están en altorrelieve. Es además un sistema de impresión directo, ya que la imagen se transmite directamente de la forma impresora al sustrato.

Existen varios tipos de máquinas, según la forma de contacto entre el sustrato y la forma impresora. (a) Plano contra plano, (b) planocilíndricas (la forma es plana y el sustrato gira sobre un cilindro y entra en contacto con la forma impresora) y (c) cilíndricas, cilindro contra cilindro (figura 2.1).

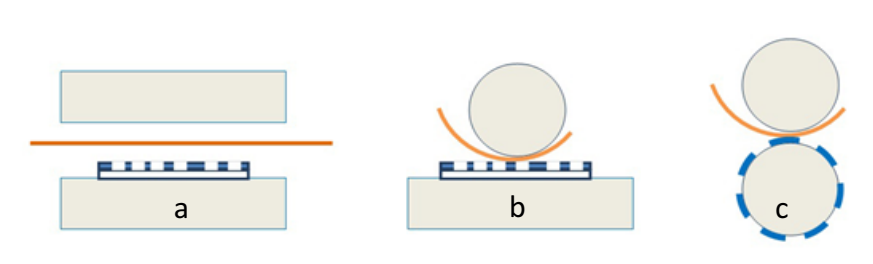


Figura 2.1 Tipos de máquinas.

Las ventajas de la tipografía son la calidad de la impresión, su menor necesidad de mantenimiento a lo largo de la tirada y un menor desperdicio de papel. Los inconvenientes incluyen el elevado costo de la impresión y la baja velocidad de las máquinas.

En la actualidad, las formas de impresión que se utilizan más comúnmente en este proceso son planchas de un material fotopolimérico, sobre una base de aluminio.

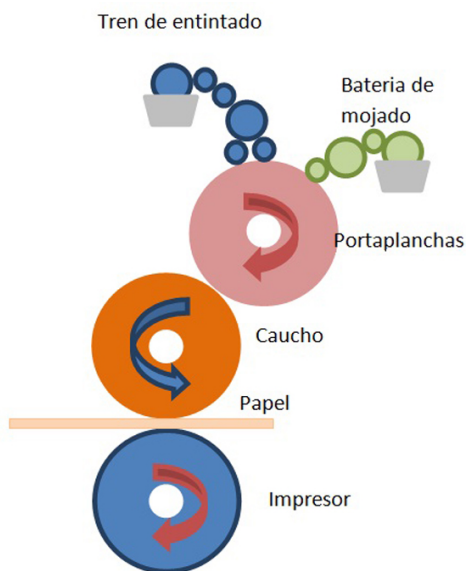
### *Flexografía*

La flexografía es un sistema de impresión en el que los elementos a imprimir están en altorrelieve en la forma impresora. Es también un sistema de impresión directo, ya que la imagen se transmite directamente de la forma impresora al sustrato.

Se diferencia de la tipografía en que la forma impresora es en este caso un polímero blando y se utilizan tintas líquidas. Además, la tinta no se transfiere directamente a la plancha, sino que existe un cilindro intermedio de transferencia, llamado Anilox.

Las ventajas de la flexografía son que es un procedimiento de impresión económico y rápido, que permite tirar a gran velocidad y, por tanto, tiradas grandes. Entre los inconvenientes está la calidad de impresión. La flexografía se utiliza para la impresión de envases y embalajes.

### *Offset*



*Figura 2.2 Sistema de impresión Offset.*

El offset es un sistema de impresión plano, ya que la forma impresora no tiene relieve, la imagen no se transfiere directamente de la forma impresora al sustrato, sino que lo hace a través de un cilindro recubierto de caucho (figura 2.2).

Dado que en la plancha las áreas de imagen y no imagen están al mismo nivel, el sistema de entintado se basa en el principio de repulsión entre la grasa y el agua. Las zonas a imprimir son oleófilas y, por tanto, aceptan la tinta y rechazan el agua, mientras que las zonas de no imagen son hidrófilas, aceptan el agua y rechazan la tinta. El equilibrio entre el agua y la tinta es fundamental para garantizar la impresión.

Al ser un sistema de impresión indirecto, si se observa una plancha de impresión, la imagen está al derecho.

Las ventajas del offset son la buena reproducción, la variedad de tipos de papel que admite, la gran rapidez de impresión y que es un procedimiento económico. Entre los inconvenientes están la variación de color en la tirada, debido al equilibrio agua-tinta, los

problemas en el secado de las tintas y las posibles dilataciones en el papel, debido a la humedad.

Este sistema de impresión se utiliza para un gran número de aplicaciones, como libros, impresos, etiquetas, etc. y se puede decir que es el sistema de impresión por excelencia.

### *Offset sin agua o Waterless*

Este sistema de impresión es una variante del offset húmedo que, en lugar de emplear agua para distinguir las zonas de imagen de las de no imagen, utiliza unas planchas especiales recubiertas de silicona: tras el procesado de las planchas, se elimina la silicona de las zonas imagen.

La tinta sólo se deposita en las zonas imagen, ya que la silicona repele la tinta. Al eliminar el agua de mojado, es necesario que las máquinas vengan equipadas con un sistema de refrigeración y control de temperatura que permita mantener la tinta en los valores adecuados para mantener la calidad de la impresión (entre 24 y 35 °C).

Como ventajas, se puede destacar la buena reproducción de los detalles y del color, y la estabilidad del mismo a lo largo de la tirada. Los inconvenientes son que se requiere refrigeración de las planchas, que además son más caras que las de offset convencional.

### *Calcografía*

La calcografía es un sistema de impresión en bajorrelieve y directo. La forma de impresión es una plancha metálica que contiene grabada la imagen a transferir al papel.

El procedimiento de impresión consiste primero en el entintado de la plancha, a continuación la limpieza de la tinta que ha quedado en la superficie de la plancha, y por último la transferencia de la tinta al papel. Para sacar la tinta de la talla es necesario aplicar presión elevada.

Este procedimiento de impresión se utiliza a nivel industrial para documentos de seguridad, y a nivel artesanal para la reproducción de grabados artísticos.

La capa de tinta que se deposita mediante este sistema de impresión se detecta al tacto, y la impresión es de alta calidad. Como inconvenientes se pueden mencionar el elevado coste de la impresión y el largo tiempo de secado.

### *Serigrafía*

La serigrafía es un sistema de impresión directo, en el que la forma de impresión corresponde a pasar la tinta por una malla formada por hilos; (figura 2.3) se describe de manera gráfica este proceso.



La tinta pasa al soporte a través de la malla en las zonas de imagen, mientras que las zonas de no imagen están cegadas.

La ventaja más importante de la serigrafía es su versatilidad, ya que permite imprimir sobre cualquier soporte, de cualquier tamaño, desde un bolígrafo hasta una camiseta o un cartel, y además con una amplia variedad de tintas. Es económica para tiradas cortas.

Los inconvenientes más importantes son la baja velocidad de las máquinas de impresión, la dificultad para reproducir detalles y la necesidad de un sistema de secado, debido a que se deposita una gran cantidad de tinta.

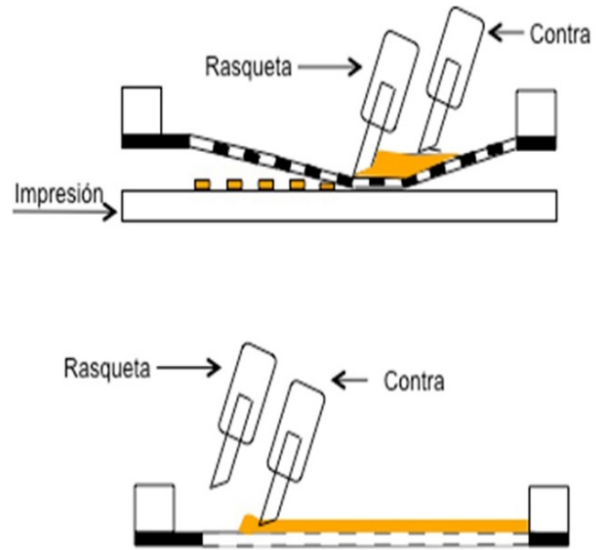


Figura 2.3 Extensión de la tinta en el proceso de serigrafía.

#### 2.1.4. Fabricación de billetes del Banco de México

El proceso de fabricación de billetes suele ser el mismo en el 90% de los bancos centrales, así también en la fábrica de billetes del Banco de México.

En este proceso intervienen diversas áreas de apoyo que contribuyen directa o indirectamente en la producción; éstas son: mantenimiento, que garantiza la continuidad de operación de los equipos; almacén de fábrica, que se encarga de recibir, controlar y distribuir los insumos y refacciones necesarios en las áreas de producción y finalmente, la ingeniería industrial, que analiza y estudia la información recabada de los diferentes procesos para facilitar la toma de decisiones enfocadas a optimizar los recursos y mejorar la calidad.

Por lo anterior, la fábrica de billetes del Banco de México cuenta con diversos especialistas como diseñadores, grabadores, técnicos de examen, laboratoristas, almacenistas, impresores, ingenieros, investigadores industriales y analistas de todas las áreas.

A continuación se explican las diferentes etapas por el cual un billete tiene que pasar antes de ser entregado a los bancos comerciales tales como: fabricación, distribución por todo el país, retorno a Banco de México y destrucción.

El proceso de la fabricación corresponde a una de las etapas más importantes del proceso general del proceso (figura 2.4).

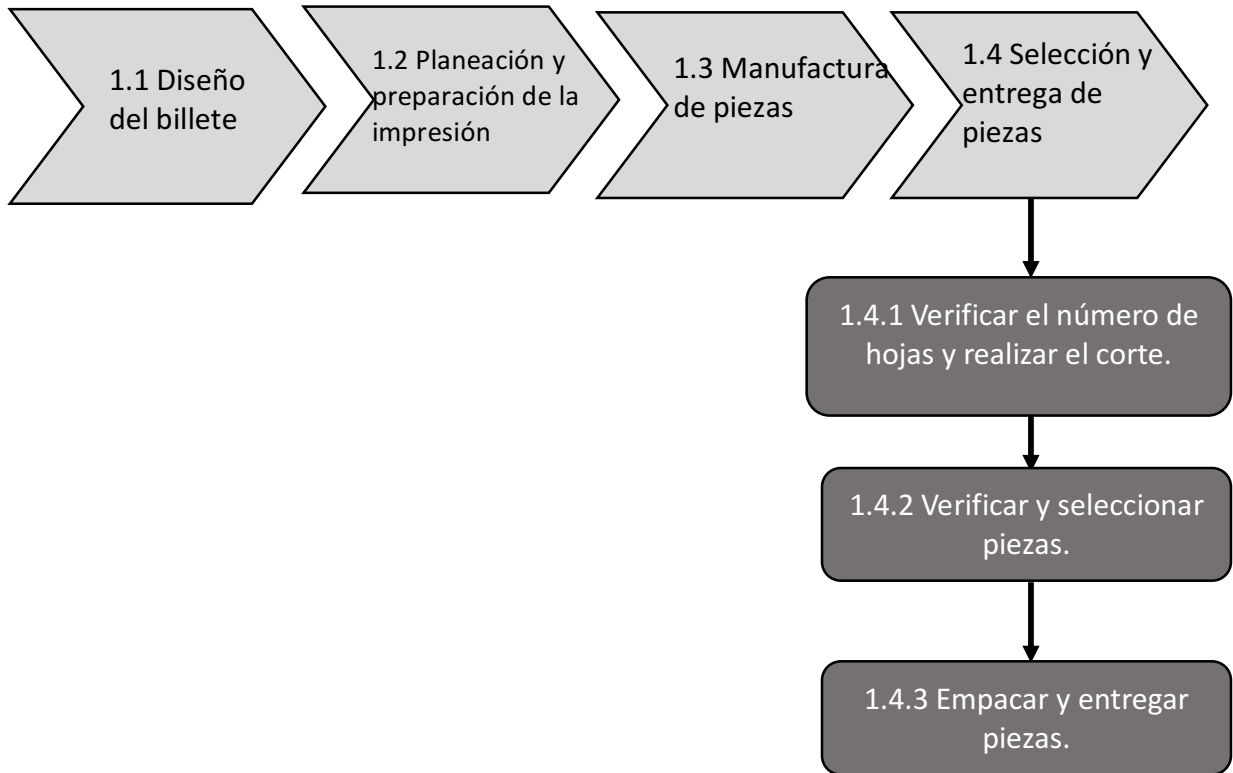


Figura 2.4 Macroproceso de fabricación de billetes en el Banco de México.

En la (figura 2.4) se muestra el proceso por el cual todos los billetes del Banco de México tienen que pasar este va desde el diseño del billete, planeación y preparación de impresión, manufactura de piezas y por último selección y entrega de piezas.

## 1. Diseño

El diseño de un billete inicia con la selección de su tema principal. Personal especializado realiza una profunda investigación acerca de imágenes, obras de arte, vida y obra de personajes notables, monumentos, sitios geográficos, entre otros. Esta investigación incluye la revisión de documentos históricos, la consulta de la bibliografía relevante, la visita a zonas arqueológicas y museos, así como la asesoría de especialistas.

A partir de esta investigación, se eligen las imágenes y elementos del futuro billete. Se desarrollan varias propuestas gráficas que consideran la protección contra falsificaciones y la facilidad para identificar el valor y manipular el nuevo billete. Las distintas propuestas de diseño se presentan a la Junta de Gobierno de Banco de México para que apruebe el definitivo.

## **2. Fabricación**

Una vez aprobado el diseño, se eligen las materias primas. Actualmente, las materias primas que se utilizan son el sustrato, que es el material en el que se hacen los billetes, y las tintas de seguridad.

El sustrato puede ser de papel de algodón o polímero. Este último es un tipo de plástico denominado polipropileno con orientación biaxial o BOPP, por sus siglas en inglés. El sustrato debe cumplir con ciertas características de seguridad determinadas por el Banco de México, como por ejemplo la marca de agua, los hilos de seguridad, las fibrillas y la ventana transparente. También el sustrato debe superar varias pruebas de control de calidad como la de doble dobléz, que consiste en determinar su resistencia observando y contando el número de veces que soporta antes de romperse, cuando se dobla varias veces sobre el mismo lugar. Para pasar esta prueba, el papel de algodón debe resistir alrededor de 2,500 dobles doblesces, y el polímero diez mil. A manera de ilustración, el papel bond común sólo resiste aproximadamente veinte.

Las tintas incluyen elementos de seguridad como magnetismo, fluorescencia y cambio de color. Las tintas son especialmente elaboradas para obtener la más alta calidad de impresión y resistencia. Al igual que sucede con el sustrato, las tintas también deben superar varias pruebas de control de calidad como las de tiempo de secado, viscosidad y resistencia al frote. Con esta última prueba, se busca comprobar que las tintas no se desprendan fácilmente.

Para verificar la calidad tanto del sustrato como de las tintas, se usa la prueba de resistencia a solventes comunes.

## **3. Impresión**

Grandes y sofisticadas prensas computarizadas imprimen los caracteres y las figuras, además de algunos elementos de seguridad, sobre los sustratos, con una muy alta precisión, ininteligible al ojo humano.

El proceso de impresión consta de cuatro etapas: impresión de los fondos, impresión de los grabados, la numeración del billete y su recubrimiento. Cada una de ellas cuenta con un estricto control de calidad para asegurar una correcta impresión de los billetes.

### *Fondos*

Para la impresión de los fondos es necesario contar con los diseños por computadora de los billetes. Estos diseños se transfieren a unas láminas que se montan en una máquina offset para imprimir simultáneamente tanto el anverso como el reverso de la hoja de sustrato.

De esa forma, se obtiene el elemento de seguridad llamado registro perfecto. Este elemento de seguridad consiste en figuras impresas en ambos lados del billete y que, vistas a trasluz, forman una imagen completa.

### *Grabados*

A la impresión de los grabados también se le llama impresión con relieve. La característica más notoria de este tipo de impresión es que la tinta queda en la superficie del sustrato y se puede sentir su relieve con la yema de los dedos.

Para la impresión de los grabados, primeramente se dibujan y trazan las imágenes (retrato, viñeta, numerales, textos, etc.), con la ayuda de programas especializados de computadora.

Las imágenes se imprimen en una película transparente y después, por medios fotográficos y químicos, se pasan a una placa metálica, donde quedan grabadas en bajo relieve con las profundidades, volúmenes, texturas y sombras necesarias. La placa original se acepta una vez que ésta se detalla con la ayuda del microscopio y buriles para cortar metal.

A partir de la placa original, se obtienen mediante medios galvánicos (electricidad producida por una reacción química) las planchas que contienen varias imágenes iguales a las de la placa original, que en la fábrica de billetes del Banco de México son 50 o 60, dependiendo de la denominación del billete. Las planchas se montan en la máquina para grabados con el propósito de imprimir los diseños grabados, aplicando grandes toneladas de presión sobre el sustrato. Una vez hecha la impresión, la tinta de las imágenes es lo suficientemente gruesa para poder identificarla con la yema de los dedos, principalmente en las áreas más oscuras.

### *Numeración*

La impresión de folios les da a los billetes su característica distintiva como piezas únicas. Cada billete es distinto de otro por su folio.

Esta impresión se realiza con una máquina tipográfica que imprime números distintos a cada billete por medio de una foliadora. A través de una computadora, se verifica que cada billete tenga un número distinto.

### *Recubrimiento*

Por último, se usa el proceso de recubrimiento para los billetes de polímero. El recubrimiento debe tener un acabado mate para que el billete tenga el aspecto deseado.

Este proceso incrementa la resistencia de la impresión sobre el polímero ante agentes mecánicos y químicos.

#### **4. Procesos finales**

##### *Muestreo*

Esta actividad consta en realizar un muestreo aleatorio del material que es enviado del área de manufactura, este proceso es realizado con ayuda de compañeras que están capacitadas para detectar algún defecto a nivel hoja. Esta actividad se realiza de manera manual revisando una a una de las hojas que conforman un lote.

##### *Corte de hojas impresas*

Para cada denominación, los billetes cuentan con medidas diferentes con el fin de ayudar a personas con discapacidad visual en la identificación de las denominaciones. Con el fin de optimizar el uso del papel seguridad, los billetes, dependiendo de su tamaño, se imprimen en hojas de 60 o de 50 imágenes. Una vez que se han impreso en todos los procesos ya descritos, y que las tintas han secado, las hojas deben ser cortadas para obtener las piezas individuales. El corte se hace mediante guillotinas con capacidad de hasta 500 hojas a la vez.

##### *Inspección del billete*

El operador coloca los billetes cortados manualmente en máquinas lectoclasificadoras que pueden revisar hasta cuarenta billetes por segundo. Esta revisión se hace billete por billete. Se verifica digitalmente la calidad de la imagen y todos los elementos de seguridad. Así se garantiza que ningún billete circule con defectos.

Los billetes defectuosos, que el sistema de inspección determina que no cumplen con los parámetros de calidad establecidos, pueden ser destruidos en línea en estas máquinas tras ser examinados.

Por otra parte, los billetes sin defectos son agrupados por la máquina de cien en cien y se les coloca una banda de papel. Este empaque automático se conoce con el nombre de fajilla. Las fajillas se agrupan para formar un mazo de mil piezas o diez fajillas. La máquina coloca un código de barras al mazo para su rastreo e identificación. Posteriormente, un operador fleja en forma manual cinco de esos mazos para formar un paquete y los coloca en una plataforma. Cuando la plataforma contiene 500 o 600 mazos, dependiendo de la denominación, es enviado al área de empaque.

##### *Empaque*

Cada conjunto de 5 mazos flejados es envuelto con poliolefina, después de lo cual cada paquete se identifica con un código de barras. Se arman bolsas con 5 o 6 paquetes; es decir, con 25 mil o 30 mil billetes, se colocan diez bolsas para formar un contenedor con 250 mil o 300 mil billetes. Estos contenedores también tienen un código de barras que contiene información sobre la denominación, los folios que conforman ese contenedor, así como los

trabajadores que intervinieron en su armado, entre otros datos. La Fábrica de Billetes entrega estos contenedores a la caja principal del Banco de México. Esta entidad es responsable de distribuir los billetes por todo el país.

Para el control del material se cuenta con sistemas, tanto de cómputo como de conteo físico, y cada proceso se observa con cámaras, con lo que se garantiza la integridad de los lotes de producción. La cantidad total de piezas empacadas o destruidas siempre corresponde al número de hojas que se imprimieron.

#### 2.1.5. La particularidad del Banco de México

Al tratarse de una institución de carácter gubernamental, no se cuenta con la facultad de elegir libremente a un proveedor de materias prima, sin antes cumplir con un riguroso proceso de contratación.

Así, la adquisición de un producto como materia prima para la impresión de billetes debe cumplir con los procedimientos de contratación establecidos en la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público como son la licitación pública o la invitación a cuando menos tres proveedores, en donde se establecen los requisitos y condiciones, siendo los mismos para todos los participantes, y para lo cual se debe proporcionar a todos los interesados igual acceso a la información relacionada con dichos procedimientos, con el fin de evitar favorecer a algún participante.

Es importante recalcar que muchos de estos proveedores una vez aceptados tienen la obligación de firmar contratos de confidencialidad con el fin de asegurar la integridad del producto.

## 2.2 Mejora continua

La mejora continua es una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio. Es mayormente aplicada de forma directa en empresas de manufactura, debido en gran parte a la necesidad de minimizar costos de producción teniendo como resultado la misma o mejor aun incrementando la calidad del producto.

### 2.2.1. Metodología DMAIC

El DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es la metodología de mejora de procesos usado por Seis Sigma, y es un método iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis, la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada (McCarthy et al., 2004). Fue desarrollada por Motorola a principios de los 90's, la primer letra "D" fue agregada por General Electric.

La metodología la cual de manera gráfica se describe en la (figura 2.5) muestra el ciclo de las etapas de la metodología DMAIC esta comprende una estrategia de 5 pasos estructurados de aplicaciones generales.

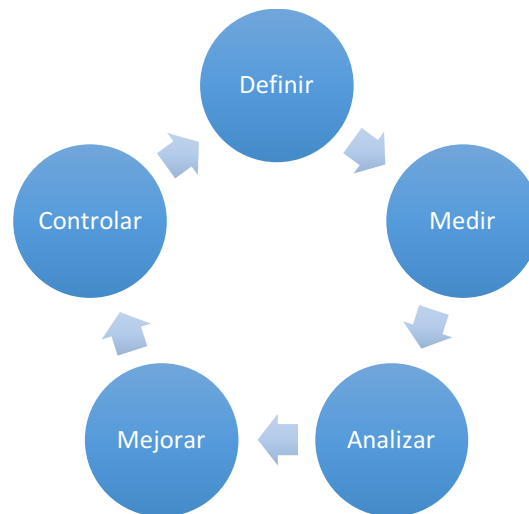


Figura 2.5 Diagrama metodología DMAIC

En años recientes los conceptos de Seis Sigma junto con su metodología DMAIC se han convertido en la forma más implementada para resolver problemas operacionales y de diseño tanto en la manufactura como en los sistemas de servicio. Sin embargo, esta metodología adolece del uso de herramientas de simulación y optimización que tomen en consideración la complejidad asociada con distribuciones estadísticas que no son normales, fallos aleatorios, etc.

Para mejorar la calidad de un sistema de manufactura o servicio es necesario utilizar un enfoque formal al análisis de desempeño del sistema y a la búsqueda de formas de mejorar dicho desempeño.

### 2.2.2. El método DMAIC para el mejoramiento

Para poder realizar mejoras significativas de manera consistente dentro de una organización, es importante tener un modelo estandarizado de mejora a seguir. DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Seis Sigma y es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado.

#### Definir

Es la fase inicial de la metodología, en donde se identifican posibles proyectos de mejora dentro de una compañía y en conjunto con la dirección de la empresa se seleccionan aquellos que se juzgan más prometedores.

Para definir apropiadamente el problema deben responderse preguntas tales como: ¿Por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora? ¿Cuál es el flujo de proceso general del

sistema? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto? ¿Cómo se sabrá que ya terminó el proyecto (criterio de finalización)? ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente?

Los entregables claves a completarse en esta fase para responder a estas preguntas son:

- Project charter
- Voz del cliente
- Mapa de proceso.
- Árbol crítico para la calidad, CTQ

## Medir

Una vez definido el problema a atacar, se debe establecer qué características determinan el comportamiento del proceso (Brue, 2002). Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño), y qué parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño. A partir de estas variables se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que se hace necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del sistema, es decir qué tan bien se están cumpliendo las expectativas del cliente.

Esta etapa debe permitir responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el proceso y como se desarrolla? ¿Qué tipo de pasos componen el proceso? ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y que variables de proceso parecen afectar más esos indicadores? ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente? ¿Cómo se obtiene la información? ¿Qué exactitud o precisión tiene el sistema de medición? ¿Cómo funciona el proceso actualmente?

Posibles herramientas de apoyo son:

- Matriz de priorización
- Análisis de tiempo de valor analizar
- Gráficos de Pareto
- Gráficos de control

## Analizar

Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso y determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora. En esta fase se determina si el problema es real o es solo un evento aleatorio que no puede ser solucionado usando DMAIC. En esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de *medir* y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis



y la prueba estadística de las mismas para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso.

Las preguntas a contestar durante esta etapa son: ¿Qué variables de proceso afectan más a la calidad (variabilidad del proceso) y cuales se pueden controlar? ¿Qué es de valor para el cliente? ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso? ¿Cuántas observaciones se necesitan para sacar conclusiones?

Entre las herramientas más comúnmente usadas se encuentran:

- Diagramas de causa-efecto
- Estudio de correlación
- Diagrama de flujo

Mejorar

Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones.

En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema.

Algunas de las preguntas que se sugieren y que deben contestarse antes de pasar a la siguiente etapa son: ¿Qué opciones se tienen? ¿Cuáles de las opciones parecen tener mayor posibilidad de éxito? ¿Cuál es el plan para implementar el nuevo proceso? ¿Qué variables de desempeño usar para mostrar la mejora? ¿Cuántas pruebas se necesitan correr para encontrar y confirmar las mejoras? ¿Esta solución está de acuerdo con la meta de la compañía? ¿Cómo se implementan los cambios?

Entre las herramientas más comúnmente utilizadas en esta fase se encuentran:

- Lluvia de ideas
- Herramientas lean
- Modo de falla y análisis de efecto
- Simulación de eventos discretos

## Controlar

Finalmente, una vez encontrada la manera de mejorar el desempeño del sistema, se necesita encontrar cómo asegurar que la solución pueda sostenerse sobre un período largo de tiempo. Para esto debe diseñarse e implementarse una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente. Las preguntas a responder en esta etapa son: ¿Están los resultados obtenidos relacionados con los objetivos, entregables definidos y criterio de salida del proyecto? Una vez reducidos los defectos, ¿cómo pueden los equipos de trabajo mantener los defectos controlados? ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso?

Para responder a estas preguntas se requerirán de ciertas herramientas tales como el control estadístico mediante gráficos comparativos y diagramas de control y técnicas no estadísticas tales como la estandarización de procesos, controles visuales, planes de contingencia y mantenimiento preventivo, herramientas de planificación, etc.

### 2.2.3. Historia de la filosofía lean

La idea principal de esta filosofía es eliminar cualquier desperdicio. Henry Ford dijo: “el tiempo desperdiciado difiere del material desperdiciado en que no puede ser recuperado”. Con esta idea, su objetivo fue aumentar la velocidad del proceso sin sacrificar la calidad. Henry Ford fue el primero en utilizar la línea de montaje móvil a gran escala, con lo cual cambió radicalmente los métodos anteriores de manufactura, rompió con los esquemas de producción. Lo anterior no lo pudo lograr sin considerar la eliminación de los desperdicios, que es exactamente a los que se refieren las metodologías de manufactura esbelta (a veces simplemente referidas como *lean* por la palabra en inglés). Las herramientas y técnicas correspondientes se diseñaron con el propósito de mejorar las formas de realizar el proceso, para incrementar la calidad y productividad, disminuyendo tiempos, y de forma simultánea reducir costos y mejorar la rentabilidad.

Así como la línea de ensamble de Henry Ford, un sistema esbelto proporciona lo que se necesita, en las cantidades necesarias y cuando se necesita. El objetivo principal del pensamiento lean se enfoca en que exista un flujo sin interrupciones de las actividades en el proceso que dan valor añadido, desde que se está realizando un producto o servicio, y si existen interrupciones o actividades encontradas que no añaden valor en el proceso, como tiempos de inactividad, retrabajo, esperas, cruces, cuellos de botella, inspecciones, deben ser reducidas o eliminadas.

Las empresas que han implementado la filosofía de la manufactura esbelta han logrado reducir sus ciclos de tiempo, costos de manejo, tiempos de entrega, espacio utilizado, inventario y actividades de servicio al cliente. Logrando lo anterior, de manera directa impacta en la mejora de la calidad, productividad, rotación de inventario, márgenes de utilidad y respuesta del cliente.

#### 2.2.4. Tipos de desperdicio

*Desperdicio 1:* Sobreprocesamiento (tratar de agregar más valor a un servicio/producto de lo que el clientes quieren o están dispuestos a pagar.

Hay dos elementos para el sobreprocesamiento:

- Si no se sabe lo que los clientes quieren, se podría terminar añadiendo más *valor* de lo que están dispuestos a pagar.
- Permitir que el valor no agregado de trabajo se introduzca en un proceso.

*Desperdicio 2:* Transporte (movimientos innecesarios de materiales, productos o información). El exceso de transporte es importante porque cada movimiento de una actividad a otra toma tiempo (que es algo que los pensadores lean quieren minimizar), ocupa recursos, y crea una cola en la actividad de recepción.

En un extremo del espectro, lo que elimina el exceso de transporte puede implicar la combinación de medidas para eliminar los loops o bucles (cortar los traspasos a la mitad, y que por lo general reducir el tiempo de espera a la mitad); en el otro extremo está la opción de cambiar el espacio de trabajo para que coincida con el flujo del proceso.

*Desperdicio 3:* Movimiento (movimiento innecesario de personas), las soluciones pueden incluir todo, desde reordenar los escritorios de la gente hasta la compra de mobiliario ergonómico y equipo para usar un software que realice tareas fuera de línea, así la información está a la espera del personal y no al revés.

*Desperdicio 4:* Inventario (trabajo en proceso que haya en exceso de lo que se requiere para producir para el cliente). Cualquier trabajo en proceso en exceso de la cantidad que realmente necesita causa costos de espera de flujos de valor no añadido, tiempos de espera prolongados, y el incumplimiento de las expectativas del cliente. Esto causará tiempo adicional en la cola y más movimiento o aceleración para cumplir con una fecha necesaria.

*Desperdicio 5:* El tiempo de espera (retraso entre el momento en que un paso/actividad del proceso termina y el siguiente paso/actividad comienza). Debido a que gran parte del trabajo en los procesos de servicios son invisibles a simple vista, las técnicas de mapeo de procesos son esenciales para encontrar retrasos en un proceso. Estos mapas destacan donde el trabajo se sienta a esperar a que alguien haga algo con él.

*Desperdicio 6:* Defecto (aspectos del servicio que no se ajusten a las necesidades del cliente). En los servicios, un defecto puede ser cualquier cosa, desde perder información hasta el incumplimiento de plazos que causan que el cliente no esté contento con los resultados. Algunos defectos son causados por las actividades, como cuando a los operadores se les da la versión incorrecta de la documentación del proceso instrucciones, formularios de pedidos, solicitudes, etc., otros por un cambio en los proveedores.

Generalmente un defecto es detectado por una persona, que o bien lo vuelve a trabajar o lo pasa de nuevo a la actividad que cometió el error.

*Desperdicio 7:* La sobreproducción (la producción de salidas o productos de los servicios que van más allá de lo que se necesita para su uso inmediato). En el proceso original, los compradores *sobreproducen* esto con solicitudes de compra procesadas sin antelación ya que era más conveniente para ellos hacerlo así, que sufrir por los retrasos de cambiar constantemente entre sitios.

*Desperdicio 8:* Intelectual: las causas comunes son que la administración no involucra a sus empleados en la solución de los problemas, puestos de trabajo y expectativas estrictamente definidos, una administración vieja, relaciones laborales. La experiencia es la mejor guía para la mejora.

Los esfuerzos de mejora serán más eficaces cuanto mejor se estén reconociendo todas estas formas de desperdicio.

El pensamiento lean ataca directamente las causas de los desperdicios anteriores. Los proyectos de esta metodología se centran en procesos ineficientes, herramientas o equipos inadecuados, layouts ineficientes, falta de capacitación, proveedores no calificados, falta de estandarización, malas decisiones administrativas, falta de comunicación, errores del operador y una mala programación.

Para mejorar un proceso, existen 5 pasos claves en el pensamiento de este pensamiento:

1. Estudia el proceso observando directamente las actividades de trabajo, sus pasos y el flujo.
2. Estudia el proceso para sistemáticamente eliminar las actividades que generan desperdicio, sus conexiones y flujo.
3. Establece un acuerdo con los involucrados que resulten afectados en el proceso, de manera que se entienda el objetivo, que es obtener lo que el proceso necesita y cómo se tiene que lograr.
4. Utiliza un método sistemático para atacar y resolver los problemas.
5. Integra estos pasos en toda la organización

### 2.3 Algunas herramientas utilizadas por la ingeniería industrial

Dado que se busca reducir el porcentaje de cancelación de billetes por mal corte y así mismo aumentar la producción, con ayuda de algunas herramientas de estudio se analizaron los procesos previos y posteriores al corte.

Algunas de estas herramientas que se utilizaron para este trabajo se describen a continuación:

### 2.3.1. Project charter

El documento de constitución del proyecto o project charter es un documento que permite balancear las intenciones y alinear las necesidades de los interesados en el proyecto. Además, proporcionará un acuerdo respecto a cuándo podrá considerarse exitoso el proyecto.

El propósito es asegurarse que:

- *El alcance del proyecto esté claro.*
- *Los beneficios del mercado/cliente estén entendidos.*
- *El beneficio del negocio esté entendido.*
- *Se llegue a un acuerdo y se establezcan los parámetros de desempeño del proceso.*
- *Se establezcan metas claras de progreso para los parámetros.*
- *Exista apoyo del negocio para realizar el proyecto de la forma que haya un líder de proyecto y equipo (y que todos los recursos se liberen de forma apropiada para hacer el proyecto).*
- *Exista un acuerdo entre las personas asignadas al estudio y con el personal en campo para garantizar que se eliminen todos los obstáculos del proyecto.*
- *Sea justo el proyecto en el que se tenga que trabajar. El Project Charter es el documento que se asegura de que todos estos elementos sean considerados. El Project Charter, en esencia, define el problema, alcance, parámetros, metas y el apoyo que se requiere.*

El project charter no es sólo una herramienta para el equipo en turno que conduce el proyecto, es una herramienta que se usa para ayudar a que:

- Otras personas del negocio entiendan de qué se trata el proyecto.
- Futuros equipos examinen el mismo proceso, pero quizá enfocándose en elementos diferentes. Estos equipos pueden ser equipos de otros proyectos que están trabajando en diferentes procesos, y que están buscando puntos para mejorar sus propios proyectos.

Con estas posibilidades en mente, es importante que este documento sea claro y fácil de comprender para cualquier persona del negocio que lo lea.

El project charter es un documento dinámico entre las fases definir y medir del proyecto, a pesar de que generalmente los únicos elementos que se actualizan durante este periodo serían los métricos y el alcance (como se va comprendiendo mejor el proceso), junto con pequeños cambios en el equipo si es que hay un cambio de alcance significativo.

Después de la fase *medir*, normalmente el Project Charter se “guarda” o documenta para el resto del proyecto.

### 2.3.2. Herramientas de la filosofía lean manufacturing

El pensamiento en esta filosofía tiene una variedad de herramientas, técnicas y prácticas para resolver problemas y mejorar procesos, estas son:

- Kaizen
- Mapeo de procesos
- 5'S
- Kanban, gestión de inventarios jalar (pull)
- Poka-yoke
- Mantenimiento productivo
- Estudio de tiempos y movimientos
- Reducción del tiempo de preparación (Cambio de herramienta o formato en menos de 10 minutos)
- Balanceo de la línea
- Estandarizar el trabajo

A continuación se describirán las herramientas de manufactura esbelta empleadas en este trabajo.

### 2.3.3. Mapeo del proceso

Es una representación gráfica de un proceso, mostrando la secuencia de tareas a realizar y su trayectoria.

Algunos de sus principios clave son:

- La documentación no es un sustituto para la observación. Se tiene que caminar por el proceso y hablar con el personal operativo para averiguar lo que realmente sucede en el día a día, aun cuando se estudia un área de trabajo que se cree que ya es conocido.
- Un diagrama de flujo es un medio, no un fin. No se debe quedar envuelto en la creación del diagrama de flujo perfecto que hace demorarse en el trabajo de valor añadido en un proyecto, sino que sólo se debe llegar a un nivel de detalle que es útil para el proyecto.
- Se requiere involucrar a los representantes de cada uno de los procesos para crear el mapa. Ninguna persona tendrá todo el conocimiento del proceso que se necesita.

Los mapas de procesos están destinados a ser utilizados. Si los mapas se encuentran en un estante o están atrapados en la computadora del personal, no están cumpliendo su trabajo. Se tienen que establecer prácticas que les hagan ser documentos vivos; referirse a ellos en todas las reuniones del equipo, usarlos en capacitación y repaso; actualizarlo en cada cambio en el proceso, etc.

El estudio del proceso deberá incluir al menos:

- Diagrama del flujo de valor básico con valor añadido vs identificación de valor no añadido; añadir otros indicadores críticos del proyecto, según aplique.
- Observación de procesos.

Si el proyecto se centrará en mejorar el lugar de trabajo, se puede utilizar un diagrama de flujo de trabajo para conseguir un mapa visual de los espacios de trabajo.

A continuación se presenta la (figura 2.6) que indica las diferentes versiones de un diagrama de flujo, estas versiones son dependiendo de la persona que se encuentra revisando el proceso, como debería ser y como en realidad es.

### EXISTEN DIFERENTES VERSIONES DE UN PROCESO:

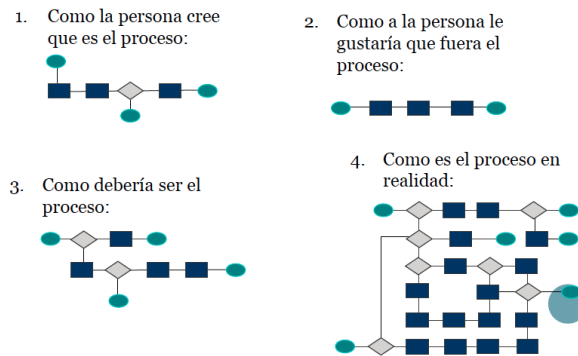


Figura 2.6 Mapeo del proceso, apuntes de la clase de six sigma del Ing. Pablo Luis Mendoza Medina

#### 2.3.4. Estudio de tiempos y movimientos

Para Taylor<sup>1</sup> y sus seguidores, el instrumento básico para racionalizar el trabajo de los obreros era el estudio de tiempos y movimientos (motion, time, study).

Taylor comprobó que el trabajo puede efectuarse mejor y más económicamente mediante el análisis de trabajo, esto es, de la división y subdivisión de todos los movimientos necesarios para la ejecución de cada operación de una tarea. Observando metódica y pacientemente la ejecución de cada operación a cargo de los obreros, Taylor vio la posibilidad de descomponer cada tarea y cada operación de la misma en una serie ordenada de movimientos simples.

Los movimientos inútiles eran eliminados, mientras que los útiles eran simplificados, racionalizados o fusionados con otros movimientos, para proporcionar economía de tiempo y de esfuerzo al obrero.

<sup>1</sup> Fuente: Introducción a la Administración con Enfoque. Publicado el 6 de Septiembre de 2015 por Román Terrazas Valdez

Este análisis de trabajo va ligado con el estudio de tiempos y movimientos, es decir, la determinación mediante la utilización del cronómetro del tiempo promedio en que un obrero común ejecutaría la tarea. A ese tiempo promedio se adicionaban otros tiempos básicos y muertos (esperas, tiempos destinados a la salida del obrero de la línea de producción para realizar sus necesidades personales, etc.), para obtener el llamado *tiempo estándar*.

Con esto se estandarizaba el método de trabajo y el tiempo destinado para su ejecución.

El método es la manera de hacer alguna cosa para obtener un resultado determinado, el estudio de los tiempos y movimientos, además de permitir la racionalización de los métodos de trabajo del obrero y la fijación de los tiempos estándares para la ejecución de las operaciones y tareas, trajo consigo otras ventajas:

- Eliminar movimientos inútiles y sustituirlos por otros más eficaces.
- Volver más racional la selección y capacitación del personal.
- Mejorar la eficiencia del obrero y, en consecuencia, el rendimiento de la producción.
- Distribuir uniformemente el trabajo para que no haya periodos de falta o exceso de trabajo.
- Tener una base uniforme de salarios equitativos por aumento de la producción.
- Calcular con más precisión el costo unitario y por consiguiente el precio de venta de los productos.

#### 2.3.5. Diagrama de Ishikawa (causa-efecto)

El diagrama de Ishikawa también conocido como Diagrama de Pescado por su forma, es una herramienta que sirve para identificar y presentar sistemática y gráficamente todas las causas posibles de un problema.

El diagrama permite desglosar esquemáticamente un problema y sus causas. El objetivo de estudio se representa mediante la espina o tronco del diagrama, que debe leerse de derecha a izquierda. En la cabeza del diagrama se escribe el problema que será analizado, las categorías de las causas se presentan en las puntas de las espinas y las causas atribuibles se añaden en las espinas menores.

La creación del diagrama de Ishikawa estimula el análisis de un problema complejo y, en muchas ocasiones, mejora su entendimiento, es por ello que se utiliza para identificar soluciones para problemas sistemáticos.

A continuación se indican los pasos para desarrollar un diagrama de Ishikawa:<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> OFFICE OF GOVERNMENT COMMERCE. Operación del Servicio. TSO, Reino Unido, 2009, p.c. 225 – 226.



1. Definir el problema que se desea resolver en términos claros y específicos. Este debe escribirse en el cuadro de la “cabeza del pez”.
2. Escribir las categorías de causas en las puntas de las “espinas del pescado”. Estas deben ser categorías bastante amplias de las que no se conozcan sus causas exactas.
3. Realizar una lluvia de ideas para sugerir causas posibles que deben ser seleccionadas y colocadas, cada una de ellas, en una “espinas menor”.
4. Interpretar el diagrama clasificando las causas superiores basándose en su análisis detallado de acuerdo con su clasificación y prioridad para enfocar las posibles soluciones.

#### 2.3.6. 5'S

Una herramienta que puede ayudar en cualquier negocio son las “5S”, que es un método de organización y estructura técnica para deshacerse del desorden y el desperdicio.

La limpieza, el orden y el tener un lugar dispuesto para cada cosa es clave para el éxito de cualquier emprendimiento.

Los resultados de un programa 5S se pueden resumir con la frase:

*“MANTENIMIENTO DEL ORDEN Y LA LIMPIEZA EN EL PUESTO DE TRABAJO”*

Los nombres en japonés y su significado equivalente son los siguientes:

1. SEIRI (Separar). Apartar las cosas útiles de las inútiles, con esto se busca eliminar lo inservible.
2. SEITON (Ordenar). Colocar las cosas útiles de forma tal que todas las personas en el área de trabajo entiendan cuál es su lugar.
3. SEISO (Limpiar). Efectuar una “limpieza inteligente” del puesto de trabajo. Redefinir las condiciones operativas óptimas del puesto.
4. SEIKETSU (estandarizar/comunicar). Comunicar el estándar y las condiciones operativas a todo el mundo de la manera más simple posible.
5. SHITSUKE (Respetar). Respetar los estándares para mantener y mejorar las condiciones definidas.

Los principales objetivos de las 5S son:

- Utilizar de forma óptima el espacio disponible.
- Reducir los errores y los defectos.
- Reducir las paradas y el desgaste de las máquinas e instalaciones.
- Reducir el tiempo de búsqueda de materiales.
- Reducir los traslados de material.
- Mejorar el control del proceso.
- Definir y asegurar el cumplimiento de los estándares de operación.

- Crear en las personas el hábito de mantener su puesto de trabajo ordenado y limpio.
- Gestionar “a la vista” la producción.
- Hacer el puesto de trabajo más ordenado y, por lo tanto más seguro.

Las 5'S se basan en gestionar de forma sistemática los elementos y materiales de un área de trabajo específica de acuerdo con cinco etapas preestablecidas, las cuales son conceptualmente muy sencillas, pero que demandan esfuerzo, monitoreo constante y perseverancia para mantenerlas.

La suciedad en los puestos de trabajo disminuye notablemente la motivación, aumenta los riesgos, confunde los procesos operativos de trabajo, y puede llegar a ser un obstáculo cuando queremos asegurar la calidad de los productos.

Se refiere a organizar, no solamente el lugar de trabajo sino el trabajo mismo. Se trata de optimizar las células de trabajo, las áreas designadas de trabajo y también los espacios para ciertas actividades. Ayuda a minimizar el movimiento de las personas y las cosas, y por ello cuesta menos. En un sentido operacional esto significa que ya no hay agrupaciones, esperas, retrasos, ni tampoco filas que demoren los procesos, sino que existe solo una operación fácil y fluida.

## Capítulo 3 Metodología

Para realizar el análisis del proceso se empleó el análisis DMAIC, el cual consiste en:

Define (Definir) ¿Qué es lo importante?

- Definir los objetivos del proyecto.
- Definir los requerimientos críticos para el cliente
- Documentar el proceso (Crea un mapeo del mismo).
- Crear la definición más fácil de entender de dicho problema.
- Construir al equipo efectivo.

Measure (Medir): ¿Cómo se está haciendo ahora?

- Medir el desempeño actual del proceso.
- Determinar el ¿Qué? se va a medir.
- Desarrollar y valida el sistema de medición.
- Determinar el desempeño actual del proceso.

Analyze (Analizar): ¿Qué está mal?

- Analizar y determinar la causa raíz de los problemas y o defectos.
- Entender la razón para la variación e identifica las causas potenciales.
- Identificar las oportunidades de mejora en el proceso.
- Desarrollar y probar las hipótesis para la causa raíz de las soluciones.

Improve (Mejora): ¿Qué se necesita hacer?

- Desarrollar y cuantificar las soluciones potenciales.
- Mejorar/Optimizar el proceso.
- Evaluar/Seleccionar la solución final.
- Verificar la solución final.
- Ganar la aprobación de la solución final.

Control (Controlar): ¿Cómo se garantiza el desempeño?

- Implementar la solución.
- Garantizar que la mejora es mantenida.
- Asegurar que los nuevos problemas son identificados rápidamente.

A continuación se muestran las etapas de la metodología DMAIC y en cada una de ellas las herramientas que se aplicaron para el análisis de este trabajo (figura 3.1).



Figura 3.1 Metodología DMAIC aplicada.

Como ya se mencionó, el proceso de fabricación de un billete es particularmente complejo, pasando por diferentes procesos en los cuales el producto va adquiriendo valor agregado a lo largo de la línea de producción.

Estos procesos se pueden dividir en externos e internos siendo los externos todos aquellos procesos que no se tienen injerencia en el área de procesos finales y los internos son los que se tienen la capacidad de analizar y modificar si fuese necesario.

### 3.1 Definir

#### 3.1.1. Estado inicial del proyecto

Cuando se comienza a trabajar en este proyecto ya se tenía un avance, ya que se contaba con el Project Charter de un proyecto de estandarización de la Dirección General de Emisión, el cual se muestra en el Anexo 1; tomando como base la información del proyecto de estandarización, se definieron la problemática, los objetivos, alcances, limitaciones y encargados del proyecto de mejora dentro del área de procesos finales automatizados.

#### 3.1.2. Presentación del proyecto a personal responsable

Se realizó la presentación del proyecto directamente a los operadores; en esta reunión se dio a conocer:

- *Objetivo del proyecto*
- *Metodología del análisis*
- *Responsables del proyecto*
- *Alcances*
- *Tiempos y fechas de trabajo*

### 3.2 Medir

#### 3.2.1. Herramientas para ejecutar el diagnóstico

Siguiendo la metodología DMAIC, para el análisis del proceso es necesario la obtención de datos para ello se utilizaron diferentes herramientas que como resultado, muestra a continuación en la (figura 3.2).

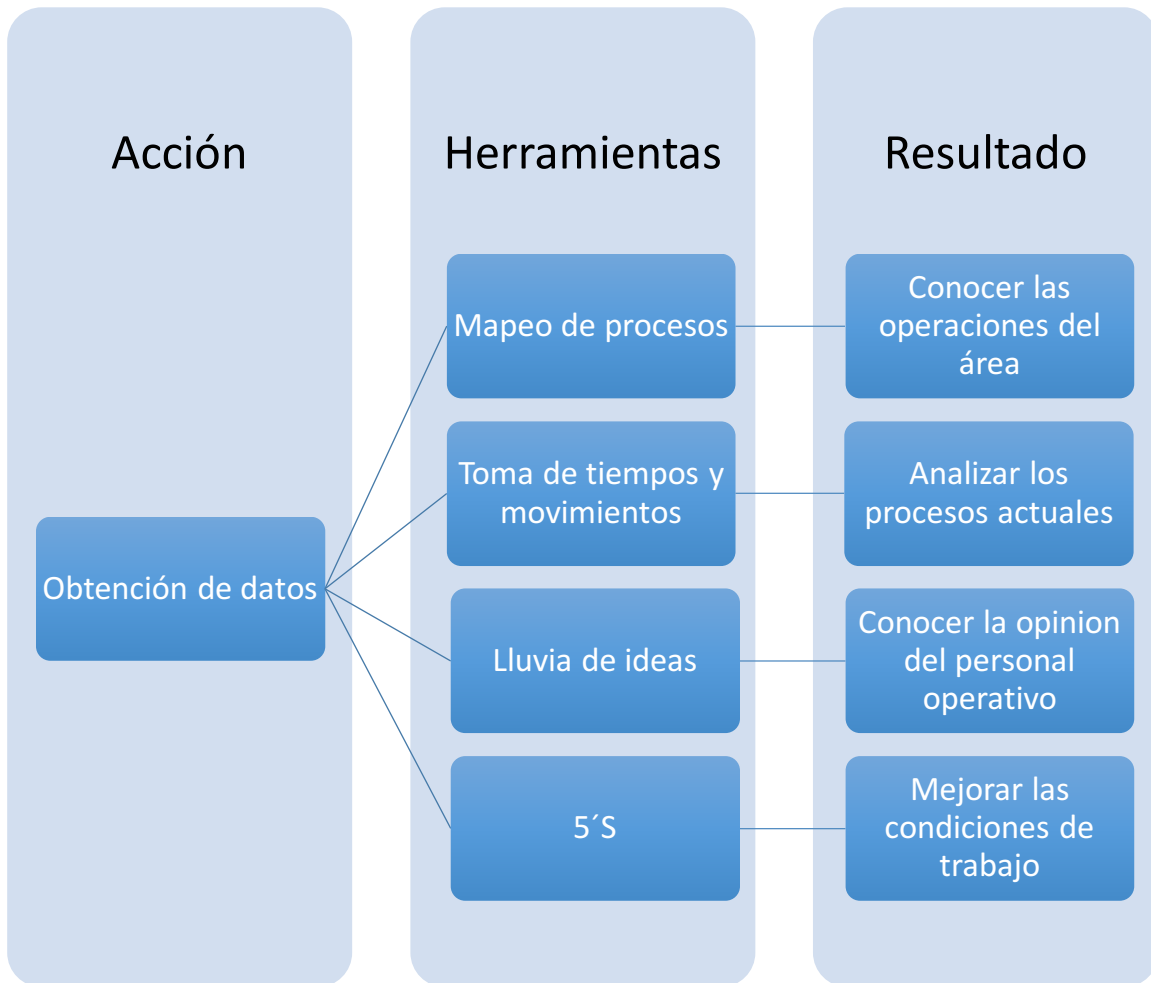


Figura 3.2 Obtención de datos

#### 3.2.2. Estructura del área

El área de procesos finales está conformada por 2 grandes sub-áreas, siendo *proceso final automatizado (PFA)* y *empaque* (figura 3.3); en el área de PFA es donde ocurre uno de los principales procesos.

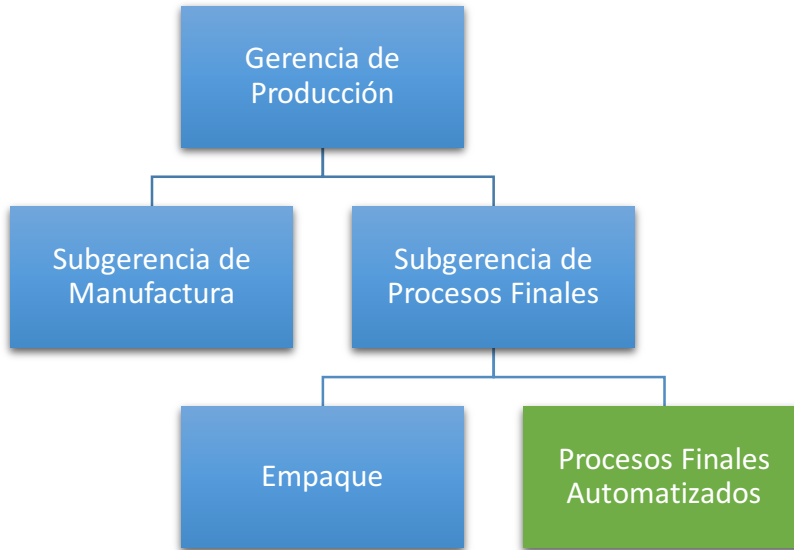


Figura 3.3 Estructura de la gerencia de producción.

Este proceso es el corte de hojas impresas, esta actividad se realiza a diario, cortando hasta 6 millones de piezas para poder cumplir con la demanda de billete anual y se considerada crítico, ya que es aquí donde el área de PFA le da valor agregado al producto, ya que si esta operación se realiza de manera errónea, todos los procesos previos y posteriores del producto se ven afectados, ya que no hay marcha atrás.

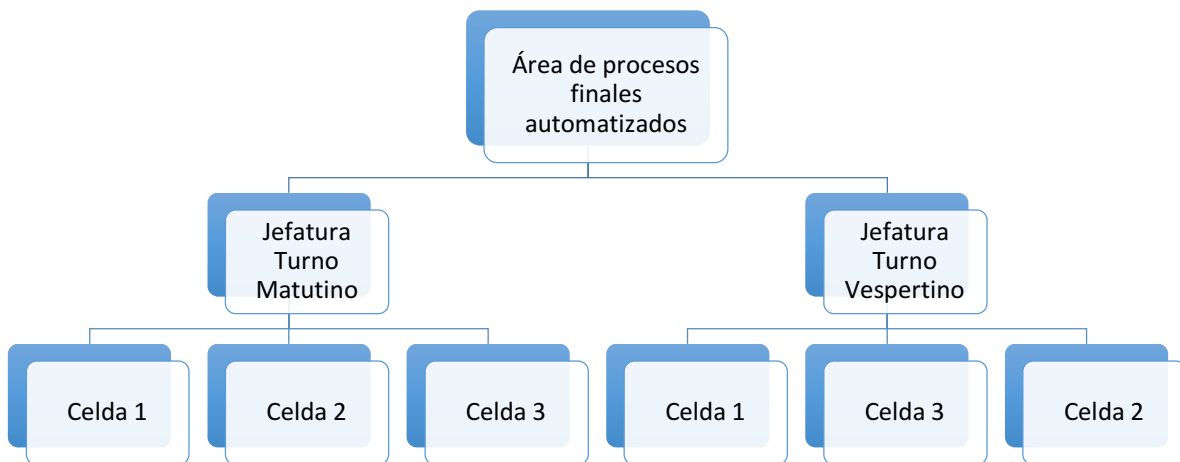


Figura 3.4 Estructura del área de procesos finales automatizados.

A su vez el área de procesos finales automatizados está conformada por dos jefaturas turno matutino y vespertino, cada uno de estas jefaturas tienen a su cargo 3 celdas (figura 3.4), las cuales están organizadas de la siguiente manera (figura 3.5).

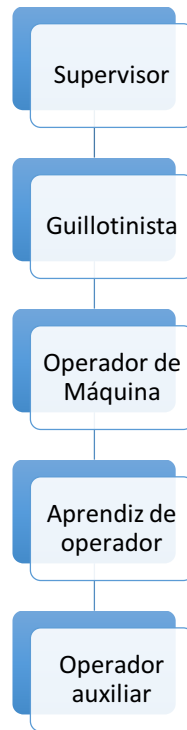


Figura 3.5 Estructura de una Celda.

Cada una de las celdas está liderada por un supervisor es el encargado de organizar al personal así como el principal responsable de todo el material que se encuentre dentro de esta como principal responsable el supervisor tiene algunas interrogantes, ¿Qué denominación cortar y qué cantidad?, ¿Cuáles son las especificaciones de corte en cada pieza?, ¿Cuáles son las características del lote a cortar?, para ello existen los siguientes documentos:

**Plan de la orden de producción:** Es el documento en el cual de manera específica se indica la cantidad de piezas a producir en un año según la denominación, este documento tiene que ser aprobado por la junta de gobierno.

**Medidas:** Las medidas de los billetes y sus tolerancias se determinan desde que se comienza el diseño del billete, estas medidas no pueden ser modificadas una vez aprobadas, ya que es un elemento de autenticidad.

**Tarjeta viajera:** Es el “acta de nacimiento” de los lotes de producción, ya que esta se genera desde antes de que las hojas reciban la primera impresión, este documento acompaña al lote a lo largo de todos los procesos, en él se detalla la línea de producción que este siguió, así como las observaciones más relevantes que impactaron directamente la calidad.

Estos documentos son de gran importancia para el personal que labora dentro de la celda (figura3.6) ya que ayuda de forma considerable a la planeación de la producción.

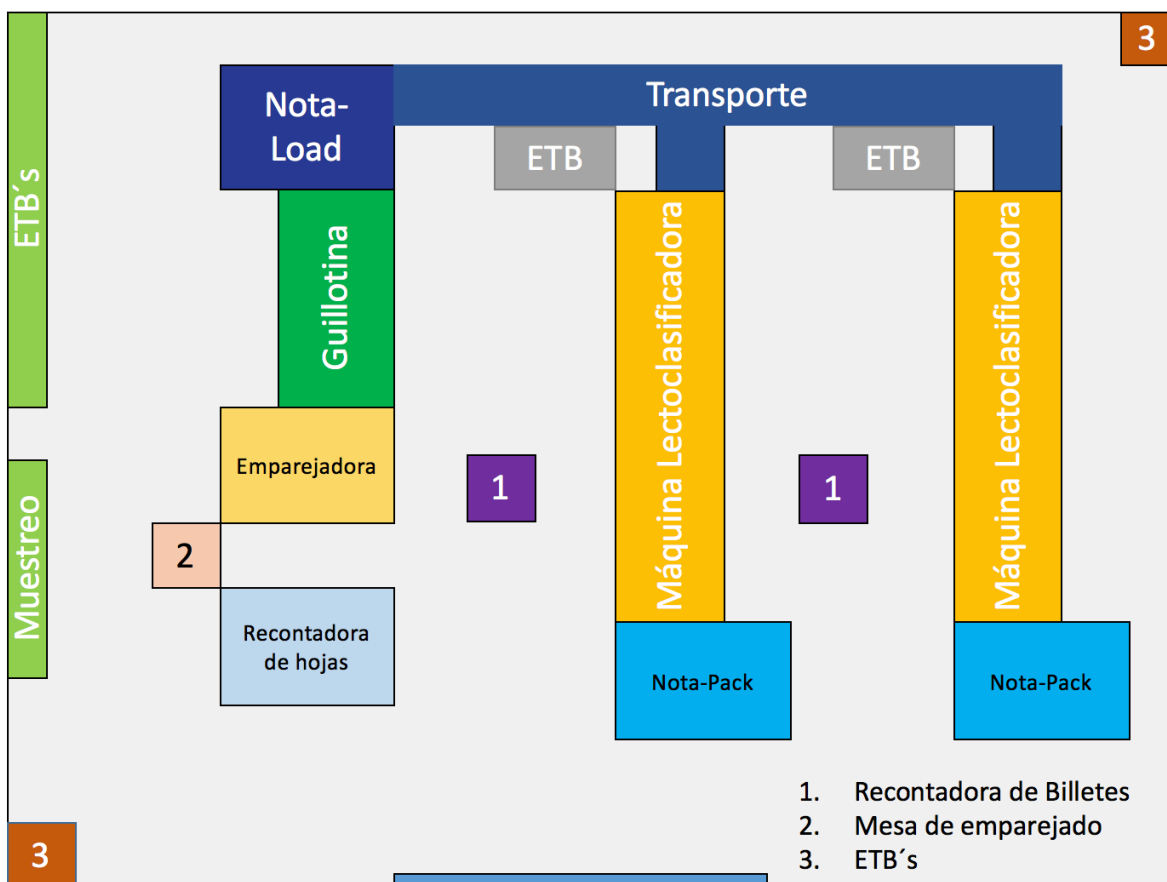


Figura 3.6 Lay out de la celda.

La celda se conforma por distintos equipos: Recontadora de hojas, emparejadora, guillotina, Nota-Load (equipo de alimentación), dos máquinas lectoclasificadoras, dos equipos de empackado llamados Nota-Pack, para asegurar el control de material ya cortado la celda cuenta con dos recontadoras de billete, así como diferentes equipos de cómputo (figura3.6).

### 3.2.3. Descripción de los procesos en el área de PFA

El área de manufactura es la encargada de suministrar papel ya impreso de distintas denominaciones, al área de procesos finales, entregado según lo indique el programa de la orden de producción. El material llega en una tarima que está conformada por 10,000 hojas, esta cantidad corresponde a un lote, a su vez cada hoja está conformada por 50 imágenes para denominaciones de \$100, \$200, \$500, \$1000 y de 60 imágenes en denominación de \$20 y \$50.

El siguiente diagrama de flujo (figura 3.7), describe los procesos por el cual un lote es sometido en el área de procesos finales automatizados, este flujo describe el proceso en el interior de la celda.



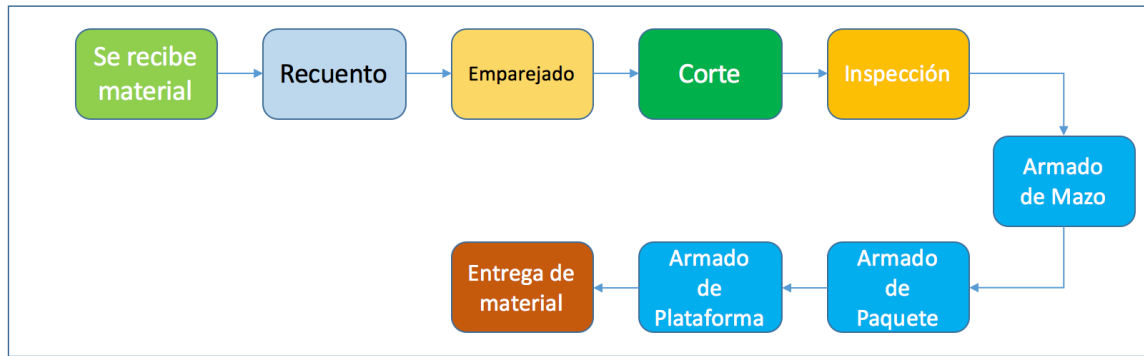


Figura 3.7 Diagrama de flujo para un lote de material.

### *Recuento*

El lote antes de ser cortado es recontado en fracciones de 500 hojas, estas se denominan resmas, esto con el fin de asegurarse que el lote cumple con la cantidad de hojas declaradas en la tarjeta viajera. De no cuadrar esta información el lote es puesto en cuarentena y se regresa al área de manufactura, una vez que se corrobora que el lote cumple con el número de hojas declaradas, es emparejado.

### *Emparejado*

Para ello el operador (emparejador) manipula el material con las manos, haciendo una serie de movimientos con los cuales se consigue que entre aire en cada una de las hojas, para así poder separarlas una de otra, y ser colocadas en una mesa vibradora que ayuda a emparejarlas, ya que todas estas son colocadas en la misma posición.

Esta actividad es muy importante ya que, de no manipular las hojas de forma correcta, éstas no son bien alineadas y por consiguiente afectan el corte.

Una vez que el operador ha emparejado entre 1,500 y 2,000 hojas, acciona un rodillo que de manera automática pasa sobre la superficie del material con cierta presión, ocasionando que todo el aire que se encuentra entre las hojas sea retirado y así garantizar que las hojas están alineadas una con otra.

### *Corte de hojas*

Las 2,000 hojas pasan al área de corte, en donde el operador cuenta con una guillotina marca Polar 115 XT, (Ver anexo 2); esta guillotina funciona posicionándose de manera automática en cada medida; la secuencia específica para cada denominación es previamente programada por el operador y se guarda como información estándar en la memoria de la guillotina. Es llamado por los operadores *canal de corte*. Además, la guillotina cuenta con diferentes funciones (mesa de aire, movimiento de la escuadra, expulsor del material, entre otros) que de ser utilizadas correctamente, facilitan la operación en corte.

El Guillotinista toma una posteta de entre 250 y 350 hojas, estas son colocadas en la mesa de corte y son cortadas, posteriormente las piezas resultantes son subministradas en forma manual a las máquinas lectoclasificadoras. Estas realizan la medición de cada uno de los billetes a una velocidad de 40 billetes por segundo, con una efectividad del 99.7%.

Los billetes actualmente cuentan con características especiales, como el sustrato en el que son impresos y las medidas de cada denominación (tabla 3-1).

Se puede conocer la medida de un punto a otro en casi cualquier parte del billete, dependiendo de la calidad de la resolución entre los puntos a medir.

Para los Guillotinistas las medidas más importantes son las siguientes (figura 3.8):

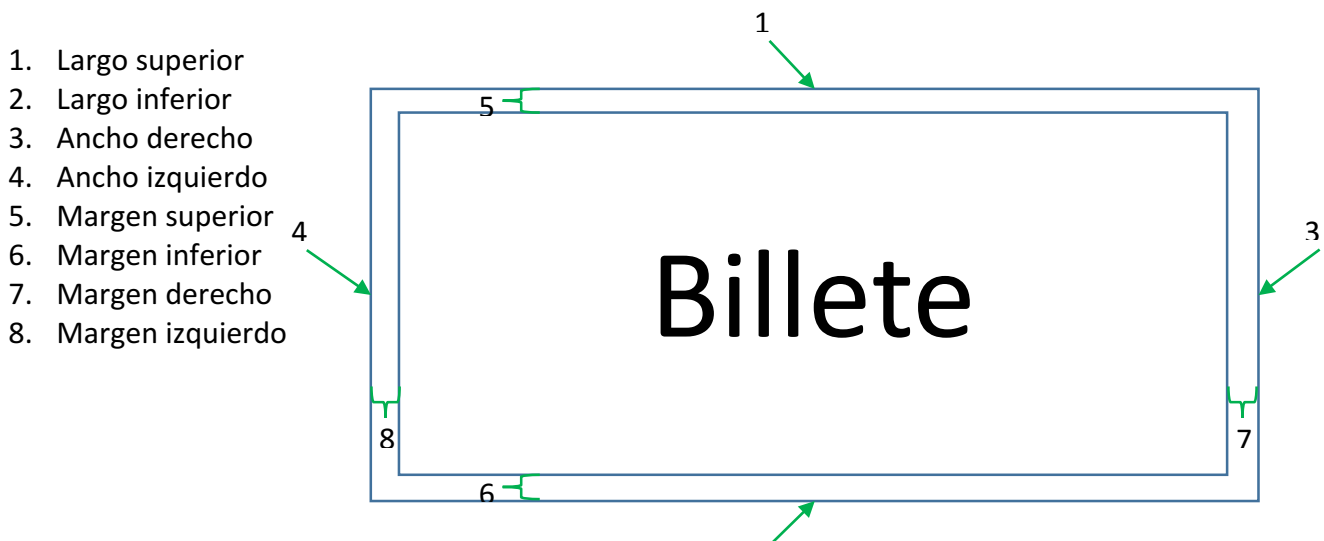


Figura 3.8 Dimensiones de un billete.

Denominación	Material o Sustrato	Largo [mm]	Ancho [mm]	Margen Derecho, Izquierdo Superior e Inferior
<b>20</b>	Polímero	120	66	4
<b>50</b>	Polímero	127	66	4
<b>100</b>	Papel	134	66	4
<b>200</b>	Papel	141	66	4
<b>500</b>	Papel	148	66	4
<b>1000</b>	Papel	155	66	4

Tabla 3.1 Características de las denominaciones

Dependiendo la denominación se cuenta con tolerancias en las medidas (tabla 3-2).

		Medidas utilizadas en las denominaciones																		
		20			50			100			200			500			1,000			
		Mín	Nom	Máx	Mín	Nom	Máx	Mín	Nom	Máx	Mín	Nom	Máx	Mín	Nom	Máx	Mín	Nom	Máx	
ANVERSO	1	Ancho Izquierdo	65	66	67	65	66	67	65	66	67	65	66	67	65	66	67	65	66	67
	2	Ancho Derecho	65	66	67	65	66	67	65	66	67	65	66	67	65	66	67	65	66	67
	3	Largo Superior	119	120	121	126	127	128	133	134	135	140	141	142	146.75	148	149.25	154	155	156
	4	Largo Inferior	119	120	121	126	127	128	133	134	135	140	141	142	146.75	148	149.25	154	155	156
	5	Margen Superior	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5
	6	Margen Inferior	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5
	7	Margen Izquierdo	2.5	4	5.5	2.5	4	5.5	2.5	4	6	2.5	4	6	2.5	4	6	2.5	4	5.5
	8	Margen Derecho	2.5	4	5.5	2.5	4	5.6	2.5	4	6.2	2.5	4	6.2	2.5	4	6.2	2.5	4	5.5
REVERSO	19	Margen Superior	3	5	7	3	5	7	2.6	5	7	3	5	7	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5
	20	Margen Inferior	3	5	7	3	5	7	2.5	5	6.5	3	5	7	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5
	21	Margen Izquierdo	3	5	7	3	5	7	3	5	7	2.5	5	8	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5
	22	Margen Derecho	3	5	7	3	5	7	2.8	5	6.5	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5

NOTA: Todas las medidas están dadas en milímetros

Tabla 3.2 Tolerancias.

### Revisión de calidad y empaque

Las piezas son alimentadas a la máquina lectoclasificadora, la cual con ayuda de una imagen master evalúa las diferencias en tiempo real; de encontrar alguna, la máquina lo clasifica como no apto. Las piezas no aptas son aquellas cuya calidad y medidas del billete se encuentran fuera de los límites de tolerancia. Si la máquina no encuentra diferencias, el material es clasificado como apto, y es empacado para poder ser trasladado de manera segura al proceso de empaque.

Banco de México cuenta con diferentes indicadores, uno de ellos arroja la cantidad de material que se desperdicia en cada uno de los procesos. En el caso de procesos finales automatizados se cuenta con el indicador de cancelación por mal corte. Este es calculado a partir de información generada por las máquinas lectoclasificadoras de las dimensiones de cada billete revisado.

Todas estas piezas son analizadas y contabilizadas por la máquina, esta genera un archivo con la información de la razón por la que el billete fue clasificado como no apto, al finalizar cada uno de los lotes. Las piezas rechazadas por mala calidad en la impresión no fueron consideradas en este proyecto, dado que aunque se trata de una misma gerencia, el área de PFA no tiene injerencia sobre el proceso de impresión.

Posteriormente se calcula la proporción de las piezas rechazadas por mal corte y el total de las piezas alimentadas en la máquina lectoclasificadora.

A su vez, cada que se concluye la orden de producción, es posible calcular anualmente el porcentaje de cancelación por Guillotinista, esto con el fin de generar una retroalimentación entre el jefe y el operador.

### 3.2.4. Impacto económico por la cantidad de material rechazado por mal corte

Para el Banco de México y como cualquier empresa de producción, uno de los temas importantes es el costo que implica la generación de la orden anual, y con ello, el ahorro que se pueda tener es muy importante.

La siguiente tabla (tabla3.3) muestra el costo que implica el mal corte.

Denominación	Tiros	Total de piezas de la orden	Piezas canceladas (mal corte)	% Mal Corte	Costo por mal Corte
20	2	120,000,000	504,000	0.42%	\$324,206
50	7	420,000,000	5,544,000	1.32%	\$5,079,981
100	12	600,000,000	6,360,000	1.06%	\$3,652,465
500	6	300,000,000	1,440,000	0.48%	\$698,806
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>1,440,000,000</b>	<b>13,848,000</b>	<b>0.96%</b>	<b>\$9,755,459</b>

Tabla 3.3 Costo por denominación de mal corte para la orden 2013.

Cada año la dirección de fábrica evalúa el desempeño de las áreas de producción. Para el cálculo del indicador de cancelación por mal corte, se considera lo siguiente:

- Se incluyen sólo los datos de corte de aquellos Guillotinistas que hayan cortado más de 25 millones de piezas en un año; esto, porque existen compañeros que se encuentran en periodo de capacitación.
- Para el cálculo de productividad de cada Guillotinista se tomaron las horas trabajadas en cada turno y las máquinas lectoclasificadoras que tuvo disponibles.
- Para la proporción de buen corte se tomó en cuenta la dificultad que presenta cada denominación para ser cortada.

Es aquí donde surge la necesidad de conocer la opinión de los Guillotinistas sobre el proceso de corte, para ello se organizó una reunión y se realizó la actividad de lluvia de ideas.

### 3.2.5. Lluvia de ideas

La dinámica de lluvia de ideas constó en organizar reuniones donde con la interacción de 20 de los operadores dentro de estos, se encuentran aquellas que tienen el nombramiento de Guillotinista así como los que en algún momento han tenido la oportunidad de enfrentarse a la actividad de corte.

Estas reuniones fueron programadas cada semana con una duración de 2 horas, ya que el principal objetivo de esta actividad es la interacción entre los participantes, se decidió que en cada una de las sesiones asistiera el grupo completo.

Para esto, se comenzó eligiendo un coordinador, él será el encargado de escribir todas las ideas generadas en la reunión, así como organizarlas. El objetivo a tratar fue cómo reducir el porcentaje de cancelación por mal corte, de allí la importancia de la opinión de los operadores, ya que ellos son los que se enfrentan a esta actividad día a día.

La actividad comenzó mostrando al grupo las reglas de la actividad:

- Se precisa el problema a tratar.
- Se registran las ideas que se expongan.
- Las ideas que se expongan no deben ser censuradas ni criticadas directa o indirectamente por otros compañeros.
- No emitir juicios hasta que se haya generado un máximo de ideas.
- Escuchar positivamente las ideas de los demás.
- Debe evitarse todo tipo burlas, bromas, etc.
- Centrar su atención en el problema y no en las personas.

Las ideas fueron recolectadas en una hoja de cálculo a lo largo de la sesión, para que después éstas fueran resumidas y analizadas.

Las sesiones tuvieron una duración de 120 minutos, de los cuales 30 min fueron destinados solo a realizar la actividad de lluvia de ideas, al final se contó con 5 minutos para cualquier comentario que quisieran agregar.

### 3.2.6. Plan de trabajo

En esta etapa del proyecto se realizó un plan de trabajo que se acordó en diferentes sesiones con los subgerente, gerentes y directores de las áreas involucradas, el objetivo para estas reuniones, consistía en dejar planificadas las actividades a desarrollar, el tiempo estimado para concluir las y los responsables de dichas actividades, en la (figura 3.9) se observa este plan representado en un diagrama de Gantt.

Estandarización Procesos Finales Automatizados					2014					
Id	Nombre del Proceso	Comienzo	Fin	% Avance	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	Corte de Hojas	lun 06/01/14	vie 20/06/14	0	[Barra verde completa]					
1.1	Recuento de Hojas Previo al Corte.	lun 06/01/14	vie 14/02/14	0	[Barra verde]					
	Analizar Proceso	lun 06/01/14	vie 24/01/14	0	[Barra roja]					
	Guía de Operación	lun 27/01/14	vie 07/02/14	0	[Barra roja]					
	Entrega Final	lun 10/02/14	vie 14/02/14	0	[Barra roja]					
1.2	Corte de hojas en Guillotina	lun 17/02/14	vie 20/06/14	0	[Barra verde]					
	Analizar Proceso	lun 17/02/14	vie 02/05/14	0	[Barra roja]					
	Guía de Operación	lun 05/05/14	vie 30/05/14	0	[Barra roja]					
	Entrega Final	lun 02/06/14	vie 20/06/14	0	[Barra roja]					

Figura 3.9 Diagrama de Gantt.

### 3.2.7. Toma de tiempos y movimientos

En esta actividad fue importante determinar qué actividades son las más importantes en el proceso de corte, ya sean previas, durante o posteriores.

Una vez identificadas las actividades y con ayuda de un cronometro se tomaron los datos necesarios para el estudio de la actividad; los resultados fueron recolectados en una hoja de cálculo, para facilitar su análisis posteriormente.

Esta actividad fue realizada a cada uno de los operadores de guillotina. Para el estudio de tiempos y movimientos se consideró:

- Incluir todas aquellas personas que tienen más de un año desarrollando la actividad de corte.
- Cada persona fue estudiada al menos 6 horas.
- Se tomó nota de todos los movimientos y tiempos durante la actividad.
- Se capturó en video la operación de algunos operadores.

### 3.2.8. Como implementar las 5's

Una de las herramientas importantes es la de 5'S ya que en un entorno industrial se tiene el propósito de obtener lugares de trabajo mucho mejor organizados, más limpios y mejor ordenados de forma permanente, con el fin de conseguir un mayor rendimiento y un entorno laboral sobresaliente.

1. SEIRI (separar). El principio aquí era mantener sólo las cosas estrictamente necesarias en el área de trabajo. Se debieron separar los elementos útiles de los que son innecesarios y que pueden entorpecer la producción.

Para lograr esto se separaron los elementos en tres grupos, según la constancia con la que se utilizan.

- El grupo 1 está conformado por elementos o herramientas de uso frecuente.
- El grupo 2 son elementos utilizados esporádicamente pero que todavía son necesarios.
- El grupo 3 está conformado por todos aquellos materiales que son inútiles para el trabajo en cuestión.

Las clasificaciones de los grupos se hicieron con base en la frecuencia con que los elementos son utilizados a lo largo de un año, esta clasificación fueron organizadas por área de trabajo.

2. SEITON (ordenar). En esta etapa del proyecto se colocó las cosas útiles de forma tal que todas las personas en el área de trabajo entendieran cuál es su lugar. El orden determinado por esta fase facilita la búsqueda y la utilización de los elementos de

trabajo, al finalizar el trabajo, el usuario vuelve a colocar las herramientas en el lugar original.

3. SEISO (limpiar). En esta fase se realizó una limpieza del área de trabajo, maquinaria e instalaciones. Esto ayudó a redefinir las condiciones operativas óptimas. Se deberá realizar esta actividad con un enfoque claramente preventivo, es decir, evitar que vuelva a ensuciarse.
4. SEIKETSU (Estandarizar/comunicar). Esta fase constó en comunicar el estándar y las condiciones operativas a todo el mundo de la manera más simple posible. Los empleados deben saber cuáles son las normas de trabajo comunes para poder diferenciar anomalías cuando estas aparezcan. El objetivo de esta fase es asegurarse de que todo lo incorporado anteriormente en las tres "S" esté funcionando correctamente. El método debe ser consistente.

En este punto se eligió a un responsable de área para que supervisara el estado de las otras "S" y su desarrollo.

Aquí es donde se implementan señales visuales, mapas de flujo, gráficos de procesos, etc.

5. SHITSUKE (Respetar). El principio de esta fase consiste en mantener activo los estándares definidos de las fases anteriores. También se evaluaron los resultados con el fin de mejorar constantemente. Para esto es necesario una lista de verificación que sirva de guía.

A continuación se enumeran las ideas que se implementaron del Shitsuke.

- Eslóganes y pósteres 5'S fueron útiles para comunicar los temas a tratar en el inicio de una campaña de 5'S estos elementos fueron proyectados en las pantallas con las que cuentan cada una de las áreas.
- Paneles de historia y muestras de fotografías 5'S, se colocaron guías de operación la cuales muestran el estado ideal en la que el área debe de encontrarse después de la implantación de las actividades.
- Manuales 5'S, se organizaron las guías de operación con definiciones y descripciones de las actividades implicadas en cada una de las fases de la implantación de las 5'S.

### 3.2.9. Encuestas a los operadores

Una encuesta tiene como objetivo recabar información ya sea sobre la opinión de las personas ante un suceso o producto o sobre datos.

La función de las encuestas es proporcionar datos verídicos, a partir de los cuales se toman decisiones.

Cómo hacer una encuesta para conocer la opinión de las personas.

1. Se elige el tema de la encuesta: en este caso es “problemática de mal corte”
2. Se formulan las preguntas que se harán y se redacta el cuestionario.
3. Se selecciona la muestra de población, definir a cuántas personas se les harán las preguntas.
4. Recopila los datos, se realiza la encuesta a las personas seleccionadas.
5. Se analizan los datos obtenidos
6. Se sacan conclusiones y presenta el informe

A los 7 operadores se les aplicó la siguiente serie de preguntas las cuales sus respuestas se manejaron de forma cerradas, SI o NO.

Las preguntas que se formularon fueron:

1. ¿La información de corte que se proyecta en la pantalla de la computadora es sencilla, ordenada y sin amontonamientos?
2. ¿Están ubicadas las funciones similares de manera consistente de una pantalla a otra?
3. ¿Toda acción en la pantalla lleva la secuencia de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo?
4. ¿Son los textos breves, concisos y utiliza letras mayúsculas y minúsculas?
5. ¿Se utilizan colores con moderación para llamar la atención (es decir, su uso se limita a ocho colores)?
6. ¿Tiene el usuario control sobre las pantallas de salida y la eliminación de acciones?
7. ¿Se proporciona retroalimentación en todas las acciones que se tomen?
8. ¿Es la información compleja y extensa?
9. ¿Existe ruido en el área y esto ocasiona que sea molesto leer la información de la calidad de corte?
10. ¿Pierde tiempo al llevar a cabo la revisión e interpretación de la información?
11. ¿En promedio cuánto tiempo destina a revisar esta información? ¿Y con que periodicidad?
12. ¿Considera importante la información?

Todas las respuestas fueron anónimas.



## Capítulo 4 Aplicación de la metodología y análisis de resultados

Continuando con la metodología DMAIC, es necesario el análisis de los datos para esto y con ayuda de herramientas de ingeniería industrial se obtuvieron los resultados que se describen en el presente capítulo (figura 4.1).

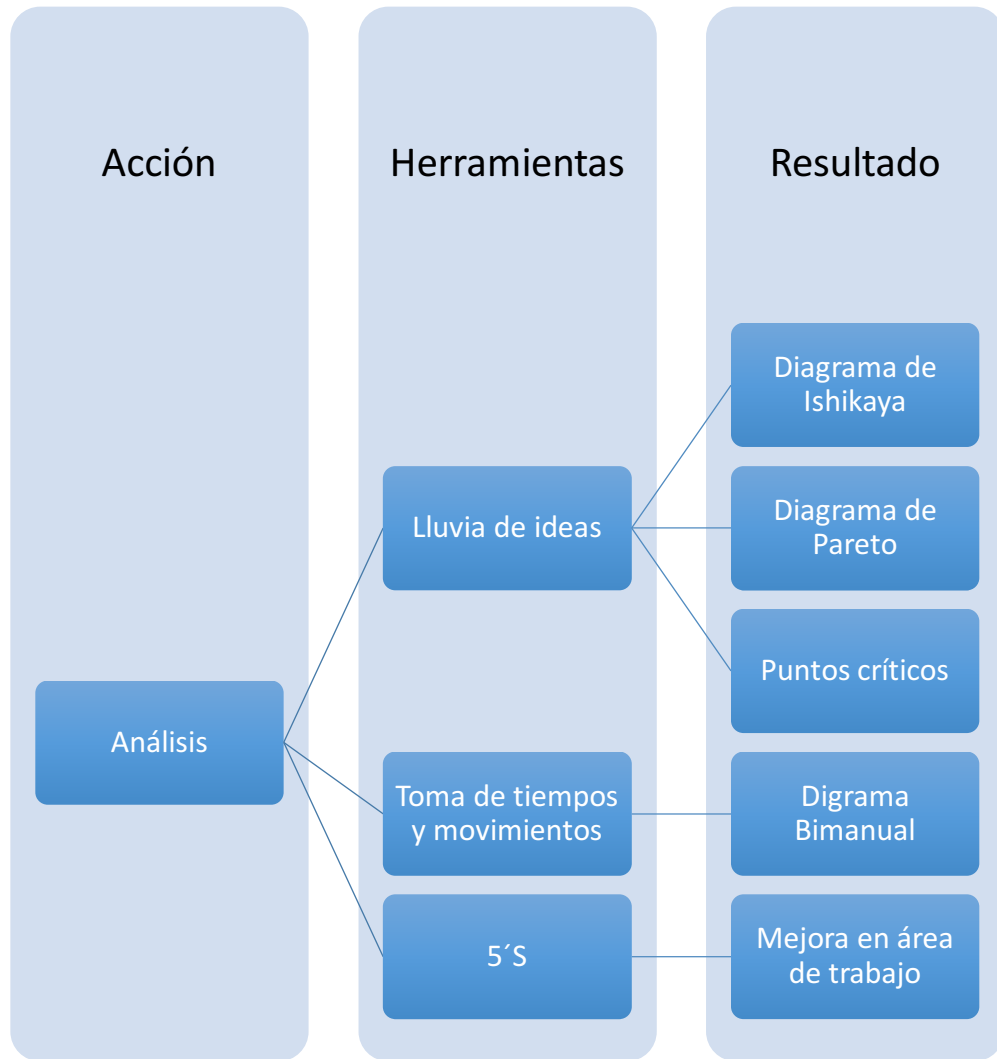


Figura 4.1 Análisis de datos.

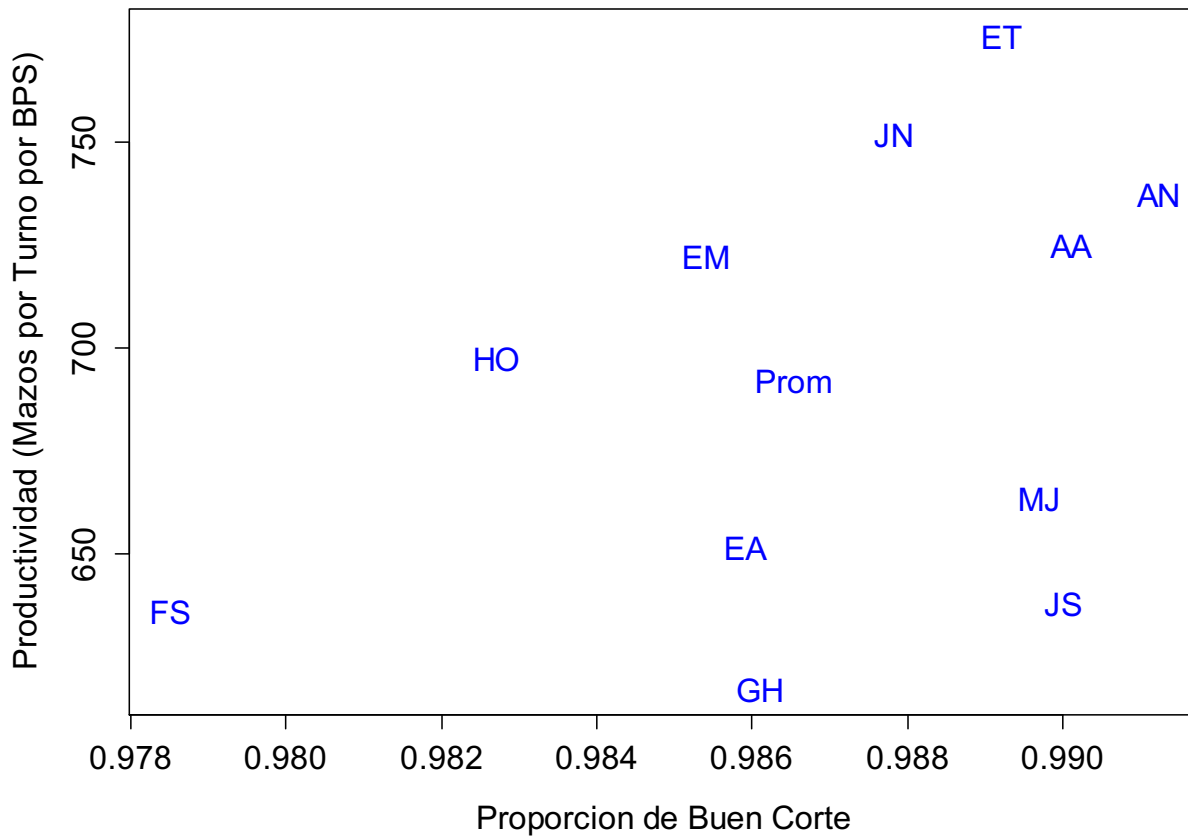
Para la orden 2013 el porcentaje de cancelación por mal corte fue de 0.9%<sup>3</sup>

A continuación se presenta la información (tabla 4.1), donde se muestra la calificación de los Guillotinistas en 2013.

<sup>3</sup> Tomado del archivo Estadística de producción 2013.

	Productividad (piezas/h)	Proporción de buen corte	Factor de evaluación		Puntuación total
Op	2013	2013	Product. 2013	Calidad 2013	2013
ET	776,071	0.9892	1.000	0.968	1.392
AN	737,814	0.9912	0.951	1.000	1.380
AA	725,069	0.9901	0.934	0.983	1.356
JN	752,363	0.9878	0.969	0.945	1.354
EM	722,677	0.9854	0.931	0.907	1.300
MJ	663,868	0.9897	0.855	0.976	1.298
JS	638,116	0.9900	0.822	0.981	1.280
HO	697,570	0.9827	0.899	0.863	1.246
EA	651,693	0.9859	0.840	0.914	1.241
GH	617,190	0.9861	0.795	0.919	1.215
FS	636,260	0.9785	0.820	0.795	1.142
	<b>692,608</b>	<b>0.9865</b>	<b>0.892</b>	<b>0.925</b>	<b>1.285</b>

Tabla 4.1 Resultado de la calificación en el año 2013.



Gráfica 4.1 Distribución de resultados de los Guillotinistas 2013.

En la (gráfica 4.1), se observa la proporción de buen corte contra la productividad, dando como resultado un gráfico con gran dispersión.

En términos generales la gráfica muestra que el resultado de la actividad de corte es distinto para cada uno de los operadores, ya que cada uno se encuentra en distintas zonas de la gráfica.

Para ejemplificar aún mejor, la gráfica será dividida en tres zonas las cuales servirán como ejemplo de los resultados poco deseados hasta un escenario deseable, (figura 4.2).

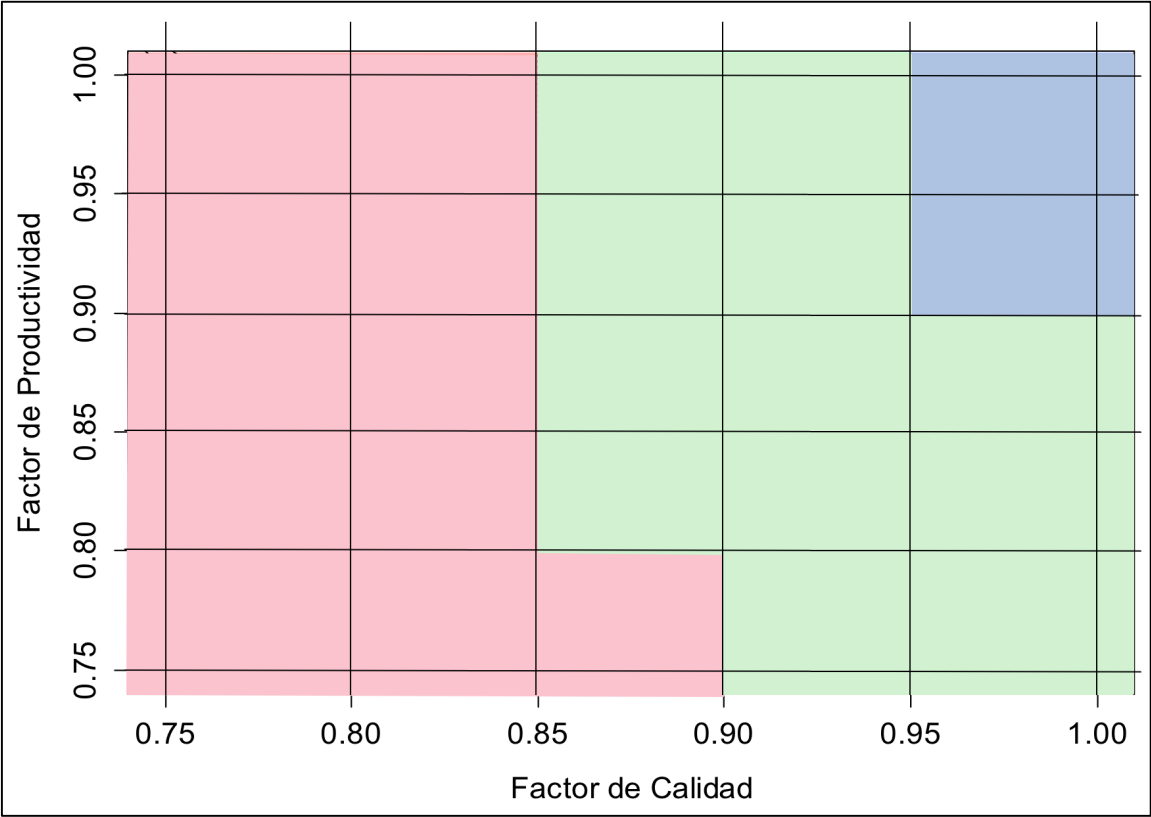


Figura 4.2 Zonas de escenarios.

Calificación
Escenario deseable
Zona aceptable
Zona poco deseable

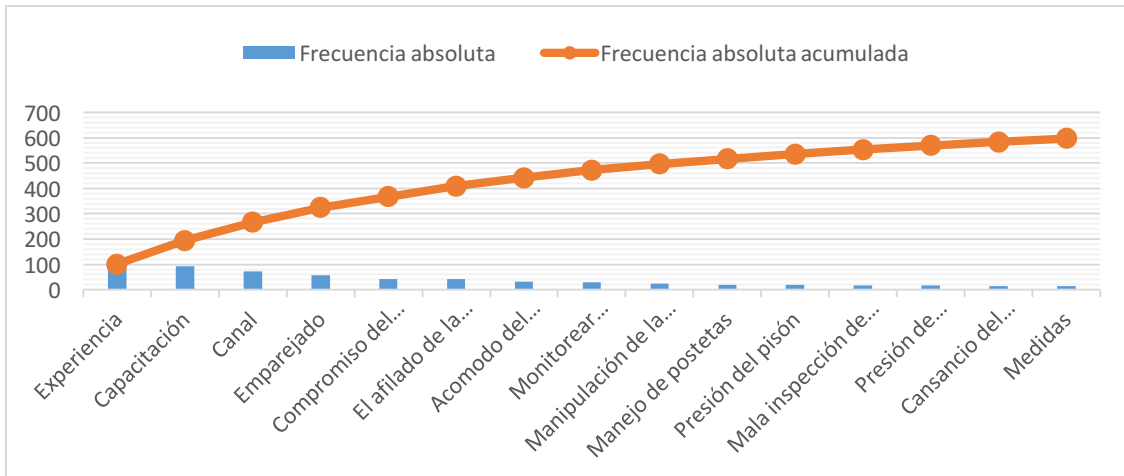
## 4.2 Lluvia de ideas

El resultado de esta actividad se ve representado (tabla 4-2), en la cual se muestra qué categorías son a las que se tienen que ofrecer mayor enfoque; se observa que poco más del 50% de las causas contribuyen con casi el 80% a los defectos.

No.	Categoría	Frecuencia absoluta	Frecuencia absoluta acumulada	Frecuencia relativa unitaria	Frecuencia relativa unitaria acumulada
1	Experiencia	101	101	17%	17%
2	Capacitación	93	194	16%	32%
3	Canal de corte	72	266	12%	45%
4	Emparejado	58	324	10%	54%
5	Compromiso del Guillotinista	43	367	7%	61%
6	El afilado de la cuchilla	42	409	7%	69%
7	Acomodo del material dentro de la guillotina	33	442	6%	74%
8	Monitorear frecuentemente el corte	30	472	5%	79%
9	Manipulación de la guillotina	24	496	4%	83%
10	Manejo de postetas	20	516	3%	86%
11	Presión del pisón	19	535	3%	90%
12	Mala inspección de BPS	18	553	3%	93%
13	Presión de mantener el ritmo de corte	16	569	3%	95%
14	Cansancio del Guillotinista	14	583	2%	98%
15	Medidas	14	597	2%	100%

Tabla 4.2 Estratificación de actividades.

La gráfica 2 representa visualmente el resultado de los datos obtenidos en la lluvia de ideas y da pie a las actividades que deben ser estudiadas, para que con ello se reduzca el porcentaje de cancelación por mal corte.



Gráfica 4.2 Estratificación de actividades "Diagrama de Pareto".

Para el desarrollo de los datos se utilizó el diagrama de Pareto por la forma sencilla de clasificar y representar las actividades. Se dice que el 80% de los defectos radica en 50% de los procesos asociados, esto es de ayuda para conocer las principales áreas de oportunidad.

#### 4.2.1. Análisis de las causas del porcentaje de mal corte

El análisis de las causas fue desarrollado entre el grupo de trabajo que desarrolló la lluvia de ideas; en la (figura 4.3) se representan las causas que tienen como efecto el porcentaje de cancelación. Se observa que las causas van desde las características del medio ambiente hasta los métodos que utiliza cada operador y que no están controlados.

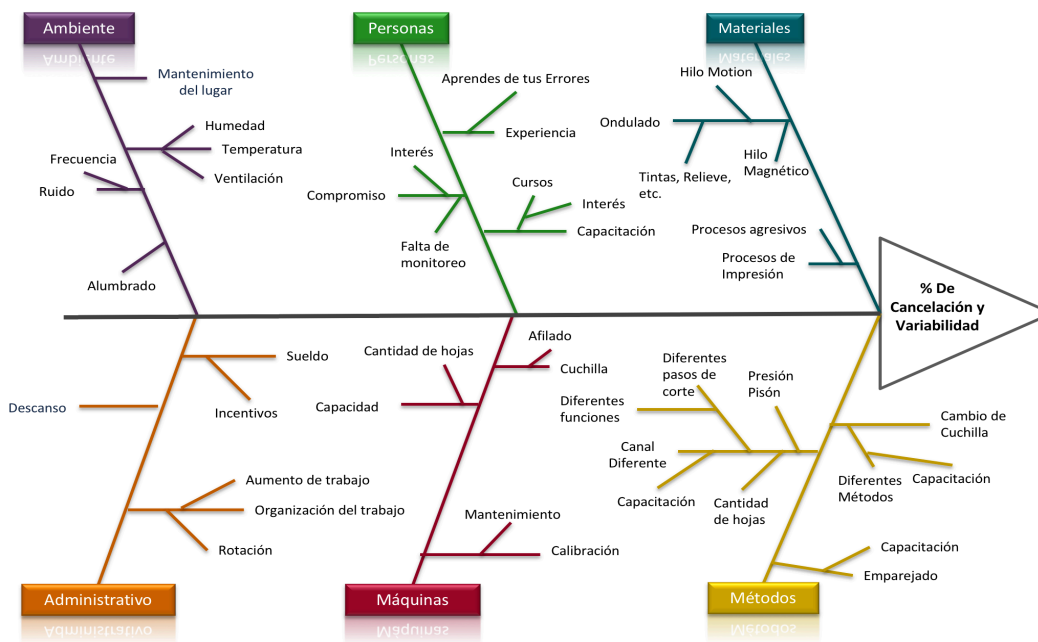


Figura 4.3 Diagrama de Ishikawa, porcentaje de cancelación y variabilidad.

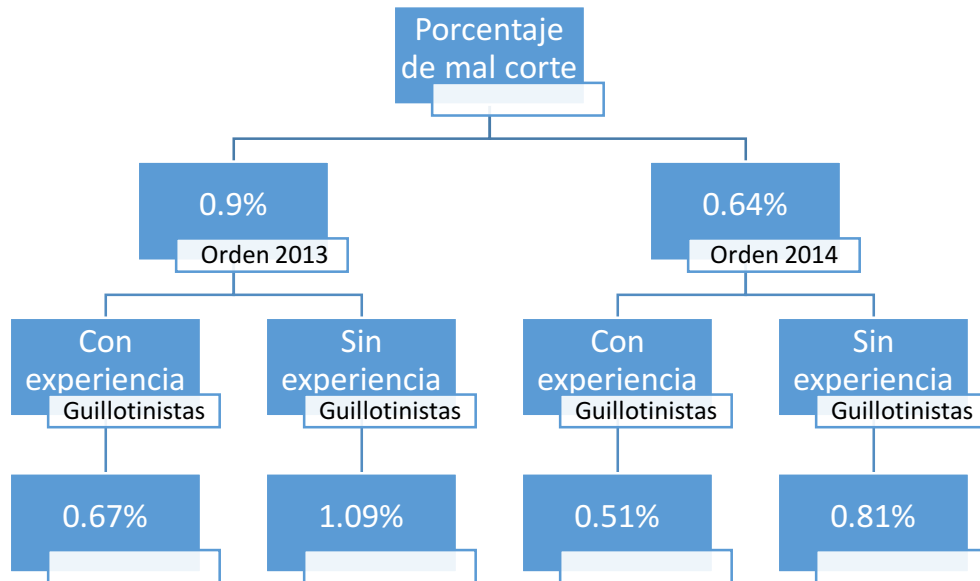


Figura 4.4 Comparativo entre personal con y sin experiencia 2013-2014.

Para saber si el porcentaje de mal corte se ve afectado por personal con y sin experiencia, se realizó un comparativo (figura 4.4) en donde se muestra el porcentaje entre estos dos grupos de operadores, comparados entre el año 2013 antes de la implementación y 2014 después de la implementación, en la figura se observa que entre los operadores con experiencia hubo una disminución de casi el 25% entre estos dos años.

Las causas más importantes que generan el efecto de mal corte son:

1. Experiencia
2. Capacitación
3. Canal de corte (secuencia de corte).
4. Emparejado
5. Compromiso del Guillotinista
6. El afilado de la cuchilla
7. Acomodo del material dentro de la guillotina
8. Monitorear frecuentemente el corte

El área de oportunidad se encuentra en la lista anterior, exceptuando el punto número 6 *afilado de la cuchilla*, ya que no se tiene injerencia en este proceso.

#### 4.2.2. Áreas de oportunidad



Figura 4.5 Puntos críticos en el proceso de corte.

En la (figura 4.4), se agruparon las diferentes causas del mal corte, esto para abordar las áreas de oportunidad de manera general a lo particular.

El proceso de corte de hojas no sólo depende del Guillotinista; todo el grupo de trabajo está involucrado en el proceso, de manera directa o indirecta ya que las actividades que realizan cada uno de los operadores está ligada directamente a las demás, y que de no tomar responsabilidad, pudiera terminar en el incumplimiento de los objetivos que cuenta el área.

Es por ello que los grupos de trabajo deben de estar consolidados y contar con excelentes canales de comunicación.

#### 4.3 Análisis en la actividad de emparejado

Con frecuencia ocurre que las hojas se pegan unas a otras en la salida de la impresión o al momento de secarse. La tinta de imprenta o el barniz estaban todavía muy frescos en el momento que se colocó la siguiente hoja. Para personal de impresión existe la alternativa de soplar aire entre los pliegos, pero en muchos casos esto no es posible ya que el siguiente proceso se vería afectado, es por ello que las tintas se intentan producir de tal forma que sequen en su superficie lo más rápido posible. Con esto se reduce considerablemente el efecto de pegado de las tintas entre hojas.

Para garantizar que todos las hojas en el lote que se va a cortar tengan la misma posición, se emplea el proceso de emparejado, con ayuda de la mesa vibradora, el operador manipula el material y lo pone en la mesa vibradora. Con ayuda de aire entre las hojas individuales el

material a cortar resbala en el ángulo (escuadra de 90°). La frecuencia de vibrado y el ángulo de inclinación de la mesa permiten un posicionamiento preciso de las hojas.

Es por ello que la actividad de emparejado es previa al corte y es muy importante, ya que, en gran medida beneficia al Guillotinista a sentirse seguro de realizar un corte.



Figura 4.6 Estructura de una celda.

El diagrama bimanual (figura4.7) muestra todos los movimientos y retrasos que son atribuibles a la mano derecha e izquierda del operador así como la relación que existen entre ellas. El propósito de este diagrama es identificar los patrones de movimiento ineficientes y esto se observa en el trazo de la línea, es decir, si la línea no es en su mayoría recta, entonces se trata de un proceso poco eficiente. Con este diagrama se facilita la modificación a un método donde la operación sea de manera equilibrada para ambas manos, así como un ciclo parejo y más rítmico.



		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS											
		DIAGRAMA BIMANUAL				Fecha: 07/03/14		Página: 1 de 2					
Cantidad Hojas:		Denominación: \$200		Tiempo Ciclo:									
Diagrama No. 1		Resumen											
Proceso: Emparejado de Hojas Totalmente Impresas		Actividad		Actual		Propuesto		Economía					
				Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.				
Actividad: Emparejado		Operación		13	27								
Operador: 1		Transporte		6	6								
Método:	Actual ✓	Espera		14	0								
	Propuesto	Inspección		0	0								
Departamento: Subgerencia de Procesos Finales		Sostenimiento		0	0								
Elaboró: Daniel Medina Reyes B13411		Total		33	33								
Aprobado por:													
Mano Izquierda		●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Mano derecha	
Toma material		[Diagrama]					[Diagrama]					Toma Material	
Coloca en Contadora		[Diagrama]					[Diagrama]					Coloca Material	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Presiona Botón Inicio	
Va Hacia Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Va Hacia Material	
Gira Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Gira Material	
Coloca Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Coloca Material	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Presiona Botón Inicio	
Va Hacia Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Va Hacia Material	
Deja Material Mesa		[Diagrama]					[Diagrama]					Deja Material Mesa	
Toma material		[Diagrama]					[Diagrama]					Toma Material	
Coloca Material Emparejadora		[Diagrama]					[Diagrama]					Coloca Material Emparejadora	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Toma Acrílico	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Empareja	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Deja Acrílico	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Presiona Botón Inicio	
Va Hacia Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Va Hacia Material	
Manipula Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Manipula Material	
Va Hacia Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Va Hacia Material	
Gira material		[Diagrama]					[Diagrama]					Gira Material	
Coloca Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Coloca Material	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Toma Acrílico	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Empareja	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Deja Acrílico	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Presiona Botón Inicio	
Va Hacia Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Va Hacia Material	
Coloca Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Coloca Material	
Manipula Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Manipula Material	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Toma Acrílico	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Empareja	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Deja Acrílico	
Espera		[Diagrama]					[Diagrama]					Presiona Boton Paro	
Va Hacia Material		[Diagrama]					[Diagrama]					Va Hacia Material	
Desliza		[Diagrama]					[Diagrama]					Desliza	

Figura 4.7 Diagrama bimanual emparejado de hojas.

#### 4.3.1. Análisis de resultados emparejado de hojas.

Al realizar el análisis se observó que la actividad depende mucho de la habilidad del operador, no había forma de pensar en estandarizar esta tarea, pero se observaron algunos puntos que a continuación se describen.

Hallazgos:

Generales

- Movimientos repetitivos
- La actividad demanda gran esfuerzo físico
- Dificultad para manipular el material de trabajo.
- Tiempos de espera con alta periodicidad.
- La actividad es sustancial para realizar un buen corte.
- Es una operación que depende de la habilidad de cada uno de los operadores.
- La actividad marca el ritmo de trabajo.

En la actividad de emparejado de hojas se observó que la habilidad de cada uno de los operadores es muy importante ya que el movimiento que se realiza para emparejar difícilmente puede ser homologado, al tratarse de una tarea realizada con las manos.

#### 4.4 Análisis de la actividad de corte

De la actividad de corte se sabe que:

- Demanda importante desgaste físico ya que no es fácil permanecer parado más de 6 horas y realizando movimientos repetitivos.
- Los movimientos y cortes son muy finos, ya que las medidas que se utilizan en los cortes son milimétricas.
- El corte de hojas impone el ritmo en la producción ya que el Guillotinista tiene la responsabilidad de alimentar a las máquinas lectoclasificadoras.
- El operador se encuentra bajo estrés constante ya que debe tener presente varios factores tales como: las características del material, el porcentaje de cancelación, la producción diaria, el esfuerzo que implica los movimientos repetitivos.

Es por ello que se dio a la tarea de estudiar esta actividad con particular detalle proponiendo un diagrama bimanual de la forma en la que actualmente se realiza la operación, el cual ayudará a identificar movimientos innecesarios, las diferencias o semejanzas del desarrollo de la actividad entre ellos así como la propuesta de una nueva metodología para esta actividad.

Los diagramas bimanuales fueron examinados uno a uno y fueron comparados con la calificación obtenida en 2013, tabla 4, esto para determinar si existe alguna correlación entre la metodología con que realizan el corte y el desempeño del personal en esta área.

4.4.1. Diagrama bimanual corte de hojas

Guillotina 1

		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS											
		DIAGRAMA BIMANUAL				Fecha: 27/01/14							
						Página: 1 de 2							
Cantidad Hojas: 250		Denominación: \$20		Tiempo Ciclo: 95 seg									
Diagrama No. 1		Resumen											
Proceso: Corte de Hojas Totalmente Impresas		Actividad		Actual		Propuesto		Economía					
				lqz.	Der.	lqz.	Der.	lqz.	Der.				
Actividad: Guillotina		Operación		37	33	37	33	0	0				
Operador: ET		Transporte		9	9	9	9	0	0				
Método:	Actual ✓	Espera		8	11	8	11	0	0				
	Propuesto	Inspección		0	0	0	0	0	0				
Departamento: Subgerencia de Procesos Finales		Sostenimiento		0	1	0	1	0	0				
Elaboró: Daniel Medina Reyes B13411		Total		54	54	54	54	0	0				
Aprobado por:													
Mano Izquierda		●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Mano derecha	
Toma hojas impresas		●					●					Toma hojas impresas	
Coloca Material		●					●					Coloca Material	
Toma Acrílico		●					●					Toma Material	
Escuadra Material		●					●					Escuadra Material	
Deja Acrílico		●					●					Presiona Botón Inicio	
Coloca Material Al Fondo		●					●					Coloca Material al Fondo	
Escuadra Material		●					●					Escuadra Material	
Presiona Botón de Corte		●					●					Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine		●	→				●	→				Va Hacia Refine	
Toma Refine		●					●					Toma Refine	
Deja Refine		●					●					Deja Refine	
Va Hacia Material		●	→				●	→				Va Hacia Material	
Gira Material		●					●					Gira material	
Presiona Botón de Corte		●					●					Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine		●	→				●	→				Va Hacia Refine	
Toma Refine		●					●					Toma Refine	
Deja Refine		●					●					Deja Refine	
Va Hacia Material		●	→				●	→				Va Hacia Material	
Gira Material		●					●					Gira material	
Presiona Botón de Corte		●					●					Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine		●	→				●	→				Va Hacia Refine	
Toma Refine		●					●					Toma Refine	
Deja Refine		●					●					Deja Refine	
Va Hacia Material		●	→				●	→				Va Hacia Material	
Gira Material		●					●					Gira material	
Presiona Botón de Corte		●					●					Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine		●	→				●	→				Va Hacia Refine	
Toma Refine		●					●					Toma Refine	
Tira Refine		●					●					Espera	
Toma Acrílico		●					●					Toma Escuadra Madera	
Coloca Acrílico		●					●					Coloca Escuadra Madera	
Presiona Botón de Corte		●					●					Presiona Botón de Corte	

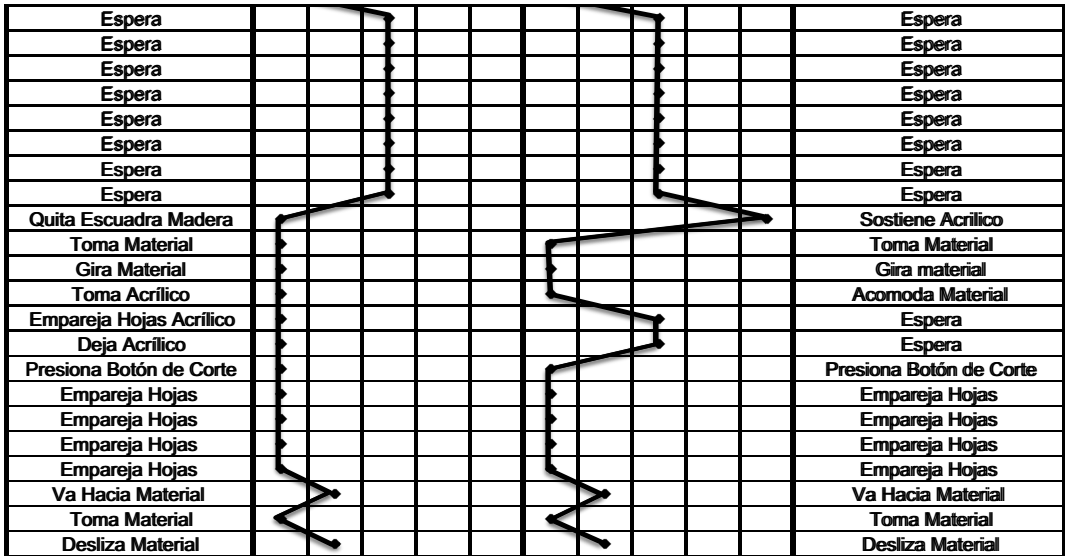


Figura 4.8 Diagrama bimanual corte de hojas (1).

El diagrama bimanual (figura 4.8) muestra todos los movimientos y retrasos que son atribuibles a la mano derecha e izquierda del operador en la actividad de corte así como la relación que existen entre ellas. El propósito de este diagrama es identificar los patrones de movimiento ineficientes y esto se observa en el trazo de la línea, es decir, si la línea no es en su mayoría recta, entonces se trata de un proceso poco eficiente. Con este diagrama se facilita la modificación a un método donde la operación sea de manera equilibrada para ambas manos, así como un ciclo parejo y más rítmico, comparado con un segundo diagrama (figura 4.9), se observa que este flujo son completamente diferentes, en el segundo se muestra mucha variabilidad (Zig-Zag), el primer flujo es continuo, que es lo que se busca en este tipo de diagrama.

		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS											
		DIAGRAMA BIMANUAL		Fecha: 27/01/14									
				Página: 1 de 2									
Cantidad Hojas: 250		Denominación: \$20	Tiempo Ciclo: 164 Seg										
Diagrama No. 1		Resumen											
Proceso: Corte de Hojas Totalmente Impresas		Actividad	Actual		Propuesto		Economía						
			Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.					
Actividad: Guillotina		Operación	41	28	37	33	4	-5					
Operador: HO		Transporte	10	6	9	9	1	-3					
Método: Actual ✓		Espera	10	27	8	11	2	16					
Propuesto		Inspección	0	0	0	0	0	0					
Departamento: Subgerencia de Procesos Finales		Sostenimiento	0	0	0	1	0	-1					
Elaboró: Daniel Medina Reyes B13411		Total	61	61	54	54	7	7					
		Aprobado por:											
Mano Izquierda		●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Mano derecha	
Toma hojas impresas		Toma hojas impresas											
Coloca Material		Coloca Material											
Toma Escuadra Madera		Espera											
Presiona Botón Inicio		Toma Escuadra Madera											
Espera		Empareja Hojas											
Deja Escuadra Madera		Espera											
Presiona Botón de Corte		Presiona Botón de Corte											
Va Hacia Refine		Espera											
Toma Refine		Espera											
Deja Refine		Espera											
Va Hacia Material		Va Hacia Material											
Gira Material		Gira material											
Presiona Botón de Corte		Presiona Botón de Corte											
Va Hacia Refine		Espera											
Toma Refine		Espera											
Deja Refine		Espera											
Va Hacia Material		Va Hacia Material											
Gira Material		Gira material											
Presiona Botón de Corte		Presiona Botón de Corte											
Va Hacia Refine		Espera											
Toma Refine		Espera											
Deja Refine		Espera											
Va Hacia Material		Va Hacia Material											
Gira Material		Gira material											
Presiona Botón de Corte		Presiona Botón de Corte											
Va Hacia Refine		Espera											
Toma Refine		Espera											
Deja Refine		Espera											
Toma Acrílico		Toma Escuadra Madera											
Coloca Acrílico		Coloca Escuadra Madera											
Presiona Botón de Corte		Presiona Botón de Corte											
Espera		Espera											

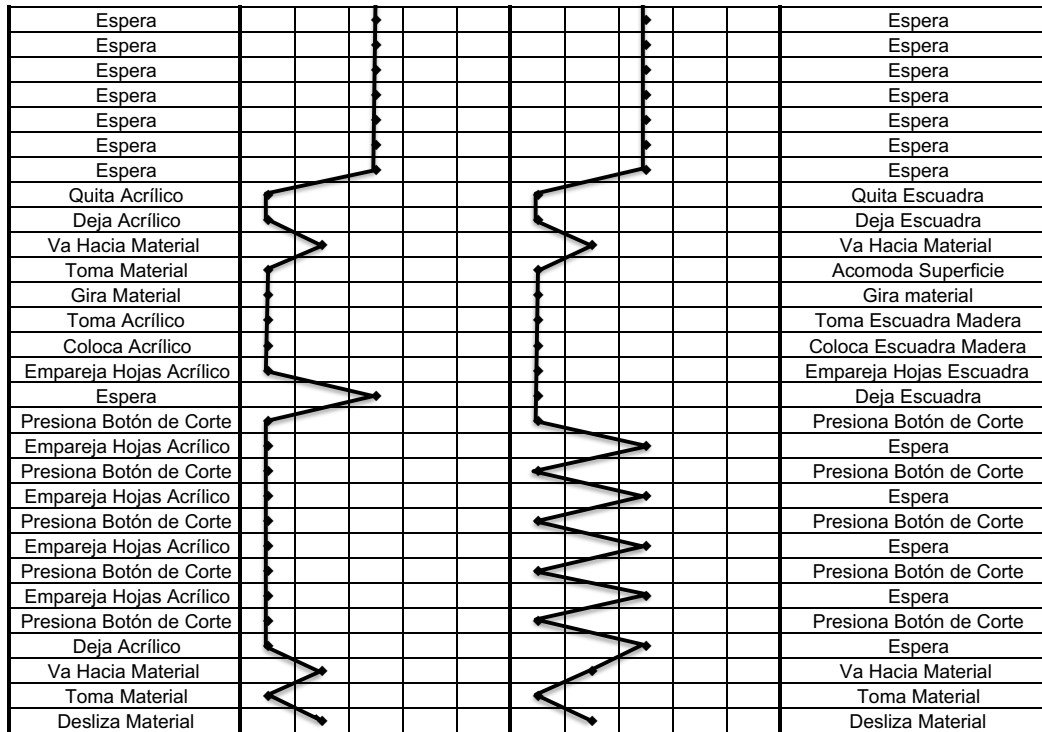


Figura 4.9 Diagrama bimanual corte de hojas (2).

En el diagrama se muestra se muestra el número de pasos del método actual y el propuesto

#### 4.4.2. Análisis de resultados operación de corte de hojas

Hallazgos:

##### Extremidades superiores

- Movimientos innecesarios y repetitivos (toma refine).
- Omisión en el uso del *modo automático* que ofrece la guillotina.
- Dificultad para acceder al material de trabajo.
- Tiempos de espera con alta periodicidad.

Hablando del proceso en general y no solo de las extremidades superiores se tienen:

- Movimientos de cintura y espalda, innecesarios y repetitivos.
- Omisión en el uso del expulsor de material.
- Posición del pie antes de cortar.
- Pensamiento erróneo sobre las opciones de la guillotina.
- Trayectorias fuera de la guillotina.

Los resultados de los diagramas muestran patrones distintos entre cada uno de los operadores, se tiene claro que es un proceso complejo, esto hablando en términos

generales; sin embargo, algunos movimientos que se registraron pueden llegar a ser suprimidos y así mejorar la calidad de trabajo, el tiempo de ciclo, evitando fatiga y desgaste que repercuten directamente en la producción y calidad de cada operador.

Existe una correlación entre el resultado de los diagramas con la puntuación calculada en 2013 de cada operador, es decir los operadores que tienen menos movimientos salieron mejor calificados (tabla 4-3).

La mayor parte del tiempo el operador se encuentra trabajando de manera continua y bajo presión, esto ocasiona además que el operador no se tome el tiempo necesario para determinar un buen corte y en el afán de cumplir con el objetivo comienza a suprimir ciertas herramientas que lejos de perjudicarlo favorecen a la actividad, esto no es visto desde los ojos de los operadores.

Iniciales	Puntuación	Núm. De movimientos
	2013	
ET	1.356	54
AA	1.392	54
AN	1.38	S/D
JS	1.354	57
EM	1.3	S/D
EA	1.298	60
MJ	1.28	60
HO	1.246	61
JN	1.241	S/D
GH	1.215	S/D
FS	1.142	63

*Tabla 4.3 Relación entre número de movimientos vs puntuación 2013.*

El uso del modo automático en los cortes largos permite un lapso de tiempo para realizar la retroalimentación con el sistema que verifica las medidas de los billetes, esto puede ser observado en un software que se encuentra en una pantalla donde se muestra los resultados en tiempo real, por otra parte en los cortes por columna, el operador deja de realizar movimientos innecesarios ya que con la función de corte automático no es necesario estar presionando el botón que activa la cuchilla es decir solo se dedica a escuadrar el material.

La guillotina cuenta con una función que después de realizar los cortes es la misma guillotina que acerca el material al operador evitando que este se incline a sacar el material esta función es llamada expulsor de material, beneficia al operador de forma que la fatiga así como el desgaste de la cintura y espalda baja sean menores.

#### 4.5 Análisis de resultados encuestas a operadores

##### *Compromiso del Guillotinista en el monitoreo del corte*

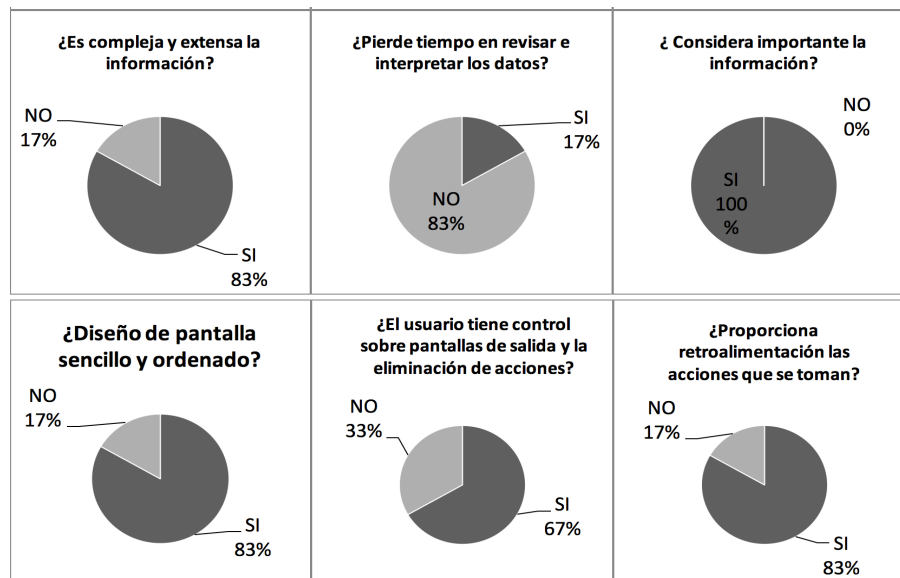


Figura 4.10 Resultado de encuestas.

##### Hallazgos:

La retroalimentación es un tema importante en el proceso de corte de hojas, es por esto que la opinión que tienen los operadores sobre la información que se les proporciona durante la actividad es de suma importancia, el objetivo es interpretar qué tanto valora el operador esta información.

La mayoría de los operadores están conformes tanto con el diseño como con el orden de las ventanas que aparecen en la pantalla de la computadora donde se proyecta la información de corte en tiempo real.

Aunque todos los operadores coinciden en que la información en tiempo real sobre el corte es importante, a la mayoría de ellos les parece compleja y extensa, esto puede ser resultado de la falta de capacitación sobre cómo interpretar su porcentaje de corte y de ser necesario, mejorarlo. Es importante mencionar que ellos no perciben como una pérdida de tiempo la retroalimentación y que de estar capacitados se podría nivelar el conocimiento que cada uno posee.

Lamentablemente es poco constante el hábito que se tiene para realizar la retroalimentación, hay operadores que realizan esta actividad con frecuencia, y otros que la realizan solo al final del lote, esto llega a repercutir en la evaluación de los operadores ya que los factores de productividad y calidad se ven afectados (figura 4.9).



#### 4.6 Análisis de resultados canal de corte

*Interpretación de la secuencia de corte (canal de corte) en la operación de corte de hojas impresas.*

Hallazgos:

- De los canales estudiados solo uno utiliza la medida de carga.
- Dos de los canales presentan movimientos de peine en la mayoría de los pasos.
- No todos los canales tienen configurado el modo automático.
- Solo uno canal utiliza el expulsor de material.

En esencia los canales de corte son muy parecidos entre si y esto se debe a que presenta el mismo número de piezas por hoja y tipo material, el número de cortes es el mismo, así como la secuencia de pasos.

Sin embargo, las características particulares de los canales son muy distintas entre sí y esto se debe a que cada operador tiene su propio criterio para realizar el corte. Muchas de estas características no están siendo aprovechadas, por ejemplo, la medida de carga que es importante al momento de escuadrar el material, y a su vez aumentando la seguridad y calidad de trabajo. Por otra parte, el expulsor, si se utiliza de forma correcta, ayuda con la fatiga y desgaste de la espalda, cintura y en general el estado físico del operador.

La guillotina cuenta con diferentes movimientos automáticos en mecanismos que son necesarios para escuadrar el material estos movimientos los realiza el peine giratorio durante la fase de corte, lo convierten en un proceso muy variable ya que el material no se comporta de la misma manera en todos los casos. Esto ocasiona que el operador modifique cada corte, ingresando nuevas medidas al canal teniendo resultados poco favorables respecto a su calidad y producción. Algunos operadores no utilizan la opción de movimiento de peine, prefieren manipular el material moviéndolo dependiendo de las necesidades que demande el proceso.

El modo automático permite que el operador tenga un breve tiempo que puede ser aprovechado para la alimentación de la maquina o bien para realizar la retroalimentación del porcentaje de corte, sin olvidar que la fatiga y el desgaste se ven favorecidos con esta opción.

Es importante señalar que la mayoría de los canales no cuentan con el modo automático cuando realizan los cortes por columna.

#### 4.7 Los 8 desperdicios

La figura (4.11), muestra las distintas formas de desperdicio que se generan durante el proceso, esta herramienta además de ayudar a identificarlos, aporta información sobre la metodología que se sigue actualmente para realizar esta tarea. Es importante cuestionarse como resolver esta problemática.

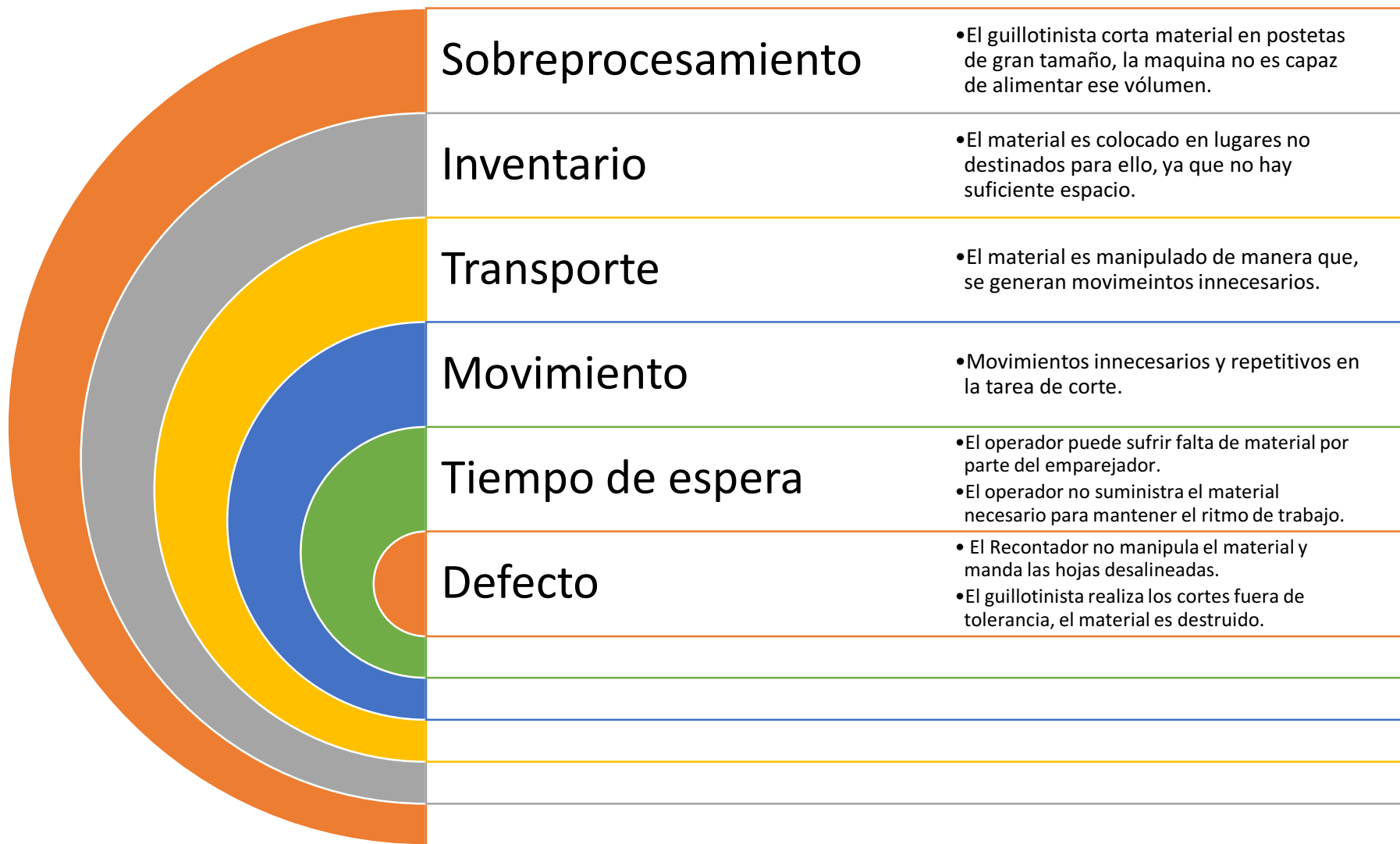


Figura 4.11 Desperdicios detectados en el proceso de corte de hojas.

#### 4.8 5'S

Ya que este proyecto también busca la mejora en las condiciones respecto al orden y limpieza en el lugar de trabajo, se dio a la tarea de explicar al personal que no se trata de una cuestión meramente estética, se trata de mejorar sus condiciones de trabajo, de mejorar aspectos tales como: seguridad, el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia y, esto por consecuencia, impacta directamente a la calidad, la productividad y la competitividad de los trabajadores.

#### *Compromiso del operador por su área de trabajo*

#### Hallazgos

La implementación de la herramienta de las 5'S, aportó diversos beneficios como:

- El trabajo en equipo que desarrollaron de los operadores de manera eficaz.
- La importancia de involucrar a los trabajadores en el proceso de mejora, ya que son los que cuentan con el conocimiento directo de la actividad.
- La manera en que los operadores se comprometen y esto se debe a que se valoran sus aportaciones en conocimiento.

Esta herramienta se implementó consiguiendo una mejor productividad la cual fue traducida en:

- Menos porcentaje de mal corte, ya que el área de las cuchillas está claramente identificada con las que se encuentran afiladas y las que no, así se aseguran que la cuchilla se encuentra en buen estado.
- Menos cambios de cuchillas, los operadores al tener claramente identificadas las cuchillas se encuentran seguros que las que serán cambiadas están afiladas.
- Menor inventario en el área de trabajo, el exceso de cuchillas en el área de trabajo disminuye de manera considerable.
- Menos accidentes, el área se encuentra libre de cualquier objeto que pueda ocasionar un accidente.
- Menos movimientos y trasportes inútiles en cuchillas que no son aptas para ser utilizadas.

Gracias al orden y la limpieza se logra un mejor lugar de trabajo para todos, ya que se consigue:

- Más espacio en el área de trabajo.
- Un mejor ambiente de trabajo.
- Mejor imagen ante los visitantes de otras áreas.

## Capítulo 5 Mejorar y Controlar

### 5.1 Mejorar

#### **Implementación**

Una de las mejoras más importantes es la propuesta de creación de guías de operación y guías de puntos críticos, esto como solución a la variabilidad de la actividad de corte es importante recalcar que antes del proyecto no existía ningún tipo de documento que fuesen formatos sencillos y visuales, así como la información contenida fuese clara y concreta.

A continuación se describen los dos tipos de guías que se proponen emplear en el proceso de corte.

#### **Guías de operación**

Estas guías describen las actividades de manera general, es decir incluyen los pasos que se requieren para cumplir con la actividad; están divididas en 3 partes importantes (figura 5.1).

*Pasos a seguir:* Metodología que el operador deberá seguir para realizar la tarea, aquí se describe de manera ordenada los pasos más importantes de la actividad.

*Simbología:* En esta sección las actividades se clasifican dependiendo de la naturaleza de la misma es decir:

- **Automatizado:** Todo aquella actividad que es realizada por alguna maquina o equipo de manera automática, sin la intervención del personal.
- **Control:** Este rubro clasifica las actividades que de realizarse, implican una mejora en el control del material.
- **Critica:** Es aquí donde se clasifican las actividades que dan valor agregado al producto, y que de manera directa afectan al flujo del material, en este punto el operador debe de poner especial atención.
- **Calidad:** en esta sección todas aquellas actividades que necesitan de una inspección visual.
- **Seguridad:** Son todas aquellas actividades que pueden poner en riesgo la salud del operador.

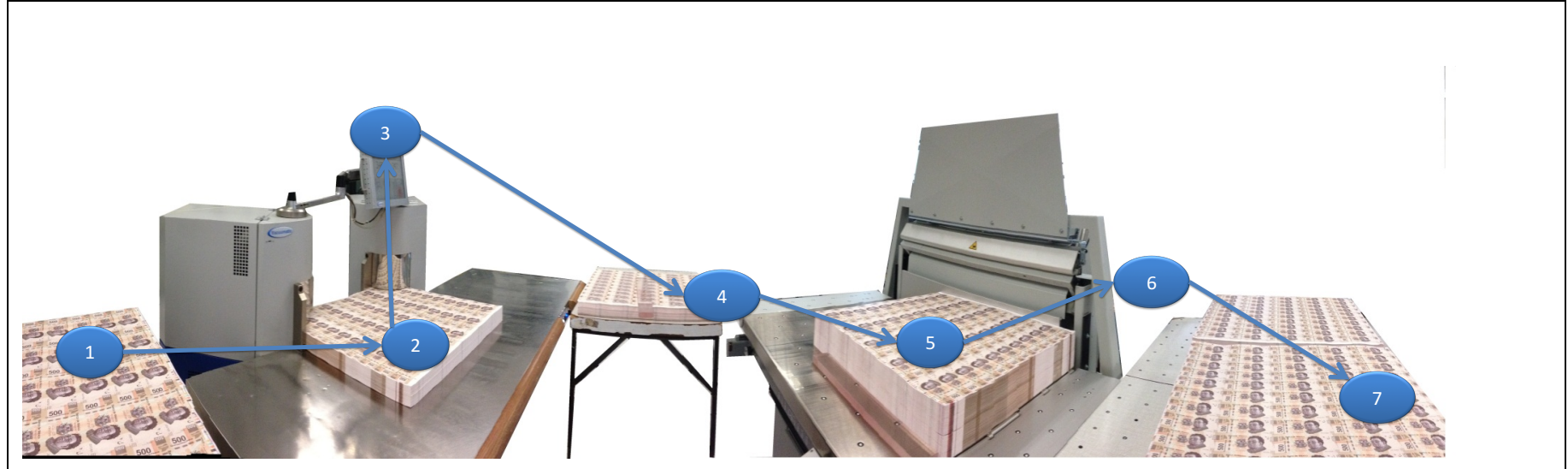
*Imagen del proceso:* se muestra de manera gráfica el proceso que se está describiendo, a su vez que cuenta con un flujo del mismo proceso.

## Emparejado de hojas

Área: Proceso Final Automatizado		Simbología				
Pasos a seguir:		Automatizada	Control	Crítica	Calidad	Seguridad
1	Tomar la resma, verificar que sea de la hoja 1 a la 500 ó 501 a 1000					
2	Recontar la resma por las 4 esquinas	⚙️			✅	
3	Verificar el número de hojas			⚠️	✅	
4	Dominar el material para aplanarlo, separarlo y facilitar el emparejado					+
5	Colocar la posteta en la mesa vibradora del lado de la escuadra					
6	Expulsar el aire acumulado entre las hojas con el rodillo	⚙️				
7	Deslizar la resma hacia la mesa de corte					



Tiempo total de ciclo: 4 min. por cada 500 hojas.



Nota: Esta Guía toma como base el tiempo aproximado para emparejar una resma en buen estado de 500 hojas de papel.

Figura 5.1 Guía de operación emparejado de hojas.

## Guías de operación para los puntos críticos

Estas guías describen de manera particular, alguna actividad que de no realizarse pudiera causar un paro en la producción, están divididas en 3 partes importantes, como se observa en la (figura 5.2).

*Pasos a seguir:* esta sección se divide en 3 partes.

- ¿Qué?: descripción de actividad
- ¿Cómo?: Describe la forma de realizar la actividad, resaltando las palabras claves para realizarla de manera correcta.
- ¿Por qué?: Es una breve explicación de la importancia de realizar la actividad de esa manera en algunos casos se describe la problemática que causaría el realizarla de manera diferente.

*Simbología:* En esta sección las actividades se clasifican dependiendo de la naturaleza de la misma es decir:

- Automatizado: Todo aquella actividad que es realizada por alguna maquina o equipo de manera automática, sin la intervención del personal.
- Control: Este rubro clasifica las actividades que de realizarse, implican una mejora en el control del material.
- Critica: Es aquí donde se clasifican las actividades que dan valor agregado al producto, y que de manera directa afectan al flujo del material, en este punto el operador debe de poner especial atención.
- Calidad: en esta sección todas aquellas actividades que necesitan de una inspección visual.
- Seguridad: Son todas aquellas actividades que pueden poner en riesgo la salud del operador.

*Imagen del proceso:* se muestra de manera gráfica el proceso que se está describiendo identificando los puntos críticos.

## Recuento previo al corte - puntos clave

Paso (¿Qué?)	Puntos clave (¿Cómo?)	Razón (¿Porqué?)	Simbología				
			Automatizada	Calidad	Control	Crítica	Seguridad
1. Recontar la resma	Por las <b>cuatro esquinas</b> . En caso de que hubieran <b>hojas separadas</b> de la resma, verificar que <b>estén integradas</b> .	Porque pueden haber <b>hojas mutiladas</b> o dobladas. Si hay algún <b>faltante</b> , se detecta <b>antes de cortar</b> .					
2. Verificar el número de hojas	Verificar que en <b>cada esquina</b> sean <b>500</b> . En caso de <b>diferencias, verificar</b> manualmente si existen <b>hojas mutiladas</b> , faltantes o sobrantes.	Si hay algún <b>faltante</b> , se detecta <b>antes de cortar</b> . Se <b>evita detener el proceso</b> para realizar la <b>búsqueda</b> de piezas y las correspondientes investigaciones.					
3. Manipular el material	Asegurarse que las hojas fueron <b>separadas y alineadas</b> a la escuadra de referencia.	El emparejado ayuda a que el guillotista corte con mayor seguridad ya que la <b>escuadra de referencia</b> es la misma escuadra que se utiliza en impresión.					

**1**

**2**

Figura 5.2 Guía de operación puntos críticos emparejado de hojas.



## Listas de verificación

Estas listas se crearon con el objetivo de incrementar la comunicación entre los Guillotinistas de un turno a otro, ya que la información es clasificada en inicio de turno y fin de turno (figura 5.3).

- Las actividades de inicio de turno corresponden a un check list el cual sirve como apoyo al personal para realizar la verificación de la máquina, como información importante del turno anterior.
- Las actividades realizadas al final de turno son importantes ya que es la información que revisa el siguiente turno; aquí se plasma la información que se observó a lo largo del turno y las modificaciones que se realizaron.

Lista de Verificación											BANCO DE MÉXICO						
Inicio y Fin de Turno																	
Celda: _____			Turno: _____			Fecha: _____											
Denominación: _____			Tiro / Lote(s): _____			Clave y Firma Guillotinista: _____											
Inicio de Turno											Realizado						
1	Verificar el funcionamiento de los dispositivos de protección.				Sensores de Bloqueo de cuchilla. Tapa cambio de cuchilla, Cubierta trasera.						✓						
2	Preparar Área de Trabajo				Lubricar la superficie de la mesa. Seleccionar el canal acordado.												
3	Respecto al Turno Anterior	Revisar resultados de corte.			Hojas Cortadas. Porcentaje de Corte. Hojas cortadas por Posteta.												
		Revisar acciones o ajustes.			Ajustes Finos en Medidas. Comentarios del Turno Anterior.												
4	Revisar el estado del material que se va a cortar.				Ondulación. Fuera de Registro. Esquinas caídas. Tamaño de hojas.												
5	Verificar que la cuchilla montada este apta para su uso y en caso necesario cambiarla de acuerdo con el manual Polar 115 o Schneider (celda 3).				Ruido que produce el corte. Melladuras Visibles. Acabado en el billete. (Jalón)												
Durante el Turno																	
Anotar el último valor al terminar el ajuste y todas las medidas en mm																	
Problema Observado	%	Presión		Código	Medida		Movimiento del Peine		Hojas por Posteta								
		Inicio	Fin		Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin							
6																	
7	Código	RI	Refine Izquierdo			Defecto	O				1	2	3	4	5	6	9
		RD	Refine Derecho				Ondulación.	F									
		RS	Refine Salida			Fuera de Registro.	E										7
		RE	Refine Entrada			Esquinas caídas.	T										6
		L 1-9	Cortes Largos			Tamaño de hojas.	H										5
		C 1-5	Cortes Cortos			Hilo en una sola posición.											4
		EG	Escuadra Gíratória														3
		EI	Escuadra inclinable														2
																	1
																	0
Fin de Turno											✓						
8	Limpieza en Área de Trabajo.				Verificar que no queden billetes en el sistema. Limpiar mesa de trabajo												
9	Llenar registros y guardar estadísticas de producción.				Tarjeta viajera Bitácora de corte Estadísticas OBIS												
10	Comentarios:																

Revisado: 03-mar-2014

CORTE (2) 1

Figura 5.3 Check list inicio y fin de turno.

## Curso de capacitación

Para cubrir la parte de capacitación se acordó con el personal que ya contaba con mayor experiencia diseñar un curso e impartirlo con los temas que a criterio de los Guillotinistas fueron seleccionados y confirmados por los resultados del análisis.

Temario para el curso de guillotina.

- I. Conocimiento del material
  - a. Medidas del billete
  - b. Errores más frecuentes observados
  - c. Identificación de las posibles variaciones de registro
  
- II. Cambio de cuchilla
  - a. Seguridad
  - b. Buenas prácticas
  
- III. ¿Cómo crear un canal?
  - a. Insertar medidas
  - b. Borrar medidas
  - c. Modificar medidas
  
- IV. Funciones adicionales de la guillotina
  - a. Movimientos del peine
  - b. Cortes automáticos
  - c. Medida de carga
  - d. Mesa de aire
  - e. Expulsor de material
  - f. Pisón delantero
  - g. Presión del pisón
  
- V. Monitoreo de resultados de corte y ajuste de medidas
  - a. En BPS
  - b. Manual

### 5.2 Evaluación y seguimiento

Después de un año de poner en marcha el proyecto se realizó la evaluación a los Guillotinistas, la cual se graficó y los resultados fueron comparados (gráfica 5.1), esto muestra que hubo una mejora en el porcentaje de corte, haciendo que los operadores se acercaran al escenario deseable.

En 2014 el porcentaje de cancelación fue del 0.64% es decir 30% menos con respecto al porcentaje de cancelación del año 2013 (tabla 5.1).

Orden	Piezas canceladas por corte	Porcentaje de piezas canceladas por corte	Costo por mal corte orden
2013	<b>13,848,000</b>	0.90%	<b>\$9,755,459</b>
2014	<b>9,847,467</b>	0.64%	<b>\$6,503,639</b>
Ahorro	<b>4,000,533</b>	0.26%	<b>\$3,251,820</b>

Tabla 5.1 Ahorro respecto al año 2013

En términos de costo representa \$3, 251,000 ahorrados en un año.

El estandarizar las tareas implica un gran seguimiento así como control y responsabilidad tanto por parte de los operadores como del personal que indirectamente forma parte del proceso, por ello se realizaron chequeos aleatorios para asegurar que las guías así como las listas de verificación están siendo utilizadas

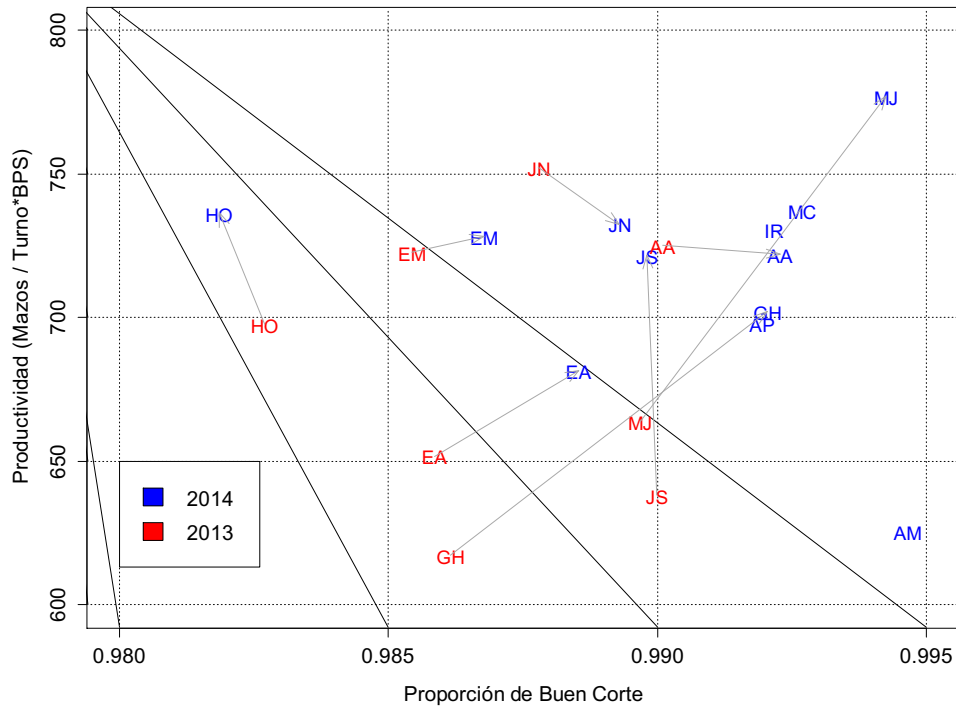
En la (tabla 5.2) se muestra la calidad de corte en 2014 y primer semestre de 2015.

Iniciales	2014		2015 Primer Semestre	
	Calidad de Corte	Productividad (Piezas / Turno)	Calidad de Corte	Productividad (Piezas / Turno)
IC			0.9948	814,137
AP	0.9920	697,754	0.9940	784,934
GH	0.9920	702,087	0.9936	708,784
MJ	0.9942	777,030	0.9936	783,378
AA	0.9923	721,973	0.9930	694,818
MH			0.9923	825,385
IR	0.9922	730,640	0.9915	787,023
EA	0.9885	681,744	0.9910	765,086
EM	0.9868	728,304	0.9898	830,313
HO	0.9819	736,528	0.9880	792,776
JN	0.9893	732,601	0.9872	804,185
JS	0.9898	721,786	0.9850	784,022

Tabla 5.2 Evaluación de los Guillotinistas 2014- 2015.

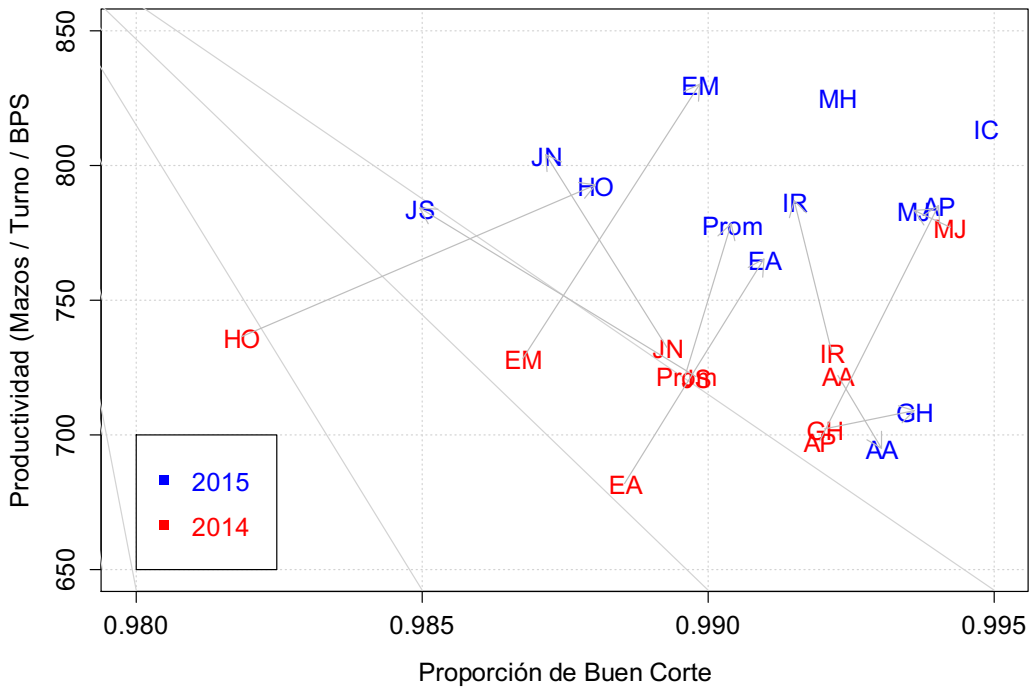
En el primer semestre del 2015 (gráfica 5.2), se registró un incremento en la mayoría de los operadores, esto es una manera simple de observar la mejora que existió en el proceso.

### Evaluación Guillotinistas Orden 2014



Gráfica 5.1 Distribución de resultados de los Guillotinistas 2014

### Evaluación Guillotinistas Primer Semestre 2015



Gráfica 5.2 Distribución de resultados de los Guillotinistas 2015

## Conclusiones

- Determinación del impacto económico por la cantidad de material rechazado por mal corte.

*En el trabajo se presenta la información del impacto económico que representa la cantidad de material destruido anualmente por causa del mal corte; se prevé un ahorro de poco más de \$1,000,000 por cada 0.1% de mejora en el corte.*

- Identificar los puntos críticos que afecten de manera directa al proceso de corte.

*Gracias a las herramientas utilizadas para el estudio de tempos y movimientos, se logró identificar actividades que fueron catalogadas como críticas, estas fueron analizadas de manera independiente a su vez los resultados fueron presentados al personal operativo, para su aceptación y puesta en marcha, junto con ellos se estableció la mejor forma de implementarlo sin que se viera afectada la demanda de material, ya que muchos de ellos estaban acostumbrados a trabajar de una manera desde hace ya muchos años.*

- Generación y/o actualización de diagramas de flujo para analizar el proceso actual de corte de hojas.

*El proceso de corte de billetes no contaba con manual o diagrama alguno, es por ello que se desarrolló uno, con la finalidad de conocer de manera visual y directa estudiar el flujo de material, teniendo esto, gracias a esto fue de gran ayuda para identificar las áreas del proceso que se consideran críticas, así como identificar las actividades que indirectamente afectan al proceso de corte.*

- Analizar la eficiencia de los operadores dentro del proceso de corte, así como su conocimiento del equipo correspondiente.

*Los operadores fueron evaluados antes y después de la implementación, y se observó que, el porcentaje por cancelación disminuyó de manera individual, como fortalecimiento a los operadores se organizó un curso, el cual estaba conformado por los temas de interés para los operadores, esto con la finalidad de que el personal conociera el equipo con el que trabaja a diario, y así pudieran aprovechar las opciones con las que cuenta la máquina.*

- Reducir el porcentaje de cancelación por mal corte.

*EL porcentaje de corte disminuyó en un 20% que se transforma en 1 punto porcentual respecto al año 2013, esto significa que: aproximadamente 1, 500,000 piezas fueron salvadas, esto representa un ahorro de casi \$1, 150,000.*

- Identificar las prácticas que logren mejorar y optimizar la ejecución de las operaciones en el área de corte.

*El hecho de implementar la herramienta de 5'S ayudó a que el personal, contara con el área de trabajo ordenada y limpia, haciendo que el ambiente fuese más agradable, las guías que se elaboraron especialmente para esta actividad, ver Anexo 3, ayudaron en gran manera a sostener*

*esta herramienta ya que de manera visual se muestra el estado ideal del área, y la clasificación correcta de insumos.*

- *Elaborar guías de operación que indiquen de manera específica cómo se realizan las actividades identificadas como críticas.*

*Se elaboraron guías para las diversas actividades que se consideraron como críticas, para poder llegar a una propuesta final, se tomaron en cuenta diversos puntos, desde los colores, tamaño y material para presentarlo hasta el tipo y cantidad de información, el formato fue propuesto y adoptado por todas las áreas de la fábrica, a manera de estandarizar y que de ser necesario, cualquier persona ajena al área pudiera interpretar las actividades descritas.*

- *Analizar el impacto de las mejoras propuestas.*

*El hablar de estandarización es un tema que implica serias reservas para muchas de las personas que se involucran en el proyecto, ya que existe una línea muy delgada entre hacer que todos piensen que es una imposición y que sea una mejora en el proceso.*

*Lo importante de la actividad de estandarizar es entender que el proceso que mantiene las mismas operaciones por consiguiente entrega los mismos resultados, es por ello que en este trabajo se tomó en cuenta tanto el conocimiento del personal como la maquinaria con la que trabajan sin olvidar la parte más importante, el método, este último el más importante y difícil de modificar, ya que en la fábrica hay gente con 20 años de experiencia, la cual siempre ha realizado la actividad de una manera, que no siempre es la mejor, pero para los ojos de quien la realiza, cumple, sin saber que puede ser mejor.*

*Esta barrera entre la costumbre y la mejora es la más difícil de romper y en lo personal fue en lo que más recursos se invirtieron, la manera de vender de implantar la nueva metodología. Sin que el personal se sintiese desplazado o agredido. Por eso, una buena estrategia para la manera en que se presentó, fue, que toda la información era básica, gráfica y muy sencilla de interpretar pero que también era necesario actualizarla.*

*Una de las estrategias que funcionaron para sensibilizar al personal fue el haberlos hecho participes en el análisis de las actividades, y tomar en cuenta el punto de vista de los operadores, ya que ellos son los que realizan las actividades a diario,*

*El fusionar el punto de vista práctico con el punto de vista analítico, y llegar a un acuerdo para realizar la tarea de la “mejor forma” afectando a los menos fue complicado.*

*Por último este proyecto ayudó a todo el personal a que entendiera lo importante y lo complejo de esta actividad, el personal empezó a invertir mucho más tiempo a aprender esta actividad a mejorar la comunicación entre el personal compartiendo información que para ambas partes es importante, para los operadores la tarea que realizan a diario tomó sentido.*

## Anexos

### 1. Project charter

Alcance del proyecto
<p>La instrumentación del proyecto contempla desarrollar un sistema de calidad para los procesos de la fábrica de billetes que permita la <b>identificación y control</b> de los mismos; incluye también la <b>mejora, la estandarización y documentación</b> de los procesos actuales.</p> <p>Para tales efectos, se utilizarán <b>herramientas y técnicas existentes en el Banco</b>, la mejora y estandarización se logrará a través de la incorporación de las <b>mejores prácticas</b> identificadas tanto en la operación diaria de la Fábrica de Billetes, así como las que se identifiquen en otras fábricas y/o empresas líderes.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Contar con un mecanismo y una estructura organizacional que permita medir, controlar, verificar y mantener el sistema de calidad a lo largo del tiempo.</li><li>✓ Estandarizar las operaciones de la Fábrica de billetes en los diferentes turnos de producción, para garantizar que las actividades se realizan de una única forma.</li><li>✓ Incorporar a las operaciones, las mejores prácticas identificadas al interior de la Fábrica y/o aquéllas de las que se tenga conocimiento de otras empresas del ramo. Esto con el fin de mejorar y optimizar la ejecución de dichas operaciones.</li><li>✓ Reducir el tiempo de ejecución de operaciones críticas del proceso de manufactura de billetes, con el uso de la Metodología <i>Single-Minute Exchange of Die (SMED)</i>.</li><li>✓ Elaborar instructivos que indiquen de manera específica cómo se realizan las actividades identificadas como críticas.</li><li>✓ Contar con un catálogo que clasifique los defectos identificados como recurrentes durante el ciclo de producción de billetes.</li><li>✓ Reducir el número de defectos mediante la implementación de medidas preventivas resultado de un análisis causa efecto de los mismos.</li><li>✓ Homologar los criterios de aceptación o rechazo de billetes durante su fabricación.</li><li>✓ Complementar el proceso de estandarización de los procesos con la implementación de la <i>Metodología de las 5s</i> que consiste en contar con prácticas de Orden, Clasificación, Limpieza, Disciplina y Estandarización.</li></ul>
Antecedentes
<p>A partir del mes de abril de 2013, la Subgerencia de Manufactura planteó la iniciativa de realizar un proyecto para estandarizar sus procesos; debido a la relevancia de contar con procesos documentados y estandarizados se incorporó a este esfuerzo la documentación y estandarización de todo el proceso de producción de billete incluyendo las actividades de las Subgerencias de Procesos Finales y de Insumos y Productos Intermedios.</p> <p>Derivado del primer periodo de implementación del proyecto, se observó que los esfuerzos se estaban realizando de manera aislada y con diferentes enfoques de la solución a implementar por lo que se decidió replantearlo de una forma integrada y con un enfoque único. A partir de</p>

Octubre, se incorpora al equipo un asesor de proyectos para dar apoyo a la integración de los esfuerzos y para facilitar las actividades de administración de las tres subgerencias involucradas, la de manufactura, la de Procesos Finales y la de Insumos y Productos Intermedios.

A continuación se mencionan de manera general algunos avances.

Subgerencia de manufactura:

- Como parte de sus actividades iniciales, identificaron las actividades críticas de su operación, en algunas de ellas ya se trabaja en el análisis y selección de “las mejores prácticas”; posteriormente se documentarán los instructivos requeridos. Entre las actividades críticas identificadas se encuentran: Limpieza de la máquina, Cambio de Turno y Arreglo de la Máquina, estas tareas se consideran críticas por el tiempo que toma a cada operario realizarlas, esto se debe en parte a que con base en su experiencia cada uno sigue sus propios procesos y asigna sus propios parámetros al momento de operar.
- Para identificar las mejores prácticas, ya se está trabajando en la conformación de círculos de calidad integrados por los operarios de cada turno.
- Adicionalmente determinaron apoyarse en el uso de las metodologías SMED y 5S.

Subgerencia de Procesos Finales:

En esta subgerencia se había trabajado en el análisis de los procesos del área, incluyendo algunos procesos administrativos como el de elaboración presupuestal, adicionalmente se identificaron algunas operaciones críticas como el corte de guillotina. Se detectó la necesidad de contar con un flujo de información más eficiente, que permita agilizar la toma de decisiones relativas a la operación. Se cuenta con un avance significativo en la implementación de 5S y en el catálogo de defectos para dos denominaciones.

Subgerencia de Insumos y Productos Intermedios

En esta subgerencia se había trabajado en el análisis de los procesos del área, en la identificación de algunas mejores prácticas de la Oficina de preliminares y en la elaboración de algunos instructivos.

<b>Tipo proyecto</b>	Mejora continua mayor.		
<b>Fecha estimada de inicio</b>	1 de abril de 2013	<b>Fecha estimada de fin</b>	1 de enero de 2016
<b>Fases generales del proyecto</b>			
Estandarización Manufactura			
Implementación 5's Manufactura			
Estandarización Procesos Finales			
Implementación 5's Procesos Finales			
Estandarización Procesos Finales			
Implementación 5's Procesos Finales			
<b>Alineación del proyecto al programa de trabajo de la Dirección General de Emisión</b>			
1. Asegurar la calidad de los billetes, durante toda su vida útil (fabricación y circulación).			
<b>Costo estimado</b>			



Áreas involucradas (internos y externos)		
Área		
Dirección de Fábrica de Billetes, DFB		
Gerencia de Producción, GP		
Gerencia de Administración de Planta y Sistemas de Manufactura , GAPSM		
Subgerencia de Manufactura, SM		
Subgerencia de Procesos Finales, SPF		
Subgerencia de Insumos y Productos Intermedios, SIPI		
Oficina de Fondos y Numeración, OFN		
Oficina de Grabados, OG		
Oficina de Control de Riesgos y Registro de Papel en Proceso, OCRPP		
Oficina de Fondos y Numeración, OFN TV		
Oficina de Grabados y Recubrimientos, OGR TV		
Oficina de Manufactura, OM TN		
Oficina de Proceso Final Automatizado, OPFA TM/TV/TN		
Oficina de Muestreo y Empaque		
Oficina de Tintas, Rodillos y Plantas de Tratamiento, OTRPT		
Oficina de Preliminares OP		
Oficina de Almacén, OA		
Subgerencia de Administración de Riesgos y Control de Emisión, SARCE		
Oficina de Control de Operaciones de Caja y Fábrica de Billetes, OCOCFB		
Oficina de Ingeniería de Procesos, OIP		
<b>Patrocinador</b>	XXX	
<b>Administrador</b>	XXX	
<b>Apoyo a la administración</b>	XXX	
Indicadores de éxito		
Indicador	Forma de Medición	Meta
Se esperan mejoras en el tiempo de ejecución de las siguientes operaciones: - Cambio de Turno. - Arreglo. - Limpieza de la máquina (offset, serigrafía, calcografía tipografía y flexo grafía)	Realizar un comparativo trimestral	Tiempo de ejecución esperado de al menos un 10% para las operaciones mencionadas
Mejorar las condiciones de trabajo con un lugar limpio y ordenado.	Realizar una revisión trimestral del estado de orden y limpieza de acuerdo a los estados básicos de orden y limpieza.	No exceder un 10% de incumplimiento del total de puntos a revisar.
Mejorar la calidad de la producción	Por definir	Por definir

(ejemplo porcentaje de producto aceptado/rechazado)	(Involucra calidad de insumos y procesos internos)	
<b>Premisas del proyecto</b>		
<p>Acerca de los procesos, subprocesos, actividades, subactividades y operaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como insumo para la realización de la estandarización y documentación así como la definición de mejores prácticas, se tomará como referencia de alineación el último nivel de desagregación del mapeo de procesos de la DGE.</li> </ul> <p>Acerca de la relación del proyecto de estandarización con otros proyectos de la Dirección General de Emisión</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los proyectos que se relacionan con el presente proyecto, integrarán en su debido tiempo los resultados que sirvan como insumo, tal es el caso de los siguientes proyectos: “Confiabilidad en equipos prioritarios de producción de billetes”, “Análisis de la durabilidad de planchas calcográficas elaboradas con D.L.E.”, “Optimización de la fabricación de planchas calcográficas” y los que se lleguen a generar durante la ejecución del proyecto</li> <li>• Se contempla la elaboración de los procesos de calidad para cuando se conforme el área que cumplirá dicha función</li> <li>• Cuando las áreas requieran de la actualización de sus procesos tienen que dar aviso a la Oficina de Ingeniería.</li> </ul>		
<b>Riesgos iniciales</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Interrupción total del proyecto.</li> <li>✓ Incumplimiento de los alcances (objetivos) del proyecto.</li> <li>✓ Desviación de los alcances (objetivos) del proyecto.</li> <li>✓ Retrasos en la ejecución del proyecto.</li> </ul>		
<b>Hitos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobación de la Carta constitutiva y Plan de Trabajo que integran las actividades de las tres subgerencias</li> <li>• Conclusión de la etapa de replanteamiento del proyecto</li> <li>• Reunión de Kickoff</li> <li>• Definición de estándares de diagramación y documentación de manuales e instructivos</li> <li>• Entrega de Diagramas por parte de la SARCE de los diagramas que servirán como insumo al proyecto</li> <li>• Conclusión de la actualización de diagramas por parte de la OIP</li> <li>• Primera versión del Manual del Sistema de Gestión</li> <li>• Capacitación 5s para SIPI</li> <li>• Homologar metodología 5s, SM y PF</li> <li>• Implementación de Cada S</li> <li>• Concluye implementación de las 5’s</li> <li>• Concluye estandarización</li> </ul>		

<b>Entregables</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Modelo</li><li>• Evidencias implementación 5´s</li><li>• Instructivos de las actividades críticas</li><li>• Manual del sistema de gestión</li></ul>
<b>Repositorio de documentación</b>
Por definir

## 2. Diagramas bimanuales

### Guillotinista 3

		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS									
		DIAGRAMA BIMANUAL		Fecha: 27/01/14							
				Página: 1 de 2							
Cantidad Hojas: 250		Denominación: \$20		Tiempo Ciclo:							
Diagrama No. 1		Resumen									
Proceso: Corte de Hojas Totalmente Impresas		Actividad	Actual		Propuesto		Economía				
			Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.			
Actividad: Guillotina		Operación	35	26	37	33	-2	-7			
Operador: AA		Transporte	9	5	9	9	0	-4			
Método:	Actual ✓	Espera	10	22	8	11	2	11			
	Propuesto	Inspección	0	0	0	0	0	0			
Departamento: Subgerencia de Procesos Finales		Sostenimiento	0	1	0	1	0	0			
Elaboró: Daniel Medina Reyes B13411		Total	54	54	54	54	0	0			
Aprobado por:											
Mano Izquierda			●	→	▷	■	▼	Mano derecha			
Toma hojas impresas	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Toma hojas impresas
Coloca Material	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Coloca Material
Espera	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Toma Acrílico
Espera	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Escuadra Material
Deja Acrílico	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Presiona Botón Inicio
Empareja Material	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Empareja Material
Coloca Material Al Fondo	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Coloca Material al Fondo
Presiona Botón de Corte	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Toma Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Deja Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Va Hacia Material	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Va Hacia Material
Gira Material	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Gira material
Presiona Botón de Corte	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Toma Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Deja Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Va Hacia Material	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Va Hacia Material
Gira Material	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Gira material
Presiona Botón de Corte	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Toma Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Deja Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Va Hacia Material	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Va Hacia Material
Gira Material	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Gira material
Presiona Botón de Corte	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Toma Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Deja Refine	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Espera
Toma Acrílico	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Toma Escuadra Madera
Coloca Acrílico	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Coloca Escuadra Madera
Presiona Botón de Corte	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Presiona Botón de Corte

Espera											Espera
Espera											Espera
Espera											Espera
Espera											Espera
Espera											Espera
Espera											Espera
Espera											Espera
Espera											Espera
Toma Material											Toma Material
Gira Material											Gira material
Quita Escuadra Madera											Sostiene Acrilico
Toma Acrílico											Acomoda Material
Empareja Hojas Acrílico											Espera
Deja Acrílico											Espera
Presiona Botón de Corte											Presiona Botón de Corte
Empareja Hojas											Empareja Hojas
Empareja Hojas											Empareja Hojas
Empareja Hojas											Empareja Hojas
Empareja Hojas											Empareja Hojas
Va Hacia Material											Va Hacia Material
Toma Material											Toma Material
Desliza Material											Desliza Material

Guillotina 4

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		DIAGRAMA BIMANUAL		Fecha: 27/01/14		Página: 1 de 2											
Cantidad Hojas: 250		Denominación: \$20		Tiempo Ciclo: 143 Seg													
Diagrama No. 1		Resumen															
Proceso: Corte de Hojas Totalmente Impresas		Actividad		Actual		Propuesto		Economía									
				Izq.		Der.		Izq.		Der.							
Actividad: Guillotina		Operación		44		28		37		33							
Operador: JN		Transporte		10		6		9		9							
Método: Actual ✓		Espera		9		29		8		11							
Propuesto		Inspección		0		0		0		0							
Departamento: Subgerencia de Procesos Finales		Sostenimiento		0		0		0		1							
Elaboró: Daniel Medina Reyes B13411		Total		63		63		54		54							
				9		9											
Aprobado por:																	
Mano Izquierda			● →			▶ ■ ▼			● →			▶ ■ ▼			Mano derecha		
Toma hojas impresas			●						●						Toma hojas impresas		
Coloca Material			●						●						Coloca Material		
Toma Acrílico			●						●						Espera		
Empareja Hojas			●						●						Empareja Hojas		
Deja Acrílico			●						●						Espera		
Presiona Botón de Corte			●						●						Presiona Botón de Corte		
Va Hacia Refine			●						●						Espera		
Toma Refine			●						●						Espera		
Deja Refine			●						●						Espera		
Va Hacia Material			●						●						Va Hacia Material		
Gira Material			●						●						Gira material		
Toma Acrílico			●						●						Espera		
Empareja Hojas			●						●						Empareja Hojas		
Deja Acrílico			●						●						Espera		
Presiona Botón de Corte			●						●						Presiona Botón de Corte		
Va Hacia Refine			●						●						Espera		
Toma Refine			●						●						Espera		
Deja Refine			●						●						Espera		
Va Hacia Material			●						●						Va Hacia Material		
Gira Material			●						●						Gira material		
Presiona Botón de Corte			●						●						Presiona Botón de Corte		
Va Hacia Refine			●						●						Espera		
Toma Refine			●						●						Espera		
Deja Refine			●						●						Espera		
Va Hacia Material			●						●						Va Hacia Material		
Gira Material			●						●						Gira material		
Presiona Botón de Corte			●						●						Presiona Botón de Corte		
Va Hacia Refine			●						●						Espera		
Toma Refine			●						●						Espera		
Deja Refine			●						●						Espera		
Toma Acrílico			●						●						Toma Escuadra Madera		
Coloca Acrílico			●						●						Coloca Escuadra Madera		

Presiona Botón de Corte					Presiona Botón de Corte
Espera					Espera
Espera					Espera
Espera					Espera
Espera					Espera
Espera					Espera
Espera					Espera
Espera					Espera
Quita Acrílico					Quita Escuadra
Deja Acrílico					Deja Escuadra
Va Hacia Material					Va Hacia Material
Toma Material					Acomoda Superficie
Gira Material					Gira material
Toma Acrílico					Toma Escuadra Madera
Coloca Acrílico					Coloca Escuadra Madera
Empareja Hojas Acrílico					Empareja Hojas Escuadra
Espera					Deja Escuadra
Presiona Botón de Corte					Presiona Botón de Corte
Empareja Hojas Acrílico					Espera
Presiona Botón de Corte					Presiona Botón de Corte
Empareja Hojas Acrílico					Espera
Presiona Botón de Corte					Presiona Botón de Corte
Empareja Hojas Acrílico					Espera
Presiona Botón de Corte					Presiona Botón de Corte
Empareja Hojas Acrílico					Espera
Presiona Botón de Corte					Presiona Botón de Corte
Deja Acrílico					Espera
Va Hacia Material					Va Hacia Material
Toma Material					Toma Material
Desliza Material					Desliza Material

Guillotina 5

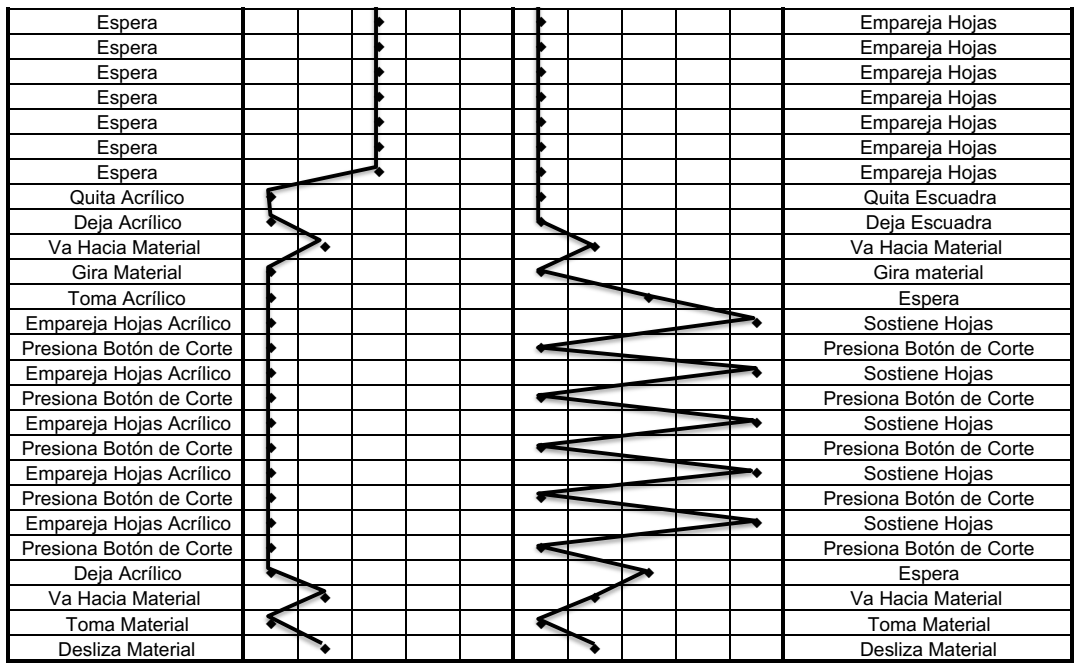
		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS											
		DIAGRAMA BIMANUAL				Fecha: 20/01/14							
						Página: 1 de 2							
Cantidad Hojas: 250		Denominación: \$20		Tiempo Ciclo: 135 seg									
Diagrama No. 1		Resumen											
Proceso: Corte de Hojas Totalmente Impresas		Actividad	Actual		Propuesto		Economía						
			Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.					
Actividad: Guillotina		Operación	37	20	37	33	0	-13					
Operador: JS		Transporte	9	5	9	9	0	-4					
Método:	Actual ✓	Espera	10	29	8	11	2	18					
	Propuesto	Inspección	0	0	0	0	0	0					
Departamento: Subgerencia de Procesos Finales		Sostenimiento	1	3	0	1	1	2					
Elaboró: Daniel Medina Reyes B13411		Total	57	57	54	54	3	3					
		Aprobado por:											
Mano Izquierda		●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Mano derecha	
Toma hojas impresas												Toma hojas impresas	
Coloca Material												Coloca Material	
Espera												Presiona Botón Inicio	
Toma Acrílico												Espera	
Empareja Hojas												Sostiene Hojas	
Sostiene Hojas												Empareja Hojas	
Deja Acrílico												Espera	
Presiona Botón de Corte												Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine												Espera	
Toma Refine												Espera	
Deja Refine												Espera	
Empareja Hojas												Sostiene Hojas	
Deja Acrílico												Espera	
Presiona Botón de Corte												Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine												Espera	
Toma Refine												Espera	
Deja Refine												Espera	
Va Hacia Material												Va Hacia Material	
Gira Material												Gira material	
Presiona Botón de Corte												Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine												Espera	
Toma Refine												Espera	
Deja Refine												Espera	
Va Hacia Material												Va Hacia Material	
Gira Material												Gira material	
Presiona Botón de Corte												Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine												Espera	
Toma Refine												Espera	
Deja Refine												Espera	
Toma Acrílico												Espera	
Toma Escuadra Madera												Espera	
Empareja Hojas Acrílico												Toma Escuadra Madera	



Espera						Coloca Escuadra Madera
Presiona Botón de Corte						Presiona Botón de Corte
Espera						Espera
Espera						Espera
Espera						Espera
Espera						Espera
Espera						Espera
Espera						Espera
Espera						Espera
Espera						Espera
Va Hacia Material						Va Hacia Material
Gira Material						Gira material
Quita Escuadra						Espera
Deja Escuadra						Espera
Toma Acrílico						Espera
Empareja Hojas Acrílico						Sostiene Hojas
Presiona Botón de Corte						Presiona Botón de Corte
Empareja Hojas						Empareja Hojas
Empareja Hojas						Empareja Hojas
Empareja Hojas						Empareja Hojas
Empareja Hojas						Empareja Hojas
Deja Acrílico						Espera
Va Hacia Material						Va Hacia Material
Toma Material						Toma Material
Desliza Material						Desliza Material

Guillotina 6

		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS						
		DIAGRAMA BIMANUAL				Fecha: 20/01/14		
						Página: 1 de 2		
Cantidad Hojas: 250		Denominación: \$20	Tiempo Ciclo: 195 Seg.					
Diagrama No. 1		Resumen						
Proceso: Corte de Hojas Totalmente Impresas		Actividad	Actual		Propuesto		Economía	
			Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq. Der.	
Actividad: Guillotina		Operación	41	30	37	33	4 -3	
Operador: MC		Transporte	9	5	9	9	0 -4	
Método:	Actual ✓	Espera	9	19	8	11	1 8	
	Propuesto	Inspección	0	0	0	0	0 0	
Departamento: Subgerencia de Procesos Finales		Sostenimiento	1	6	0	1	1 5	
Elaboró: Daniel Medina Reyes		Total	60	60	54	54	6 6	
Aprobado por:								
Mano Izquierda		● → ▸ ▣ ▽					Mano derecha	
Toma hojas impresas	●				●		Toma hojas impresas	
Coloca Material	→				→		Coloca Material	
Toma Acrílico	▸				▸		Espera	
Empareja Hojas	▣				▣		Sostiene Hojas	
Sostiene Hojas	▽				▽		Empareja Hojas	
Deja Acrílico	●				●		Espera	
Presiona Botón de Corte	→				→		Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine	▸				▸		Espera	
Toma Refine	▣				▣		Espera	
Deja Refine	▽				▽		Espera	
Empareja Hojas	●				●		Sostiene Hojas	
Deja Acrílico	→				→		Espera	
Presiona Botón de Corte	▸				▸		Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine	▣				▣		Espera	
Toma Refine	▽				▽		Espera	
Deja Refine	●				●		Espera	
Va Hacia Material	→				→		Va Hacia Material	
Gira Material	▸				▸		Gira material	
Presiona Botón de Corte	▣				▣		Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine	▽				▽		Espera	
Toma Refine	●				●		Espera	
Deja Refine	→				→		Espera	
Va Hacia Material	▸				▸		Va Hacia Material	
Gira Material	▣				▣		Gira material	
Presiona Botón de Corte	▽				▽		Presiona Botón de Corte	
Va Hacia Refine	●				●		Espera	
Toma Refine	→				→		Espera	
Deja Refine	▸				▸		Espera	
Toma Acrílico	▣				▣		Espera	
Toma Escuadra Madera	▽				▽		Espera	
Empareja Hojas Acrílico	●				●		Toma Escuadra Madera	
Espera	→				→		Coloca Escuadra Madera	
Presiona Botón de Corte	▸				▸		Presiona Botón de Corte	
Espera	▣				▣		Empareja Hojas	



Guillotina 7

		MANUAL DE PROCEDIMIENTOS									
		DIAGRAMA BIMANUAL				Fecha: 20/01/14					
						Página: 1 de 2					
Cantidad Hojas: 250		Denominación: \$20		Tiempo Ciclo: 115 seg							
Diagrama No. 1		Resumen									
Proceso: Corte de Hojas Totalmente Impresas		Actividad	Actual		Propuesto		Economía				
			Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.			
Actividad: Guillotina		Operación	40	21	37	33	3	-12			
Operador: VA		Transporte	10	6	9	9	1	-3			
Método:	Actual ✓	Espera	10	30	8	11	2	19			
	Propuesto	Inspección	0	0	0	0	0	0			
Departamento: Subgerencia de Procesos Finales		Sostenimiento	0	3	0	1	0	2			
Elaboró: Daniel Medina Reyes B13411		Total	60	60	54	54	6	6			
Aprobado por:											
Mano Izquierda	●	→	▷	■	▼	●	→	▷	■	▼	Mano derecha
Toma hojas impresas	●					●					Toma hojas impresas
Coloca Material	●					●					Coloca Material
Toma Escuadra Madera	●					●					Espera
Empareja Hojas	●	→				●	→				Espera
Espera	●					●					Empareja Hojas
Deja Escuadra Madera	●					●					Espera
Presiona Botón de Corte	●					●					Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●					●					Espera
Toma Refine	●					●					Espera
Deja Refine	●					●					Espera
Va Hacia Material	●					●					Va Hacia Material
Gira Material	●					●					Gira material
Empareja Hojas	●	→				●	→				Sostiene Hojas
Presiona Botón de Corte	●					●					Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●					●					Espera
Toma Refine	●					●					Espera
Deja Refine	●					●					Espera
Va Hacia Material	●					●					Va Hacia Material
Gira Material	●					●					Gira material
Toma Acrílico	●					●					Espera
Empareja Hojas	●	→				●	→				Empareja Hojas
Deja Acrílico	●					●					Espera
Presiona Botón de Corte	●					●					Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●					●					Espera
Toma Refine	●					●					Espera
Deja Refine	●					●					Espera
Va Hacia Material	●					●					Va Hacia Material
Gira Material	●					●					Gira material
Presiona Botón de Corte	●					●					Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●					●					Espera
Toma Refine	●					●					Espera
Deja Refine	●					●					Espera
Va Hacia Material	●					●					Va Hacia Material
Gira Material	●					●					Gira material
Presiona Botón de Corte	●					●					Presiona Botón de Corte
Va Hacia Refine	●					●					Espera
Toma Refine	●					●					Espera
Deja Refine	●					●					Espera

Toma Acrílico																			Espera
Toma Escuadra Madera																			Espera
Empareja Hojas Acrílico																			Toma Escuadra Madera
Espera																			Coloca Escuadra Madera
Presiona Botón de Corte																			Presiona Botón de Corte
Espera																			Espera
Espera																			Espera
Espera																			Espera
Espera																			Espera
Espera																			Espera
Espera																			Espera
Espera																			Espera
Espera																			Espera
Va Hacia Material																			Va Hacia Material
Acomoda Material																			Acomoda Material
Gira Material																			Gira material
Quita Escuadra																			Espera
Deja Escuadra																			Espera
Toma Acrílico																			Espera
Empareja Hojas Acrílico																			Sostiene Hojas
Presiona Botón de Corte																			Presiona Botón de Corte
Empareja Hojas																			Empareja Hojas
Empareja Hojas																			Empareja Hojas
Empareja Hojas																			Empareja Hojas
Deja Acrílico																			Espera
Va Hacia Material																			Va Hacia Material
Toma Material																			Toma Material
Desliza Material																			Desliza Material

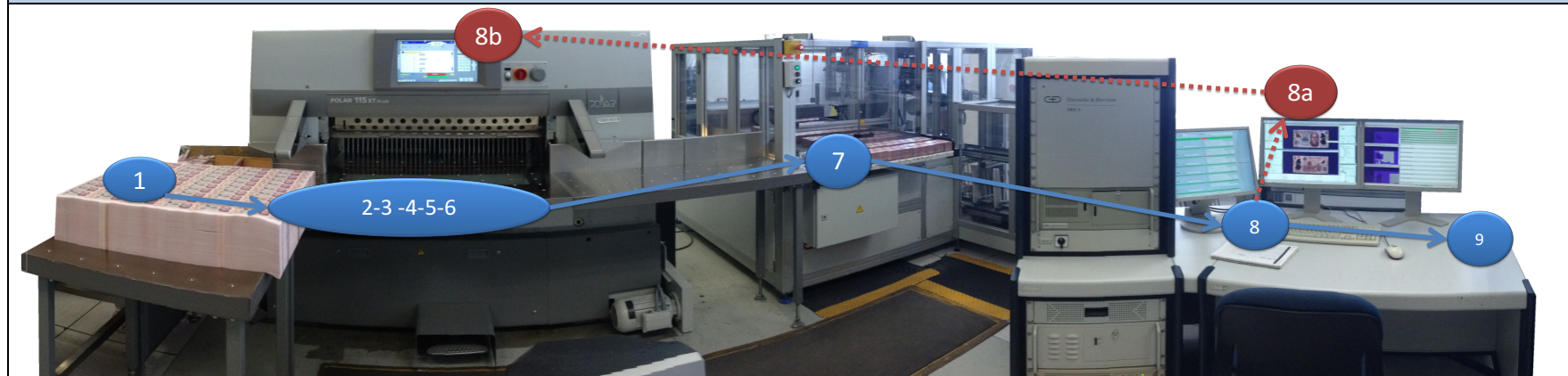
3. Guías

## Guía de Operación

# Corte de hojas

Área: Proceso Final Automatizado		Simbología				
Pasos a seguir:		Automatizada	Calidad	Control	Crítica	Seguridad
1	Tomar y deslizar la posteta a la guillotina					
2	Alinear la escuadra de referencia al peine		✓			
3	Cortar los refines de la posteta				⚠	+
4	Hacer los cortes horizontales de la posteta	⚙				+
5	Hacer los cortes verticales de la posteta	⚙				+
6	Muestrear el material a la salida del corte		✓			
7	Deslizar las piezas cortadas a la Nota-load					
8	Verificar corte cada 1000 hojas		✓			
8a	Verificar el OBIS y comparar el % cotra el semáforo de AUDIT		✓			
8b	Hacer los ajustes necesarios al canal				⚠	
9	Al final del turno escribir los resultados en el checklist					

🔄 Tiempo total de ciclo: 5 min. por cada 500 hojas.



## Lista de Verificación

### Ajustes de Inicio de Tiro en Corte de Hojas



BANCO DE MÉXICO

Datos Generales						
Denominación:		Tiro:		Celda:		Fecha de Inicio:
Guillotinas: (Nombre y Firma)	TM:					Turno de Inicio:
	TV:					

#### Procedimiento:

- Los lotes del primer millón, se procesarán en el orden en que fueron impresos en Grabados. La Oficina de Muestreo y Empaque, solicitará esta información a la Oficina de Control y Registro de Papel en Proceso y se la proporcionará al Control Bóveda, para que entregue los lotes en ese orden.
- Al iniciar el tiro, se trabajará en el siguiente esquema, según el turno que inicie tiro:

#### Inicia Tiro Turno Matutino:

Turno	Día Inicio Tiro	Inicio + 1 día
Matutino	TM Crea Canal	TM Usa Canal (guillotina suplente)
Vespertino	TV Usa Canal	TM + TV acuerdan canal

#### Inicia Tiro Turno Vespertino:

Día Inicio Tiro	Inicio + 1 día	Inicio + 2 días
----	TM Usa Canal	TM + TV acuerdan canal
TV Crea Canal	TV Usa Canal	

- El canal estandarizado se guardará con la siguiente nomenclatura:

C1-500-T2/14  
 ↑            ↑            ↑  
 Celda    Denominación    Tiro

- Los guillotinas de cada turno, comunicarán al resto de las personas que cortan, el canal acordado.

#### Lista de verificación:

	Si	No
1. Se obtuvo el orden de impresión de grabados para los lotes del Millón 0:		
2. Se creó canal de inicio para el tiro:		
3. Se le informó al guillotina del siguiente turno sobre el canal:		
4. Se realizó el trabajo conjunto para acordar el canal del tiro:		
Anotar Fecha y Turno:		
5. Se acordó el canal para el tiro:		
a. Medidas		
b. Pasos		
c. Funciones de la guillotina		
d. Cantidad de hojas por posteta		
e. Presión del Pisón		
f. Anotar Nombre del Canal Acordado:		
6. Se informó al resto de las personas que cortan sobre el canal acordado:		
<b>Observaciones:</b>		

\_\_\_\_\_  
 Jefe de PFA Turno Matutino  
 Enterado

\_\_\_\_\_  
 Jefe de PFA Turno Vespertino  
 Enterado

Vigencia: 31-dic-2014

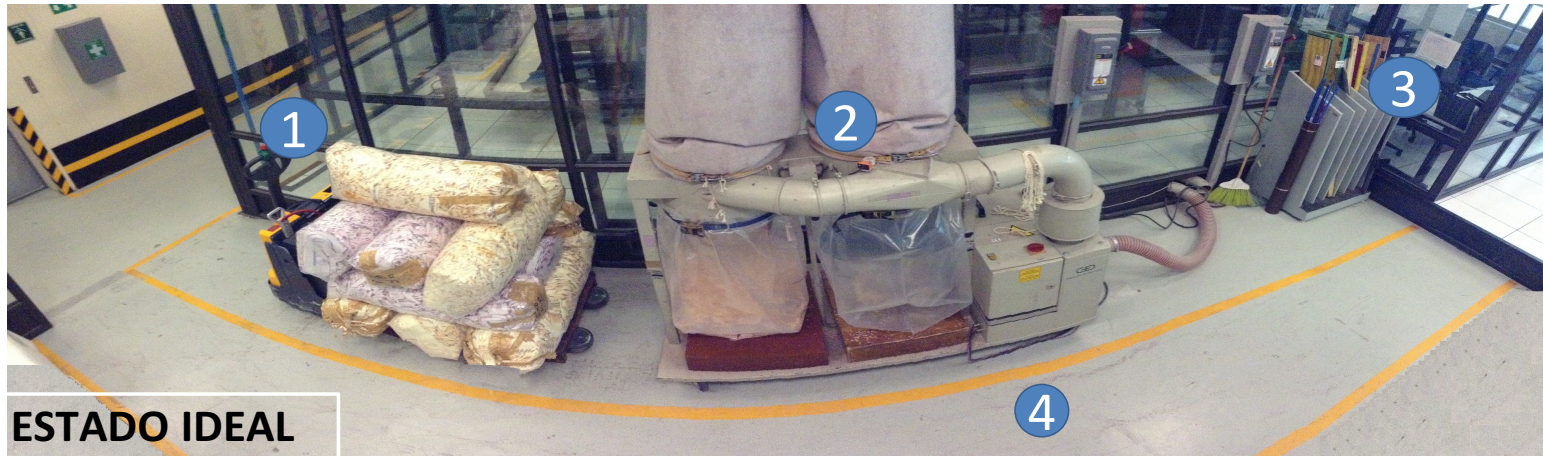
Revisado: 03-mar-2014

CORTE

1

## Área de DAG's (Izq.)

Área: Proceso Final Automatizado		Simbología				
		Actividad Automatizada	Actividad Crítica	Control	Revisión de Calidad	Seguridad
Cartuchos <b>1</b>	Máximo apilar 4 camas con 3 cartuchos cada una de forma intercalada.		⚠			+
	Que todos los cartuchos se encuentren identificados y totalmente sellados.			📄		
DAG's <b>2</b>	Solicitar cada 3 meses a G & D limpieza profunda de los DAG's.		⚠		✔	+
	Revisar que en el Dag las bolsas no se encuentren rotas o mal acopladas.				✔	
	Asegurarse de que se cuenta con al menos 2 bolsas por DAG.				✔	
	Mantener los Cables Ordenados. Mantener libre de Viruta					+
Cuchillas <b>3</b>	Verificar que las cuchillas estén identificadas (afiladas y no afiladas).			📄	✔	
	Revisar que cada cuchilla cuente con el guarda cuchillas de seguridad y los registros correspondientes.		⚠	📄	✔	+
	Respetar el lugar destinado para cuchillas con filo y sin filo.				✔	
Piso <b>4</b>	Mantener el piso libre de viruta, así como de objetos que puedan afectar la seguridad del personal.		⚠		✔	+





## Área de DAG's (Der.)

Área: Proceso Final Automatizado		Simbología			
	Actividad Automatizada	Actividad Crítica	Control	Revisión de Calidad	Seguridad
Cajas <b>1</b>	Almacenar los objetos de acuerdo a la caja destinada.			✓	
	Mantener en orden el contenido de las cajas.			✓	
	Realizar la limpieza de las cajas y mantenerlas cerradas.				
DAG's <b>2</b>	Solicitar cada 3 meses a G & D limpieza profunda de los DAG's.			✓	
	Revisar que en el DAG las bolsas no se encuentren rotas o mal acopladas.			✓	
	Asegurarse de que se cuenta con al menos 2 bolsas por DAG.			✓	
	Mantener los Cables Ordenados.				+
	Mantener Libre de Viruta				
Rodacargas <b>3</b>	Respetar el lugar destinado para el rodacargas eléctrico.				+
Tarimas <b>4</b>	Respetar el lugar destinado para las tarimas.			✓	
	Estibar las tarimas de acuerdo a su tipo, procurando alinearlas lo mejor posible.		⚠	✓	+
Piso <b>5</b>	Mantener el piso libre de viruta, así como de objetos que puedan afectar la seguridad del personal.		⚠	✓	+

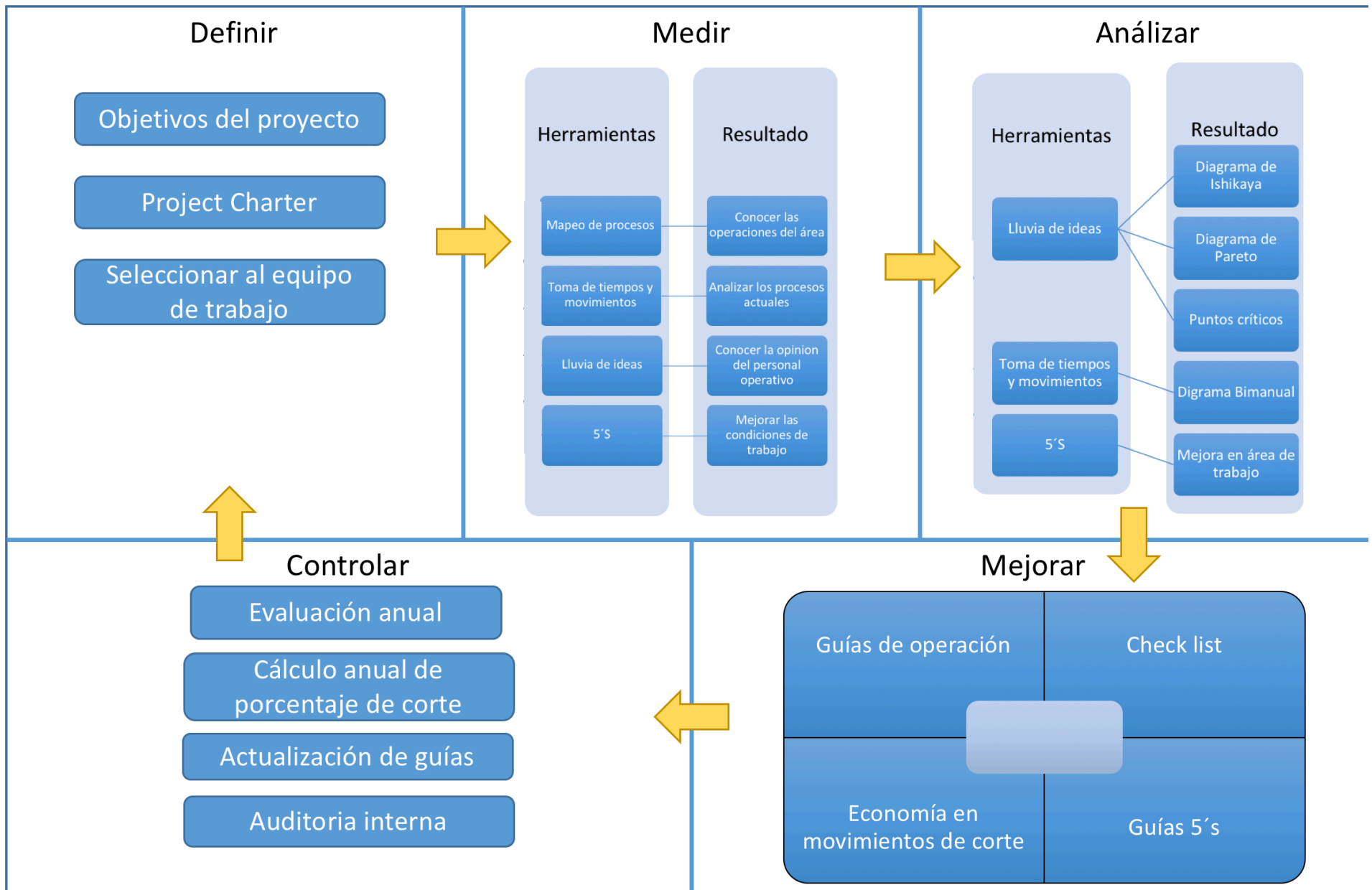


## Área de Cuchillas

Área: Proceso Final Automatizado		Simbología				
		Actividad Automatizada	Actividad Crítica	Control	Revisión de Calidad	Seguridad
Identificar						
1	Verificar que las cuchillas estén perfectamente identificadas (Afiladas y No Afiladas)					
Seguridad						
2	Revisar que cada cuchilla cuente con el guarda cuchillas de seguridad y los registros correspondientes.					
Ordenar						
3	Respetar el lugar destinado para cuchillas (Afiladas "Zona Verde" y No Afiladas "Zona Roja").					



**ESTADO IDEAL**



## Tablas de ilustraciones

### Relación de figuras

<i>Figura 1.1 Organigrama gerencia de producción</i>	11
<i>Figura 2.1 Tipos de máquinas.</i>	14
<i>Figura 2.2 Sistema de impresión Offset.</i>	15
<i>Figura 2.3 Extensión de la tinta en le proceso de serigrafía.</i>	17
<i>Figura 2.4 Macroproceso de fabricación de billetes en el Banco de México.</i>	18
<i>Figura 2.5 Diagrama metodología DMAIC</i>	23
<i>Figura 2.6 Mapeo del proceso, apuntes de la clase de six sigma del Ing. Pablo Luis Mendoza Medina</i>	31
<i>Figura 3.1 Metodología DMAIC aplicada.</i>	36
<i>Figura 3.2 Obtención de datos</i>	37
<i>Figura 3.3 Estructura de la gerencia de producción.</i>	38
<i>Figura 3.4 Estructura del área de procesos finales automatizados.</i>	38
<i>Figura 3.5 Estructura de una Celda.</i>	39
<i>Figura 3.6 Lay out de la celda.</i>	40
<i>Figura 3.7 Diagrama de flujo para un lote de material.</i>	41
<i>Figura 3.8 Dimensiones de un billete.</i>	42
<i>Figura 3.9 Diagrama de Gantt.</i>	45
<i>Figura 4.1 Análisis de datos.</i>	49
<i>Figura 4.2 Zonas de escenarios.</i>	51
<i>Figura 4.3 Diagrama de Ishikawa, porcentaje de cancelación y variabilidad.</i>	53
<i>Figura 4.4 Comparativo entre personal con y sin experiencia 2013-2014.</i>	54
<i>Figura 4.5 Puntos críticos en el proceso de corte.</i>	55
<i>Figura 4.6 Estructura de una celda.</i>	56
<i>Figura 4.7 Diagrama bimanual emparejado de hojas.</i>	57
<i>Figura 4.8 Diagrama bimanual corte de hojas (1).</i>	60
<i>Figura 4.9 Diagrama bimanual corte de hojas (2).</i>	62
<i>Figura 4.10 Resultado de encuestas.</i>	64
<i>Figura 4.11 Desperdicios detectados en el proceso de corte de hojas.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 5.1 Guía de operación emparejado de hojas.</i>	70
<i>Figura 5.2 Guía de operación puntos críticos emparejado de hojas.</i>	72
<i>Figura 5.3 Check list inicio y fin de turno.</i>	73

### Relación de gráficas

<i>Gráfica 4.1 Distribución de resultados de los guillotinistas 2013.</i>	50
<i>Gráfica 4.2 Estratificación de actividades "Diagrama de Pareto".</i>	53
<i>Gráfica 5.1 Distribución de resultados de los guillotinistas 2014</i>	76
<i>Gráfica 5.2 Distribución de resultados de los guillotinistas 2015</i>	76

### Relación de tablas

<i>Tabla 3.1 Características de las denominaciones</i>	42
<i>Tabla 3.2 Tolerancias.</i>	43
<i>Tabla 3.3 Costo por denominación de mal corte para la orden 2013.</i>	44
<i>Tabla 4.1 Resultado de la calificación en el año 2013.</i>	50
<i>Tabla 4.2 Estratificación de actividades.</i>	52
<i>Tabla 4.3 Relación entre número de movimientos vs puntuación 2013.</i>	63
<i>Tabla 5.1 Evaluación de los guillotinistas 2014- 2015.</i>	75

## Bibliografía

- Lizalde, E. (2002). *El Billete Mexicano*. Milán, Italia: Landucci Editores y Leonardo International.
- Banco de México (2016). *Portal del banco central del Estado Mexicano* <http://www.banxico.org.mx/>. Fecha de consulta: 6 de abril de 2016.
- BOM Consulting Group. (18 de Julio de 2008). *5'S La disciplina organizacional*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2015, de BOM Consulting Group: <http://es.slideshare.net/bomconsulting/5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-shitsuke-lean-manufacturing>
- Fernández, M. (2015). *Lean Manufacturing en español*. Estados Unidos de América: Imagen.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- Pedro, David, & Danny. (13 de Marzo de 2012). *Estudio de tiempos y moviminetos*. Recuperado el 14 de Enero de 2016, de Teorías de la administración: <http://fayolvstaylor.blogspot.mx/2012/03/estudio-de-tiempos-y-movimientos.html>
- Varela, P. (2009). *Las artes gráficas: Sistemas de impresión*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de Asociación de ingenieros industriales de Madrid: [http://revista.aiim.es/Articulos/24\\_Las%20Artes%20Gráficas%20Sistemas%20de%20Impresión.aspx](http://revista.aiim.es/Articulos/24_Las%20Artes%20Gráficas%20Sistemas%20de%20Impresión.aspx)