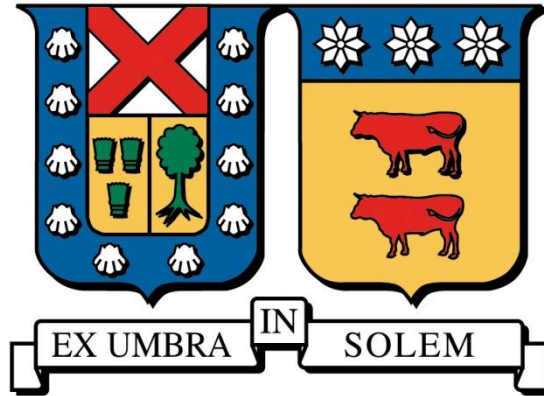


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS



**“EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DE LA CONFECCIÓN DE UNA
MÁQUINA RECUPERADORA DE TABACO DE CIGARRILLOS CAPSULE EN
BRITISH AMERICAN TOBACCO CHILE OPERACIONES”**

**TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

AUTOR

DANIELA FERNANDA GASTÓ LOYOLA

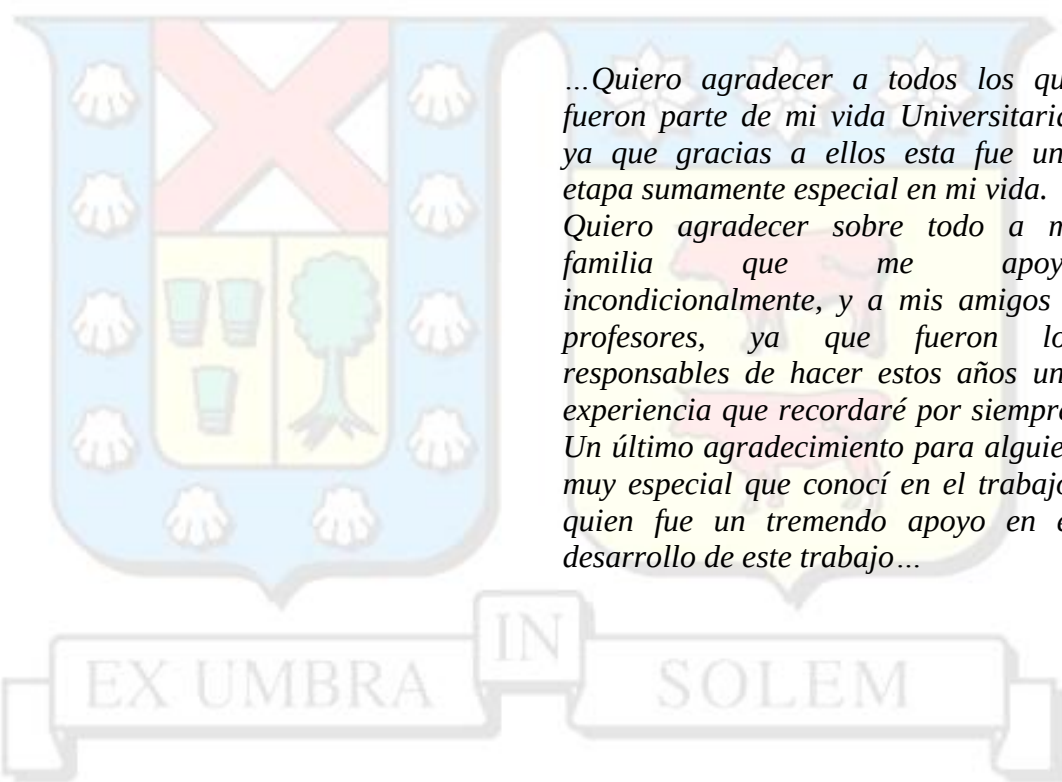
PROFESOR GUÍA

FREDY KRISTJANPOLLER RODRIGUEZ

PROFESOR CORREFERENTE

MÓNICA LÓPEZ

VALPARAÍSO DE CHILE, SEPTIEMBRE



...Quiero agradecer a todos los que fueron parte de mi vida Universitaria, ya que gracias a ellos esta fue una etapa sumamente especial en mi vida. Quiero agradecer sobre todo a mi familia que me apoya incondicionalmente, y a mis amigos y profesores, ya que fueron los responsables de hacer estos años una experiencia que recordaré por siempre. Un último agradecimiento para alguien muy especial que conocí en el trabajo, quien fue un tremendo apoyo en el desarrollo de este trabajo...

1. ÍNDICE

1.1. Índice de Contenidos

1. ÍNDICE	3
1.1. Índice de Contenidos	3
1.2. Índice de Tablas	5
2. NOMENCLATURA	6
3. RESUMEN EJECUTIVO	7
4. INTRODUCCIÓN	9
5. OBJETIVOS.....	10
5.1. Objetivo General.....	10
5.2. Objetivos Específicos	10
6. ALCANCE	11
7. METODOLOGÍA	11
8. MARCO TEÓRICO.....	13
8.1 Administración de Operaciones y Suministro	13
8.2 Procesos y la medición de su desempeño	16
8.2.1 Utilización	17
8.2.2 Productividad	17
8.2.3 Eficiencia.....	20
8.2.4 Otros	20
8.3. Antecedentes de la empresa	23
8.4. BAT de forma global	25
8.4.1. Benchmarking BAT	26
8.5. Proceso productivo	30
8.5.1. Primary manufacturing department (PMD)	30
8.5.2. Filter manufacturing department (FMD).....	32
8.5.3. Secondary manufacturing department (SMD)	34
8.6. Perdidas del proceso	35
8.6.1. Greenbook	35

8.6.2. Recuperados y desperdicios de tabaco en BAT Chile.....	36
8.6.3. Sopera.....	41
8.7. Capsule.....	44
8.7.1. Volumen histórico.....	45
8.8. Funcionamiento de máquina.....	47
8.8.1. General.....	47
8.8.2 MAX en detalle.....	49
9. DESARROLLO Y RESULTADOS.....	53
9.1. Cálculo pérdidas de tabaco.....	53
9.1.1. Pérdida en Kilos.....	53
9.1.2. Valorización de la pérdida.....	57
9.2. Diseño de la máquina.....	60
9.2.1. MAX antigua.....	60
9.2.2. Diseño mecánico y electrónico.....	62
9.2.3. Repuestos faltantes.....	67
9.3 Requerimientos EHS.....	67
9.4. Proceso de recuperación capsule.....	68
9.5. Evaluación del proyecto.....	70
9.5.1. Proyección de pérdidas tabaco capsule.....	70
9.5.2. Inversión inicial.....	79
9.5.3. HH requerida.....	81
9.5.4. Insumos.....	83
9.5.5. Reinversiones.....	83
9.5.6. Evaluación económica.....	84
9.5.7. Sensibilización de variables.....	85
9.5.7.1 Porcentaje de Sopa como promedio.....	85
9.5.7.2 Sensibilización dinámica.....	87
10. CONCLUSIONES.....	92
11. REFERENCIAS.....	94

1.2. Índice de Tablas

Tabla 1: Valores del LWCIR del 2015 para fábricas de América.....	27
Tabla 2: Costo de manufactura en GBP para el 2015 en fábricas de América.....	28
Tabla 3: Valores de OEE del 2015 para fábricas de América.....	28
Tabla 4: Valores del porcentaje de pérdida de tabaco del 2015 para fábricas de América. .	29
Tabla 5: Volumen total de cigarros producidos en BAT Chile separado por cigarros con y sin capsula.	47
Tabla 6: Ingreso de datos diarios de Sopa.	54
Tabla 7: Volumen total de perdidas en pesos chilenos, separado por cigarros con y sin capsula	60
Tabla 8: Mínimo porcentaje y porcentaje promedio de Sopa mensual del año 2014 y 2015.	72



2. NOMENCLATURA

A continuación se presenta una tabla con la nomenclatura utilizada a lo largo de este trabajo. Estas son en su mayoría conceptos utilizados en la British American Tobacco de forma global.

Concepto	Definición
BAT	British American Tobacco.
LWCIR	Indicador Lost workday case incident rate.
OEE	Indicador Eficiencia general de los equipos.
PMD	Departamento de manufactura primaria.
FMD	Departamento de manufactura de filtros.
SMD	Departamento de manufactura secundaria.
Sopa	Todos los rechazos de producto, tanto de cigarrillos como de cajetillas.
Sopera	Lugar físico donde se procesa la Sopa.
Cigarrillos capsule	Se le llama a todo cigarro que tenga 1 o 2 capsulas de esencia en su filtro.
MAX	Parte de la máquina cigarrera donde se forma el cigarrillo.
Grupo	Conjunto de una máquina cigarrera y una empaquetadora.
SKU	Código SAP para una materia prima, producto semi terminado, producto terminado, repuesto, etc.
Hebra	Tabaco listo para entrar a la producción de los cigarrillos

Tabla 1: Nomenclatura utilizada a lo largo del trabajo.

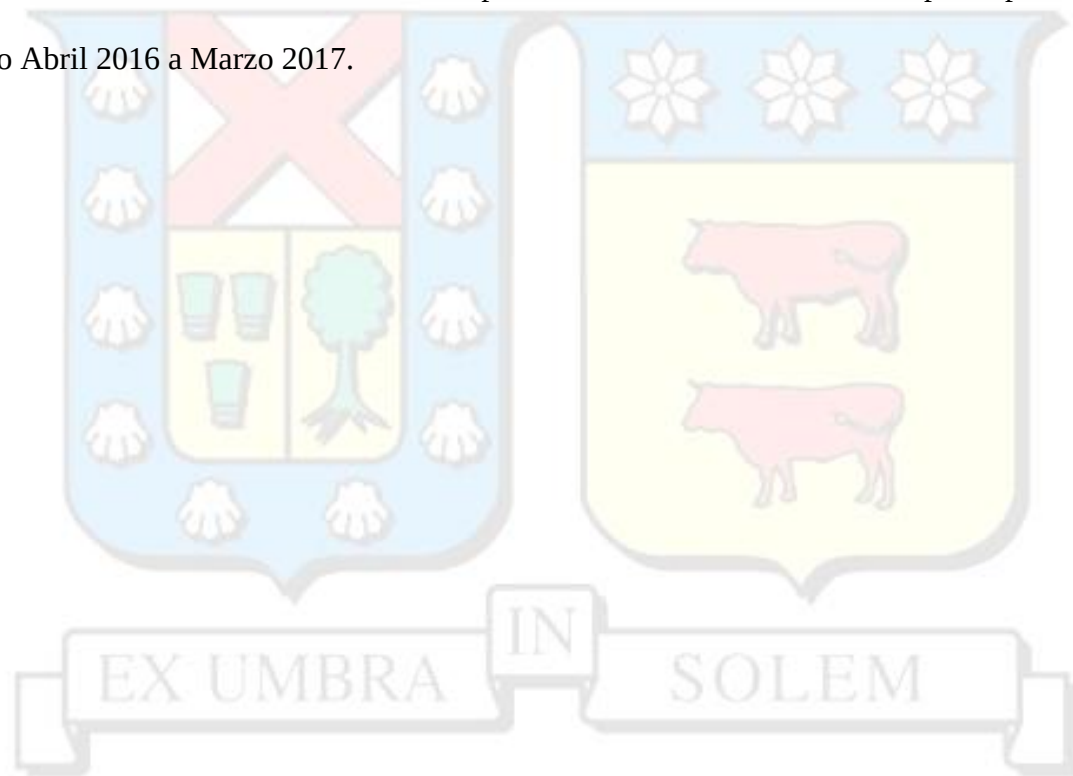
3. RESUMEN EJECUTIVO

El siguiente estudio busca analizar la factibilidad técnica y económica de la confección local de una máquina recuperadora de tabaco para los cigarrillos con una o dos capsulas en su filtro. Durante el año 2015 se generaron aproximadamente 398 toneladas de pérdida de tabaco, de las cuales el 27.7% de ellas tenía como origen cigarrillos capsule. Monetariamente esta pérdida representa aproximadamente 1.200 millones de pesos, de los cuales el 29% está asociado a este tipo de producto. El tabaco de este tipo de cigarro no se recupera debido a que con las tecnologías que se tienen actualmente en la fábrica de Casablanca, existe un riesgo de contaminación del tabaco, ya sea por partículas de la cápsula misma o por que se libere el contenido de ella. Además es importante mencionar el crecimiento que ha tenido este tipo de producto, el cual pasó de representar un 16% de la producción total el año 2012, a un 27% el 2015.

BAT de forma global no ha aprobado ninguna de las tecnologías que existen para recuperar este producto, por lo que en este estudio se analiza técnica y económicamente la confección de una máquina para recuperar cigarrillos capsule en BAT Chile. La base de la máquina es una cigarrera en desuso, específicamente la parte de la máquina llamada MAX del proveedor Hauni Maschinenbau AG. El funcionamiento básico de la máquina diseñada comienza con la carga de los cigarrillos capsule en una tolva. Posteriormente al presionar un botón, estos pasan por el tambor de corte, el cual hace un corte con un cuchillo circular, dejando separado el filtro de la columna de tabaco. Luego hay 2 tambores más cuya función es que los filtros caigan a un depósito y las columnas de tabaco a uno diferente. Finalmente

es necesario llevar todo lo que cayó en el depósito de las columnas de tabaco para que sea procesado en la máquina DELPHI de la Sopera.

Luego de hacer el análisis técnico, se realiza el análisis económico de la confección de la máquina con un horizonte de un año. Considerando la inversión inicial en repuestos, la mano de obra, otras compras iniciales necesarias y el costo operativo mensual, se llega a que el valor de la media del retorno es de aproximadamente 355 millones de pesos para el periodo Abril 2016 a Marzo 2017.



4. INTRODUCCIÓN

El nivel de producción total ha decaído en los últimos años para la empresa British American Tobacco, llegando a ser 663 billones de cigarrillos el año 2015. Este valor representa una caída del 11% respecto al año 2012, por lo cual se hace de suma importancia para el grupo la eficiencia operacional, para poder asegurar los márgenes. En la literatura existen variados indicadores de eficiencia operacional, siendo algunos de ellos de calidad, de seguridad, de eficiencia, etc. Algunos indicadores importantes de eficiencia operacional para BAT son el LWCIR, el OEE, el porcentaje de pérdidas de tabaco y el costo de producción.

La British American Tobacco es una empresa multinacional que posee 44 fábricas alrededor del mundo. Las empresas de este tipo actúan con una estrategia global para obtener el mayor margen de beneficios, para lo cual instalan las fábricas en los lugares más favorables considerando costos de operación, aspectos legales, aspectos impositivos, etc. Dado que estas condiciones son dinámicas en el tiempo, es importante analizar constantemente la combinación de fábricas y capacidad productiva que se debe tener operativa en cada país.

En este estudio se abarca uno de los indicadores con los que se comparan las fábricas del grupo, que es el porcentaje de pérdida de tabaco. Se analiza la opción de comenzar a recuperar el tabaco de los cigarrillos capsule, con la confección de una máquina recuperadora que elimine el motivo por el cual no se recupera este tipo de producto, para así mejorar este indicador para BAT Chile y ser una fábrica más competitiva.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar técnica y económicamente el diseño e implementación de una máquina recuperadora de tabaco para aquellos cigarrillos cuyo filtro posee una o dos cápsulas, tomando como recurso base una máquina cigarrera en desuso.

5.2. Objetivos Específicos

- Estimar el volumen de pérdida de cigarrillos capsule en un horizonte de un año para determinar el potencial de recuperación de tabaco.
- Posterior al diseño mecánico y electrónico realizado por operadores de la fábrica, el cual se basa en el principio de funcionamiento de una máquina cigarrera y los componentes en desuso, determinar el costo asociado a los repuestos que conforman el prototipo de la máquina recuperadora.
- Presentar el proceso completo asociado a la máquina recuperadora, incluyendo personas involucradas, tareas a desarrollar por cada una de ellas, etc.
- Evaluar económicamente la confección de la máquina recuperadora de tabaco, considerando inversión inicial y costos operacionales mensuales.

6. ALCANCE

El trabajo será realizado en la British American Tobacco Chile Operaciones S.A., la cual se encuentra ubicada en Casablanca. Este busca evaluar técnica y económicamente la confección local de una máquina recuperadora de tabaco para los cigarrillos con cápsula, análisis que se realiza para el corto plazo. Este trabajo requiere de un estudio de tipo exploratorio dado que es necesario realizar variadas recopilaciones de información para poder hacer las estimaciones necesarias para la evaluación.

7. METODOLOGÍA

En primer lugar, es necesario recopilar información histórica sobre las pérdidas de tabaco que se tienen asociadas a los cigarrillos cuyo filtro posee una o dos cápsulas. Es necesario conocer el proceso de recuperación de tabaco y la forma en la que se encuentra registrada la información sobre las pérdidas físicas de la fábrica, para así poder calcular el potencial de recuperación.

Luego es necesaria la colaboración de un técnico electrónico y un técnico mecánico para determinar qué componentes de una máquina cigarrera en desuso son utilizables para la confección de la máquina recuperadora. En base a esto y sus conocimientos sobre una máquina cigarrera, es necesario que estos mismos operadores diseñen la máquina, detallando los códigos de repuestos que son necesarios para su confección.

Posteriormente, es necesario estimar las pérdidas de tabaco asociadas a este tipo de cigarrillo para un horizonte de un año. Para esto se utiliza el pronóstico de volumen

mensual de 12 meses y un porcentaje estimado de pérdida, el cual se calcula por máquina utilizando el histórico.

También es necesario determinar los costos asociados a la confección de la máquina, es decir, la inversión inicial, y los costos operativos mensuales. Con todo esto se realiza una evaluación económica para determinar la factibilidad del proyecto.

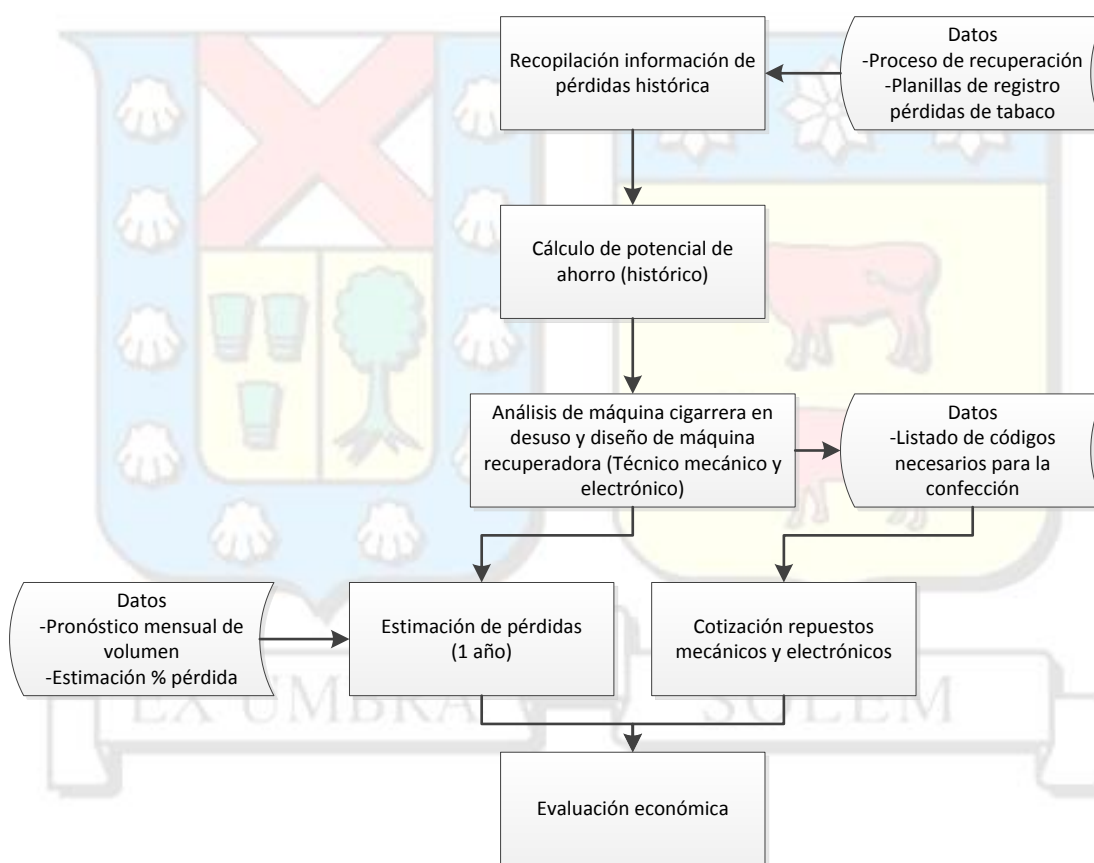


Ilustración 1: Diagrama explicativo metodología.

8. MARCO TEÓRICO

8.1 Administración de Operaciones y Suministro

Según (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009), en la actualidad las compañías han descubierto que la buena administración de las operaciones el suministro es esencial para su éxito. “Operaciones” se define como los procesos que se emplean para transformar los recursos que utiliza una empresa en los productos y servicios que desean los clientes. “Suministro” se refiere a la forma de abastecer los materiales y servicios que entran y salen de los procesos de transformación de la empresa. La administración de operaciones y suministro (AOS) se entiende como el diseño, la operación y la mejora de los sistemas que crean y entregan los productos y los servicios primarios de una empresa. La AOS, al igual que el marketing y las finanzas, es un campo funcional de la empresa que tiene una clara línea de responsabilidades administrativas. Su importancia radica básicamente en que 1 dólar ahorrado en la forma de producir o distribuir el producto es directamente 1 dólar de utilidad adicional, a diferencia de marketing por ejemplo, si venden un producto a 1 dólar extra, la utilidad adicional será solo un pequeño porcentaje de este.

Un proceso de transformación utiliza recursos para convertir los insumos en un producto deseado. Los insumos pueden ser una materia prima, un cliente o un producto terminado de otro sistema. Los procesos de transformación se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Físicos (como la manufactura)
- De ubicación (como transporte)
- De intercambio (como las ventas al detalle)

- De almacenaje (como los almacenes)
- Fisiológicos (como en los servicios médicos)
- Informativos (como en las telecomunicaciones)

Las compañías se esfuerzan por encontrar “la mejor manera” de desempeñar cada tarea, o como suele decirse, las mejores prácticas. Cada función se puede desempeñar de distintas maneras y se presentan muchos retos importantes en el desempeño que es preciso considerar. Los procesos de producción y servicios se vinculan con la producción de los bienes y servicios que desean diferentes clases de consumidores. La enorme variedad de productos que se requieren deriva en muchos tipos de diferentes procesos que, por ejemplo, van desde líneas de ensamble para grandes volúmenes hasta centros de trabajo muy flexibles donde se fabrican los bienes.

La estrategia de operaciones y suministro se ocupa de establecer las políticas y los planes generales para utilizar los recursos de una empresa de un modo que apoyen de forma más conveniente su estrategia competitiva a largo plazo. Esta forma parte del proceso de planeación que coordina las metas de las operaciones y las de la organización general. Dado que las metas de la organización general cambian con el transcurso del tiempo, la estrategia de las operaciones se debe diseñar de modo que anticipe las necesidades futuras.

Algunas de las principales dimensiones que establecen la posición competitiva de la empresa son:

Costo o precio

En toda industria suele haber un segmento del mercado que compra exclusivamente en razón de un costo bajo. Para competir en este nicho, la empresa debe ser un productor que tiene costos bajos, a pesar de que esto no siempre garantice la rentabilidad ni el éxito.

Calidad

Dos características de un producto o servicio definen la calidad: la del diseño y la del proceso. La calidad del diseño se entiende como el conjunto de características que contiene el producto o servicio. La calidad del proceso resulta crítica porque se relaciona directamente con la confiabilidad del producto o servicio (que no tengan defectos).

Velocidad de la entrega

En algunos mercados, la capacidad de la empresa para entregar su producto con mayor rapidez que sus competidores es fundamental.

Confiabilidad de entrega

Esta dimensión se refiere a la capacidad de la empresa para suministrar el producto o el servicio en la fecha de entrega prometida o antes de ella.

Afrontar los cambios de la demanda

En muchos mercados la capacidad de la compañía para responder ante incrementos o decrementos de la demanda es muy importante para su capacidad competitiva.

La lógica básica de la estrategia de operaciones y suministro es que las operaciones de una empresa no pueden ser sobresalientes al mismo tiempo en todas las dimensiones de la competencia. Es por esto que la gerencia debe decidir cuáles parámetros del desempeño

son fundamentales para el éxito de la empresa y, a continuación, debe concentrar los recursos de la empresa en esas características particulares.

8.2 Procesos y la medición de su desempeño

Es esencial comprender cómo funcionan los procesos para poder asegurar la competitividad de una compañía. Un proceso que no embona con las necesidades de la empresa, le impondrá una sanción por cada uno de los minutos que esté operando. Un proceso se refiere a una parte cualquiera de una organización que toma insumos y los transforma en productos que, según espera, tendrán un valor más alto para ella que los insumos originales.

Las formas en que se calculan las medidas de desempeño en la práctica son muy variables. Es vital entender con precisión como se calcula una medida que proviene de una compañía o industria particular.

La comparación de las medidas de una compañía con las de otra, muchas veces llamado benchmarking, es una actividad importante. Las medidas indican si una empresa está avanzando hacia una mejoría. Así como las medidas financieras tienen valor para los contadores, las medias de desempeño de proceso brindan al gerente de operaciones una ponderación de qué tan productivamente está operando un proceso en la actualidad y de cómo la productividad va cambiando con el transcurso del tiempo. En la siguiente imagen se observan las medidas de desempeño de los procesos presentadas por (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009) y la relación entre ellas.

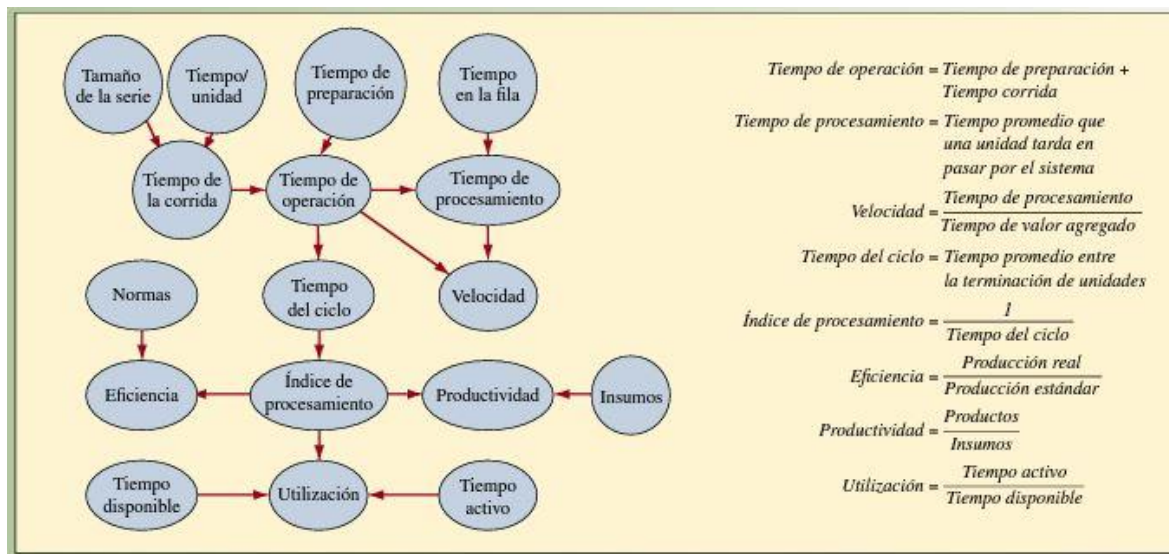


Ilustración 2: Medidas del desempeño de los procesos. Fuente: (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

8.2.1 Utilización

La medida más común de los procesos posiblemente es la utilización, la cual es la proporción de tiempo que un recurso es usado de hecho en relación con el tiempo que está disponible para su uso. La utilización siempre se mide en relación con algún recurso; por ejemplo la utilización del trabajo directo o la utilización de una máquina como recurso.

8.2.2 Productividad

La productividad se refiere a la proporción de productos en relación con insumos, lo cual es diferente a la utilización. La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. Dado que la AOS se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos que están a disposición de una empresa, resulta fundamental medir

la productividad para conocer el desempeño de las operaciones. En el sentido amplio, la productividad se define como:

$$Productividad = \frac{\text{salidas}}{\text{entradas}}$$

La productividad total de los factores se suele medir en unidades monetarias, por ejemplo dólares, tomando el valor de la producción en dólares (como los bienes y servicios vendidos) y dividiéndolo entre el costo de todos los insumos. La productividad es una medida relativa, es decir, para que tenga significado se debe comparar o con operaciones similares de su mismo sector o consigo misma a lo largo del tiempo. Esta medida se puede expresar en forma de medidas parciales, multifactoriales o totales. Si interesa la razón del producto a un único insumo, se tendrá una medida parcial de la productividad. Si se desea conocer la razón del producto de un grupo de insumos (pero no todos), se tendrá una medida multifactorial de la productividad. Si se desea expresar la razón de todos los productos a todos los insumos, se utiliza una medida del total de los factores de la productividad para describir la productividad de la organización entera o hasta de un país.

Ejemplos de medidas de la productividad				
Medida parcial	$\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo}}$	o	$\frac{\text{Producto}}{\text{Capital}}$	o $\frac{\text{Producto}}{\text{Materiales}}$ o $\frac{\text{Producto}}{\text{Energía}}$
Medida multifactorial	$\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo} + \text{Capital} + \text{Energía}}$ o $\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo} + \text{Capital} + \text{Energía}}$			
Medida total	$\frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}}$ o $\frac{\text{Bienes y servicios producidos}}{\text{Todos los recursos utilizados}}$			

Ilustración 3: Ejemplos de medidas de productividad. Fuente: (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

(Heizer & Render, 2007) definen que las variables que influyen en el aumento o disminución de la productividad son el trabajo, el capital y la gestión.

Trabajo

La mejora de la contribución del trabajo a la productividad es consecuencia de tener un personal laboral más sano, más formado y mejor alimentado. Parte del incremento se puede deber a una semana laboral más corta. Históricamente un 10% de la mejora anual de la productividad se debe a una mejora de la calidad del trabajo. Tres variables clave para la mejora de la productividad laboral son:

- Formación básica adecuada para una mano de obra eficaz
- La dieta de la mano de obra.
- La infraestructura social que posibilita el acceso al trabajo, como el transporte y la sanidad.

Capital

Los seres humanos son seres que utilizan herramientas. Las inversiones en capital proporcionan estas herramientas. La inflación y los impuestos aumentan el coste del capital, haciendo que las inversiones en capital resulten cada vez más caras. Cuando disminuye al capital invertido por empleado, podemos esperar una caída de la productividad. La inversión en capital suele ser un requisito necesario, pero rara vez suficiente, en la batalla para aumentar la productividad.

Gestión

La gestión es un factor de producción y un recurso económico. Es la responsable de asegurar que el trabajo y el capital se usen eficazmente para incrementar la productividad.

A ella se debe más de la mitad del incremento anual de la productividad. Comprende las mejoras producidas por la utilización del conocimiento y la aplicación de la tecnología.

8.2.3 Eficiencia

La eficiencia es la proporción de la producción real de un proceso en relación con algún parámetro. Por ejemplo si una máquina está diseñada para empacar cereal a 30 cajas por minuto y los operadores de un turno producen a un ritmo de 36 cajas por minuto, entonces la eficiencia de la máquina ese periodo es de 120%. Otra forma de usar el término eficiencia es para medir la ganancia o pérdida de un proceso. Por ejemplo si se invierten 1000 unidades de energía en un proceso diseñado para convertirlas a otra forma alternativa, y si el proceso sólo produce 800 unidades de energía de la nueva forma, entonces el proceso tiene una eficiencia del 80%.

8.2.4 Otros

Tiempo de corrida

Es el tiempo que se requiere para producir un lote de piezas. Se calcula multiplicando el tiempo requerido para producir cada unidad por el tamaño del lote.

Tiempo de preparación

Se refiere al tiempo que se requiere para preparar la máquina a efecto de fabricar un artículo particular.

Tiempo de operación

Es la suma del tiempo de preparación y el tiempo de la corrida para un lote de piezas que pasan por una máquina.

Tiempo de procesamiento

Es la suma del tiempo que transcurre mientras se trabaja en una unidad más el tiempo que transcurre mientras este espera en una fila.

Índice de procesamiento

Se refiere al porcentaje de productos que se espera que el proceso haga en un determinado periodo de tiempo. Por ejemplo 120 unidades por hora.



Además se tienen algunos indicadores más complejos por ejemplo el **Overall**

Equipment Effectiveness (OEE).

- El OEE es un indicador clave de desempeño que cuantifica la eficacia de la utilización de una operación de fabricación. Se define como el producto entre disponibilidad, performance y calidad (Zaeh, 2014).
- El OEE es un método de medición de performance productiva que integra datos de disponibilidad del equipamiento, de la eficiencia de la performance y de la tasa de calidad que se logra (Belohlavek, 2006)

Se definen los siguientes conceptos recién mencionados de la siguiente forma (Belohlavek, 2006).

Disponibilidad

La disponibilidad del equipamiento es el factor más observable. Lo que no resulta observable son los matices de la disponibilidad durante las puestas en marcha o paradas que generan faltas en la disponibilidad más allá de lo evidente. La disponibilidad se mide restando del tiempo operativo el tiempo de parada, y relacionándolo con el tiempo total operativo disponible.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación disponible}}{\text{Tiempo de operación total}}$$

Las dos grandes pérdidas que disminuyen la disponibilidad son las fallas de equipo y los setup y ajustes. Las fallas de equipo hacen referencia a aquellas fallas imprevistas e inesperadas o roturas que implican que el equipo no tiene posibilidades de producir. Por otro lado el setup y ajustes es el tiempo utilizado en los recambios de herramientas o parametrización de la producción. La pérdida incluye el tiempo perdido hasta que la máquina alcance un nivel de calidad dentro de los estándares.

Performance

Representa la propiedad del mantenimiento de acercarse lo más posible a la conservación de la capacidad productiva para alcanzar su capacidad potencial. La performance se mide entonces como un desvío entre la producción real y la potencial.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Output total}}{\text{Output potencial}}$$

Las pérdidas de performance están relacionadas con las paradas menores y con una velocidad reducida. Paradas menores son aquellas paradas resultantes de la pérdida de estabilidad en la velocidad del proceso. Se trata de paradas producidas por problemas menores, por ejemplo el mal funcionamiento de controles. La velocidad reducida es cuando la velocidad del equipo es inferior a la estándar de funcionamiento del equipo.

Calidad

La calidad resulta de comparar la cantidad de bienes o servicios producidos dentro de los parámetros de calidad establecidos con la cantidad total de bienes o servicios producidos en la realidad.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción de calidad producida}}{\text{Producción total}}$$

Las dos grandes pérdidas asociadas a la calidad son el scrap y reprocesos y las pérdidas por arranque. El scrap y reproceso se trata de las pérdidas cuando no se alcanzan las especificaciones de calidad establecidas. Se incluyen también las pérdidas de la producción que serán reprocesadas. Las pérdidas por arranques se producen por la falta de estabilización inmediata de los equipos cuando arrancan, por lo que los primeros productos no cumplen con las especificaciones.

Otro indicador comúnmente utilizado en la industria manufacturera es el **First Time Through (FTT)**, el cual se utiliza para medir la calidad del producto y la eficiencia (Chiarini, 2013). Este indicador mide el porcentaje de productos procesados que no deben ser reprocesados, arreglados, etc.

$$FTT = \frac{\text{Producción de calidad producida}}{\text{Producción total}}$$

El FTT puede ser calculado para actividades individuales, células o máquinas dentro un proceso; si una célula tiene múltiples estaciones, el FTT del proceso completo es igual al producto de los valores individuales. Obviamente el FTT no debe ser calculado para cada pequeño proceso; solo se debería calcular para los principales procesos.

8.3. Antecedentes de la empresa

La empresa remonta su historia al año 1909, fecha en la cual, un empresario de origen español llamado Fernando Rioja Mendel – quien hacía pocos años había establecido una fábrica de cigarrillos en nuestro país- funda la por entonces Compañía Chilena de Tabacos S.A., la cual se convirtió rápidamente en la primera tabacalera a nivel nacional, gracias a la modernidad de su maquinaria. En el año 1922, ofreciendo productos de la

misma índole pero de distintas marcas, se establece en nuestro país, proveniente desde Inglaterra, la compañía British American Tobacco Co. Ltda. propiamente tal, y no es sino hasta el año 1936, que ambas se fusionan bajo el nombre de Compañía Chilena de Tabacos S.A.

En el año 1940, la compañía adquiere la empresa Litografía Moderna S.A., encargada de la manufactura de productos asociados a la venta de cigarrillos, como sus envases contenedores. Por esos años, y hasta el año 2009 la actividad productora de la empresa se centraba en el Edificio Colón, en Valparaíso.

A partir de principios de los ochenta, la compañía comienza a incursionar en nuevos rubros, sobre todo del tipo alimentario, adquiriendo el Consorcio Agro industrial de Malloa S.A., y más tarde Conservas Deyco, instalando en el país la empresa elaboradora de snacks y alimentos Evercrisp Snack Productos de Chile S.A., de origen australiano, e incluso incursionando en el desarrollo de biotecnologías e en investigación científica en las áreas de fruticultura y agricultura, a través de la formación de Bioplant Chile S.A.

En el año 1985, y producto de lo anterior, la Compañía Chilena de Tabacos, cambió su razón social a Empresas CCT, conformando un conglomerado encabezado por la recientemente constituida Chiletabacos, cuyo objetivo era desarrollar actividades relacionadas con la comercialización y producción de cigarrillos.

Sin embargo, y por cambios en la empresa y sus estatutos, desde principios de los noventa, fueron vendidas o disueltas las empresas contenidas en el área de alimentación, y la compañía cambió su razón social nuevamente a Compañía Chilena de Tabacos S.A., y comenzando a utilizar el nombre de fantasía “Chiletabacos”.

A partir del año 2006, tras una oferta pública a través de una filial, British American Tobacco p.l.c., comenzó a adquirir gradualmente acciones de dicha empresa, pasando de una participación del 26% en ese año, a un 96% al año siguiente.

En el año 2009, tras una junta de accionistas, se decide un cambio y reorganización estructural de la empresa, constituyéndose dos sociedades filiales: Inversiones CCT SpA e Industrial Chile Tabacos S.A. El 19 de noviembre del mismo año, y por estrategias que tenían que ver principalmente con la internacionalización de la empresa y su unificación con el resto de sucursales a nivel mundial, se cambia su nombre a British American Tobacco Chile, conmemorando, al mismo tiempo los 100 años de existencia de la compañía. (British American Tobacco, 2013)

8.4. BAT de forma global

British American Tobacco es una empresa multinacional con 44 fábricas ubicadas en 41 países alrededor del mundo, las cuales satisfacen a más de 200 mercados con más de 200 marcas. Como empresa multinacional BAT debe utilizar sus recursos de la forma más eficiente y asegurarse de que sus costos sean competitivos a nivel mundial. Es por esto que, en los últimos años, se han tomado diversas decisiones enfocadas en reducir el exceso de capacidad a nivel mundial, tales como la reducción de la capacidad productiva de algunas fábricas y el cierre de otras. También es importante mencionar que el volumen total producido mundialmente ha ido decayendo los últimos años. Esto se presenta en el siguiente gráfico, donde se observa la clara tendencia negativa que tiene la producción total en billones de cigarrillos. Desde el 2010 al 2016 el volumen total caería en un 11%

aproximadamente, por lo cual es sumamente importante mejorar la forma de hacer las cosas para así poder asegurar los márgenes.

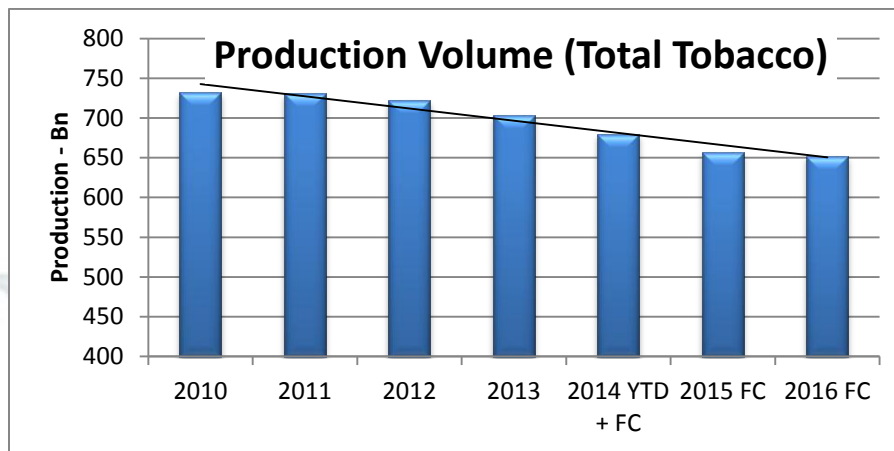


Ilustración 4: Producción histórica total de cigarrillos.

8.4.1. Benchmarking BAT

Debido a su naturaleza de empresa multinacional, British American Tobacco requiere estar constantemente haciendo comparaciones de los resultados de las diferentes fábricas alrededor del mundo. Cuando una de estas fábricas deja de ser competitiva, se debe proceder a analizar en detalle si se justifica mantenerla abierta en el país en cuestión o no. Para ello, existen cuatro indicadores que se usan comúnmente para hacer comparaciones, que son el LWCIR (Lost workday case incident rate), el Costo en GBP, OEE y la pérdida de tabaco. A continuación, se presenta el detalle y los valores comparativos con algunas fábricas de América del año 2015.

8.4.1.1 LWCIR (Lost Workday Incident Rate)

La fórmula para calcular este indicador, LWCIR, es la siguiente:

$$LWCIR = \frac{\text{número de accidentes con tiempo perdido} * 200.000}{\text{número total de horas trabajadas}}$$

El índice 200.000 equivale a 100 empleados que trabajan 40 horas semanales, 50 semanas al año. Sabiendo esto, se entiende que lo que representa este indicador, es el número de accidentes con tiempo perdido que se generan en la fábrica al llegar a las 200.000 horas de funcionamiento con 100 empleados. En la siguiente tabla se presenta el valor del LWCIR para el 2015 de algunas fábricas de América Latina.

LWCIR	[-]
Honduras	0
México	0
Trinidad	0
Brasil UD	0
Venezuela	0,19
Argentina	0,24
Brasil PA	0,29
Chile	0,75

Tabla 2: Valores del LWCIR del 2015 para fábricas de América.

Como se observa en la tabla, Chile tiene el peor indicador de todos los países comparados. Esto es debido a que en el año 2015 ocurrieron 7 accidentes con tiempo perdido en la fábrica de Casablanca, siendo este número, la meta a nivel global 0 accidentes. Este indicador es crítico, debido a que se subentiende que una empresa en la que se accidentan sus trabajadores, no es una empresa sostenible en el tiempo.

8.4.1.2 Costo en GBP

Un factor sumamente importante para medir la eficiencia de una fábrica es el costo de la producción. En la siguiente tabla aparece el costo en GBP asociado a la producción de 1000 cigarros en diferentes fábricas.

Costo en GBP	[GBP]
Brasil	1,29
Cuba	1,42
Honduras	1,45
Chile	1,53
Venezuela	1,89
Canadá	1,92
México	2,02
Trinidad	2,19
Argentina	2,81

Tabla 3: Costo de manufactura en GBP para el 2015 en fábricas de América

En cuanto a este indicador, Chile no está dentro de los países que tienen el precio más bajo, pero tampoco es de los que poseen el precio más alto. En otras palabras, Chile se encuentra en la media, con un costo de 1.53 GBP por cada 1000 cigarros.

8.4.1.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

La fórmula para calcularlo en BAT es el cociente entre el número real de cigarros producidos en un tiempo determinado de funcionamiento y el número de cigarros que se debiesen producir en ese tiempo, considerando la capacidad nominal definida para la máquina en los diferentes formatos.

OEE	[%]
Brasil PA	70,9%
Honduras	66,7%
Brasil UD	65,1%
Venezuela	61,6%
Argentina	58,0%
México	56,2%
Chile	54,9%
Trinidad	43,3%

Tabla 4: Valores de OEE del 2015 para fábricas de América.

En cuanto a esta variable Chile es el segundo país con menor eficiencia de la región, lo cual es muy negativo, considerando que lo que representa es que la eficiencia total de la fábrica es baja. Algunos de los aspectos que hacen que este valor baje, son: las horas de mantención de maquinaria, que dichas máquinas no funcionan como debiesen funcionar - debido a diferentes factores-, fallas que las detienen por largos periodos de tiempo, etc.

8.4.1.4 Pérdida de tabaco

El último indicador es el porcentaje de pérdida de tabaco, el cual corresponde al cociente entre los kilos de pérdida y los kilos totales que entraron a producción. Más adelante en este informe, se presentan las fuentes de pérdida de tabaco. De los costos de todas las materias primas que se utilizan en un cigarro, el tabaco es el más caro y, por lo tanto, es el elemento que se utiliza para la comparación de esta pérdida.

Pérdida de Tabaco	[%]
Brasil PA	2,9%
Honduras	3,1%
Brasil UD	3,4%
Chile	4,0%
Argentina	4,3%
México	5,4%
Venezuela	6,2%
Trinidad	8,6%

Tabla 5: Valores del porcentaje de pérdida de tabaco del 2015 para fábricas de América.

Los valores de esta tabla nos muestran que, en cuanto a este indicador, Chile se encuentra en la media, lo que nos muestra que, a pesar de los problemas que puedan evidenciarse en los otros indicadores, hay un potencial de mejora posible.

8.5. Proceso productivo

Una vez que el tabaco ha sido desvenado en la planta de San Fernando, es recibido en la fábrica ubicada en Casablanca para continuar con su proceso. Cuando llega a esta, el tabaco es recepcionado, ordenado y almacenado en la bodega de Tabaco con la que cuenta la fábrica, de acuerdo a la versión de cigarrillo para la que será utilizado. Una vez que se requiera su utilización, será sacado junto a otros materiales necesarios para la confección total de los cigarrillos, tales como filtros, papel, boquillas, etc.

El proceso total de producción de los cigarrillos puede ser resumido de la siguiente forma: Lo primero es preparar el tabaco que será llevado a cada una de las marcas y tipos que son producidos en la fábrica, según corresponda. El área donde se realiza todo esto es llamada Área de Primario. De forma paralela, existe una segunda área encargada de producción de los distintos filtros que requieren los cigarrillos, de acuerdo a su tipo, llamada Área de Filtro. Y finalmente, ambos procesos anteriores son reunidos en el Área de Secundario, en la cual se arman de manera completa los cigarrillos, utilizando todos los materiales necesarios para ello, como el papel cigarro, el tabaco mismo, los filtros anteriormente seleccionados, las cajetillas, las cajas, etc. A continuación, se explica de forma más detallada el proceso ejecutado en cada área.

8.5.1. Primary manufacturing department (PMD)

Este primer proceso comienza con la realización de una mezcla particular de diferentes tipos de tabaco, buscando una composición final original y distintiva, la cual define y diferencia el sabor y aroma de cada una de las marcas producidas en las fábricas de BAT Chile. Dicho proceso se divide en dos líneas paralelas: una para la lámina del tabaco –es decir, la hoja de la planta propiamente tal-, y otra para la vena del tabaco, que es el tallo

de la misma. Una vez que se tienen tanto la vena como la lámina en las condiciones óptimas, se procede a mezclar estos dos componentes básicos.

Para comenzar el proceso de Primario es necesario acondicionar el tabaco, incrementando su humedad y temperatura, de manera tal que este permanezca en óptimas condiciones durante todo el proceso de armado. Posteriormente, mediante equipos dosificadores de alta tecnología, son mezclados y agregados distintos saborizantes de origen natural, tales como anís, miel de abejas, chocolate, azúcar y cacao, según sea el tipo de cigarrillo que se busca lograr, con el fin de acentuar su sabor final. Gracias a la automatización en la adición de dichos componentes, se logra una homogeneidad constante en la mezcla. A continuación, se procede al picado del tabaco, de forma tal que éste adquiera un tamaño adecuado para el armado del cigarrillo.

Una vez que el tabaco ha sido picado, se monitorea su secado en equipos especializados, con el fin de lograr una humedad que garantice su estabilidad, frescura y conservación. A continuación, una vez logrado este estado ideal en el tabaco, recibe la aplicación de las distintas esencias. Con el fin de velar por el cumplimiento de las estrictas normas de calidad internacional y sus especificaciones, este proceso se encuentra bajo una supervisión constante. Después de esto, y siempre controlando la temperatura y humedad del tabaco, este se deja reposar en un almacén especialmente acondicionado para ello, llamado Bodega de Hebras. Finalmente, el proceso se completa con el traslado del tabaco desde dicha Bodega de Hebras a las distintas máquinas, mediante alimentación neumática.

primary manufacturing department

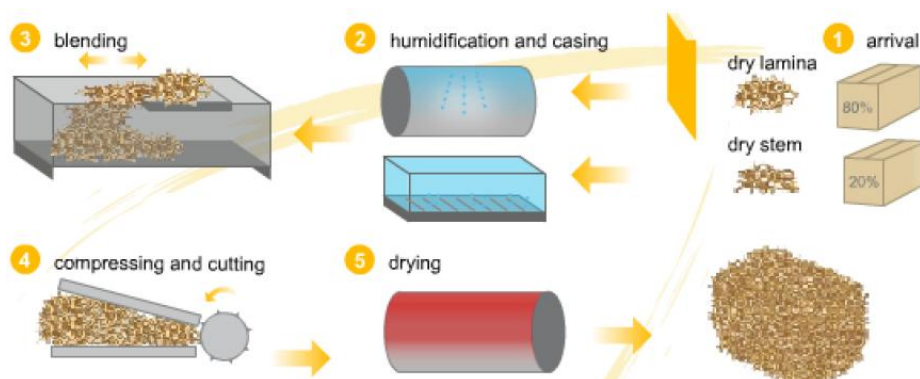


Ilustración 5: Proceso de manufactura del área Primario.

8.5.2. Filter manufacturing department (FMD)

En este proceso se originan los distintos filtros requeridos para cada tipo de cigarrillo producido en la fábrica. Como materia prima se utiliza el acetato de celulosa, al que se le suma un endurecedor. A continuación se le da la forma típica de filtro, al envolverlo en papel boquilla. Sin embargo, este producto no posee el largo adecuado, porque se forman filtros largos que posteriormente son cortados, mediante un cortador de alta velocidad, al tamaño utilizado. Cabe decir que existen diferentes máquinas, para incorporar nuevas tecnologías como la adición de capsulas saborizantes en los filtros, o que los fabrican de otros materiales. Cada filtro será distintivo y propio como aditivo para el producto final de cada tipo de cigarrillo, por lo que además de cumplir con función de elemento filtrante, tendrá otras características, según corresponda a cada tipo y marca.

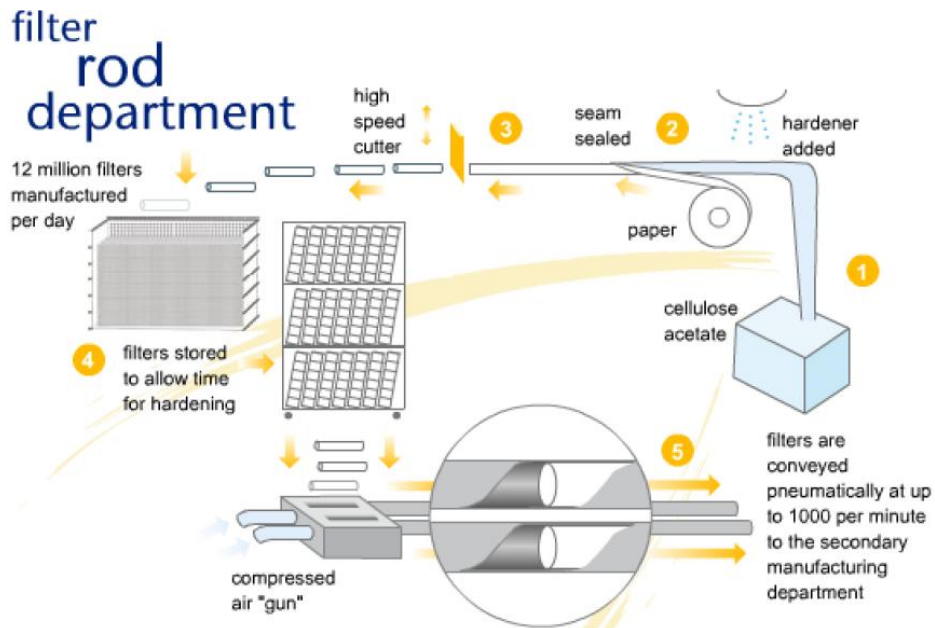


Ilustración 6: Proceso de manufactura del área Filtros.

En la actualidad, se producen cinco tipos de filtros en la fábrica, hechos todos ellos de acetato de celulosa, pero con pequeñas diferencias que se detallan a continuación:

- Acetato: El filtro llamado filtro de acetato es el más básico de todos ya que no tiene nada adicional al acetato de celulosa.
- Capsule: Este filtro es igual al de acetato pero se le incorpora una o dos capsulas dentro de él.
- Ranurado: Este tipo de filtro se utiliza para muy pocos tipos de cigarrillos. Es un filtro de acetato que tiene 4 ranuras con forma de líneas con pendiente que lo cruzan en su exterior.
- Trikek: Al filtro de acetato además de agregarle capsulas se le puede adicionar carbon activo. El filtro de tipo Trikek es un filtro en el cual se unen 3 trozos de filtro, siendo dos de ellos de carbon y uno de acetato.

- Dual: Este tipo de filtro se hace uniendo dos trozo de filtro que pueden ser carbon y acetato o carbon y capsule.

Además este año 2016 entrará en funcionamiento una máquina que produce filtros tube, que son aquellos filtros de acetato que vienen con un agujero en el último tercio.

8.5.3. Secondary manufacturing department (SMD)

El tabaco es transportado mediante un complejo sistema de órdenes de producción que garantiza el envío del tabaco adecuado a la máquina correcta (según la marca que cada máquina elabora). Las máquinas manufactureras de cigarros tienen capacidad de hacer hasta 10,000 cigarros por minuto. El tabaco es envuelto por un papel especial, formando una varilla continua de cigarro y cortado al tamaño exacto de acuerdo a las dimensiones del producto en elaboración. Una máquina adjunta, que corre a la misma velocidad, se encarga de ensamblar el filtro y ejecuta una serie de pruebas a cada cigarro.

Una vez que se ha armado el cigarro, éste pasa a la máquina empacadora la cual lo agrupa en conjuntos (generalmente de 20 cigarros) para envolverlos en papel aluminio, y posteriormente en el papel impreso que identifica cada marca e incluye las disposiciones legales requeridas. Por último, los paquetes son introducidos en cajas de cartón y se envían al almacén de producto terminado, donde están listos para ser distribuidos.

secondary manufacturing department

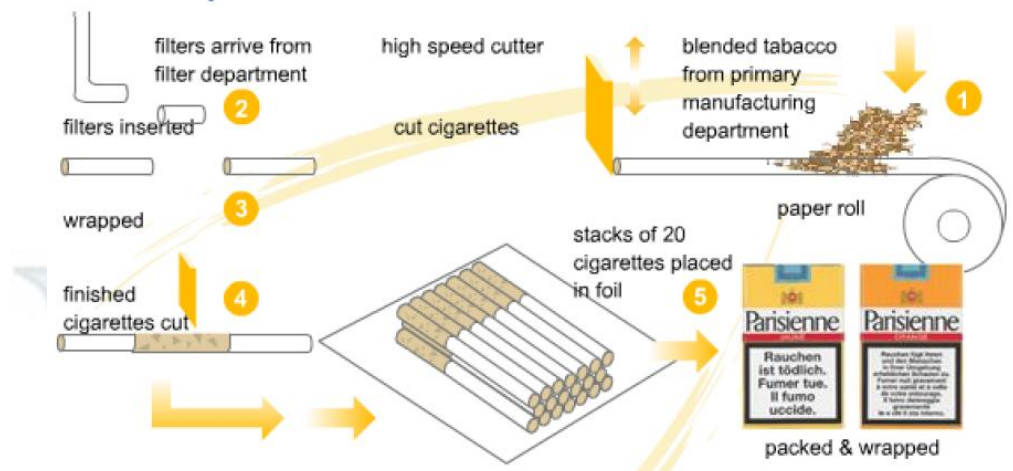


Ilustración 7: Proceso de manufactura del área Filtros.

8.6. Perdidas del proceso

En las 3 áreas previamente descritas y en sus procesos, se generan pérdidas de las diferentes materias primas que se utilizan para confeccionar las cajetillas de cigarros. A continuación, se presenta información asociada a las pérdidas de los distintos materiales en la British American Tobacco, tanto de forma general, como específicamente en Chile.

8.6.1. Greenbook

En el llamado Greenbook (British American Tobacco, 2013), se encuentran todas las definiciones, herramientas y metodologías utilizadas por el grupo British American Tobacco. Su finalidad es entregar toda la información necesaria por Operations y Operations Finance de una forma fácil de utilizar y entender, para que así Operations Finance pueda entregar visibilidad y transparencia de los factores de costo.

Uno de los temas que se consideran en este informe es la pérdida de tabaco y de materiales de embalaje, y la forma de calcularlas. Respecto de la pérdida de tabaco se menciona que esta le genera importantes costos a la empresa en términos de dinero. Es por ello que Ops Finance puede jugar un rol fundamental en cuanto a que tiene la capacidad de trabajar con la fábrica para minimizar estos costos, encontrar las mejores prácticas de tratamiento de pérdidas y hacer una comparación de resultados con otras fábricas, con el fin de encontrar fuentes útiles de aprendizaje.

Los motivos de las altas pérdidas de tabaco del proceso productivo se deben, principalmente, a la gran cantidad de etapas que se requieren para pasar de los fardos de lámina y cajas de vena de tabaco al producto final que son las cajetillas de cigarrillos.

8.6.2. Recuperados y desperdicios de tabaco en BAT Chile

A lo largo del proceso productivo existen diferentes fuentes de pérdidas de tabaco. Algunas de ellas se recuperan y vuelven a entrar a la cadena de producción, pero otras se eliminan inmediatamente. A continuación, se presenta un listado de todas las fuentes de recuperados y desperdicios, separados en lo que proviene de primario y secundario respectivamente.

8.6.2.1 PMD

Clasificador HXD Vena: La vena de tabaco pasa por diferentes etapas, siendo una de ellas el corte en pequeños trozos para que ésta quede con la forma adecuada en la que se tiene el tabaco en el producto final. Justo antes de entrar a este proceso, hay una panda (correa) con un harnero, cuya finalidad es separar el polvillo que viene en el tabaco en esta etapa del proceso. A este polvillo se le llama Clasificador HXD Vena y es un recuperado que se

utiliza para fabricar el Deer. Este Deer es un producto que se origina en la fábrica en base a este y otros polvillos desechados y el cual es agregado en pequeñas cantidades a las diferentes hebras.

Ciclón Tangencial Vena: Posterior a la panda recién mencionada existe un clasificador que separa el tabaco entre el que se va hacia la HXD (máquina que corta el tabaco en el tamaño óptimo), el tabaco que será necesario reprocesar y que es directamente un desperdicio. En el proceso de transporte hacia la HXD se saca polvillo, al cual se le llama Ciclón Tangencial Vena.

Clasificador KO: En el clasificador recién mencionado sale el tabaco que va hacia la HXD, pero también un tabaco de mayor peso. Este último se pasa por una panda con harnero la cual tiene por objetivo separar el tabaco que es demasiado grande y que se debe volver a procesar, y también aquel que es un palo muy grueso pero muy pequeño para ser procesado (llamado Clasificador Knock Outs).

Aseo cilindros: Como se mencionó anteriormente en este proceso existe un cilindro para la línea de lámina y otro para la línea de vena en los cuales se deja el tabaco en las condiciones óptimas para que penetren los casings. Estos cilindros se limpian con una frecuencia semanal y todo lo que se extrae de ellos es un desperdicio que se desecha.

Barrido PMD: A lo largo del proceso de fabricación de la hebra, una pequeña cantidad de tabaco cae de la línea en diferentes lugares. Debido a esto, existe una empresa externa encargada de la limpieza de este producto, la cual hace un barrido de dicho tabaco y lo desecha.

Ciclón APS: La línea de vena pasa inicialmente por el llamado ciclón APS. Su función es separar las partículas de mayor peso para así sacar las piedras que eventualmente pueden venir con la vena. Es por esto que lo que se separa con este ciclón es un desperdicio.

Desperdicio Deer: Existen ocasiones en las que el Deer producido no sirve para ser incorporado a la producción y se considera un desecho, como por ejemplo, cuando queda muy comprimido o queda mal picado.

Sistema polvillo ambiental: Tanto en primario como en secundario existe un sistema de extracción del polvillo del aire ambiental. Todo este polvillo es un desperdicio ya que no se vuelve a utilizar en ningún proceso.

Ciclón Sopera: Las máquinas que se encuentran en la sopera tienen extractores de polvillo. Este no se utiliza en la fabricación de Deer ya que en estas máquinas se procesan cigarrillos con filtro de carbón por lo que este polvillo se encuentra contaminado con dicho producto.

8.6.2.1 SMD

Alimentación neumática: Como se mencionó anteriormente el tabaco es transportado desde la bodega de hebras a secundario a través de un sistema de alimentación neumática. En este proceso el tabaco choca contra las paredes de las tuberías lo que también genera polvillo. Una vez que el tabaco llega a la esclusa, se hace una separación entre ambos productos y por un lado el tabaco baja a la máquina y por el otro sale el polvillo. Esto se observa en la siguiente imagen.

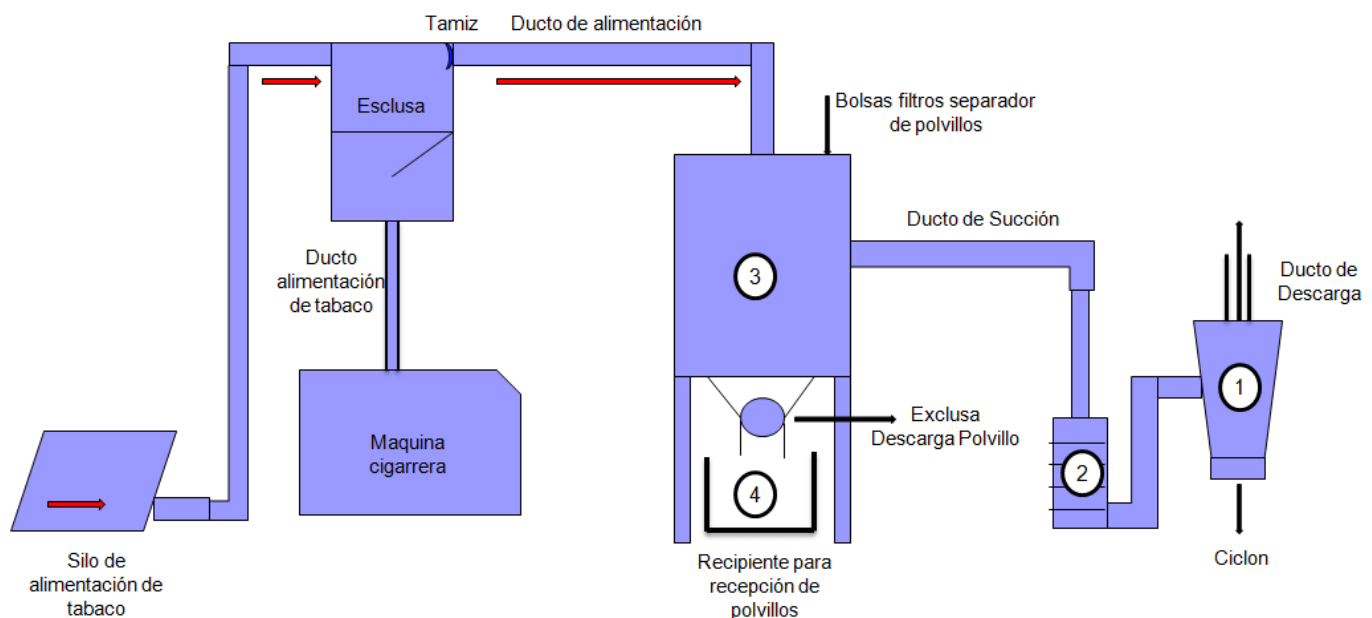


Ilustración 8: Visualización de la extracción de polvillo de la alimentación neumática.

Extracción de Polvillo y Winnowing: Una máquina cigarrera se divide en 3 partes, las cuales se verán en detalle más adelante en este informe. En resumen, en la VE se mezcla el tabaco y se hace la última separación de tabaco que no se encuentra en las condiciones óptimas (Winnowing), en la SE se forma la llamada mecha -que es la columna de tabaco formada por papel cigarrillo y tabaco en su interior- y, finalmente, en la MAX se ensambla el filtro con la columna de tabaco y se forman los cigarrillos. En la SE y la MAX existe un sistema de extracción de polvillo y en la VE un sistema de extracción de Winnowing, que son pedazos de tabaco más grandes que el tamaño adecuado para la producción de cigarrillos. Estas dos extracciones llegan a un harnero donde pasa el polvillo y el Winnowing cae. El polvillo se va al Deer y el Winnowing pasa por un harnero que separa en Winnowing Deer, que es polvillo adecuado para también ir al Deer, Winnowing SDS el cual se reincorpora al inicio de la línea de vena y Winnowing SDS a limpiar, el cual

también se reincorpora a la línea de vena, pero previamente debe ser limpiado. En resumen, tanto la extracción de polvillo, como el Winnowing son recuperados.

Harnero SMD: En la parte inferior de la máquina hay un harnero que sirve para separar el tabaco de los filtros caídos, de los cigarrillos, pedazos de papel, etc. Este tabaco que se cae se vuelve a ingresar en la misma máquina.

Barrido SMD: A lo largo del proceso de fabricación de las cajetillas se cae tabaco, en forma de producto semi terminado y otros desperdicios. Existe una empresa externa encargada de la limpieza la cual hace un barrido de todo este material y lo desecha.

Sopa: Sopa se le llama a todos los rechazos de producto, tanto de cigarrillos como de cajetillas. Existen diferentes motivos para ello, como por ejemplo atascos, filtros cambiados, puntas vacías, rechazos por pruebas de calidad, ausencia de adhesivo, empalme (cigarrillos que se pierden al inicio de cada producción para estabilizar la máquina), entre otros muchos motivos.

Sopa Cap. Tub.: Hay algunos filtros que se recuperan y otros que no. La Sopa de los cigarros que tienen cápsula o filtro tipo tube es considerado directamente un desperdicio ya que estos no se recuperan. El motivo por el cual dicho material no es recuperado, es porque existe el riesgo de que se rompa la capsula y contamine el tabaco del cigarrillo. Por otro lado, no se recuperan los cigarros con filtro tube, ya que este es más duro y se han hecho pruebas al respecto en la que aparece una cantidad de tow (materia prima del filtro) mayor a la aceptada por el departamento de calidad.

Sobrepeso Kg: La producción es sometida a diversas pruebas de calidad, las cuales consideran diferentes variables como el peso del cigarrillo, las dimensiones, la cantidad de

partículas que se generan al hacer la combustión, prueba de colores a la cajetilla, etc. Son considerados como una pérdida, aquellos casos en los que la cantidad de tabaco que tiene un cigarrillo es mayor a la especificación de dicho SKU de producto terminado.

Humedad: La máquina utilizada está configurada para trabajar con el tabaco a una determinada humedad. Si la humedad es menor a la adecuada, el volumen de tabaco es menor, por lo que los cigarrillos tienen una mayor cantidad de tabaco neto. Al igual que el caso anterior esto es considerado una pérdida ya que se puso más tabaco que el asociado a ese determinado SKU.

8.6.3. Sopera

La Sopera es el lugar físico de la fábrica donde se procesa la Sopa proveniente de SMD, la bodega de producto terminado y el laboratorio de calidad. Sopa se le llama a los cigarrillos o cajetillas que no logran transformarse en el producto final que sale al mercado. La fuente principal de Sopa de secundario es la cantidad de cigarrillos y cajetillas que se botan posteriores a una detención de la máquina, lo cual se hace para asegurar la calidad de producto. La Sopa del laboratorio son todos aquellos cigarrillos y cajetillas que se sacan como muestras para hacer todas las mediciones necesarias para asegurar la calidad del producto. Finalmente la Sopa de la bodega de producto terminado se genera cuando se detecta algún problema de calidad que impide que el producto pueda salir al mercado.

En la Sopera hay 2 máquinas que se utilizan para procesar la Sopa y así recuperar el tabaco de esta.

IPOM: Esta máquina es la encargada de abrir las cajetillas de cigarrillos mediante un corte longitudinal generado por un cuchillo circular que divide la cajetilla en dos partes iguales.

Esto permite que los cigarrillos salgan de la cajetilla y de esta forma en vez de tener Sopa en forma de cajetillas se tiene en forma de cigarrillos. La máquina tiene una capacidad nominal de proceso de 250 cajetillas por minuto.

DELPHI: Esta máquina es alimentada con cigarrillos que mediante bandas vibratorias son ordenados por unas guías de tal forma que circulan hacia una serie de cuchillos circulares encargados de generar un corte longitudinal al cigarrillo para que, por medio de tamices vibratorios, el tabaco sea separado del material (papel y filtro) del cigarrillo. La máquina tiene una capacidad de procesar 400 kilogramos de tabaco por hora. Esta máquina puede procesar cigarrillos con filtros de acetato (filtros blancos) y cigarrillos con filtros con partículas de carbón (filtros duales o tritek) ya que posee un separador de gravedad que extrae estas partículas por vacío.

En la siguiente imagen se muestra el esquema de recuperación de tabaco en donde se ven las máquinas antes descritas, donde se observa que estas se encuentran conectadas. Este proceso o línea de recuperación cuenta con dos sectores de alimentación. Por un lado está la alimentación de cajetillas a la IPOM, de donde salen cigarrillos y desechos materiales de las cajetillas, esquematizados con la letra “G”. La otra alimentación es directamente con cigarrillos, los cuales se suman a los cigarrillos entregados por la IPOM en un tamiz vibratorio de dos niveles (esquematizado con la letra A). Este tamiz separa materiales como papel cigarrillo u otros elementos de mayor tamaño.

Una vez separado los materiales de los cigarrillos en el tamiz vibratorio, los cigarrillos pasan por un detector de metales (imán de alta capacidad) con el fin de evitar

que elementos metálicos entren a la Delphi, ya que esto podría provocar daños en los cuchillos.

Una vez procesados en la Delphi, se generan desechos materiales de cigarrillos, esquematizados como “G”, y el tabaco o hebra.

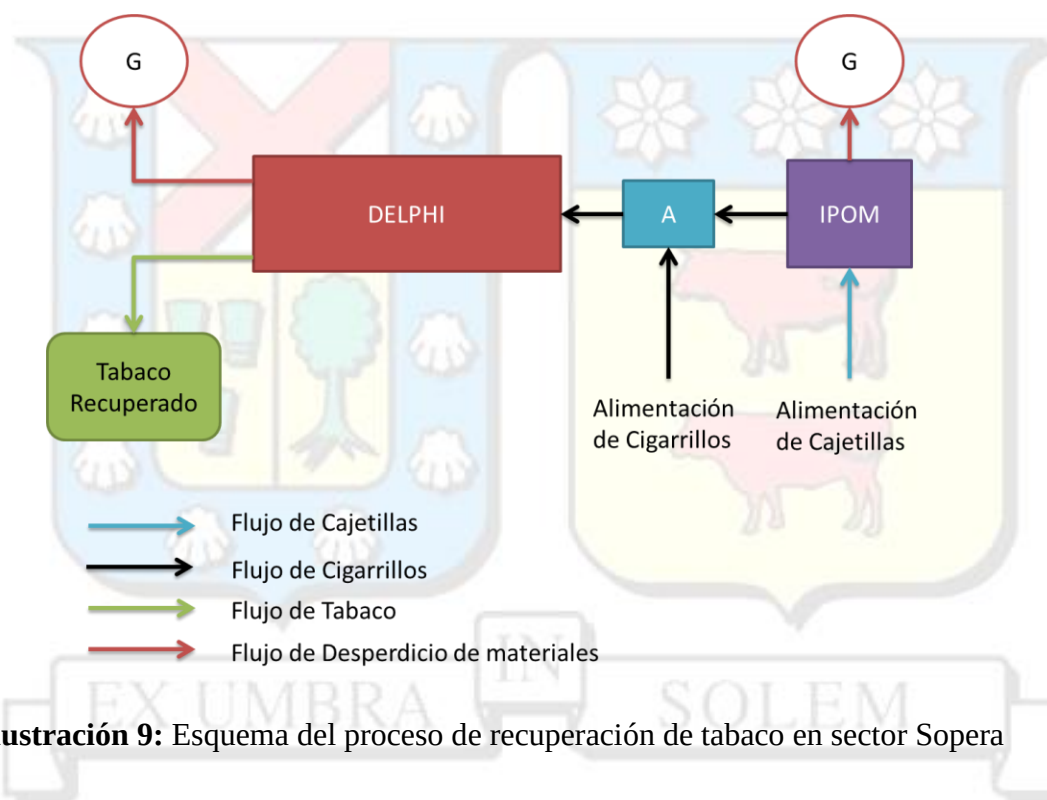


Ilustración 9: Esquema del proceso de recuperación de tabaco en sector Sopera

La alimentación de cigarrillos y cajetillas al proceso de recuperación se rige por la clasificación de las hebras que conforman el cigarrillo. Las Hebras son mezcla de Vena (Nervio central y nervios secundarios de la hoja de tabaco) y de diferentes tipos de tabaco, diferenciándose unas de otras por las proporciones de cada uno de sus componentes, lo que se traduce en hebras Premium (mayor relación lámina – vena) y hebras de volumen (mayor relación vena – lámina).

La sopa recolectada en la sala de recuperación es pesada, registrada y separada según la agrupación de hebras que aparecen en la Ilustración 7 las cuales se clasifican en grupos según la calidad del producto (relación lámina/vena). Todas las bolsas de Sopa deben venir rotuladas con la máquina y el tipo de hebra para lograr hacer la agrupación mencionada.

Agrupación	Segmento	Código SAP	Blend
H1	Premium Blend	31611549	385
		31611673	430
		31010306	411
		31611551	320
H2	Special Blend	31743389	590
		31634822	344
		31633904	367
H3	Value for Money	31625589	422
		31678455	510
		31785602	567
		31732567	559
		31648904	460

Tabla 6: Tabla ejemplo de agrupación.

El tabaco extraído de este proceso se reingresa al final de la línea de proceso de tabaco PMD en proporciones que no deben superar los 250 kilogramos de hebra recuperada en órdenes de producción de hebras de 6000 kilogramos.

8.7. Capsule

BAT Chile Operaciones S.A. maneja una amplia gama de productos destinados a diferentes mercados. Entre los diferentes productos fabricados, existen muchas diferencias, siendo una de las más importantes el filtro que contienen los cigarrillos. En el año 2010 se produjo, por primera vez en Chile, un cigarro con una cápsula de mentol en su filtro,

pudiendo el consumidor decidir en qué momento transformar su cigarro de normal a mentolado. Luego, a finales del año 2014 apareció el primer cigarro en el mercado chileno con doble cápsula, siendo una de mentol y la otra de limón. A finales del año 2015, entró en producción y circulación, el segundo cigarro con doble cápsula del mercado chileno, pero esta vez, con una de berries y la otra de mentol. A continuación, se presenta un estudio del volumen histórico de los últimos años de este tipo de cigarros.

8.7.1. Volumen histórico

Los siguientes gráficos presentan el volumen total de cigarrillos producidos desde el año 2012 al 2015 en la British American Tobacco Chile Operaciones S.A.

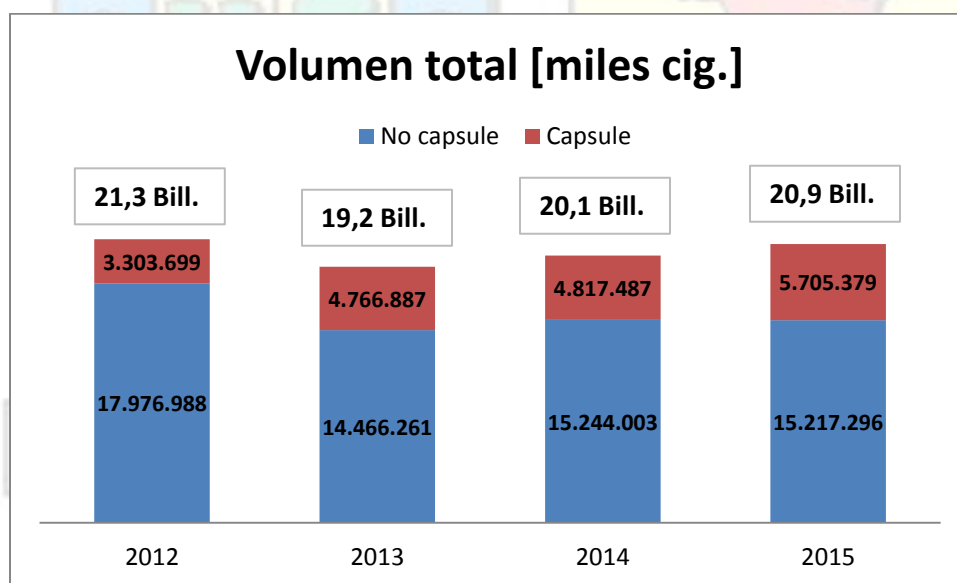


Ilustración 10: Gráfico de volumen total de cigarros producidos en BAT Chile separado por cigarros con y sin capsula.

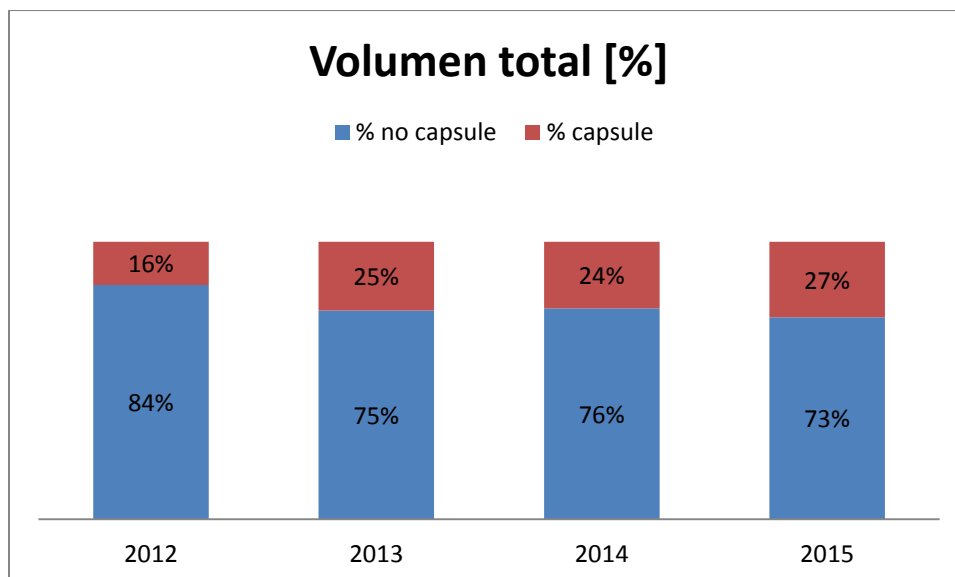


Ilustración 11: Gráfico del porcentaje del volumen total producido asociado a cigarrillos con y sin capsula.

Como se observa en estos dos gráficos, el volumen de cigarrillos totales producidos no tiene una tendencia en estos 4 últimos años, lo que se debe principalmente a que, por un lado, el consumo de cigarrillos en Chile tiene una tendencia a la baja debido a todas las recientes regulaciones que se han ido implementando, pero también BAT -de forma global- ha ido cerrando algunas plantas y redistribuyendo el volumen de estas, y Chile ha absorbido algunos de estos volúmenes. Lo interesante de observar en el segundo gráfico, es que el porcentaje del total de cigarrillos que es de tipo capsule tiene una tendencia al alza, representando un 16% del total el año 2012 y pasando a ser un 27% del total del año 2015. Esto se debe, principalmente, a la gran aceptación que ha tenido este tipo de producto en el mercado nacional e internacional.

A continuación, se presenta una tabla que muestra el volumen de cigarrillos producidos en los últimos 4 años, haciendo la separación entre lo que es capsule y lo que no.

Año	No capsule [Mcig]	Capsule [Mcig]	Total [Mcig]
2012	17.976.988	3.303.699	21.280.687
2013	14.466.261	4.766.887	19.233.148
2014	15.244.003	4.817.487	20.061.490
2015	15.217.296	5.705.379	20.922.675

Tabla 7: Volumen total de cigarrillos producidos en BAT Chile separado por cigarrillos con y sin capsula, en miles.

8.8. Funcionamiento de máquina

8.8.1. General

La línea de fabricación de cigarrillos consta de 2 etapas principalmente. La formación del cigarrillo (máquina cigarrera) y embalaje del cigarrillo (máquina empaquetadora), para dar como producto final una caja de cigarrillos que contiene 50 cartones (embalaje de 10 o 20 cajetillas según formato).

8.6.1.1 Máquina Cigarrera

La máquina cigarrera utilizada por BAT en nuestro país, está compuesta por 3 partes que se detallan a continuación.

VE: Este sector corresponde a la acumulación y dosificación de tabaco, y es alimentado por tabaco procesado proveniente del sector primario, en donde la hoja de tabaco recibe el

tratamiento necesario y las condiciones óptimas para formar el cigarrillo y entregarle al consumidor lo que espera.

SE: Este sector corresponde al lugar donde se forma la mecha o columna de tabaco, la cual está compuesta por el papel cigarrillo, el tabaco en sí y el adhesivo que pega el papel cigarrillo. Lo último que hace esta parte de la máquina es cortar la mecha en el largo necesario según las especificaciones del SKU que se está produciendo, que puede ser 56 o 62 [mm].

MAX: Este sector corresponde al ensamblaje de la mecha de tabaco y el filtro. El filtro es alimentado en este sector a través de un sistema de alimentación neumática que los transporta desde el área de filtros directamente al equipo, y la columna de tabaco viene de la SE.

Una vez formado el cigarrillo, éste alimenta directamente a la empaquetadora o es almacenado en un buffer. Este buffer existe debido a que las velocidades de trabajo de la cigarrera y la empaquetadora no son las mismas. Además, se hace necesario debido a la gran cantidad de detenciones que ocurren en estas máquinas. El buffer puede almacenar lo producido por la cigarrera o alimentar a la empaquetadora siempre y cuando tenga cigarrillos, lo que evita una detención de la línea de producción.

8.1.1 Máquina Empaquetadora

La máquina empaquetadora general está compuesta por 4 máquinas.

Empaquetadora: La máquina empaquetadora recibe los cigarrillos, los ordena y forma las cajetillas. Estas máquinas existen en diferentes tipos de formatos, siendo la diferencia entre

ellas, el número de cigarrillos que conforman la cajetilla. Existen formatos de 10 cigarros, de 20 y 6+X que forma cajetillas de 10, 11 y 12 cigarros.

Cefalonadora: Esta máquina es la que envuelve la cajetilla en polipropileno, para sellarla.

Encartonadora: Esta máquina es la que genera los cartones, que son de 20 o 10 cajetillas respectivamente -según formato de cigarrillos- y que se embalan en polipropileno o cartón promocional.

Encajadora: Esta máquina tiene como función embalar 50 cartones en cada caja de cartón, que es el producto final que sale de la máquina y que se va a almacenar en la bodega de producto terminado hasta que se requiera por el mercado nacional o de exportación.

8.8.2 MAX en detalle

El sector de la máquina cigarrera conocida como MAX es el encargado de ensamblar la columna de tabaco con los filtros para formar el cigarrillo. Este sector está conformado por una serie de tambores que mediante succión, traspasan los trozos de filtro y columna de tabaco de un tambor a otro formando el cigarrillo. Cada tambor cumple una función diferente, las cuales se describen a continuación y se esquematizan en la figura (Hauni Maschinenbau AG, 2006).

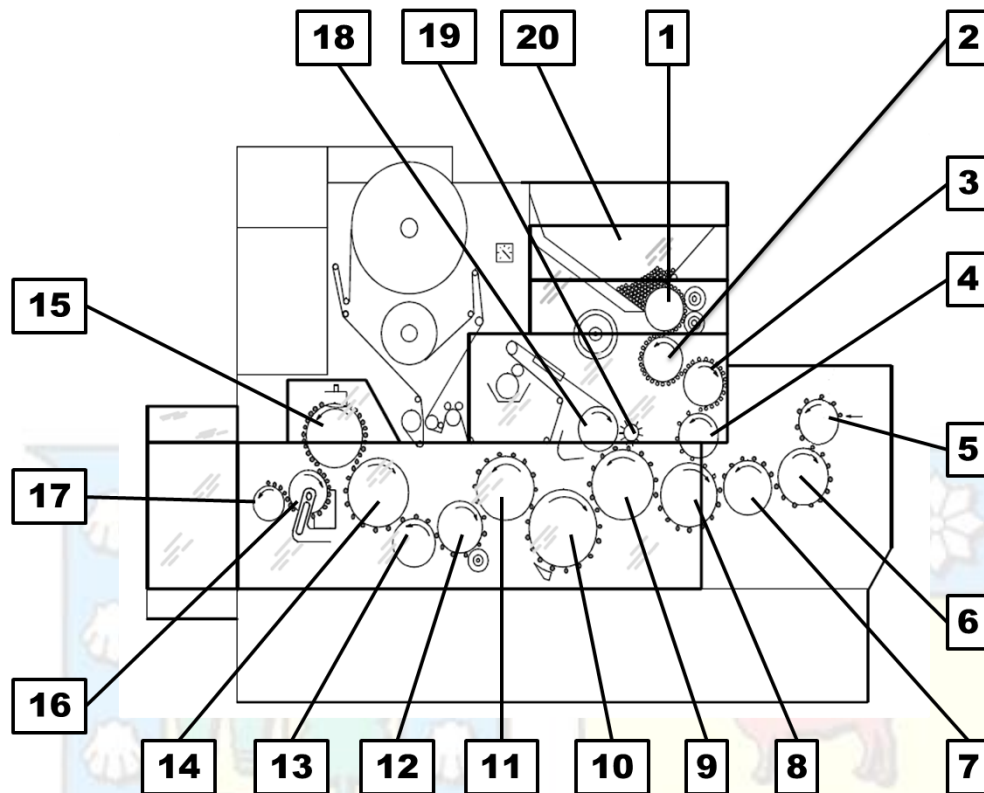


Ilustración 12: Diagrama funcionamiento MAX

- 1.- **Tambor de corte de filtros:** Este tambor canaliza los filtros desde la tolva y corta los filtros en tres segmentos por medio de cuchillos circulares.
- 2.- **Tambor escalonador:** Este tambor es el encargado de escalonar los filtros dobles cortados previamente.
- 3.- **Tambor alineador:** Este tambor recibe los tres segmentos de filtros dobles desplazados y los deja en forma paralela uno al lado de otro.
- 4.- **Tambor acelerador:** Es el encargado de recibir los filtros dobles que se encuentran en una fila y los acelera a la velocidad del tambor de inserción.

- 5.- **Tambor receptor:** Recibe las columnas de tabaco desde la SE.
- 6.- **Tambor de corte:** Este tambor realiza la división de la columna entregada por el tambor receptor en dos partes iguales.
- 7.- **Tambor distanciador:** Separa ambas secciones de tabaco del mismo largo una distancia necesaria para poder insertar el filtro doble entre ellas.
- 8.- **Tambor de inserción:** Se encarga de recibir por un lado los filtros dobles y por otro lado las columnas de tabaco separadas para poder colocar el filtro.
- 9.- **Tambor de anillos oscilantes:** En este tambor se ensamblan las columnas de tabaco y los filtros dobles mediante la hojita de papel boquilla cortada en el tambor de succión. La hojita de emboquillado encolada es pegada sobre las secciones de tabaco y filtro doble.
- 10.- **Tambor enrollador:** En este tambor son enrolladas las hojitas alrededor de la sección de tabaco y el filtro doble. Formándose el cigarrillo doble con filtro.
- 11.- **Tambor de perforación:** En este tambor está ubicado el cabezal del láser que genera perforaciones en los cigarrillos dobles para alcanzar la ventilación necesaria.
- 12.- **Tambor de corte de cigarrillos:** Este tambor corta el cigarrillo dobles en cigarrillos individuales en la zona del filtro.
- 13.- **Tambor de traspaso:** Entrega los cigarrillos simples con filtros al tambor volvedor.
- 14.- **Tambor volvedor:** Gira cada segundo cigarrillo simple en 180°, de manera que los cigarrillos con filtros queden orientados en la misma dirección.

15.- **Tambor de inspección:** En este tambor se examina la estanqueidad (búsqueda de fugas) de los cigarrillos con filtro.

16.- **Tambor de rechazo:** Son eyectados por soplo los cigarrillos deficientes detectados por el tambor de inspección.

17.- **Tambor de descarga:** Descarga los cigarrillos a la banda de salida camino al acumulador.

18.- **Tambor de succión:** El papel boquilla encolado pasa por el tambor de succión y es cortado por el porta-cuchillos, para luego ser traspasado al filtro doble y a las secciones de tabaco en el tambor de anillos oscilantes.

19.- **Porta-cuchillo:** Cilindro con cuchillas que corta en tramos iguales el papel boquilla encolado.

20.- **Tolva de filtros:** Sector de la máquina donde se almacenan los filtros que son recepcionados por los ductos donde circulan los filtros provenientes de FMD (Filter Manufacturing Department).

El traspaso de los cigarrillos a través de los tambores, es mediante la succión o vacío, el cual es auto-generado en la máquina por un ventilador de succión.

9. DESARROLLO Y RESULTADOS

9.1. Cálculo pérdidas de tabaco

Para comenzar a analizar la viabilidad económica de confeccionar una máquina recuperadora de tabaco para los cigarrillos capsule, es necesario hacer un análisis de lo que son las pérdidas históricas asociadas a este tipo de producto, por lo tanto, resulta primordial que dicho análisis abarque las pérdidas tanto en kilos como en pesos chilenos. Las fuentes de Sopa son: secundario por la producción, el laboratorio por las muestras que se sacan para revisar calidad, y la bodega de producto terminado por errores que impidan que el producto salga el mercado. En esta sección del estudio se consideraran solo las primeras ya que estas son las más importantes en cuanto a volumen.

9.1.1. Pérdida en Kilos

En la Sopera se pesan diariamente las bolsas que se traen de secundario para así saber exactamente la cantidad de Sopa (en kilos) que se está generando en esta área. Además, esta se asocia a una máquina en particular y a un determinado SKU de producto terminado. En la siguiente imagen se observa el formato en el que se registra esta información en un archivo oficial de la compañía. (British American Tobacco, 2014-2015)

Fecha	Turno	Máquina	Cig.	Emp. Med	Emp.	CODIGO SAP	Liga
28/12/2015	2	23	25		6,2	10978497	775
28/12/2015	2	26	6,4	5,8	8,4	10978639	852
28/12/2015	2	29	13		13,2	10978393	280
28/12/2015	2	32	20,8		8,8	10978416	572
28/12/2015	2	61	6,6			10978414	333
28/12/2015	2	61			17,6	10011117	333
28/12/2015	2	64	49,8	6,2	17,6	10957175	404

Tabla 8: Ingreso de datos diarios de Sopa.

Todas estas variables son muy importantes para tener visibilidad de toda la Sopa que se está generando en la fábrica. La máquina es sumamente importante ya que las pérdidas forman parte del pago variable que se les entrega a los operadores cada tres meses, el cual está hecho a nivel de máquina.

Las variables *Cig.*, *Emp. Med.* y *Emp.* son kilos de Sopa. La diferencia entre ellas es de dónde provienen y su forma. Los kilos que aparecen en *Cig.* están asociados a todos los desperdicios que salen de la cigarrera los cuales vienen en forma de cigarrillos. En la variable *Emp.* está todo lo que sale de la empaquetadora, que viene en cajetillas o cigarrillos con parte de ella; por ejemplo, solo con el papel interior, llamado refuerzo. La forma en la que viene va a depender del punto de la empaquetadora donde se presentó el problema que generó la Sopa. Finalmente los kilos que se pesan y se asocian a la variable *Emp Med.* son aquellos que vienen de la empaquetadora pero que los mismos operadores de la máquina sacan de la cajetilla y entregan solo como cigarrillos.

Para que las tres variables de kilos de Sopa estén de la misma forma es necesario hacer una conversión de los kilos de *Cig. Med.* a su equivalencia en kilos de cigarrillos. Para esto, lo que se hace es dividir la diferencia entre el peso de la cajetilla con cigarrillos y la cajetilla sin cigarrillos, sobre el peso de la cajetilla con cigarrillos. De esta forma, se obtiene un porcentaje por cajetilla que representa el peso de los cigarrillos sobre el peso total.

$$\frac{(\text{Peso cajetilla}_{con\ cig.} - \text{Peso cajetilla}_{sin\ cig.})}{\text{Peso cajetilla}_{con\ cig.}}$$

Ambos valores se encuentran en el blackbook a nivel de SKU de producto terminado. El blackbook es una planilla en donde aparecen todas las especificaciones de cada uno de los SKU, como por ejemplo, el peso del cigarrillo, el peso de la cajetilla, el código de la hebra asociada a ese SKU, el código del filtro, etc. (British American Tobacco, 2015)

De esta forma se obtiene la cantidad de kilos de cigarrillos provenientes de la cigarrera y de la empaquetadora. Sin embargo, este peso incluye todos los productos que tiene un cigarrillo como lo son: el filtro, el papel boquilla, el adhesivo, etc. Para obtener el valor de tabaco neto de Sopa, se deben multiplicar los kilos de Sopa por el siguiente factor:

$$\frac{\text{peso tabaco neto}_{por\ cigarrillo}}{\text{peso total}_{por\ cigarrillo}}$$

Como se mencionó anteriormente, en la British American Tobacco Chile Operaciones, no se recupera el tabaco de los cigarrillos capsule, ya que una posible quebradura de la capsule contaminaría el tabaco recuperado. Es por esto que es importante,

al momento de analizar las pérdidas, hacer una separación entre lo que es capsule y lo que no lo es. A continuación se presenta un gráfico resumen de las pérdidas de tabaco en kilos para el año 2014 y 2015, con dicha distinción.

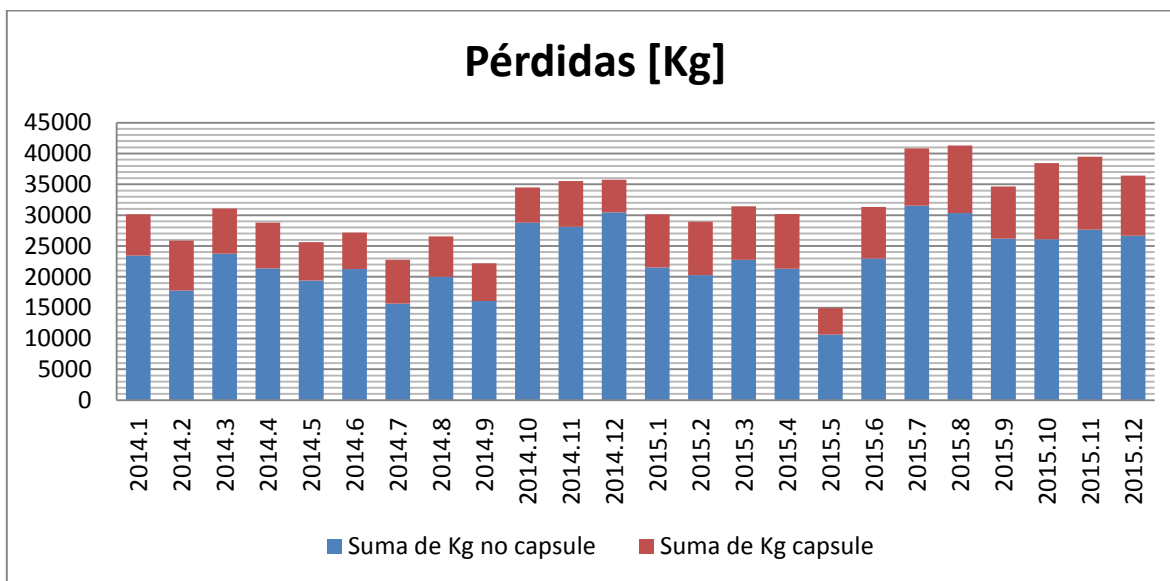


Ilustración 13: Gráfico de volumen total de pérdidas en kilos generadas BAT Chile, separado por cigarros con y sin cápsula.

Como se puede observar en el gráfico, las pérdidas de tabaco asociadas a la Sopa son, en promedio, 29 toneladas mensuales para el año 2014 y 35 toneladas mensuales para el año 2015 (excluyendo mayo¹). Además, considerando que en un cigarrillo la columna de tabaco es lo más caro, se muestra que en las pérdidas de tabaco hay una clara oportunidad de ahorro para la empresa.

¹ Se excluye mayo ya que es un valor atípico debido a que en ese mes se llevó a cabo el Go Live del proyecto TaO, el cual es una implementación de un nuevo sistema SAP. La producción de mayo es totalmente atípica.

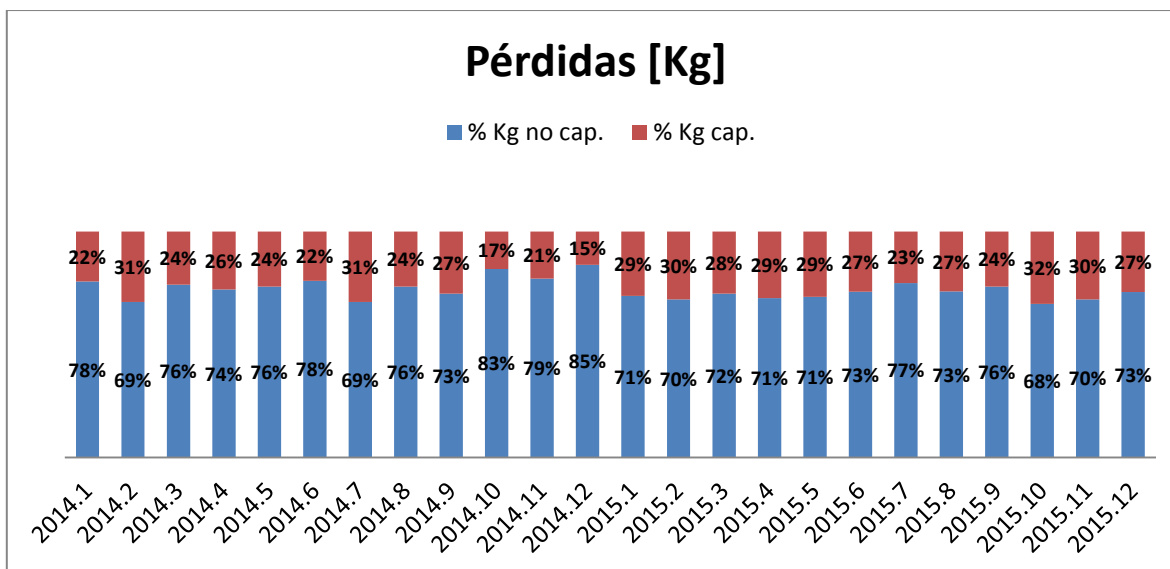


Ilustración 14: Gráfico del porcentaje del volumen total de pérdidas en kilos, asociadas a cigarrillos con y sin capsula.

Del gráfico anterior, se puede desprender que el porcentaje de pérdidas de cigarrillos capsule aumentó entre el año 2014 y el 2015. Esto se debe a que, como se observa en la ilustración anterior, el volumen de cigarrillos capsule tuvo un alza importante durante el año 2015. Con esto sumado al hecho de que actualmente no se recupera nada de la pérdida de cigarrillos capsule, se vuelve de suma importancia encontrar una forma de recuperar este tabaco.

9.1.2. Valorización de la pérdida

Cada una de las hebras utilizadas en los diferentes SKU de producto terminado posee diferentes precios al final de cada mes, lo cual se refleja en la tarjeta UK. La tarjeta UK es un reporte hecho por finanzas al finalizar un período mensual, dónde se registra el stock total de cada SKU de materia prima, producto semi terminado y producto terminado, así como su respectivo precio. Por esto, para valorizar las pérdidas del año 2014 y 2015 fue

necesario hacer un cruce de la planilla de Sopa, en la que aparece el código del producto terminado, con el blackbook. Teniendo el código SAP de la hebra asociada a cada SKU, se buscó el precio de aquella hebra al finalizar el mes y de esta forma, fue posible calcular el monto total en pesos chilenos de pérdida.

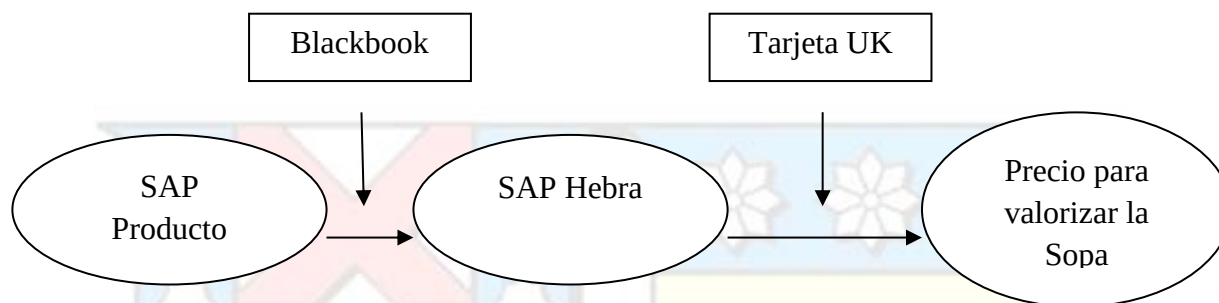


Ilustración 15: Proceso de valorización de la Sopa.

En los siguientes gráficos se presentan los resultados de las pérdidas en pesos chilenos del año 2014 y 2015.

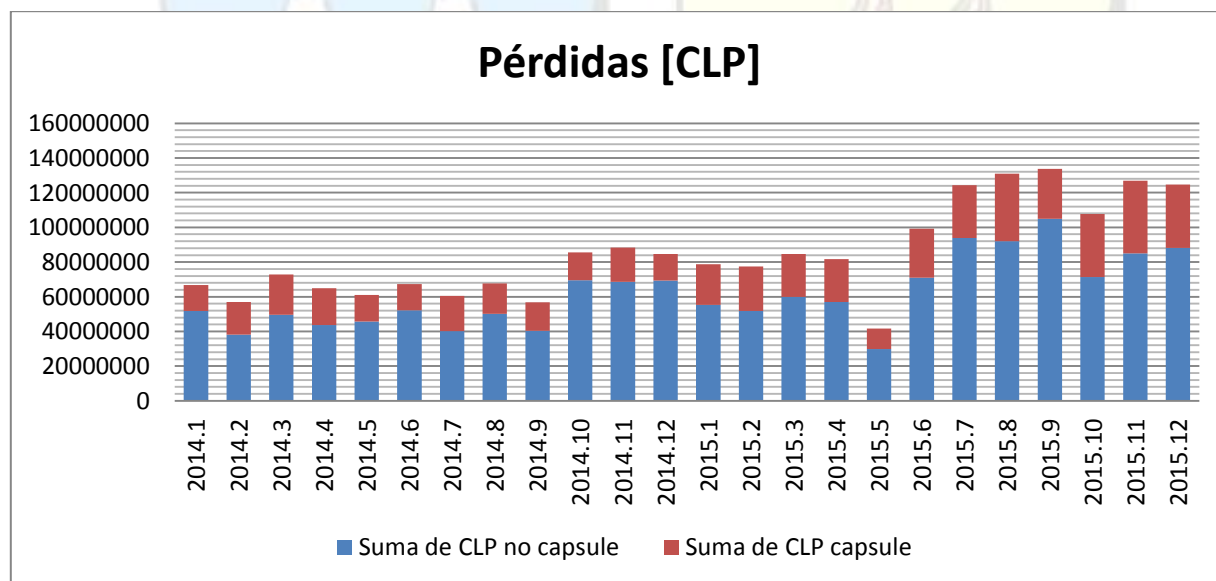


Ilustración 16: Gráfico de volumen total de pérdidas en pesos chilenos generadas BAT Chile, separado por cigarrillos con y sin cápsula.

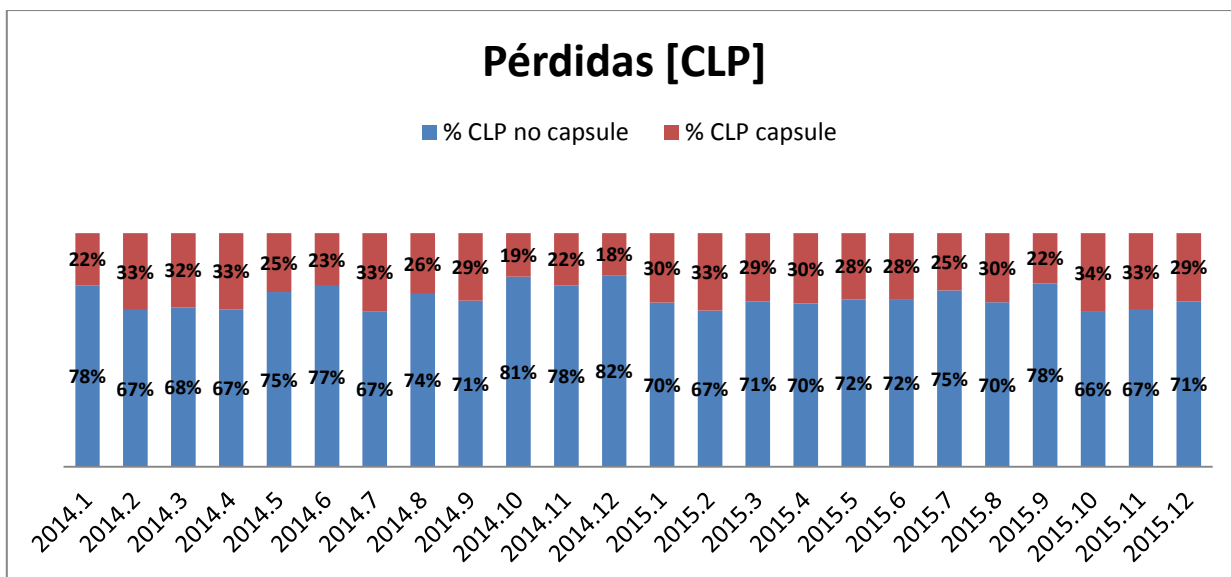


Ilustración 17: Gráfico del porcentaje del volumen total de pérdidas en pesos chilenos, asociadas a cigarrillos con y sin cápsula.

Como se logra apreciar en la ilustración 16, la magnitud de las pérdidas es de 10^7 hasta Junio del 2015 y de 10^8 de Julio en adelante. Para el año 2015 en promedio el 29% de las pérdidas totales están asociadas a cigarrillos capsule, que como se ha mencionado anteriormente, son pérdidas no recuperables. En la siguiente tabla, se presenta la pérdida mensual de tabaco para los productos capsule y no capsule.

Periodo	CLP no Capsule [CLP]	CLP Capsule [CLP]	CLP Totales [CLP]
2015.01	55.274.955	23.409.943	78.684.898
2015.02	51.798.997	25.702.735	77.501.732
2015.03	59.976.834	24.732.505	84.709.339
2015.04	56.983.279	24.705.333	81.688.611
2015.05	29.793.263	11.791.925	41.585.188

2015.06	71.069.461	28.088.862	99.158.324
2015.07	93.798.432	30.463.152	124.261.584
2015.08	92.110.796	38.899.809	131.010.605
2015.09	104.958.414	28.778.692	133.737.105
2015.10	71.326.448	36.311.842	107.638.290
2015.11	85.025.117	41.858.918	126.884.035
2015.12	88.242.488	36.532.401	124.774.889

Tabla 9: Volumen total de pérdidas en pesos chilenos, separado por cigarros con y sin cápsula.

De toda esta información se puede desprender que existe un gran potencial asociado a la recuperación del tabaco de los cigarros con cápsula. En el 2015, se perdieron \$351.276.115 millones de pesos en este tipo de producto, de lo cual se recuperó \$0 pesos.

9.2. Diseño de la máquina

9.2.1. MAX antigua

Como se mencionó anteriormente, la base para construir la máquina recuperadora es una MAX antigua que estaba guardada en una bodega de la fábrica.



Ilustración 18: MAX antigua original.

Como se observa en las imágenes, lo único que quedaba era la estructura de la máquina cigarrera original y esta se encontraba en muy mal estado. Sin embargo luego de ser inspeccionada por los operadores, se definió que esta se podía utilizar para construir la máquina recuperadora.

9.2.2. Diseño mecánico y electrónico

La máquina recuperadora tiene como propósito separar la columna de tabaco del filtro que posee la cápsula de esencia, para luego recuperar el tabaco en la línea de recuperación de tabaco o Sopera, específicamente en la máquina DELPHI. Para lograr la separación de estos elementos, se diseñó un prototipo que corresponde al sector de procesamiento de filtros en una HAUNI MAX. Como vimos anteriormente, en la MAX ocurre el ensamble de la columna de tabaco y el filtro para formar el cigarrillo, en nuestro caso, lo que se requiere es lograr la división de ambas partes, por medio de los tambores y los cuchillos circulares.

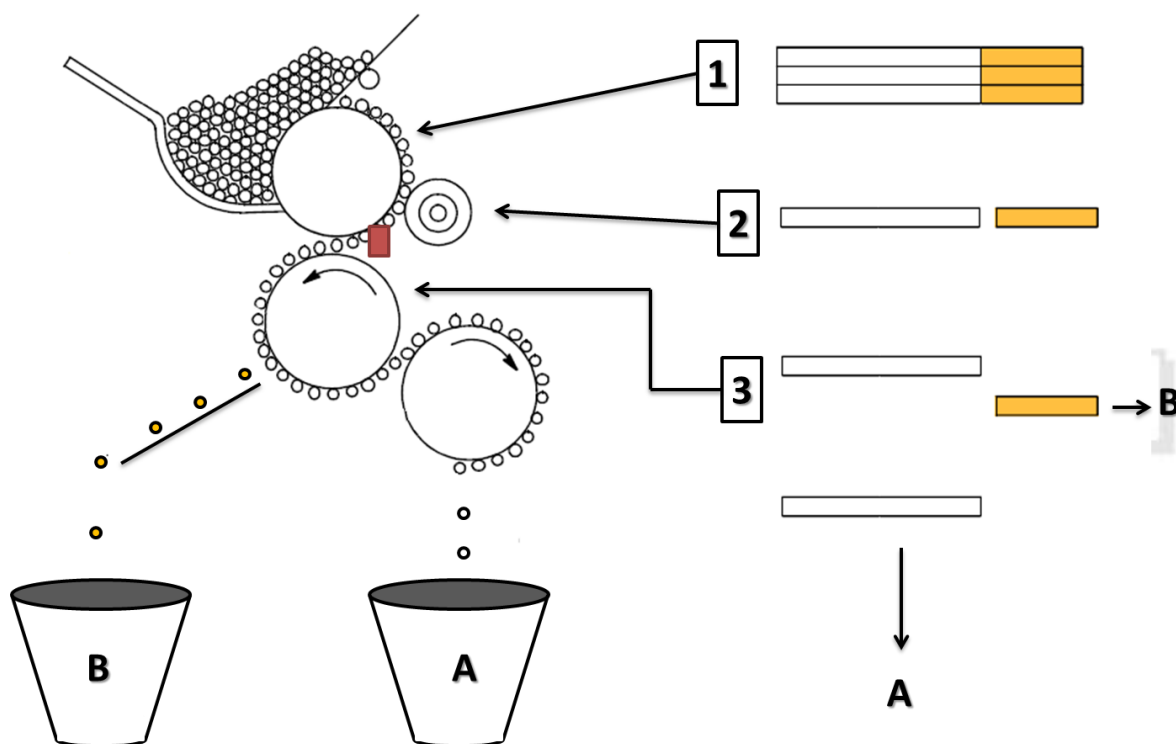


Ilustración 19: Esquema funcionamiento máquina recuperadora.

El esquema del prototipo de la máquina recuperadora, esquematizado en la imagen anterior, muestra 3 tambores utilizados en la MAX de una máquina cigarrera común, los cuales logran el objetivo de separar el filtro de la columna de tabaco. Los tambores utilizados son los siguientes:

- Tambor de corte de filtros, que es el encargado de dividir el cigarro mediante un cuchillo circular ubicado justo en la posición donde comienza la columna de tabaco, cortando todos los cigarrillos que pasan por éste.
- Tambor escalonador, que separa de forma escalonada la columna de tabaco con el filtro una vez cortados.
- Tambor alineador, que para este caso, sirve como tambor de traslado de la columna de tabaco al depósito final.

En la etapa 1, los cigarrillos son alineados uno al lado del otro desde la tolva de filtros, pero que en este caso es alimentada con cigarrillos.

En la etapa 2, los cigarrillos son separados en filtro y columna de tabaco por medio de un cuchillo circular de tungsteno. Una vez cortado el cigarrillo, existe un sensor óptico que funciona por tonalidad de colores el cual es el encargado de detectar la correcta posición del cigarrillo, para evitar mezclar columnas de tabaco con filtros en los depósitos. Si el cigarrillo va en la posición incorrecta, el sensor da la señal a una válvula de rechazo, que por medio de aire comprimido, expulsa el cigarrillo evitando así la mezcla en los depósitos de columna de tabaco con filtros cortados.

En la etapa 3, filtros y columnas son escalonados para así poder expulsar los filtros al depósito B, mientras que la columna de tabaco es traspasada al siguiente tambor para luego

ser depositado en el depósito A. Los filtros son liberados al depósito B por corte del vacío en la sección del tambor que mantiene los filtros adheridos a él. En el depósito A solo existen columnas de tabaco, las cuales son posteriormente procesadas en la línea recuperadora de tabaco. En la siguiente imagen se muestra el diseño de la máquina, el cual incluye el depósito de filtros y el depósito de columnas de tabaco. Además, cuenta con un Panel de control que cuenta a su vez con botones de mando de la máquina, como por ejemplo el botón de parada de emergencia o pulsador manual (permite detener la máquina) y el botón de reseteo (permite poner la máquina en marcha una vez accionado el sistema de detención de la máquina). Cabe mencionar que todas las puertas cuentan con microswitches de seguridad que evitan que la persona acceda a los elementos veloces mientras permanecen en movimiento.

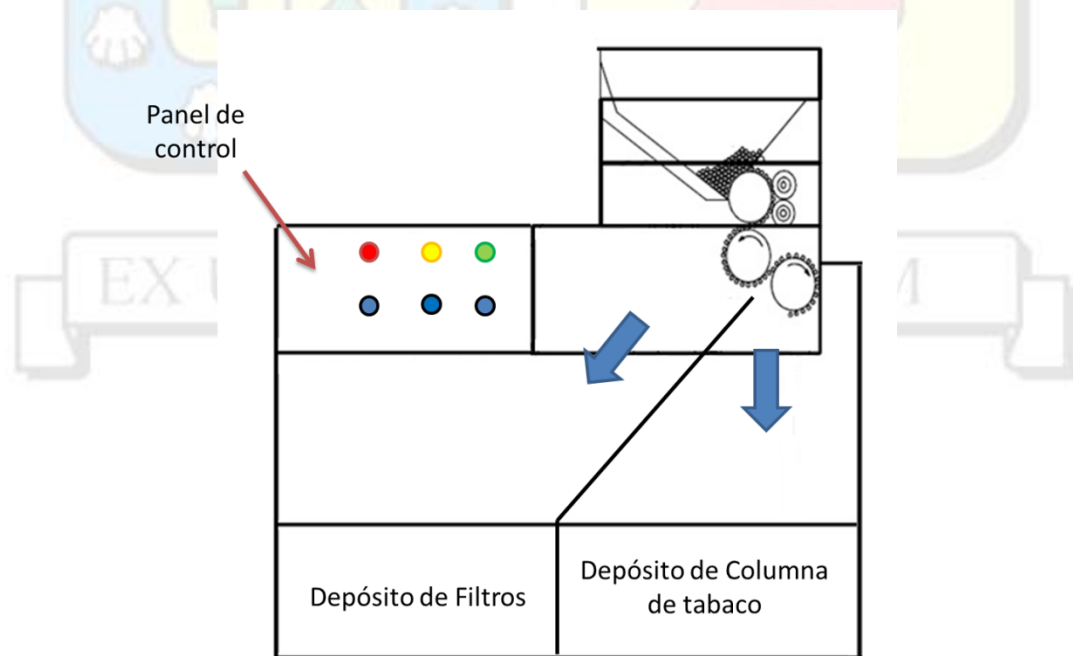


Ilustración 20: Esquema máquina recuperadora.

Todo el sistema antes descrito esta comandado por un sistema eléctrico/electrónico (Cuadro 1 en la Ilustración 21) que comanda a su vez un sistema mecánico (Cuadro 2 en la Ilustración 21) y neumático. El sistema eléctrico/electrónico funciona principalmente por 3 secciones. La primera corresponde al sistema de control, basado en PLC's que secuencian el funcionamiento lógico de la máquina. Luego el sistema de protección de control (el cual protege el sistema de control de sobrecargas o diferencias de voltaje) y finalmente el sistema de protección de fuerza (que protege los elementos que son alimentados de la red de energía eléctrica principal).

El sistema mecánico que permite el movimiento de los tambores de la MAX, es accionado por medio de un motor eléctrico (Cuadro 2 en la Ilustración 21) ubicado en la parte posterior, el cual transmite el movimiento de giro a los tambores mediante un embrague mecánico encargado de acoplar, en el caso que se ponga en marcha el funcionamiento de la máquina, o desacoplar, en el caso que se genere algún atasco de material entre los tambores, con el fin de evitar problemas mecánicos mayores. Este embrague es acoplado mediante un cilindro neumático al tambor de corte de filtros cuando el funcionamiento de la máquina es normal hasta que se genera un atasco y el cilindro libera el aire desacoplando la máquina.

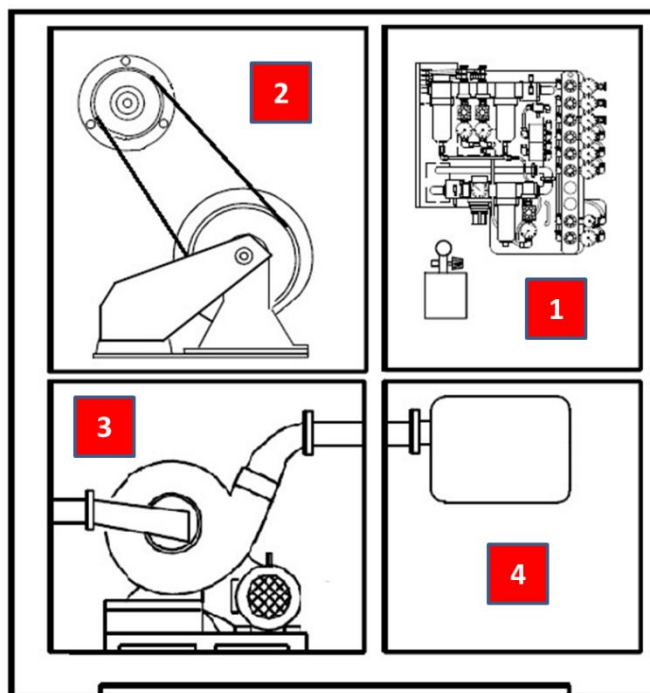


Ilustración 21: Parte posterior de la máquina y sus componentes.

Los cigarrillos son trasladados en los tambores mediante succión, para evitar que salgan expulsados cuando los tambores están girando. Este vacío necesario para lograr esto, es generado mediante un ventilador de succión, el cual genera el vacío necesario para la función de traslado.

La máquina recuperadora, además de ser alimentada con energía eléctrica, debe ser alimentada con aire comprimido de la red central, para accionar el pistón del embrague en la tolva de filtros y la válvula de rechazo de cigarrillos entre los tambores.

9.2.3. Repuestos faltantes

Los repuestos necesarios de comprar se pueden separar en 2 grupos. Por un lado, se tienen todos los repuestos mecánicos, que son repuestos que se requieren en una máquina cigarrera normal, y por otro lado, se tienen los repuestos electrónicos. Los repuestos mecánicos se deben comprar a los fabricantes de las máquinas cigarreras que son Hauni Maschinenbau AG y Molins Tobacco Machinery. Para identificarlos, se revisaron los catálogos de las máquinas de la fábrica y se hizo un listado con los números de artículo de cada uno de los proveedores. De esta forma, se tienen dos alternativas de proveedor para cotizar dichos repuestos.

Por otro lado, los repuestos electrónicos de las máquinas que se tienen en la fábrica no son confeccionados por los fabricantes de las máquinas, sino que dichos fabricantes se los compran a otros proveedores, como por ejemplo, Siemens. Es por esto que, para poder cotizar los repuestos electrónicos, fue necesario definir lo que se necesitaba para el proyecto y esto se presentó a los proveedores nacionales que venden repuestos electrónicos, de manera tal que ellos presentaran los repuestos que cumplieran con los requerimientos y sus valores.

9.3 Requerimientos EHS

La seguridad de los trabajadores siempre ha sido uno de los objetivos más importantes para la empresa, por lo cual existe el departamento EHS (Medio ambiente, salud y seguridad). Una de sus funciones es evaluar y definir requerimientos para disminuir al máximo el riesgo de los operadores, por lo que la confección de esta nueva máquina

claramente tiene que considerar los aspectos de seguridad similares a los del resto de las máquinas. Algunas de las cosas exigidas por el departamento de EHS son las siguientes:

- Se deben instalar defensas en los sitios que sea necesario, las cuales deben generar total restricción de acceso a partes móviles.
- En los puntos críticos de atrapamiento y corte, las defensas deben poseer microswitch de tipo interlock, lo cual significa que la puerta no se abre mientras la máquina se encuentre funcionando.
- La máquina debe poseer sensores que hagan que esta no funcione si no están cerradas todas las defensas.
- Los tableros eléctricos deben poseer la señalética correspondiente y deben estar siempre con llave.
- Botón de parada de emergencia e interlock de corte de energía deben tener la señalética correspondiente.
- Se debe utilizar una escalera especial para la carga de los cigarrillos en la tolva. Esta debe tener ruedas, frenos, barandas, rodapiés, apoya bandejas y espaldera. Además se menciona que la carga de la bandeja se debe hacer desde abajo para no subir la escalera con esta.

9.4. Proceso de recuperación capsule

El proceso asociado a la recuperación del tabaco de los cigarros capsule en la máquina recuperadora propuesta, comenzaría con los operadores de las diferentes células. Durante una jornada de trabajo, en cada una de las células hay un operador en la máquina cigarrera y otro en la empaquetadora. Su función es alimentar la máquina con insumos

como el papel cigarrillo y el papel boquilla, cambiar consumibles como la cinta cigarrera y los cuchillos, revisar los niveles de filtros y estar atentos ante cualquier problema que pueda tener la máquina. Sin embargo, cuando la máquina está funcionando de forma estable el operador no es requerido, por lo que se haría necesario que todos los cigarros generados como Sopa -debido a la partida de la máquina, el cambio de cinta cigarrera realizado en cada turno, la limpieza programada que se lleva a cabo en cada turno, etc.,- fueran trasladados de la bolsa en la que generalmente los mantienen a las cajas requeridas para ingresarlos a la máquina, por ellos. Las personas contratadas para alimentar la máquina construida, deberán ir una vez al día a las 8 AM, a recorrer las máquinas y sacar todas las cajas que tengan preparadas. Por otro lado, se tienen todos los rechazos que vienen de la bodega de producto terminado, que son casos en los que se inspecciona el producto terminado y este por algún motivo viene con alguna falla, por la que no puede salir al mercado. Personal de la bodega de producto terminado traerá estos cigarrillos en cajas con cartones y será la labor de estas personas contratadas para operar esta máquina, pasar todos estos cigarros a la caja de cartón. Finalmente, para todos los cigarros y cajetillas que el laboratorio de calidad se llevó para realizar pruebas y que no se utilizarán más, será necesario que las personas que trabajan en la recuperadora de tabaco lo vayan a buscar luego de pasar por secundario.

Una vez que se tienen cajas hechas, se deben cargar manualmente los cigarros de una caja en la tolva que se encuentra en la parte superior de la máquina. Luego, se presiona el botón de encendido para que pasen los cigarrillos, proceso que se demora exactamente 3 minutos por cada caja de 4500 cigarros. A continuación, quedarían separados los filtros por un lado y la columna de tabaco por otro. Los filtros se deben botar y el tabaco se debe

rotular y dejar en la zona determinada para que personal de la sopera lo recoja para ser procesado junto al resto de los cigarrillos sueltos.

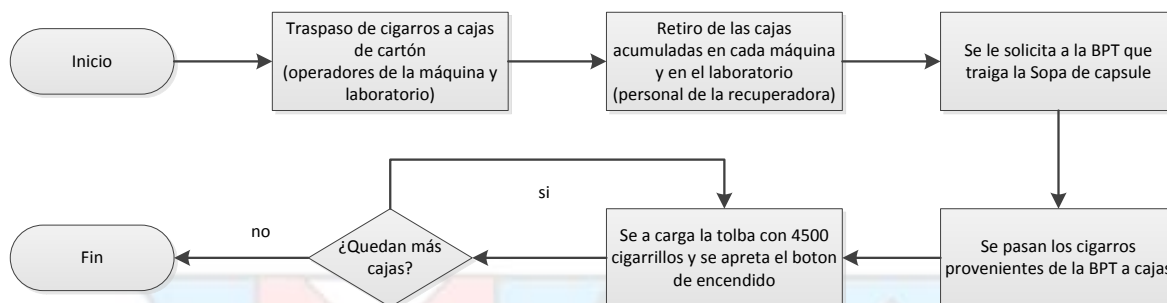


Ilustración 22: Diagrama proceso asociado a la máquina recuperadora.

9.5. Evaluación del proyecto

Para poder hacer la evaluación económica del proyecto existen múltiples variables que son importantes de considerar. Lo primero es saber cuánto será el potencial de ahorro en kilos y pesos chilenos, el cual va a estar determinado por los requerimientos de producción de la fábrica para los períodos futuros.

9.5.1. Proyección de pérdidas tabaco capsule

Para proyectar los kilos de tabaco que será posible recuperar con la fabricación de la máquina recuperadora de tabaco se utiliza un archivo llamado “Capacity” (British American Tobacco, 2015), el cual viene del equipo de planificación que se encuentra en Costa Rica. En este archivo se tiene la cantidad de cigarrillos que se deben producir de cada SKU en cada mes de un horizonte de 24 meses. Luego, el planificador de secundario debe hacer el desglose de estos volúmenes en las diferentes máquinas, considerando su capacidad nominal, los formatos que es capaz de producir, la disponibilidad de tiempo debido a mantenciones programadas, el rendimiento de cada una de ellas, etc. Con esto, se obtiene la cantidad de cigarros que producirá cada máquina, cada mes.

Una vez obtenido el volumen de producción es necesario saber cuánta Sopa se generará mensualmente. Para esto, es importante mencionar que existen máquinas capaces de hacer una alta variedad de formatos -siendo algunos de ellos más complejos- y otras que, al ser muy eficientes son utilizadas para hacer altos volúmenes de producción. Esto se ve reflejado en la cantidad de Sopa que genera cada una de estas máquinas, generando pocos kilos aquellas más estables y una mayor cantidad, aquellas que cambian de formato constantemente.

Dado que un promedio del porcentaje de Sopa de los últimos 24 meses no necesariamente es un valor representativo, lo que se hará en esta sección será utilizar el mínimo porcentaje de Sopa para estimar la Sopa futura. De esta forma, se evalúa un escenario pesimista y si el proyecto es rentable bajo estos parámetros, definitivamente lo será con los valores reales. En la siguiente tabla, aparece el mínimo porcentaje de Sopa para cada grupo y su promedio mensual para el año 2014 y 2015. Un grupo se le llama a la combinación de una máquina cigarrera y una empaquetadora.

Grupo	Min % Sopa	Promedio % Sopa
10	2,0%	3,1%
21	2,5%	3,2%
23	2,1%	2,8%
25	2,6%	3,8%
26	2,4%	3,3%
28	1,6%	3,1%
29	3,3%	5,0%
30	1,7%	2,4%
32	1,2%	2,1%
36	1,6%	2,2%
61	1,7%	2,4%
64	2,9%	3,7%
65	1,4%	2,3%
66	4,0%	5,9%
67	2,7%	3,6%
68	2,0%	3,0%
69	1,7%	2,5%
72	2,6%	6,0%
88	4,0%	9,1%
90	1,9%	2,6%
96	1,3%	2,3%

Tabla 10: Mínimo porcentaje y porcentaje promedio de Sopa mensual del año 2014 y 2015.

De la tabla anterior, se puede apreciar lo que se mencionó previamente respecto a que, aquellas máquinas utilizadas para una gran cantidad de formatos tienen pérdidas mayores. Algunos ejemplos son las máquinas 25, 64 y 67. Por otro lado, también se refleja la pérdida de aquellas máquinas en las que se realizan producciones de alto volumen como por ejemplo la 32, 36, 65. Es importante mencionar que las máquinas 72 y 66 son muy antiguas y ya se encuentran obsoletas (HLP), por lo que las piezas se deben enviar a confeccionar de forma local, disminuyendo su eficiencia y generándose mayores

problemas, considerando que de este modo los valores de Sopa son muy elevados. Estas máquinas solo se utilizan cuando no hay disponibilidad de producción en el resto de las máquinas. Finalmente, también se observa que el porcentaje de Sopa de la máquina 88 es alto, lo cual se debe a que en esta máquina se fabrica el cigarrillo Dunhill, el cual tiene un gran número de complejidades en su fabricación, debido a que tiene un formato particular llamado Bebelesh.

A continuación se presenta una tabla con la cantidad de Sopa en miles de cigarros que se producirá de forma mensual para el periodo de un año tanto en cigarros capsule como en cigarros sin cápsula. El valor se obtiene a través del producto entre los miles de cigarros con cápsula que serían producidos mensualmente por grupo y el mínimo porcentaje de Sopa asociado al grupo.

Grupo	2016.4	2016.5	2016.6	2016.7	2016.8	2016.9	2016.10	2016.11	2016.12	2017.1	2017.2	2017.3
G21	263	627	509	435	488	372	271	398	322	427	710	178
G25	2938	2426	2344	0	479	2273	2599	2481	1712	2076	2782	2207
G26	1	2	2	1	2	1	3	11	8	0	0	12
G29	297	441	431	425	405	389	401	487	450	359	604	33
G61	1063	1459	1428	1746	1620	1578	1661	1720	1531	3012	986	781
G64	328	387	392	436	408	381	453	463	396	486	546	182
G65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
G67	184	221	197	178	225	230	221	227	208	245	245	428
G68	1638	2157	1852	1977	1947	1720	1478	1714	1508	3029	1672	1139
G69	3001	1488	1719	0	1372	1775	1870	1759	1802	417	1700	1980
G88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	375	419	0
G90	0	1	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0
G96	1040	810	679	0	659	780	780	456	712	131	585	628

Tabla 11: Miles de cigarros que serán producidos como Sopa en los diferentes grupos para el periodo Abril 2016 a Marzo 2017.

También es importante considerar las otras dos fuentes de Sopa, que son el laboratorio y la bodega de producto terminado. Para el caso del laboratorio se debe

considerar la cantidad de cigarros que el personal de esta área saca en cada turno, de cada grupo. En cada turno en el que una máquina se encuentre funcionando, se sacan 3 cartones y 9 cajetillas por grupo. Para determinar cuántos cigarros llegan a la máquina recuperadora desde el laboratorio, se utiliza el archivo que contiene los miles de cigarros capsule a producir por grupo, mensualmente. Con el SKU de producto se sabe si las cajetillas son de 10 o 20 cigarros y con los miles de cigarros a producir por grupo y las capacidades nominales de las máquinas, se puede determinar cuántos turnos será requerida la máquina para terminar con la producción en cuestión. Además se debe considerar que en cada cartón vienen 200 cigarros, independiente si las cajetillas son de 10 o de 20. La única excepción son las cajetillas de 11 cigarros, lo cual representa un porcentaje bajo de la producción. A continuación se presenta un ejemplo de cálculo de la cantidad de cigarros que se sacarán de un código en particular en un mes específico.

En abril del 2016, se producirán 79965 miles de cigarros del SKU 10978533 PM BOOST SQ20 CL en el grupo 96. La capacidad real de la máquina es de 8.700.000 cigarros en 24 horas, es decir, en 3 turnos de trabajo. Además, considerando que este SKU es una cajetilla de 20 cigarros y por cada turno que un grupo esté funcionando en una determinada marca se sacan 3 cartones y 9 cajetillas, la cantidad de cigarros que se sacarían para hacer pruebas es la siguiente.

$$techo\left(\frac{79965}{\frac{8700}{3}}\right) * (3 * 200 + 9 * 20) = 21.840 \text{ cigarros}$$

Siendo $techo(x) = y$

$$y = \{y : y \in \mathbb{Z} \wedge x \in \mathbb{R} \wedge y - 1 < x \leq y\}$$

Aplicando lo mismo para cada SKU de forma mensual, se llega a que la cantidad de cigarros que serían retirados por el personal de laboratorio es la que se presenta en la siguiente tabla.

Periodo	Cigarros [un]
2016.04	257.559
2016.05	248.466
2016.06	233.526
2016.07	146.964
2016.08	191.166
2016.09	229.056
2016.10	231.486
2016.11	234.414
2016.12	207.315
2017.01	260.928
2017.02	234.939
2017.03	190.398

Tabla 12: Cantidad de cigarros que serán la Sopa del laboratorio para un periodo de un año.

Lo que viene de la bodega de producto terminado son cajas que, por algún motivo de calidad, han sido rechazadas y por lo tanto no pueden salir al mercado. Lo que se hace en estos casos es llevarlas a reproceso para recuperar el tabaco contenido en los cigarros rechazados. En la siguiente gráfica se muestra el número de cajas que fueron reprocesadas de forma mensual para los años 2014 y 2015, haciendo la separación entre lo que es cigarro con y sin cápsula.

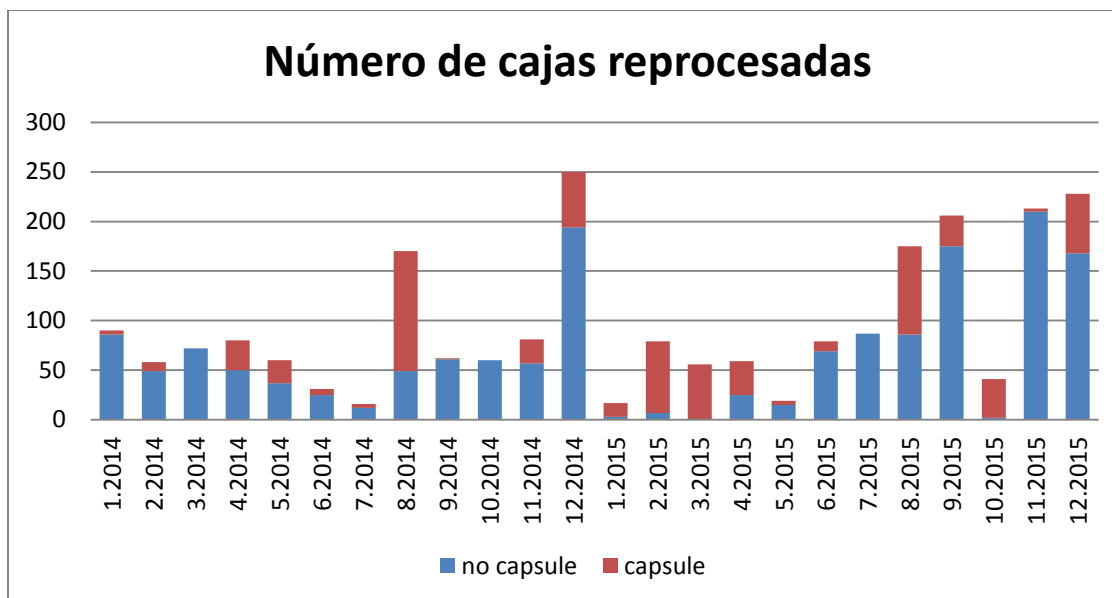


Ilustración 23: Gráfico de la cantidad de cajas reprocesadas durante el 2014 y 2015, separado en cigarrillos con y sin cápsula.

Como se puede observar en la historia de 24 meses, este dato es extremadamente variable y esto se debe a que es necesario reprocesar cajas cuando hay algún error en la producción que no es detectado a tiempo. Algunos ejemplos son errores en la impresión en el *best before*, que es la fecha que se imprime en la cajetilla y que indica hasta cuándo se recomienda consumir los cigarrillos, desviaciones respecto a los objetivos de ciertas variables encontradas en las pruebas de calidad, cajetillas abolladas, etc. Debido a la alta variabilidad que posee este valor, no se va a considerar como un posible ahorro en este estudio.

Considerando estas dos fuentes de Sopa, a continuación se presenta una tabla que muestra de forma mensual la cantidad de Sopa que será necesario pasar por la máquina recuperadora para poder volver a utilizar el tabaco en cuestión en otros productos.

Periodo	Sopa [Mcigarros]
2016.04	11010
2016.05	10267
2016.06	9787
2016.07	5345
2016.08	7796
2016.09	9728
2016.10	9969
2016.11	9952
2016.12	8857
2017.01	10828
2017.02	10483
2017.03	7758

Tabla 13: Sopa total del periodo Abril 2016 a Marzo 2017 en miles de cigarros.

Para poder calcular el potencial ahorro se debe tener la cantidad de kilos que se reprocesarán, lo cual se calcula utilizando el SKU de la Sopa en cuestión, y el peso del tabaco asociado al dicho SKU. Los kilos que se deberán reprocesar mes a mes son los presentados en la siguiente tabla.

Periodo	Sopa Capsule [Kg]
2016.04	6879
2016.05	6464
2016.06	6158
2016.07	3394
2016.08	4922
2016.09	6107
2016.10	6252
2016.11	6256
2016.12	5567
2017.01	6778
2017.02	6568
2017.03	4807

Tabla 14: Sopa total del periodo Abril 2016 a Marzo 2017 en de kilos

A partir de esta tabla se debe calcular el valor en pesos chilenos de lo que se va a recuperar. Para determinar el precio al que se va a considerar que se recupera el tabaco, se va a utilizar como aproximación que este se va a recuperar al valor del promedio ponderado de los kilos de hebra producidos mensualmente, utilizando los precios de la tarjeta UK de diciembre del 2015. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$PT_j = \frac{\sum_{i=1}^n PHeb_i * QCig_{i,j} * PCig_i}{\sum_{i=1}^n QCig_{i,j} * PCig_i}$$

Con PT_j el precio del tabaco recuperado en el periodo j

$PHeb_i$ el precio de la hebra del producto i

$QCig_{i,j}$ la cantidad de cigarros producidos del producto i en el periodo j

$PCig_i$ el peso neto de tabaco contenido en cada cigarro del producto i

En la siguiente tabla se presenta el precio al que se va a considerar que se recupera cada kilo de tabaco en el horizonte de tiempo Abril 2016 a Marzo 2017.

Periodo	Precio [$\frac{CLP}{Kg}$]
2016.04	3216
2016.05	3460
2016.06	3524
2016.07	4243
2016.08	3704
2016.09	3500
2016.10	3407
2016.11	3508
2016.12	3601
2017.01	3876
2017.02	3647
2017.03	3270

Tabla 15: Promedio ponderado del valor de la hebra producida mensualmente.

Al multiplicar el valor de las dos últimas tablas se obtienen un aproximado de la cantidad de pesos chilenos que se van a recuperar de forma mensual con la máquina recuperadora de tabaco.

Periodo	Sopa Capsule [CLP]
2016.04	\$ 22.123.559
2016.05	\$ 22.366.104
2016.06	\$ 21.699.616
2016.07	\$ 14.400.736
2016.08	\$ 18.232.959
2016.09	\$ 21.371.923
2016.10	\$ 21.303.954
2016.11	\$ 21.945.209
2016.12	\$ 20.043.363
2017.01	\$ 26.270.591
2017.02	\$ 23.952.197
2017.03	\$ 15.718.471

Tabla 16: Sopa total del periodo Abril 2016 a Marzo 2017 en miles de kilos

9.5.2. Inversión inicial

La inversión inicial asociada a la confección de esta máquina es la compra de los repuestos mecánicos y electrónicos, la mano de obra necesaria tanto para el diseño de la máquina como para la confección en esta, y algunos elementos necesarios para que las personas puedan hacer su trabajo.

Como se mencionó anteriormente, los repuestos mecánicos se cotizaron con los proveedores de las máquinas cigarreras que se tienen en la fábrica. El que ofreció el mejor precio fue Hauni Maschinenbau AG con un total de 15.297,83 EUR por los 21 repuestos necesarios. Por otro lado, los repuestos electrónicos se cotizaron de forma nacional a través

de visitas de los proveedores a la fábrica para contarles del proyecto y los requerimientos.

El costo total de estos asciende a \$15.160.950.

Por otro lado se requiere tener aquellos implementos para que las personas que trabajen en esta máquina puedan hacer su labor. Estos incluyen un carro para poder ir a buscar las bandejas con los cigarros a los diferentes grupos y al laboratorio, una mesa para poder trabajar manipulando las bandejas cuando sea necesario, una escalera para poder cargar los cigarros en la tolva de la máquina y bandejas para entregar en las diferentes máquinas. Las bandejas utilizadas serán las mismas utilizadas en el área de FMD en las cuales se dejan reposar los filtros producidos, las cuales se le compran al proveedor International Paper S.A. y tienen un precio de 200 por unidad. Considerando que se deben tener bandejas suficientes para mantener en todas las máquinas y el laboratorio, inicialmente se comprarán 3000 bandejas, lo que equivale a un costo de \$600.000. Por otro lado la mesa, la escalera y el carro se le comprarán al proveedor Maestranza Hetol S.A. con un precio total de \$1.650.000.

El último aspecto se debe incluir en el gasto incurrido como inversión inicial es la mano de obra. Por un lado se tiene aquella requerida para hacer el diseño mecánico y electrónico de la máquina. Para esto son necesarios dos técnicos de la categoría *Senior*, quienes tienen como sueldo bruto aproximadamente \$1.300.000 mil pesos mensuales, y en esta tarea demorarán 2 semanas cada uno. Por otro lado se tiene la mano de obra necesaria dejar la MAX antigua en condiciones para incorporarle los elementos mecánicos y electrónicos, lo cual requiere de un proceso de lijado y pintura. Para este proceso son necesarios dos operadores durante 6 semanas, a los cuales se les pagan aproximadamente

\$500.000 mensuales. Finalmente, para armar la máquina recuperadora se necesita a los dos técnicos Senior durante 2 semanas cada uno, trabajando uno primero y el otro después.

Considerando todo esto la inversión inicial asciende a 15.297,83 EUR y \$21.510.950 pesos chilenos. Considerando el valor del euro al promedio año 2015, \$726.02, el valor de la inversión inicial tiene un total de \$32.617.481.

9.5.3. HH requerida

Para determinar la cantidad de hora hombre que será requerida de forma mensual se debe considerar que esta es necesaria para cumplir básicamente tres funciones: ir a recoger la Sopa a cada grupo, preparar toda la Sopa para poder ingresarla a la máquina recuperadora de la forma correcta y finalmente procesarla, lo cual involucra traspasarla de las bandejas a la tolva que posee de la máquina en la parte superior y presionar el botón de encendido de la máquina.

Como se mencionó previamente, las fuentes de Sopa para los trabajadores de la máquina recuperadora son cada uno de los grupos de secundario y el laboratorio. La cantidad total de Sopa en miles de cigarros está en la Tabla 13 presentada anteriormente.

Para poder estimar los tiempos necesarios para procesar la totalidad de la Sopa producida se hizo una prueba en la que se midió cuánto era el tiempo que le tomaba a una persona hacer el recorrido para retirar la Sopa de secundario y del laboratorio y el tiempo que tomaba cargar una caja de cigarros en la tolva de la máquina recuperadora. Cabe destacar que en una caja de las que entregará el laboratorio y secundario caben 4500 cigarrillos. Para esto se hicieron 5 mediciones del proceso de la ronda y 15 mediciones de

la carga a la tolva, con lo cual se llegó al resultado de que el tiempo promedio de la ronda diaria es de 1 hora y el tiempo promedio de la carga de una caja de 4500 cigarros en la tolva es de 2 minutos. Además se necesita saber el tiempo que le toma a la máquina procesar los cigarros, lo cual está determinado por la capacidad de esta que es de 1500 cig/min.

Con la información de los miles de cigarros que será necesario procesar y los tiempos que demora la carga y procesamiento de los cigarros, es posible calcular la cantidad de hora hombre que se necesitará cada mes. Este resultado se presenta en la siguiente tabla.

Periodo	Rondas [hrs]	Carga [hrs]	Operación [hrs]	Tiempo total
2016.04	21	82	122	225
2016.05	21	76	114	211
2016.06	21	72	109	202
2016.07	21	40	59	120
2016.08	21	58	87	165
2016.09	21	72	108	201
2016.10	21	74	111	206
2016.11	21	74	111	205
2016.12	21	66	98	185
2017.01	21	80	120	222
2017.02	21	78	116	215
2017.03	21	57	86	165

Tabla 17: Hora hombre necesaria por periodo.

La empresa trabaja 3 turnos 24/7, es decir las 24 horas al día los 7 días de la semana. Se trabaja en 3 turnos de 8 horas cada uno, observando la tabla se desprende que se requiere a 1 persona por 2 turnos trabajando 5 días a la semana, habiendo un rango para procesar un volumen mayor en caso de ser necesario. Además es importante destacar que la empresa tiene tercerizado algunos servicios, siendo uno de ellos es del traer personas para

hacer labores manuales cuando hay alguna falla de proceso, a un costo de \$25.000 el turno de 8 horas. Por ejemplo si hay una falla en la máquina que lleva los filtros desde FMD a SMD, se contratan personas para cargar manualmente en las máquinas de secundario hasta que se solucione el problema.

El sueldo promedio de un operador nuevo en BAT es de 500.000, por lo que el costo mensual de contratar a estas personas será de \$1.000.000.

9.5.4. Insumos

Los insumos que se requieren para el funcionamiento de este proceso son las cajas de cartón y el cuchillo con el que se hace el corte del cigarrillo, que se va a usar el mismo con el cual se corta el filtro de una máquina cigarrera normal. Se asume que dado que las cajas son de cartón, un tercio de las cajas que se usan en cada mes se tendrán que reponer. Con esto se llega a que el promedio mensual de cajas que se deben comprar es de 700, a un precio de \$200 como se especificó anteriormente. El cuchillo utilizado se le compra al proveedor Hauni Maschinenbau AG a un precio de 85 EUR, aproximadamente \$61.712. Se asume que el cuchillo va a durar lo mismo que cuando se utiliza en una máquina cigarrera, lo cual es un tiempo total de 3 turnos. Considerando esto el gasto mensual promedio insumos es de \$1.003.968.

9.5.5. Reinversiones

Todos los repuestos mecánicos utilizados en la construcción de la máquina son repuestos que alguna de las máquinas cigarreras que la fábrica tiene. En base a esto, se consultó con los mecánicos más expertos de la fábrica y aquel que trabajó en el diseño de la máquina, y se llegó a la conclusión de que, para el horizonte de evaluación del proyecto que

será de 1 año, y con la capacidad que trabajará dicha máquina, no será necesario hacer ninguna reinversión de este tipo en repuestos. Debido a la naturaleza de los repuestos electrónicos que se utilizarán, tampoco será necesario hacer un cambio de ellos durante el horizonte de evaluación. Lo único que será necesario, es lubricar una vez al año con una pequeña cantidad de aceite, el motor de corriente alterna que se instalará en la máquina.

9.5.6. Evaluación económica

La mejor forma de evaluar este proyecto de corto plazo es comparando mes a mes los gastos y beneficios, de esta forma llegar al valor del payback y el beneficio total obtenido luego de un año de funcionamiento de la máquina. Esto se detalla en la siguiente tabla:

Periodo	Inversión	Gastos	Recuperado	Ganancia acumulada
Periodo 0	-\$ 32.617.481			
2016.04		\$ 2.003.968	\$ 22.123.559	-\$ 12.497.890
2016.05		\$ 2.003.968	\$ 22.366.104	\$ 7.864.246
2016.06		\$ 2.003.968	\$ 21.699.616	\$ 27.559.894
2016.07		\$ 2.003.968	\$ 14.400.736	\$ 39.956.662
2016.08		\$ 2.003.968	\$ 18.232.959	\$ 56.185.653
2016.09		\$ 2.003.968	\$ 21.371.923	\$ 75.553.608
2016.10		\$ 2.003.968	\$ 21.303.954	\$ 94.853.594
2016.11		\$ 2.003.968	\$ 21.945.209	\$ 114.794.835
2016.12		\$ 2.003.968	\$ 20.043.363	\$ 132.834.230
2017.01		\$ 2.003.968	\$ 26.270.591	\$ 157.100.853
2017.02		\$ 2.003.968	\$ 23.952.197	\$ 179.049.082
2017.03		\$ 2.003.968	\$ 15.718.471	\$ 192.763.585

Tabla 18: Resultados confección máquina recuperadora.

Como se observa en la tabla, el retorno de la inversión se da al segundo mes de funcionamiento de la máquina, lo cual nos muestra que el proyecto es realmente rentable.

El valor total que se logra recuperar luego de un año de funcionamiento es de \$192.763.585, considerando todas las suposiciones mencionadas anteriormente.

9.5.7. Sensibilización de variables

Para el análisis hecho se utilizaron algunas suposiciones, con las cuales se llegó al resultado recién presentado. Como se mencionó anteriormente, la idea era evaluar un escenario pesimista inicialmente y si este daba un valor rentable, un escenario más cercano a la realidad entregaría un mejor valor.

La variable de demanda puede tener variaciones de forma mensual, pero el valor de la demanda total año es muy poco probable que cambie. La variable más importante es el porcentaje de Sopa generado por las máquinas, y por lo tanto a continuación se presenta una sensibilización de este valor para cada uno de los grupos.

9.5.7.1 Porcentaje de Sopa como promedio

En el desarrollo de este trabajo se consideró que cada grupo iba a tener un porcentaje de Sopa mensual igual al mínimo valor de los años 2014 y 2015. A continuación se presentan los resultados considerando que el porcentaje de Sopa por grupo es el promedio de estos años.

Periodo	Rondas [hrs]	Carga [hrs]	Operación [hrs]	Tiempo total
2016.04	21	120	180	321
2016.05	21	111	166	298
2016.06	21	106	158	285
2016.07	21	56	84	161
2016.08	21	84	126	231
2016.09	21	105	158	284
2016.10	21	108	162	291
2016.11	21	107	160	288
2016.12	21	96	144	260
2017.01	21	117	176	314
2017.02	21	115	173	309
2017.03	21	84	126	231

Tabla 19: Hora hombre necesaria por periodo con Sopa por grupo como el promedio del 2014-2015.

De la tabla anterior se desprende que bajo este escenario también se requieren a 2 personas trabajando 2 turnos 5 días a la semana. Sin embargo hay 3 meses en los que el tiempo disponible para procesar la cantidad total de Sopa producida el mismo mes es mayor a la cantidad de horas disponibles, ya que se considera que un 90% del tiempo las personas estarán realmente trabajando. Se considera que si en un mes no se alcanza, se deja para el mes siguiente ya que considerando las horas totales de forma anual, 2 personas a 2 turnos 5 días a la semana es suficiente. Además se debe recalcular el valor de las bandejas, siendo necesaria una compra inicial de 4000 bandejas y 1000 bandejas promedio mensual.

Periodo	Inversión	Gastos	Recuperado	Ganancia acumulada
Periodo 0	-\$ 32.817.481			
2016.04		\$ 2.063.968	\$ 32.818.915	-\$ 2.062.534
2016.05		\$ 2.063.968	\$ 32.860.923	\$ 28.734.421
2016.06		\$ 2.063.968	\$ 31.835.094	\$ 58.505.547
2016.07		\$ 2.063.968	\$ 20.578.303	\$ 77.019.882
2016.08		\$ 2.063.968	\$ 26.728.249	\$ 101.684.163
2016.09		\$ 2.063.968	\$ 31.444.697	\$ 131.064.892
2016.10		\$ 2.063.968	\$ 31.324.677	\$ 160.325.600
2016.11		\$ 2.063.968	\$ 32.009.368	\$ 190.271.001
2016.12		\$ 2.063.968	\$ 29.476.204	\$ 217.683.237
2017.01		\$ 2.063.968	\$ 38.662.337	\$ 254.281.606
2017.02		\$ 2.063.968	\$ 35.688.311	\$ 287.905.949
2017.03		\$ 2.063.968	\$ 23.172.468	\$ 309.014.450

Tabla 20: Resultados confección máquina recuperadora con Sopa por grupo como el promedio del 2014-2015.

Como se observa en la tabla anterior, en este caso el retorno de la inversión también se da al segundo mes de funcionamiento de la máquina. El valor total que se logra recuperar luego de un año de funcionamiento es de \$ 309.014.450.

9.5.7.2 Sensibilización dinámica

La variable más importante para determinar el potencial de ahorro es la demanda de cigarros capsule, la cual representa la producción que se debe hacer en la fábrica. Sin embargo bajo circunstancias normales los valores de la demanda pueden ser variables en el corto plazo pero a nivel año total el valor no presenta modificaciones importantes. Es por esto que esta variable no será una de las que se sensibilizarán en el siguiente análisis. Luego de esta la más importante es la cantidad de Sopa generada, ya que mientras más Sopa se genera mayores son las pérdidas que tiene la fábrica pero también es mayor el potencial de

ahorro que puede generar esta máquina. Es por esto que las variables que se sensibilizarán serán el porcentaje de Sopa producido por grupo, a los cuales se les asignará una distribución con la media y la desviación estándar obtenida de la muestra enero 2014 a diciembre 2015.

Existen dos restricciones que limitan la cantidad de Sopa que se puede procesar en la máquina recuperadora. Por un lado se tiene el porcentaje de Sopa máximo permitido por hebra y por el otro el tiempo disponible para procesar, ya que la máquina es una por lo que solo se puede procesar cigarros un máximo de 7 días a la semana 24 horas al día. Es por esto que antes de correr la sensibilización se calculó el porcentaje de Sopa total respecto a la producción y el tiempo que sería necesario para procesar los cigarros producidos como Sopa considerando el porcentaje de Sopa por grupo como el máximo para cada uno de ellos de los años 2014-2015. Bajo esta circunstancia se llegó a un porcentaje de Sopa respecto al total de un 3,3% en febrero de 2017 y el resultado de que para procesar toda la Sopa producida serían necesarios 3 turnos de trabajo 5 días a la semana. Con esto se llega a la conclusión de que bajo ningún escenario va a quedar Sopa sin procesar y además para la sensibilización las opciones de trabajo serán de 2 turnos 5 días a la semana y 3 turnos 5 días a la semana.

Considerando los mismos supuestos respecto al número de cuchillos utilizados y el número de cajas que se deben comprar en cada periodo, se realizan 100.000 iteraciones en el programa Crystal Ball y se obtienen los siguientes resultados.

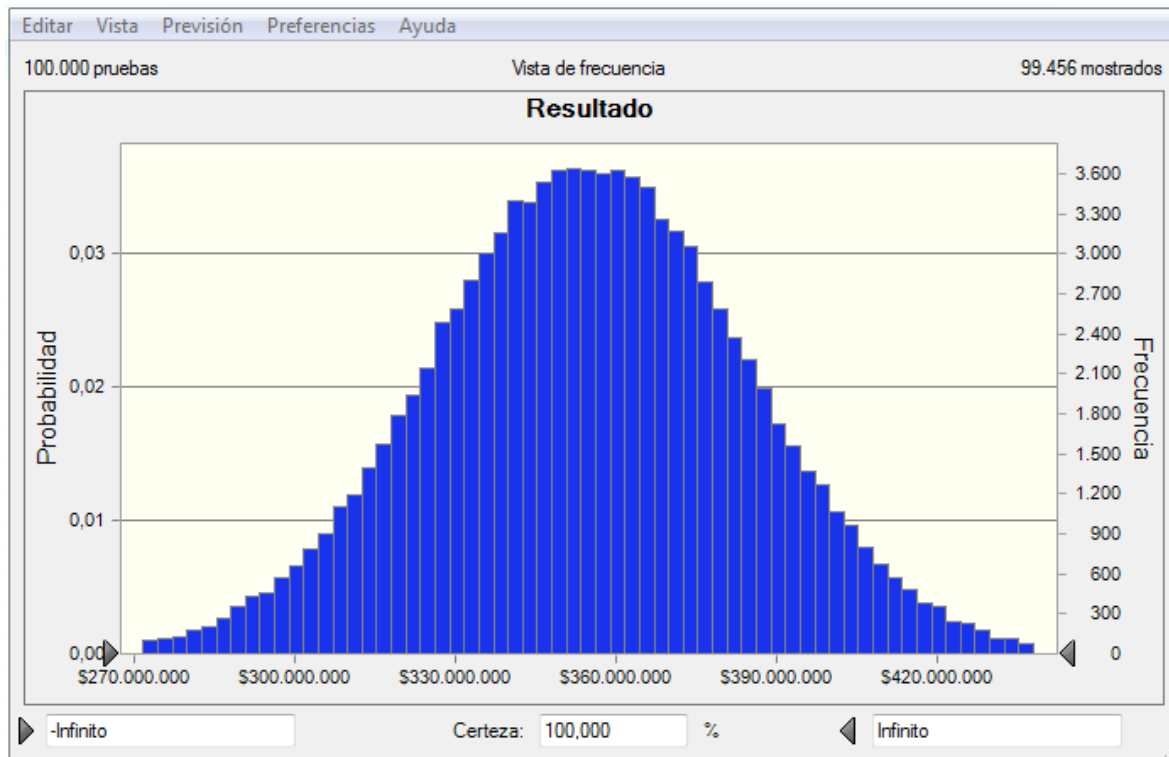


Ilustración 24: Vista de frecuencia sensibilización dinámica.

Estadística	Valores de previsión
► Pruebas	100.000
Caso base	(\$54.436.045)
Media	\$354.665.821
Mediana	\$354.637.070
Modo	---
Desviación estándar	\$29.688.465
Varianza	\$881.404.953.433.888
Sesgo	-0,0053
Curtosis	3,02
Coefficiente de variación	0,0837
Mínimo	\$231.614.866
Máximo	\$478.131.591
Error estándar medio	\$93.883

Ilustración 25: Estadística sensibilización dinámica.

Como se logra apreciar en las dos imágenes anteriores el 100% de los casos el valor total de lo recuperado en un año es positivo, superior a 230 millones de pesos y menor a

480 millones de pesos. El valor de la media es de \$354.665.821 y el de la mediana es muy similar, \$354.637.070. Con esto se concluye que el proyecto es extremadamente rentable y su retorno luego de un año es en promedio más de un 1000%.

En la siguiente imagen se muestran cuáles son las variables que tienen más peso sobre la varianza del resultado.

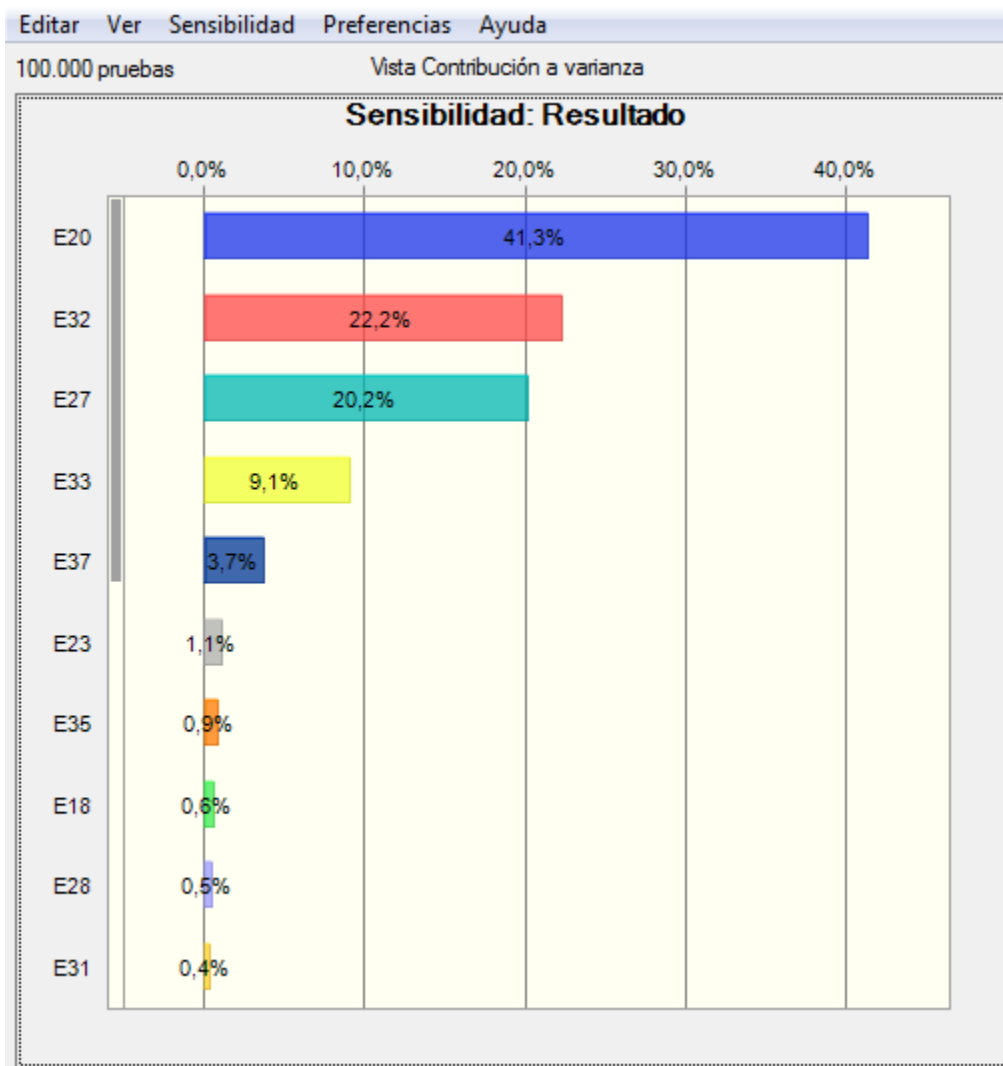


Ilustración 26: Contribución de las variables sensibilizadas a la varianza.

La variable que más contribuye a la varianza del resultado es el porcentaje de Sopa del grupo 25, seguido por el grupo 68, 61 y 69. Esto tiene dos razones, el número total de cigarros capsule producidos por el grupo y la desviación estándar. Lo que se cumple es que si dos grupos tienen la misma desviación estándar pero el grupo A produce más cigarros capsule que el grupo B, el grupo A tendrá una mayor influencia sobre la varianza. Y también si dos grupos tienen la misma producción, el que tenga la mayor desviación estándar será el que tenga un mayor impacto sobre la varianza del resultado.



10. CONCLUSIONES

La conclusión más importante de este trabajo es que la confección de la máquina recuperadora es sumamente rentable. En el escenario en el cual el porcentaje de Sopa por grupo es el mínimo del periodo Enero 2014- Diciembre 2015, el Payback es a los dos meses, al igual que en el escenario en el cual este porcentaje es el promedio del mismo periodo. Para el primer caso luego de un año la ganancia es de \$ 192.763.585 y para el segundo caso de \$ 309.014.450. Los resultados cuando se realiza una sensibilización dinámica de los porcentajes de Sopa de cada uno de los grupos arroja como resultado una ganancia promedio de \$354.665.821. Incluso es sumamente importante mencionar que no existe ningún escenario bajo el cual este proyecto entregue pérdidas, por lo que no existe razón económica para que no se lleve a cabo.

Dado que durante el 2015 se tuvo un número elevado de accidentes en la fábrica de Casablanca, globalmente se definió que el objetivo más importante para BAT Chile era cumplir la meta de 0 accidentes, por lo cual para esta nueva máquina fue un requisito importante la seguridad de los operadores de la misma. Los factores más importantes para la reducción del riesgo son la instalación de las defensas, los microswitch y los sensores instalados en la máquina, y por otro el uso de escalera especial que se requiere para el proceso de carga de cigarrillos. Con todo lo que se llevó a cabo asociado a seguridad se logró reducir el riesgo a niveles muy bajos, por lo cual el tema de la seguridad tampoco es un impedimento para utilizar la máquina recuperadora.

También se debe mencionar que la calidad de los productos es muy importante para la compañía y por esto se hacen múltiples pruebas de calidad a lo largo del proceso. El objetivo es detener la salida de productos defectuosos al mercado para evitar reclamos del consumidor, lo cual tiene variados impactos para la compañía. Como se mencionó en este trabajo, por concepto de calidad se define que el máximo porcentaje de Sopa permitido en una hebra es de un 4.2%. Bajo todos los escenarios analizados dicho porcentaje es menor, pero de todas formas se propone hacer un seguimiento en caso de que se presenten problemas en el producto.

Se debe hacer énfasis en que la situación base es que el 0% de la Sopa generada en cigarrillos capsule se recupera, lo cual representa una pérdida considerable para la compañía, además de una baja eficiencia del proceso. Por otro lado la situación con proyecto es que el 100% de esta Sopa se logra recuperar, lo cual representa una mejora significativa sobre la situación inicial. En otras palabras lo que hace esta máquina es permitir que en la fábrica se recicle el tabaco que antes se botaba directamente, lo cual significa una mejora del proceso de producción al reducir la cantidad de pérdidas.

Finalmente es importante mencionar que el hecho de comenzar a recuperar este tabaco significa una mejora en la posición competitiva de BAT Chile respecto a otras fábricas alrededor del mundo, ya que con esta recuperación el indicador de pérdidas será menor. Esto es sumamente importante ya que existen encargados globales de la compañía que están constantemente analizando qué fábricas debiesen permanecer abiertas y con qué capacidad productiva. Para esto se consideran indicadores operacionales, legales, impositivos, entre otros, y es perfectamente posible que si Chile no cumple con los estándares de proceso requeridos, se decida cerrar la fábrica de Casablanca.

11. REFERENCIAS

- Belohlavek, P. (2006). *OEE: Overall Equipment Effectiveness*. Buenos Aires: Blue Eagle Group.
- British American Tobacco. (2013). *Greenbook*. Southampton.
- British American Tobacco. (2013). *Memoria Anual 2013*. Santiago.
- British American Tobacco. (2014-2015). *Pérdidas SMD*. Casablanca.
- British American Tobacco. (2015). *Blackbook*. Casablanca.
- British American Tobacco. (2015). *Capacity*. Costa Rica.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. Mc Graw Hill.
- Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Bologna: Springer.
- Gryna, F., Chua, R., & Defeo, J. (2007). *Método Jurán. Análisis y planeación de la calidad*. McGraw-Hill Interamericana.
- Hauni Maschinenbau AG. (2006). *Manual del operador. Protos 90 ER*. Hamburgo.
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones*. Madrid: Pearson.
- Zaeh, M. (2014). *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability*. Springer.