



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS
IID200
C35
V. 1.

**“EVALUACIÓN Y PAUTAS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL CONTROL
ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN UNA PLANTA MANUFACTURERA DE
CIGARRILLOS EN VENEZUELA”**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR

CAPÓN COLAZZA, KEVIN
ROJAS MOLINA, CARLOS V.

PROFESOR GUIA

PÉREZ, CÉSAR

FECHA

CARACAS, OCTUBRE 2006.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I. Descripción de la Empresa.....	2
1.1. Reseña Histórica de la Empresa.....	2
1.2. Organigrama de la Empresa.....	3
1.3. Misión y Visión.....	5
1.3.1. Visión.....	5
1.3.2. Misión.....	6
1.3.3. Organización y Características del departamento donde se realizó el Trabajo Especial de Grado.....	6
1.4. Objetivo General del Trabajo Especial de Grado.....	6
1.5. Objetivos Específicos del Trabajo de Grado.....	7
1.6. Alcance y Limitaciones.....	7
1.6.1. Alcance.....	7
1.6.2. Limitaciones.....	7
2. CAPÍTULO II. Marco Referencial.....	8
2.1. Etapas del Trabajo.....	8
2.2. Metodología Empleada.....	10
2.3. Marco Teórico.....	11
2.3.1. Conceptos Básicos.....	11
2.3.1.1. Causas Asignables.....	11
2.3.1.2. Causas No Asignables.....	12
2.3.1.3. Conceptos Estadísticos Elementales.....	12
2.3.1.4. Gráficos de Control.....	14
2.3.1.4.1. Límites de Control.....	15
2.3.1.4.2. Reglas de Control Estadístico de Procesos.....	16
2.3.1.5. Límites de Especificación.....	17
2.3.1.6. Capacidad de Proceso.....	17
2.3.1.7. Prueba Chi-Cuadrado de Bondad del Ajuste.....	18

2.3.1.8.	Prueba De Levene.....	18
2.3.1.9.	Análisis de Varianza (ANOVA). Modelo de Efectos Fijos Unifactorial.....	19
2.3.1.10.	Prueba Bilateral para la Media con Varianza Desconocida...	19
2.3.1.11.	Prueba Unilateral Derecha para la Varianza de una Distribución Normal.....	19
3.	CAPÍTULO III. Descripción de la Situación Actual.....	20
3.1.	Procesos Productivos de la Planta Caracas.....	20
3.1.1.	Departamento de Primaria.....	22
3.1.1.1.	Proceso Productivo de Primaria (PMD).....	25
3.1.2.	Departamento de Secundaria.....	26
3.1.2.1.	Proceso Productivo de Secundaria (SMD).....	28
3.2.	Planteamiento del Problema.....	30
4.	CAPÍTULO IV. Análisis de la Situación Actual.....	34
4.1.	Diagnóstico del Proceso.....	34
a)	Área de Primaria (PMD).....	34
b)	Área de Secundaria (SMD).....	39
4.2.	Diagnóstico del Capital Humano.....	46
a)	Personal Operativo de Primaria.....	47
b)	Personal Operativo de Secundaria.....	48
c)	Personal Administrativo.....	49
4.3.	Herramientas Utilizadas para el Control de Procesos.....	52
a)	Área de Primaria (PMD).....	52
b)	Área de Secundaria (SMD).....	56

5. CAPÍTULO V. Propuestas de Mejora	62
5.1. Proceso	62
a) Área de Primaria (PMD)	62
b) Área de Secundaria (SMD)	64
5.2. Capital Humano	67
a) Personal Operativo de Primaria	67
b) Personal Operativo de Secundaria	67
c) Personal Administrativo	68
1.2. Herramientas Utilizadas para el Control de Procesos	68
a) Herramientas de Control para el Área de Primaria	68
b) Herramientas de Control para el Área de Secundaria	70
6. CONCLUSIONES	73
7. RECOMEDACIONES	75
8. BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Clasificación de las Hebras utilizadas por la compañía.....	24
Tabla N°2. Marcas de cigarrillos producidas actualmente.....	27
Tabla N°3. Variables de estudio por área del proceso.....	32
Tabla N°4. Distribución Normal para las variables del estudio.....	33
Tabla N°5. Índice Cp para la Hebra H165.....	34
Tabla N°6. Límites de Control y de Especificación para el Proceso de PMD.....	35
Tabla N°7. Límites de Control Central, Prueba de Centramiento del Proceso de PMD.....	35
Tabla N°8. <i>Coeficientes de Correlación entre la Humedad Ambiental y la Humedad de la Hebra.....</i>	38
Tabla N°9. Resumen de las Tolerancias del Proceso de cada módulo de producción para la marca Cónsul.....	39
Tabla N°10. Resumen de las Desviaciones Estándar estimadas para cada módulo de producción	40
Tabla N°11. Resumen de la Capacidad de Proceso para cada módulo de producción.....	40
Tabla N°12. Tabla resumen de Posibles Causas Asignables para el área de SMD.....	42
Tabla N°13. Coeficientes de Correlación entre la Humedad Ambiental y las variables de estudio de SMD.....	43
Tabla N°14. Resultados de la encuesta, personal operativo de PMD.....	47
Tabla N°15. Resultados de la encuesta, personal operativo de SMD.....	48
Tabla N°16. Observaciones importantes de la encuesta del personal operativo de SMD.....	49
Tabla N°17. Resultados de la encuesta, personal administrativo.....	50
Tabla N°18. Observaciones importantes de la encuesta del personal administrativo de la planta.....	51

Tabla N°19. Especificaciones de Humedad por punto de control. Área de PMD.....	53
Tabla N°20. Resumen de deficiencias encontradas en las herramientas de control del proceso utilizadas actualmente.....	60
Tabla N°21. Análisis de Operaciones para el proceso de PMD.....	63
Tabla N°22. Análisis de Operaciones para el proceso de SMD (Continúa).....	65
Tabla N°23. Análisis de Operaciones para el proceso de SMD (Continuación).....	66
Figura N° 1. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 2. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 3. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 4. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 5. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 6. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 7. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 8. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 9. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 10. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 11. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 12. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 13. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 14. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 15. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 16. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 17. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 18. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 19. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 20. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 21. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 22. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	
Figura N° 23. Diagrama de flujo de la producción de cigarrillos	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Organigrama de la Empresa.....	3
Figura N°2. Diagrama de Flujo de la metodología empleada para el desarrollo del estudio.....	10
Figura N°3. Ejemplo de Gráficos de Control del tipo $\bar{X}$ vs S	15
Figura N°4. Flujograma del Proceso Productivo de la compañía.....	21
Figura N°5. Área de Primaria.....	24
Figura N°6. Diagrama de Flujo del proceso de PMD.....	25
Figura N°7. Máquina Elaboradora de Cigarrillos.....	26
Figura N°8. Máquina Empaquetadora de Cigarrillos.....	27
Figura N°9. Diagrama de Flujo del proceso de SMD.....	28
Figura N°10. Diagrama de Flujo del subproceso de Elaboración.....	29
Figura N°11. Elementos que conforman la variable Peso del Cigarrillo.....	30
Figura N°12. Elementos que conforman la variable Circunferencia de los Cigarrillos.....	31
Figura N°13. Elementos que conforman la variable % de Ventilación de los Cigarrillos	31
Figura N°14. Histograma de Frecuencias para la Hebra H165.....	35
Figura N°15. Gráfico de Control para la Media, Hebra H165.....	36
Figura N°16. Gráfico de Control para la Desviación Estándar, Hebra H165.....	36
Figura N°17. Diagrama de Flujo del subproceso de Secado de Vena.....	37
Figura N°18. Histograma de Frecuencias para las variables de estudio de SMD.....	41
Figura N°19. Fotos de los Sistemas de Regulación del Peso.....	43
Figura N°20. Fotos de los Sistemas de Regulación de la Circunferencia.....	44
Figura N°21. Vista de la pantalla reguladora del láser de Ventilación.....	45
Figura N°22. Comparación respuestas correctas vs incorrectas de las encuestas realizadas al personal operativo y administrativo.....	51

Figura N°23. Layout actual del área de Primaria.....	52
Figura N°24. Vista del Sistema FIX de Primaria.....	54
Figura N°25. Gráfico de Control de Humedad de la Hebra.....	56
Figura N°26. Vista de los Gráficos de Control del software Freeway utilizado actualmente por la compañía.....	58
Figura N°27. Vista de los Gráficos de Control del software Freeway. Deficiencias encontradas.....	59
Figura N°28. Diagrama Causa-Efecto de Variabilidad de Primaria.....	61
Figura N°29. Diagrama Causa-Efecto de Variabilidad de Secundaria.....	61
Figura N°30. Preguntas fundamentales para el Análisis de Operaciones en el área de PMD.....	62
Figura N°31. Preguntas fundamentales para el Análisis de Operaciones en el área de SMD.....	65
Figura N°32. Vista propuesta para el paquete informático de Control Estadístico de Procesos.....	71

SINOPSIS

El siguiente es un Trabajo Especial de Grado que se desarrolló para la empresa C.A. Cigarrera Bigott, Sucs., en la ciudad de Caracas, Venezuela, con el objetivo principal de evaluar y generar pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos como metodología para el control de la calidad en la planta de Caracas.

El trabajo se desarrolló en base a las siguientes etapas:

En la primera etapa de estudio, se identificaron y evaluaron las prácticas de la empresa en materia de Control Estadístico de Procesos, enfocándose en los factores: Procesos, Capital Humano y Herramientas de Control. Para ello se estudió el proceso productivo, se evaluó al personal operador y administrativo de la planta y se estudiaron las herramientas de control de procesos.

En la segunda etapa de estudio, se analizó la data de la situación actual de la planta de Caracas obtenida en la etapa anterior para los factores antes mencionados. Se estudió y analizó la variabilidad del proceso productivo.

En la tercera etapa de estudio, se elaboraron propuestas de mejora en base al análisis de resultados obtenido, para los Procesos Productivos, Capital Humano y Herramientas de Control de Procesos.

Finalmente en la cuarta etapa de estudio, se validaron las propuestas de mejora mediante la aplicación de una prueba piloto en un módulo de producción para finalmente generar conclusiones y recomendaciones para la empresa.

El estudio permitió concluir lo siguiente:

- El proceso productivo de la compañía no es capaz.

-
- Se encontraron altos índices de variabilidad asociados al proceso productivo.
 - La metodología de control de procesos utilizada actualmente por la compañía es poco eficiente para mantener un control de la variabilidad del proceso.
 - El Capital Humano de la empresa carece del conocimiento de la metodología de Control Estadístico de Procesos.
 - Se comprobó que la aplicación de la metodología de Control Estadístico de Procesos, permite aumentar la calidad del producto y generar un ahorro económico para la empresa.

INTRODUCCIÓN

C.A. Cigarrera Bigott, Sucs. Es una empresa dedicada a la producción y comercialización de cigarrillos en Venezuela y en algunos países latinoamericanos. Por tratarse de un producto de consumo masivo, se debe asegurar constantemente altos niveles de calidad para garantizar el sabor y composición de la fumada que busca el cliente. Para ello la compañía mantiene como política interna, la búsqueda de sistemas que permitan mejorar la calidad del producto constantemente y controlar el mantenimiento de dichos parámetros.

En vista de esto, C.A Cigarrera Bigott, Sucs. Se ha enfocado en mantener un control sobre sus productos a través de diversas técnicas y herramientas de control. Para ello, existe el Departamento de Calidad, el cual se encuentra encargado de velar por el cumplimiento de la calidad del producto, por lo que tiene la potestad de intervenir sobre el proceso productivo para llevar a cabo mejoras que permitan conseguir los objetivos planteados. Sin embargo, la filosofía de la empresa está migrando al estudio del proceso productivo, a fin de mejorar los niveles de calidad del producto.

El objetivo de este estudio, es la evaluación y generación de pautas para la implantación del Control Estadístico de Procesos, como herramienta útil para el monitoreo y aseguramiento de la calidad de los cigarrillos producidos en la compañía.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

C.A. Cigarrera Bigott, Sucs., se encuentra ubicada en Los Ruices, Caracas, en la Avenida Francisco de Miranda.

1.1 Reseña Histórica

El 7 de Enero de 1921 se funda Cigarrera Bigott Sucs. Con una sola máquina de enrollar cigarrillos, 20 trabajadores y un capital de 600 mil bolívares, la Empresa inicia sus actividades en la casa N° 132 de Maderero a Bucare, actualmente la Avenida Baralt de Caracas.

El crecimiento de la empresa para 1922 originó la necesidad de una nueva sede trasladándose a la esquina Aserradero y posteriormente, en 1934, la empresa se mudó a la Avenida Principal de Maripérez. Para esa fecha, el personal en todo el país alcanzaba aproximadamente 500 personas. A partir del año 1939, Bigott comienza a expandirse por todo el territorio nacional creando una sucursal en Mérida. En 1942, se abren nuevas sucursales en Valera y Maracaibo. Siete años después San Cristóbal, Barcelona y Barquisimeto también se convierten en ciudades sede de Cigarrera Bigott. En 1957 se levantó la primera gran fábrica de Los Dos Caminos, su actual sede, en donde se elabora el producto final. En este edificio están ubicadas las direcciones de: Finanzas, Producción, Mercadeo Trade Marketing & Distribución, Relaciones Corporativas y Recursos Humanos.

En 1962 es inaugurada la Planta Valencia, en donde actualmente se procesa el tabaco para luego enviarlo a la Planta Caracas. En esta sede, está ubicada la Dirección de Agricultura. Para el año 1981, el proceso de elaboración de cigarrillos es 100% automatizado y se crean dos nuevas sucursales: Maturín y Maracay.

En 1989 se abre la sucursal de Barinas y para 1995 se crea Distribuidora Bigott, quien es la encargada de manejar todo lo relacionado con la distribución de los productos. Bigott pasó a formar parte del Grupo Multinacional BAT Industries desde la segunda década del siglo 20. A comienzos de 1996, el negocio tabacalero de BAT pasó a ser manejado en forma centralizada por una nueva empresa: la British-American Tobacco (Holdings) Limited, con sede en Gran Bretaña.

El grupo comercializa hoy en día más de 320 marcas que liderizan las ventas en más de 60 mercados alrededor del mundo. El negocio genera unos 100.000 empleos en sus operadoras, distribuidas en 180 países.

La empresa desde sus orígenes, ha tenido en sus prioridades el desarrollo de actividades culturales, agrícolas, científicas y educativas, es por ello, que en 1963 se crea la Fundación Bigott, la cual ha desarrollado a lo largo de su trayectoria institucional extensos programas culturales, educativos, agrícolas y ambientales.

1.2 Organigrama de la Empresa

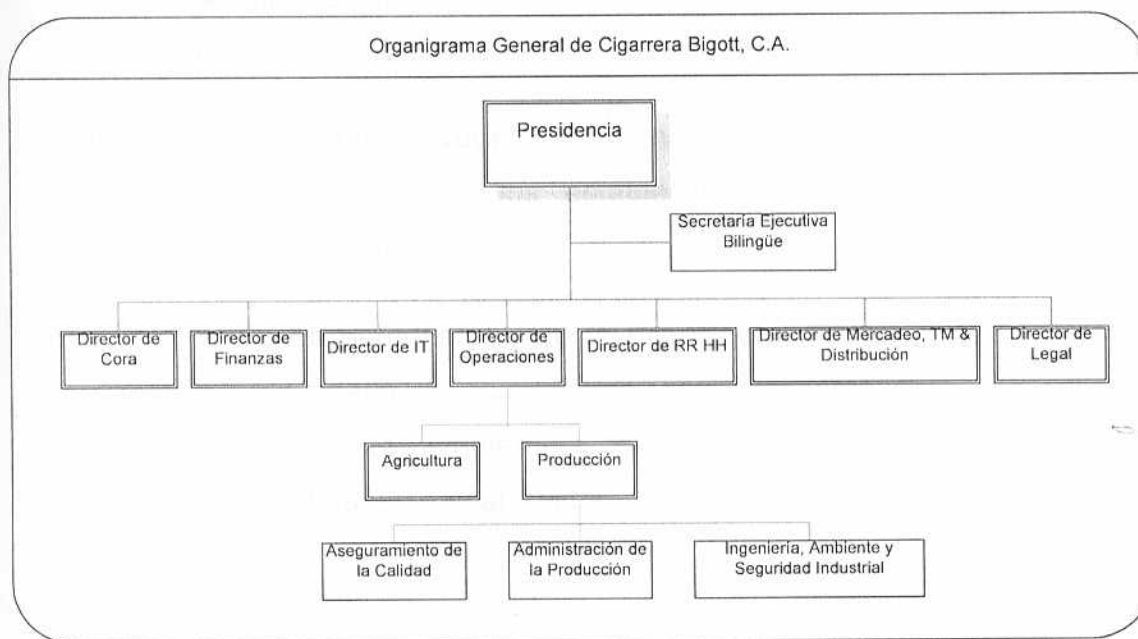


Figura N°1. Organigrama de la empresa C.A. Cigarrera Bigott, Sucs.

- a) **Dirección de Cora:** se encuentra encargada de gerenciar las relaciones de la empresa con su entorno nacional y mundial. Esto incluye, comunicaciones con el gobierno nacional, medios e instituciones públicas y privadas.
- b) **Dirección de Finanzas:** se encarga de satisfacer las necesidades de los clientes en lo relativo a la administración de recursos financieros y servicios de tecnología de información, así como asesoría administrativa, legal, financiera y de control interno.
- c) **Dirección de IT:** la dirección de IT se encuentra encarga de la procura de los sistemas informáticos necesarios para el funcionamiento de la compañía, mantenimiento anual y renovación.
- d) **Dirección de Operaciones:** la dirección de Operaciones se encuentra encargada de la logística de todas las actividades productivas que se llevan a cabo en la compañía. Contempla las siguientes Direcciones:
 - i. **Dirección de Agricultura:** se encuentra encargado de almacenar y producir los tabacos requeridos en calidad, cantidad y a un precio competitivo.
 - ii. **Dirección de Producción:** se encuentra encargada de garantizar la producción de cigarrillos establecida, bajo los niveles de calidad esperados. Contempla:
 - 1) **Administración de la Producción:** optimiza los costos en la Cadena de Suministros, con altos estándares de calidad de servicio. Contempla las áreas de Compra de materiales, Almacén Fiscal, Distribución y Logística.

1.3.2 Misión

2) Aseguramiento de la Calidad: Su misión es velar por el cumplimiento de los niveles de calidad en los empaques y productos de la compañía.

iii. Dirección de Ingeniería, Ambiente y Seguridad Industrial: esta dirección se encuentra encargada de velar por el buen funcionamiento de los servicios industriales. De igual manera, debe cumplir con los estándares de ambiente, higiene y seguridad personal impuestos por las regulaciones locales y por la B.A.T.

e) Dirección de RR HH: el objetivo de esta dirección se enfoca en las relaciones interpersonales de los trabajadores de la empresa. pagos, control de nómina, y desarrollo de talleres y actividades para fomentar el desarrollo del personal.

f) Dirección de Mercadeo: se encarga de garantizar el posicionamiento de los productos en el mercado y de garantizar ventas sustanciales para la empresa. Esto involucra publicidad y eventos para mercadear los productos.

g) Dirección de Legal: este departamento se encarga de la gestión legal de la empresa tanto a nivel interno como externo.

1.3 Misión y Visión

1.3.1 Visión

“Ser la Mejor y más Respetada Empresa de Tabaco en el Mundo”.

Seremos la Empresa más reconocida de Venezuela y el grupo BAT, modelo mundial por sus principios, logros, calidad de gestión, innovación y enfoque al cliente, en un ambiente de trabajo que maximiza la creatividad, compromiso y potencial de nuestra gente.

1.3.2 Misión

“Garantizar al Consumidor el Placer de Fumar y la Defensa de su Libertad de Elección”.

Garantizar al consumidor el placer de fumar implica ofrecer un producto de la más alta calidad que satisfaga sus más exigentes expectativas. Al mismo tiempo, debemos defender la libertad de elección del fumador en un entorno cada vez más adverso.

1.3.3 Organización y Características del departamento donde se realizó el Trabajo Especial de Grado

El Departamento de Aseguramiento de la Calidad de C.A. Cigarrera Bigott, Sucs. pertenece a la Dirección de Operaciones. Cuenta con un (1) Gerente de Aseguramiento de la Calidad, un (1) Ingeniero de Procesos, dos (2) Supervisores de Calidad, un (1) Analista de Especificaciones, seis (6) Analistas del Laboratorio Físicoquímico, dos (2) Analistas del Laboratorio de Empaque y un (1) Coordinador de Laboratorios.

1.4 Objetivo General del Trabajo Especial de Grado

Evaluar y generar las pautas necesarias para la implantación del control estadístico de procesos, en la fabricación de cigarrillos para garantizar los niveles de calidad nacionales e internacionales establecidos por la asociación British-American Tobacco.

1.5 Objetivos Específicos del Trabajo de Grado

1. Realizar un diagnóstico en Cigarrera Bigott – Caracas, basado en el conocimiento y manejo del Control Estadístico de Procesos tanto a nivel de producción (área de Primaria y Secundaria), como a nivel del capital humano de la empresa.
2. Evaluar los procesos utilizados actualmente por la empresa en el manejo del Control Estadístico de Procesos en las áreas de Primaria y Secundaria.
3. Diseñar opciones de mejora que lleven a un mayor control de los procesos productivos.
4. Seleccionar las opciones que mejor se ajusten al Control Estadístico de Procesos requerido en las operaciones de la empresa.
5. Realizar una prueba piloto en un Módulo de Producción de Secundaria para validar las recomendaciones.
6. Proponer recomendaciones basadas en los resultados de la prueba piloto.

1.6 Alcance y Limitaciones

1.6.1 ALCANCE

- Establecer las pautas necesarias para la implantación del control estadístico.
- Ofrecer cursos de capacitación en materia de Control Estadístico de Procesos al personal obrero y analistas de calidad.

1.6.2 LIMITACIONES

- Disponibilidad de tiempo de planta y de los operadores, tanto en Primaria como en Secundaria.
- Disponibilidad de los software al momento de realizar la evaluación.
- La implantación del proyecto depende totalmente de la empresa.
- Disponibilidad en la planificación de producción para realizar la prueba piloto de implantación del Control Estadístico de Procesos en el módulo a escoger. La prueba piloto será solo realizada en el área de Secundaria.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Etapas del Trabajo

1^{era} Etapa: Identificación y Evaluación de Prácticas Operativas

En esta etapa, se identificaron y evaluaron las prácticas aplicadas en la empresa sobre Control Estadístico de Procesos, enfocándose en los factores: Proceso, Herramientas de Control y Capital Humano. Para ello, se levantaron diagramas de flujo de procesos en cada una de las áreas, identificando las variables de estudio más críticas. Seguidamente, se evaluaron las herramientas utilizadas para Control Estadístico de Procesos y finalmente se llevó a cabo una encuesta informativa para evaluar el conocimiento sobre Control Estadístico de Procesos del Capital Humano de la empresa (operadores, analistas, supervisores y gerentes).

2^{da} Etapa: Análisis de Datos de la Situación Actual

Consistió en el análisis de los datos obtenidos en la Etapa 1 para cada uno de los factores respectivos (Proceso, Herramientas de control y Capital Humano). En cuanto a procesos, se enfocó el estudio en los Límites de Control y en la variabilidad del proceso; en las herramientas de control se analizaron las metodologías de control, así como los software o cualquier otra herramienta utilizada para el Control Estadístico de Procesos, y finalmente para el Capital Humano se determinaron las fallas conceptuales y prácticas de los encuestados.

3^{ra} Etapa: Propuestas de Mejora

La tercera etapa de estudio, parte del análisis obtenido a partir de los datos de la situación actual para elaborar una serie de propuestas para las áreas productivas de la compañía, enfocándose en las variables de estudio más críticas.

4^{ta} Etapa: Validación de Propuestas

Consistió en la aplicación de una prueba piloto en un módulo de producción de cigarrillos para evaluar el desempeño de las propuestas y así poder determinar las mejores prácticas ajustadas al proceso, para finalmente proponerlas a la empresa como soluciones efectivas ante los problemas determinados.

2.2 Metodología Empleada

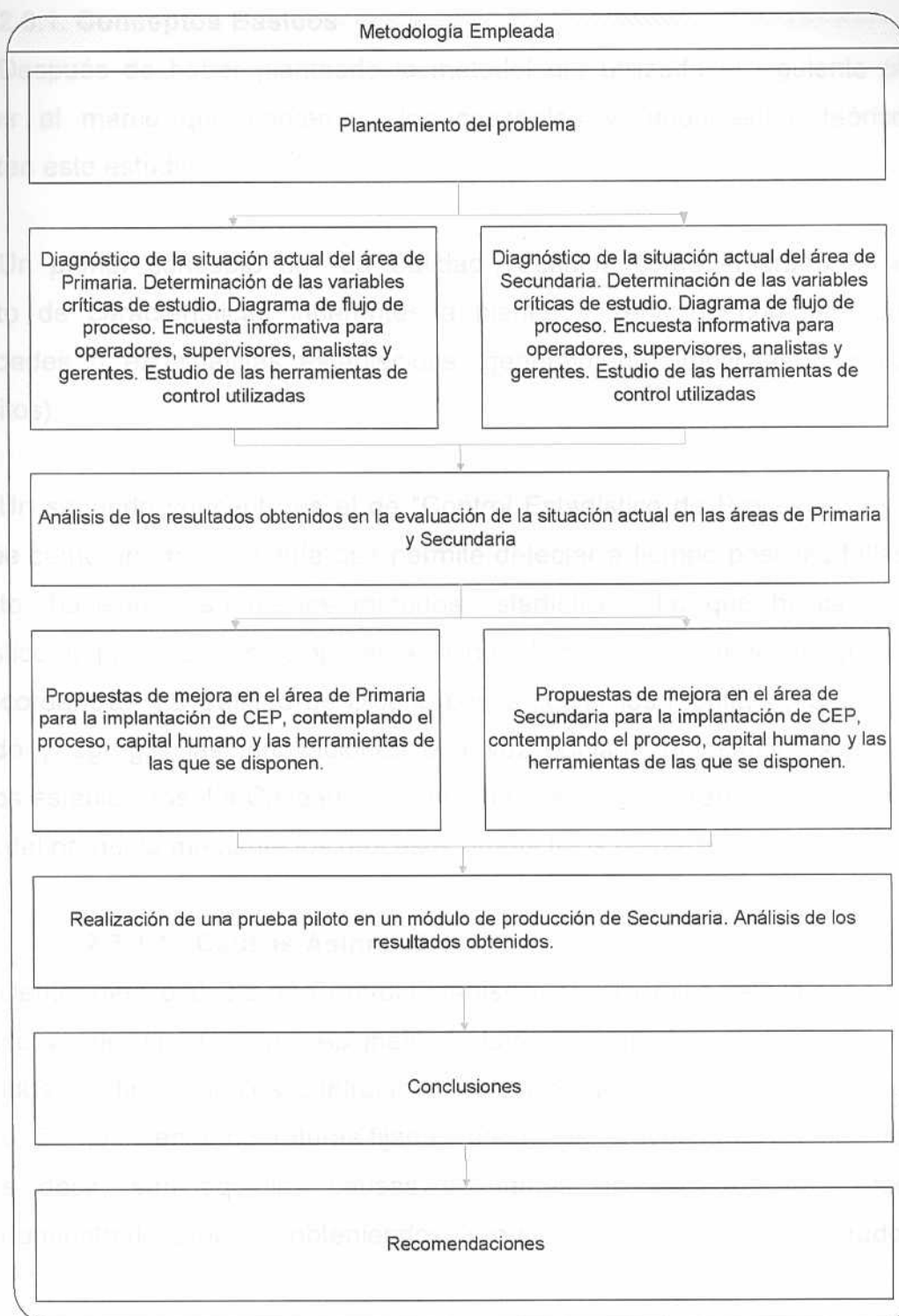


Figura N°2. Diagrama de flujo de la metodología empleada para el estudio.

2.3 Marco Teórico

2.3.1. Conceptos Básicos

Después de haber planteado la metodología utilizada el siguiente paso es describir el marco que contempla los conceptos y fundamentos teóricos que sustentan este estudio.

Un primer concepto es “La Calidad”, definida como el grado en que un conjunto de características inherentes a bienes y servicios cumplen con unas necesidades o expectativas establecidas, generalmente implícitas u obligatorias (requisitos).

Un segundo concepto es el de “Control Estadístico de Procesos”, el cual se describe como una metodología que permite detectar a tiempo posibles fallas de un producto, haciendo uso de los métodos estadísticos. Lo que busca el control estadístico de procesos, es comparar la calidad de diseño del producto con la calidad de concordancia. La Calidad de Diseño busca copiar los resultados del estudio de mercado y agregar las innovaciones una vez copiado el estudio, siguiendo los métodos establecidos. La Calidad de Concordancia busca la reproducción exacta del diseño del producto mediante los procesos productivos respectivos.

2.3.1.1. Causas Asignables

Dentro del Concepto de Control Estadístico de Procesos vale la pena destacar el concepto de las Causas Asignables. Las Causas Asignables son cambios producidos en las variables controlables del proceso y pueden ser identificadas. Ejemplo: Cambios en temperaturas fijadas, presiones, proveedores de materia prima, etc. Es decir, son aquellas causas o fuentes de variación que afectan el comportamiento del proceso, obteniéndose productos diferentes a lo esperado.

2.3.1.2. Causas No Asignables

Las Causas No Asignables son cambios producidos en las variables no controlables del proceso. Por ejemplo: pequeñas variaciones de calidad del plástico, pequeños cambios en la velocidad del pistón, ligeras fluctuaciones de la corriente eléctrica que alimenta la máquina, etc. Las causas no asignables siempre están presentes en el proceso, por lo tanto originan pequeñas variaciones en el comportamiento del mismo.

2.3.1.3. Conceptos Estadísticos Elementales

La aplicación del Control Estadístico de Procesos, viene acompañada de conocimientos elementales de estadística, los cuales serán mencionados y explicados a continuación:

- **Promedio Muestral (Media):** Supóngase una población X , de tamaño N . Sea m_1 , una muestra aleatoria de tamaño n de la población X , en donde $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$ son las observaciones en la muestra. La medida más importante de la tendencia central de la muestra es el promedio muestral, el cual se calcula como:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Donde:

$\bar{X}$ = promedio muestral.

n = cantidad de elementos presentes en la muestra.

Ahora, supóngase que se tienen m muestras de tamaño n , y se quiere conocer el promedio de los promedios muestrales (o lo que llamaremos la Gran Media):

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \bar{X}_4 + \dots + \bar{X}_m}{m} \quad (2)$$

Donde:

$\bar{\bar{X}}$ = Promedio de los promedios muestrales.

m = Número de muestras de tamaño n obtenidas del proceso.

- **Varianza Muestral:** Supóngase nuevamente una población X, de tamaño N. Sea m_1 , una muestra aleatoria de tamaño n de la población X, en donde $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$ son las observaciones en la muestra. Sea $\bar{x}$ la media muestral de dicha muestra. Entonces la varianza muestral (S^2) mide la variabilidad que presentan los datos de la muestra con respecto al valor promedio. Entre más grande sea la varianza muestral, mayor es la variabilidad de los datos en la muestra.

La varianza muestral, se obtiene de la siguiente manera:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3)$$

Donde:

x_i = Datos que pertenecen a la muestra m_1 .

$\bar{x}$ = Promedio de los datos muestrales.

n = número de datos contenidos en la muestra.

Normalmente, se prefiere utilizar la raíz cuadrada de la variancia muestral, llamada **desviación estándar muestral (S)**, como medida de la variabilidad.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

De igual manera que el promedio muestral, se puede calcular el promedio de la varianza muestral, a partir de un grupo de muestras que provienen de una población X. Entonces:

$\bar{S}$ = Promedio de las varianzas muestrales.

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_n}{n} \quad (5)$$

Donde:

S_1 = Desviación estándar muestral para la muestra m_1

S_2 = Desviación estándar muestral para la muestra m_2 .

S_n = Desviación estándar muestral para la muestra n.

2.3.1.4. Gráficos de Control

El Control Estadístico de Procesos se apoya en los gráficos de control, que son gráficas que permiten monitorear el proceso y observar su comportamiento de acuerdo a niveles de calidad definidos previamente. Los gráficos de control se dividen en dos tipos:

- Gráficos por atributos: comprenden los Gráficos de Porcentaje de Defectuosos (Gráficos P), Gráficos de Cantidades Defectuosas (Gráficos nP), Gráficos de Cantidad de Defectuosos en el lote (Gráficos C) y los Gráficos de Cantidad de Defectuosos por Unidad (Gráficos U).
- Gráficos por variables: en este renglón se incluyen las Gráficas $\bar{X}$ vs R (Media vs Rango) y $\bar{X}$ vs S (Media vs Desviación).

Los Gráficos de Control del tipo $\bar{X}$ vs S (utilizados para operar en las áreas de PMD y SMD), poseen una gráfica de estudio para la media del proceso y una gráfica para el estudio de la desviación del proceso. Cada gráfica contiene **Límites de Control**, calculados según el parámetro que se esté midiendo (más adelante se indicará como se calculan para cada gráfica).

En los gráficos de control, se tiende a hablar de **procesos centrados**, lo cual quiere decir que el Límite Central de Control, coincide con el valor medio de la especificación de la variable en estudio. **Siempre se busca que el proceso se encuentre centrado, ya que se obtendrán productos con mejores niveles de calidad.**

Gráfica de Control del tipo $\bar{X}$ vs S:

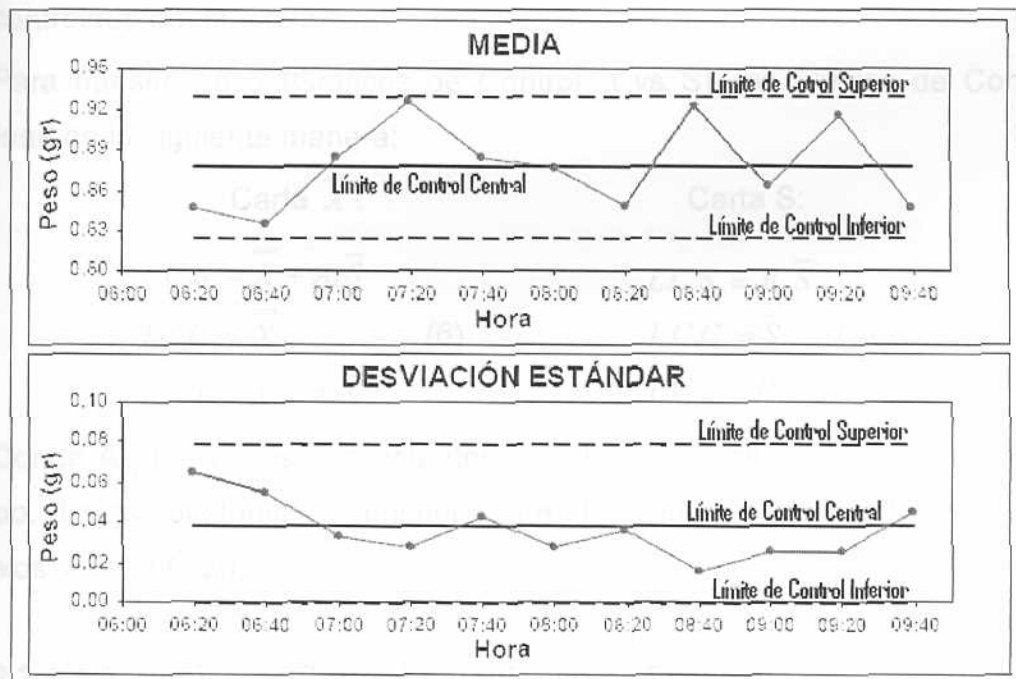


Figura N°3 Ejemplo de Gráficos de Control del tipo $\bar{X}, S$

2.3.1.4.1. Límites de Control

Los Límites de Control establecen un rango de operación, en el cual el proceso se encuentra bajo control, es decir, que opera sólo bajo **causas no asignables**. Los Límites de Control, a diferencia de los Límites de Especificación, se determinan a partir del comportamiento del proceso, es decir, son dependientes del desenvolvimiento del proceso. El cálculo de los Límites de Control, depende del tipo de **Gráfico de Control** que se esté utilizando para monitorear el proceso, y del tamaño del subgrupo para las muestras que se estén tomando.

Los Límites de Control, contemplan lo siguiente:

- Un Límite de Control Superior (L.C.S.) el cual indica el límite máximo de operación controlada del proceso.
- Un Límite de Control Central (L.C.C.) el cual indica el promedio de las medias o desviaciones de los subgrupos muestreados. Este límite es conocido también como la Gran Media.
- Un Límite de Control Inferior (L.C.I.) que indica el límite mínimo de operación controlada del proceso.

Para nuestro caso (Gráficos de Control $\bar{X}$ vs S), los Límites de Control se determinan de la siguiente manera:

Carta $\bar{X}$:

$$\begin{aligned} L.C.S. &= \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} \\ L.C.C. &= \bar{\bar{X}} \\ L.C.I. &= \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} \end{aligned} \quad (6)$$

Carta S:

$$\begin{aligned} L.C.S. &= B_4 \bar{S} \\ L.C.C. &= \bar{S} \\ L.C.I. &= B_3 \bar{S} \end{aligned} \quad (7)$$

Donde A_3 , B_3 , y B_4 son constantes que dependen del tamaño de muestra del subgrupo. Estas constantes se encuentran en la "Tabla de Constantes" en el Tomo de Anexos, Anexo N°20.

2.3.1.4.2. Reglas de Control Estadístico de Procesos

Existen ciertas reglas que determinan cuando un proceso se encuentra dentro o fuera de control. Su conocimiento es esencial para mantener la metodología del Control Estadístico de Procesos y en el Tomo de Anexos, Anexo Teórico N°21 se explican detalladamente en qué consisten las ocho reglas de control, así como también algunas causas asignables que pudieran estar relacionadas con estas reglas según sea el caso.

2.3.1.5. Límites de Especificación

Se llama especificación al valor numérico que una cierta característica de calidad debe cumplir, para que se considere al producto como satisfactorio. Generalmente las especificaciones son bilaterales, es decir, que establecen dos límites. En algunos casos, la especificación puede ser unilateral. El concepto más importante en relación a una especificación, es que los valores que ella establece se aplican para cada pieza individualmente, y no al promedio de una muestra o subgrupo. Son definidos por un especialista en la materia, el cual establece el rango de trabajo de acuerdo a las siguientes premisas:

- ✓ Gustos o requerimientos del cliente.
- ✓ Normas legales o gubernamentales que regulen el diseño de algunos productos.

A su vez, los límites de especificación contemplan lo siguiente:

- Un Límite Superior de Especificación (LSE), el cual representa el límite máximo de trabajo o de lo que se quiere de una variable en estudio.
- Un Límite Inferior de Especificación (LIE), el cual muestra el límite mínimo de trabajo o de lo que se quiere del comportamiento de una variable.
- Tolerancia, definida como la diferencia entre los límites de especificación.
- Un Límite Central de Especificación o Punto Medio de Especificación. En el caso de Cigarrera Bigott, el punto medio de especificación se denomina TARGET, el cual define el valor medio que se quiere de una variable.

2.3.1.6. Capacidad de Proceso

Es la habilidad que tiene el proceso de cumplir con los requisitos especificados. La capacidad de proceso parte del supuesto de Normalidad de la variable de calidad estudiada, debido a que la teoría de control estadístico supone

como axioma que bajo condiciones estables, es decir, cuando sólo actúan causas no asignables, el comportamiento del proceso debe ajustarse a la Distribución Normal. La capacidad de proceso se denota con las letras C_p y se calcula según la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{Ls - Li}{6\sigma} \quad (8)$$

Ls = Límite superior de especificación.

Li = Límite inferior de especificación.

La capacidad de proceso, puede ser calculada mediante otro índice, denominado: Capacidad real de proceso (C_{pk}), el cual se utiliza cuando un proceso no está centrado, es decir, cuando la media del proceso (gran media) no coincide con el punto medio de las especificaciones:

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left\{ \frac{LES - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right\} \quad (9)$$

2.3.1.7 Prueba Chi-Cuadrado De Bondad Del Ajuste

Esta es una prueba estadística de carácter completamente general, que se utiliza no solamente para verificar el ajuste a la normalidad, sino también para el ajuste a cualquier otra Distribución teórica de probabilidad. En el caso del Control Estadístico de Procesos esta prueba se utiliza para verificar la normalidad de los procesos según las variables que lo definen. En el Tomo de Anexos, Anexo Teórico N°22 se encuentra una explicación detallada de cómo hacer esta prueba.

2.3.1.8. Prueba De Levene

Es una prueba estadística de homogeneidad de varianzas para diseños totalmente aleatorizados. A efectos de este estudio, esta prueba es importante para verificar el supuesto de homogeneidad de varianzas para luego aplicar el análisis de varianza (ANOVA). En el Tomo de Anexos, Anexo Teórico N°23 se encuentra una explicación detallada de cómo hacer esta prueba.

2.3.1.9. Análisis de Varianza (ANOVA). Modelo De Efectos Fijos Unifactorial.

El análisis de varianza es una técnica estadística aplicada generalmente en el diseño de experimentos. A efectos de este estudio, esta técnica estadística está orientada hacia la comparación múltiple de medias poblacionales bajo el supuesto de normalidad y de homogeneidad de varianzas. En el Tomo de Anexos, Anexo Teórico N°24 se encuentra una explicación detallada de cómo hacer esta prueba. Esta técnica estadística se empleará en los capítulos siguientes para determinar si existen diferencias significativas entre los turnos de trabajo para la producción de cigarrillos, con el propósito de diseñar una prueba piloto, que servirá como validación de este estudio.

2.3.1.10. Prueba Bilateral para la Media con Varianza Desconocida

A efectos de este estudio, este contraste de hipótesis tiene como finalidad comparar la media del proceso (estimado como la gran media) y el punto medio de las especificaciones, para decidir si el proceso se encuentra centrado o no. En el Tomo de Anexos, Anexo Teórico N°25 se encuentra una explicación detallada de cómo hacer esta prueba.

2.3.1.11. Prueba Unilateral Derecha para la Varianza de una Distribución Normal

Este contraste de hipótesis se tiene como finalidad detectar cuando la varianza del proceso excede un valor especificado. En este estudio, esta prueba de hipótesis se utilizará con la finalidad de detectar cuando la varianza del proceso excede un valor especificado. En el Tomo de Anexos, Anexo Teórico N°26 se encuentra una explicación detallada de cómo hacer esta prueba.

3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Procesos productivos de la Planta Caracas

El proceso productivo de la Planta Caracas se divide en dos: Primaria (PMD) y Secundaria (SMD).

El área de Primaria es responsable de acondicionar el tabaco proveniente de Planta Valencia para que pueda ser utilizado en la elaboración de cigarrillos.

El área de Secundaria se encarga de elaborar y empaquetar los cigarrillos a partir del tabaco suministrado por el área de Primaria, para su posterior despacho a los clientes. Esta conformada por módulos de producción en donde se manufacturan los cigarrillos de las diferentes marcas comerciales.

A continuación se presenta el flujograma del proceso productivo global que se lleva a cabo en planta Caracas:

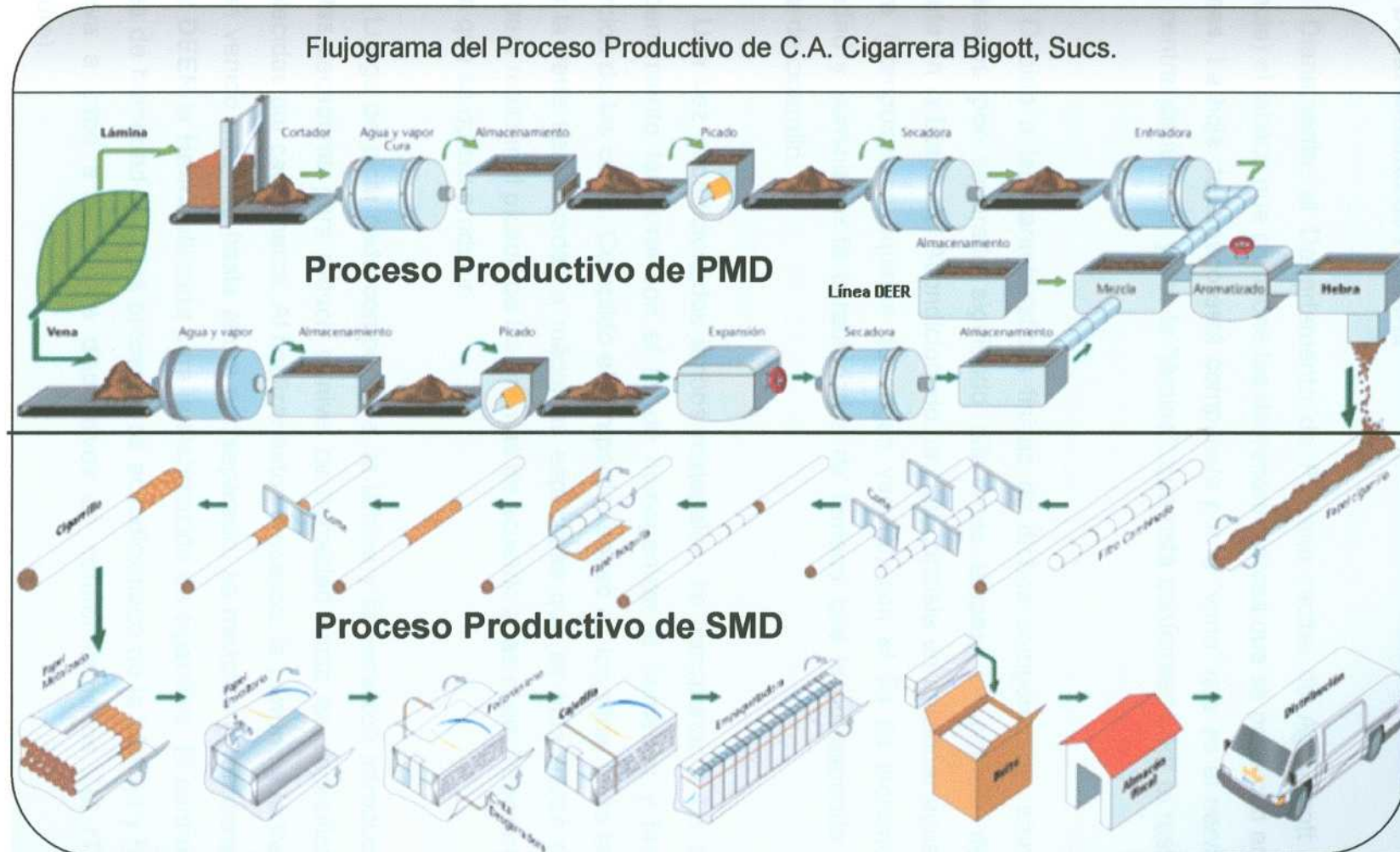


Figura N°4. Flujograma del Proceso Productivo de C.A. Cigarrera Bigott, Sucs. Fuente: propia de la Empresa

3.1.1 Departamento de Primaria

Diariamente, el Departamento de Primaria recibe de AgroBigott (Planta Valencia) el tabaco que compone las diferentes marcas que se producen en planta Caracas. La hoja de tabaco está compuesta por la “vena” que es el nervio de la parte central de la hoja, y por la “lámina”, que está conformada por el resto de la hoja.

Debido a las características físicas de dichos componentes, ambos son procesados por separado siguiendo diferentes etapas. La primera de ellas, consiste en la Etapa del Acondicionado, la cual consiste en adicionar agua, vapor y cura (componentes líquidos de origen vegetal) con el fin de incrementar la humedad y suministrar la característica de fumada que le corresponde a cada marca de cigarrillo.

Una vez acondicionados ambos materiales, se transportan a los silos de almacenamiento temporal con el fin de homogenizar la humedad y facilitar la absorción de las curas. Cumplido el tiempo de reposo en los silos, tanto la lámina como la vena son llevadas a máquinas especiales que se encuentran en cada línea para realizar el picado de las mismas de acuerdo a las especificaciones de la marca que se quiera producir.

Luego de picar cada componente, la lámina y la vena son introducidas en distintas secadoras para reducir el nivel de humedad hasta las especificaciones establecidas por cada marca. Al finalizar estos procesos, la **Lámina y la Vena** que se han venido tratando hasta ahora por separado, se mezclan y conforman junto con el **DEER** la **Hebra** utilizada para la elaboración de cigarrillos. El control de los niveles de humedad para los procesos de acondicionado de la Lámina y la Vena, se lleva a cabo a través de dispositivos de control llamados TM (Tobacco Moisture).

EL DEER, es un producto conformado por el polvillo de tabaco obtenido en el proceso de la Planta Caracas y la Planta Valencia, el cual se mezcla y procesa en la Planta Valencia con ciertos aglutinantes y aromatizantes para obtener el producto final. Este componente se agrega directamente en la etapa de mezclado.

Por otra parte, a la **Hebra** se le agrega otro componente llamado **Farol**, el cual está constituido por la hebra reciclada de cigarrillos defectuosos que se obtienen del proceso de Secundaria, los cuales se procesan en un equipo capaz de separar la hebra del papel y filtro del cigarrillo. Este componente se agrega en el Cilindro de Esencias, donde se aromatiza la hebra final de cigarrillo (conformada por la vena, lámina y DEER mezclados).

Finalmente, la hebra ya lista, se almacena en bins de contención que se encuentran en el **Cuarto de Hebra**, hasta que sea solicitada por un módulo de producción en Secundaria para la elaboración de una marca específica. Cada Hebra que se prepara para ser utilizada, recibe un código de identificación denominado Liga, el cual enumera y contabiliza las Hebras que han sido elaboradas en el Departamento de Primaria para una marca comercial de cigarrillos en un año. Por lo general una Liga se produce en un tiempo aproximado de una hora.



Figura N°5. Área de Primaria.

En el área de Primaria se manejan cinco (5) tipos de hebra, las cuales sirven para elaborar las distintas marcas de cigarrillos. El código que indica el tipo de preparación de una Hebra, recibe el nombre de Blend. A continuación se muestra en la siguiente tabla las hebras correspondientes a las marcas de cigarrillos:

Hebra (Blend)	Marca Cigarrillos
H124	Belmont, Pall Mall
H165	Cónsul, Viceroy
H330	Lucky Strike
H384	KENT
H284	KENT

Tabla N°1. Clasificación de las Hebras utilizadas para la producción de cigarrillos.

3.1.1.1 Proceso Productivo de Primaria (PMD)

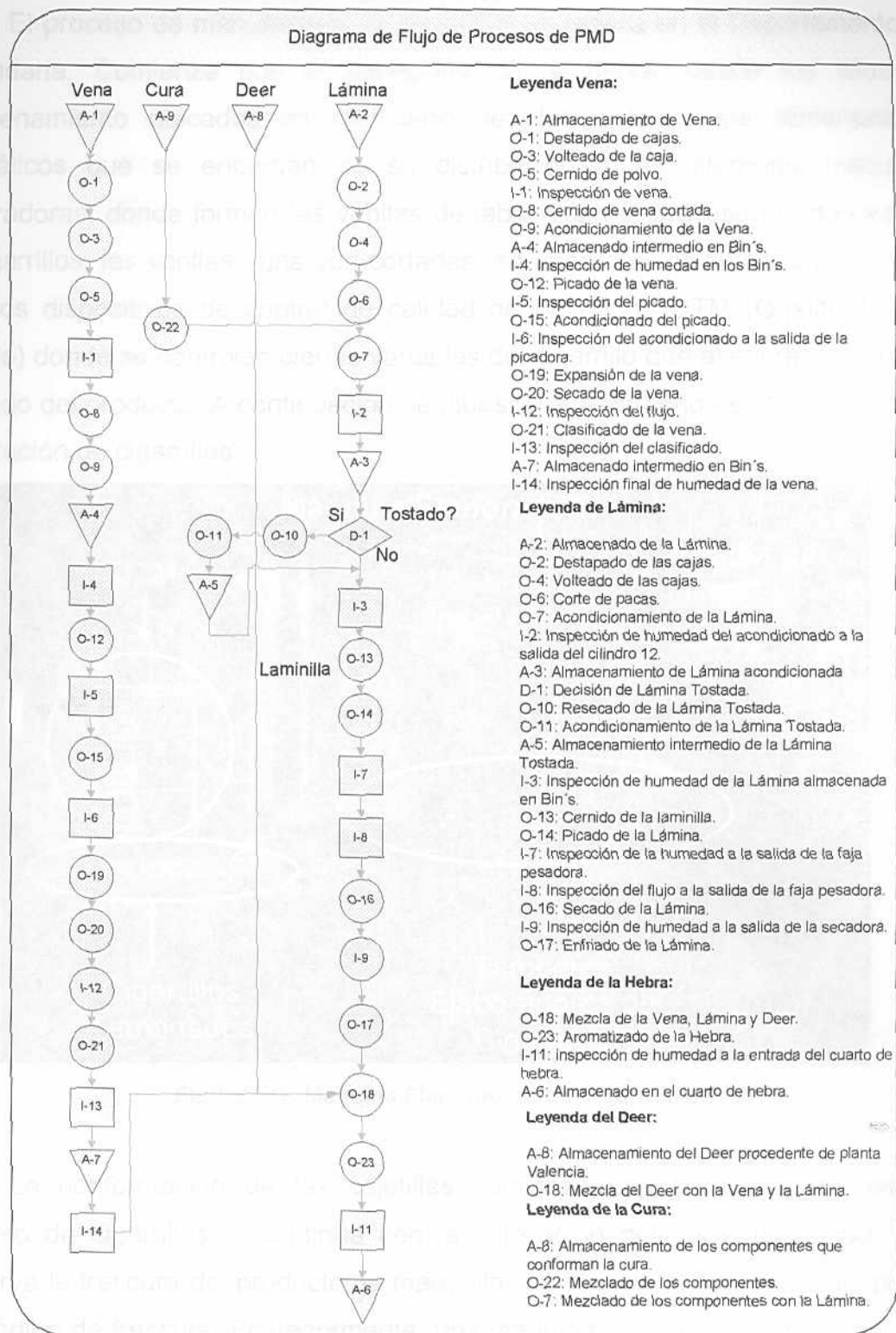


Figura N°6. Diagrama de Flujo del Proceso de Primaria (PMD).

3.1.2 Departamento de Secundaria

El proceso de manufactura de cigarrillos se realiza en el Departamento de Secundaria. Comienza con el transporte de la hebra, desde los silos de almacenamiento ubicados en el Cuarto de Hebra, hasta los alimentadores neumáticos que se encargan de su distribución a las diferentes máquinas elaboradoras, donde forman las varillas de tabaco. En el proceso de elaboración de cigarrillos, las varillas –una vez cortadas– se unen con los filtros, pasando por estrictos dispositivos de control de calidad denominados QTM (Quality Testing Module) donde se controlan ciertas variables del cigarrillo que aseguran un óptimo acabado del producto. A continuación se muestra el área donde se lleva a cabo la elaboración de cigarrillos:

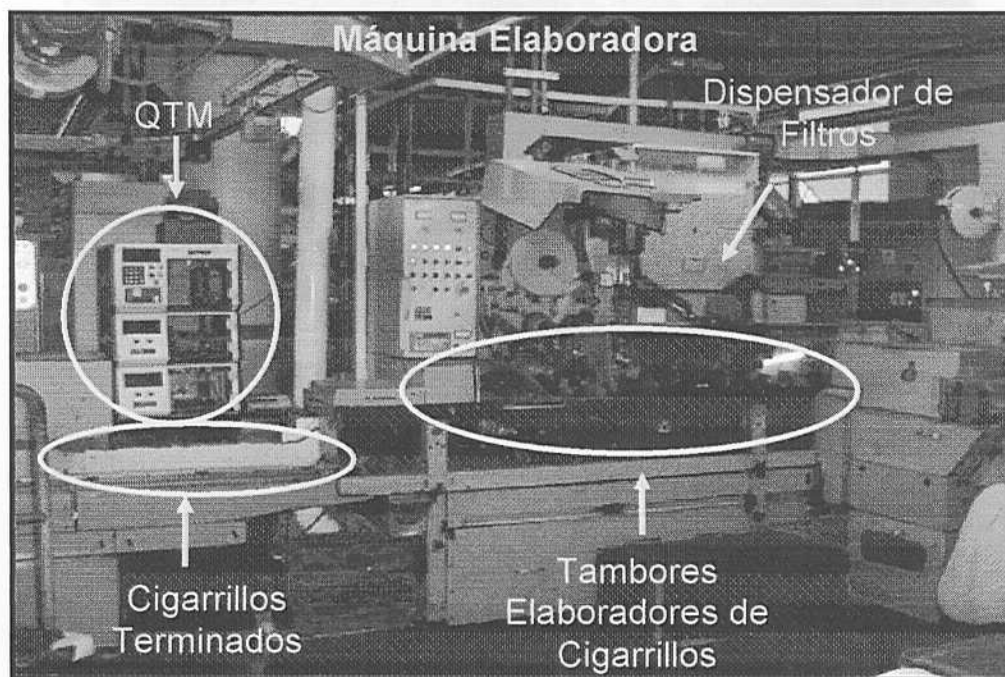


Figura N°7. Máquina Elaboradora de Cigarrillos.

La conformación de las cajetillas comienza con la agrupación de un conjunto de cigarrillos, y continúa con la colocación del papel metalizado que conserva la frescura del producto, la marquilla (empaquete), la impresión del precio y el código de frescura. Posteriormente, una máquina coloca el polipropileno (que

contribuye a mantener la frescura de los cigarrillos) y la cinta desgarradora que permite abrir la cajetilla. Luego se agrupan las cajetillas en paquetes (mejor conocidos como cartones) y después una máquina apila los paquetes introduciéndolos en las cajas de despacho o bultos que son transportados al almacén fiscal. Desde allí se distribuyen a todo el territorio nacional.



Figura N°8. Máquina Empaquetadora área de SMD.

En el área de Secundaria, se producen actualmente las siguientes marcas:

Marca	Modelo
Belmont	Belmont Extra Suave Long Size
	Belmont Extra Suave Regular Size
	Belmont Light Long Size
Cónsul	Cónsul Extra Suave Regular Size
Viceroy	Viceroy Silver Regular Size
	Viceroy Blue Regular Size
Kent	Kent Silver King Size
	Kent Gold King Size
	Kent Blue King Size
Lucky Strike	Lucky Red Long Size
	Lucky Silver Long Size

Fig. Tabla N°2. Marcas de cigarrillos producidas actualmente.

3.1.2.1 Proceso Productivo de Secundaria (SMD)

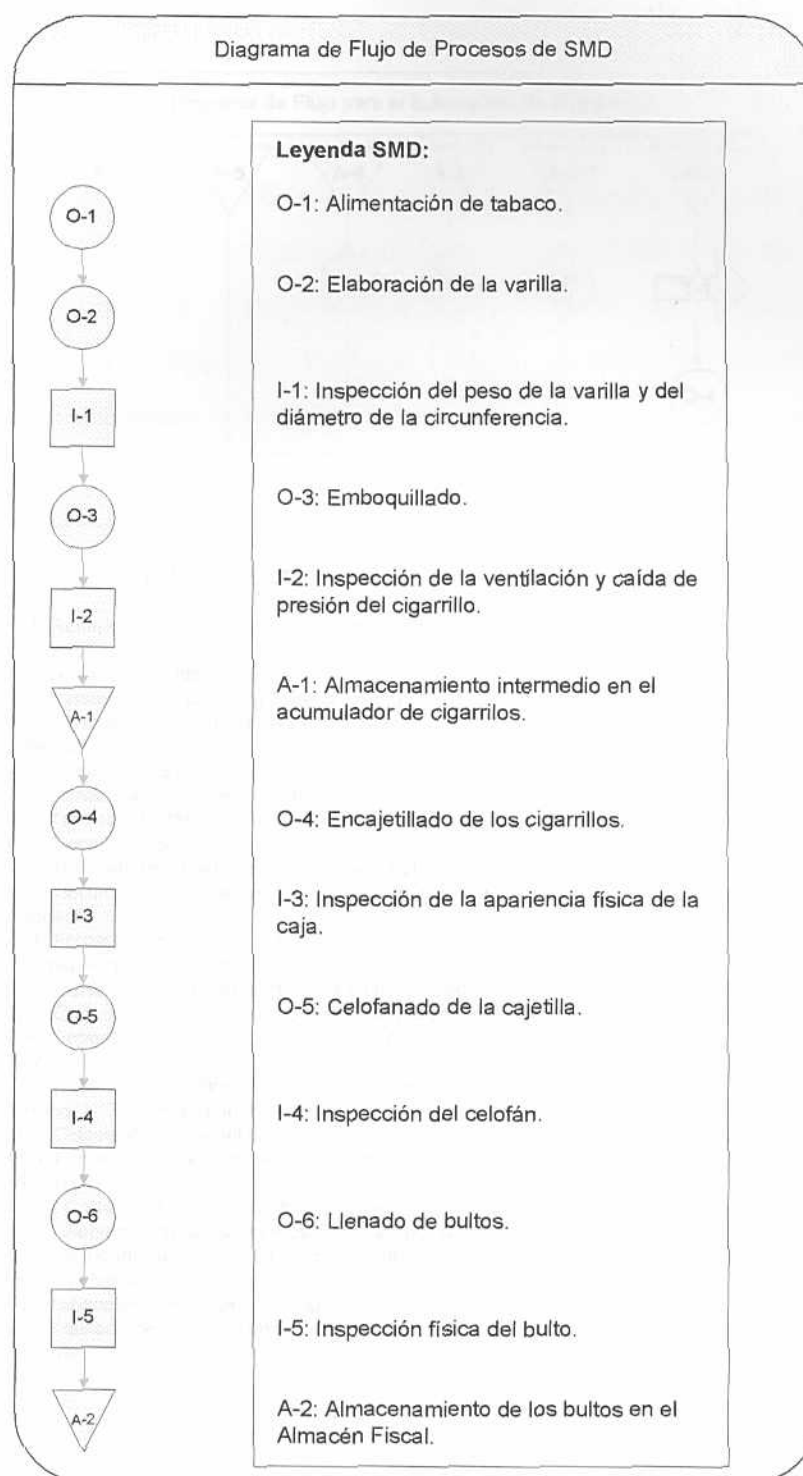


Figura N°9. Diagrama de Flujo del Proceso de Secundaria (SMD).

Por otro lado, el subproceso de elaboración del cigarrillo puede analizarse por separado mediante el siguiente diagrama de flujo:

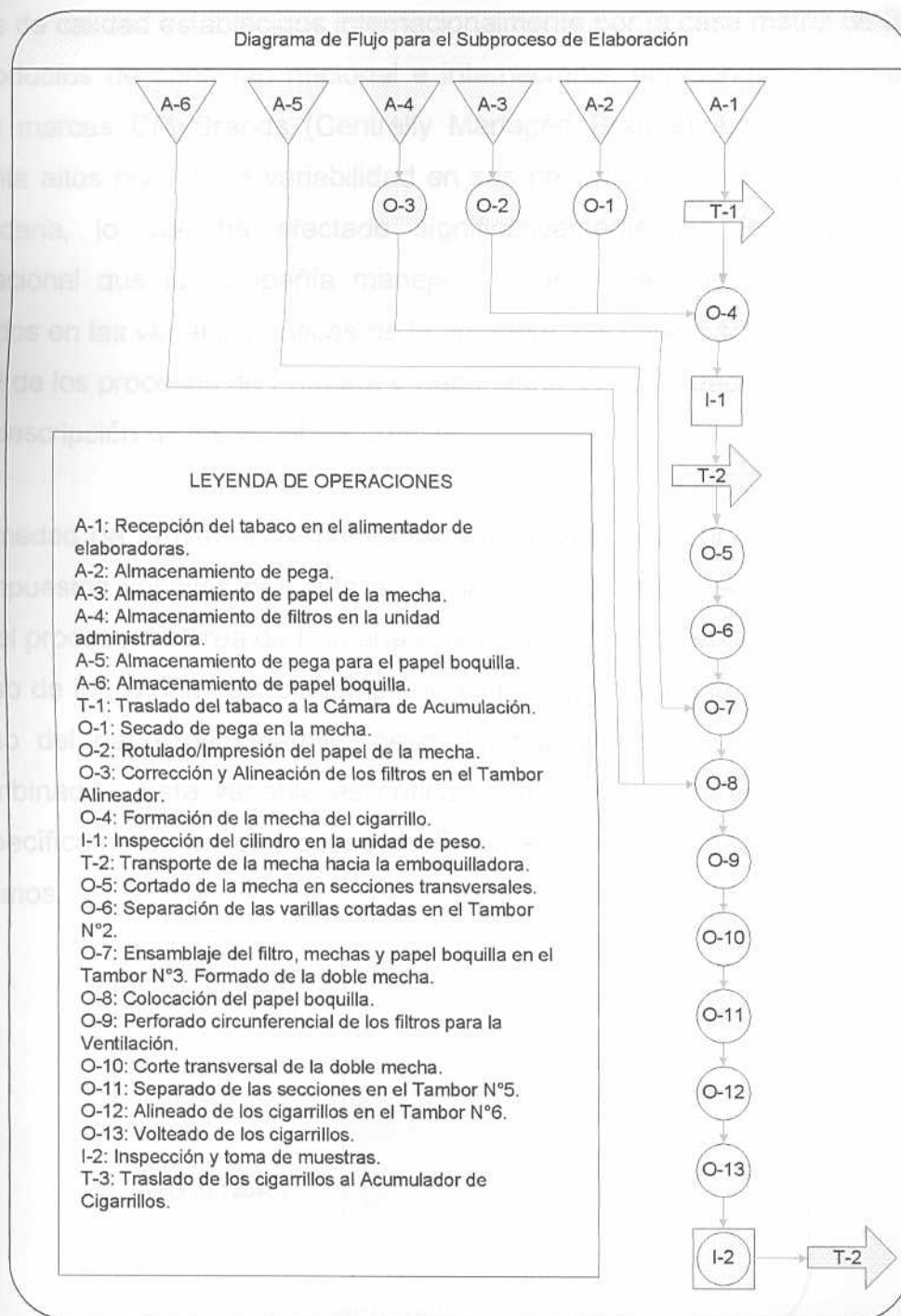


Figura N°10. Diagrama de Flujo del Subproceso de Elaboración.

3.2 Planteamiento del Problema

Actualmente, Cigarrera Bigott – Planta Caracas desea incrementar los niveles de calidad establecidos internacionalmente por la casa matriz de BAT para los productos de consumo nacional e internacional, enfocándose principalmente en las marcas CM Brands (Centrally Managed Brands). La sede de Caracas presenta altos niveles de variabilidad en sus procesos del área de Primaria y de Secundaria, lo que ha afectado significativamente los índices de calidad internacional que la compañía maneja. Estos niveles de variabilidad se ven reflejados en las variables críticas de la empresa, las cuales son características de calidad de los procesos de Primaria y Secundaria. A continuación se presenta una breve descripción de las variables críticas:

- Humedad de la Hebra: Representa la cantidad de vapor de agua y de otros compuestos volátiles presente en la hebra de tabaco. Esta variable es crítica en el proceso del área de Primaria y se expresa en porcentaje.
- Peso de los Cigarrillos: contempla la suma del peso de la columna de tabaco, peso del papel de cigarrillo, peso del papel boquilla y el peso del filtro combinado. Esta variable es crítica en el proceso del área de Secundaria, específicamente en el proceso de Elaboración de cigarrillos y se expresa en gramos.

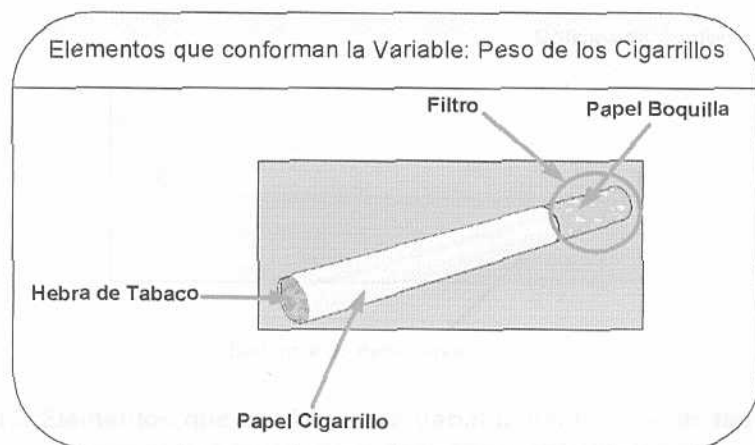


Figura N°11: Elementos que Conforman la Variable Peso de los Cigarrillos.

- c) Circunferencia de los Cigarrillos: es la medida en la periferia transversal del cuerpo del cigarrillo. Esta variable es crítica en el proceso del área de Secundaria, específicamente en el proceso de Elaboración de cigarrillos y se expresa en milímetros.

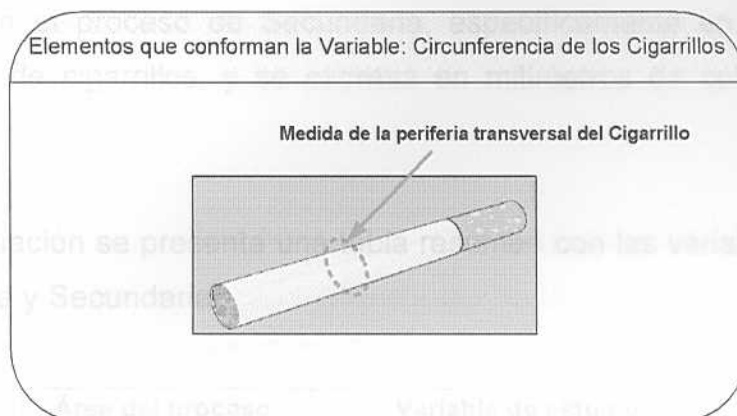


Figura N°12: Elementos que conforman la Variable Circunferencia de los Cigarrillos.

- d) Porcentaje de Ventilación de los Cigarrillos: medido en función de la cantidad de aire puro presente en la fumada del cigarrillo. Se traduce como la entrada adicional de aire que penetra en el cigarrillo, y se logra perforando varias veces el filtro del cigarrillo con un láser. Su función es la de diluir el humo que proviene de la fumada. Esta variable es crítica en el proceso del área de Secundaria, específicamente en el proceso de Elaboración de cigarrillos.

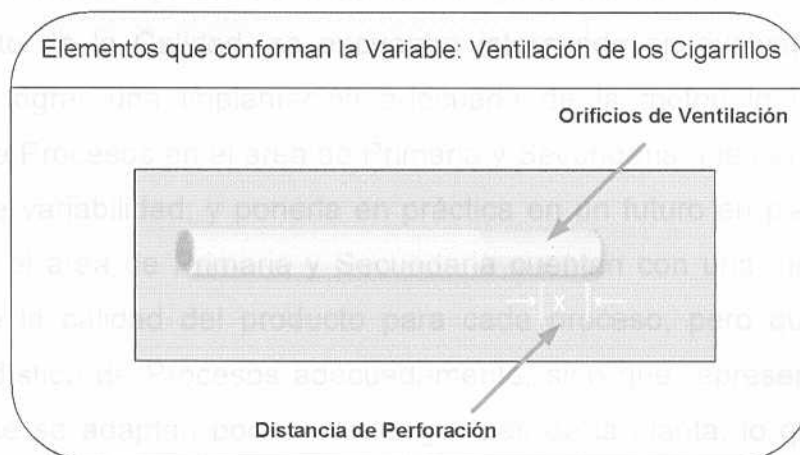


Figura N°13: Elementos que conforman la Variable Ventilación de los Cigarrillos.

e) Caída de Presión de los Cigarrillos: Es la medida de la resistencia que encuentra el flujo de aire cuando se hace circular a través del cigarrillo. También se define como el esfuerzo que debe hacerse en la fumada. Esta variable depende de las tres anteriores y de la calidad de la hebra de tabaco. Es crítica en el proceso de Secundaria, específicamente en el proceso de Elaboración de cigarrillos, y se expresa en milímetros de columna de agua (mmwg).

A continuación se presenta una tabla resumen con las variables críticas del área de Primaria y Secundaria:

Área del proceso	Variable de estudio
Primaria (PMD)	Humedad de la Hebra
Secundaria (SMD)	Peso de los cigarrillos
	Circunferencia de los cigarrillos
	Ventilación de los cigarrillos
	Caída de presión de los cigarrillos

Tabla N°3: Variables de estudio por área del proceso.

Por tratarse de procesos continuos a gran escala, el Departamento de Aseguramiento de la Calidad, se encuentra interesado en evaluar las posibles pautas para lograr una implantación adecuada de la metodología de Control Estadístico de Procesos en el área de Primaria y Secundaria que permita controlar los niveles de variabilidad, y ponerla en práctica en un futuro en planta Caracas. Actualmente, el área de Primaria y Secundaria cuentan con una metodología de monitoreo de la calidad del producto para cada proceso, pero que no aplican Control Estadístico de Procesos adecuadamente, sino que representan métodos de control que se adaptan poco a las exigencias de la planta, lo que trae como consecuencia que el producto final obtenga niveles de calidad bajos.

4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El Análisis de la Situación Actual se hizo mediante un diagnóstico del área de Primaria y de Secundaria, el cual comprende un estudio sobre la Capacidad del Proceso productivo, una evaluación de los conocimientos del Capital Humano y una evaluación sobre las Herramientas utilizadas actualmente por la compañía para controlar el proceso.

Durante la primera etapa del Análisis (Diagnóstico del Proceso) se verificó el supuesto de normalidad para cada una de las variables de estudio previamente, mediante una prueba de Bondad de Ajuste Chi-Cuadrado. Los resultados de las cinco (5) pruebas indicaron que no existen evidencias muestrales suficientes para rechazar la hipótesis nula de que la variable correspondiente en estudio se comporta como una Normal de parámetros μ y σ^2 para un nivel de significación de 5%. En el tomo de Anexos, Anexo N°1 se encuentra el desarrollo de las pruebas de bondad de ajuste Chi-cuadrado para cada una de las variables. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Variable de estudio	Resultado prueba Chi-cuadrado	Tamaño de Muestra
Humedad de la hebra	$X \sim N (\mu = 14,4693 ; \sigma^2 = 0,097309)$	n = 150
Peso de los cigarrillos	$X \sim N (\mu = 0,8734 ; \sigma^2 = 0,000579)$	n = 120
Circunferencia de los cigarrillos	$X \sim N (\mu = 24,6084 ; \sigma^2 = 0,0024599)$	n = 120
% de Ventilación de los cigarrillos	$X \sim N (\mu = 36,620 ; \sigma^2 = 4,151766)$	n = 120
Caída de presión de los cigarrillos	$X \sim N (\mu = 71,9979 ; \sigma^2 = 8,585412)$	n = 120

Tabla N°4: Distribución Normal para las variables del estudio.

4.1 Diagnóstico del Proceso

a) Área de Primaria (PMD)

En marzo de 2006, se hizo un diagnóstico sobre la Capacidad de Proceso para la variable **Humedad de la Hebra** a la entrada del Cuarto de Hebra (basándonos en los aspectos teóricos descritos en el Capítulo II, sección N°2.3.1.6), aplicado a la hebra H165 correspondiente a una de las marcas de mayor rotación dentro de la compañía (Cónsul). En la Tabla N°5 se muestran los resultados de la Capacidad del Proceso (calculada mediante la ecuación N°8 del Marco Referencial), al igual que la Probabilidad de Cumplir con las Especificaciones y los Límites Naturales del Proceso:

BLEND	Cp	PROBABILIDAD DE CUMPLIR ESPECIFICACIONES	% PRODUCTO CONFORME
H165	0,596	0,874	87,363

Tabla N°5. Índice Cp para la Hebra H165.

El proceso productivo del área de PMD, si bien se encuentra centrado no es capaz, ya que el índice Cp registra un valor inferior a 1.

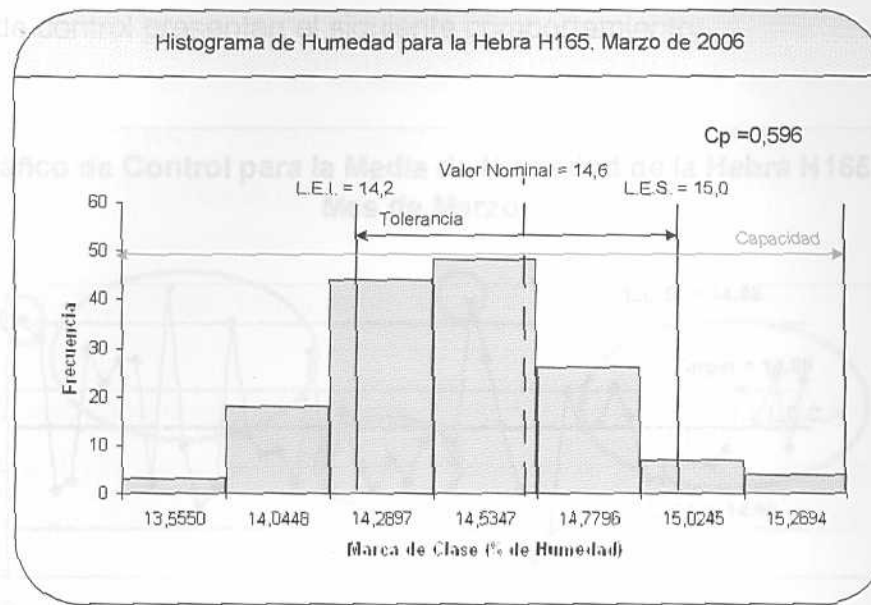


Figura N°14. Histograma de Frecuencias para la Hebra H165. Marzo 2006.

El Histograma de la Figura N°14, muestra la baja capacidad que posee el proceso para cumplir con las especificaciones. Se observa con claridad que la Capacidad del proceso ocupa un área mayor a la Tolerancia deseada.

Adicionalmente, se construyeron los Gráficos de Control para la media y la desviación estándar de la Humedad de la Hebra. A continuación se presentan los Límites de Control y de Especificación utilizados para la elaboración de los Gráficos de Control (utilizando un tamaño de muestra de $n=3$):

BLEND	TARGET	L.E.S.	L.E.I.	L.C.S. MEDIA	L.C.I. MEDIA	L.C.S. D.S.	L.C.I. D.S.	$\hat{\sigma}$
H165	14,6000	15,0000	14,2000	14,8524	14,0778	0,5090	0	0,2236

Tabla N°6. Límites de Control para la Media, Desviación Estándar y Especificaciones para la Humedad de la Hebra H165 a la entrada de Cuarto de Hebra. Marzo de 2006.

BLEND	$\bar{S}$	$\bar{\bar{X}}$	P-VALOR	PRUEBA DE HIPÓTESIS DE CENTRAMIENTO	α
H165	0,1982	14,4651	0,3640	EL PROCESO SE ENCUENTRA CENTRADO	5%

Tabla N°7. Límites de Control Central para la Media y Desviación Estándar de los Gráficos de Control. Centramiento del Proceso. Marzo de 2006.

Los gráficos de control presentan el siguiente comportamiento:

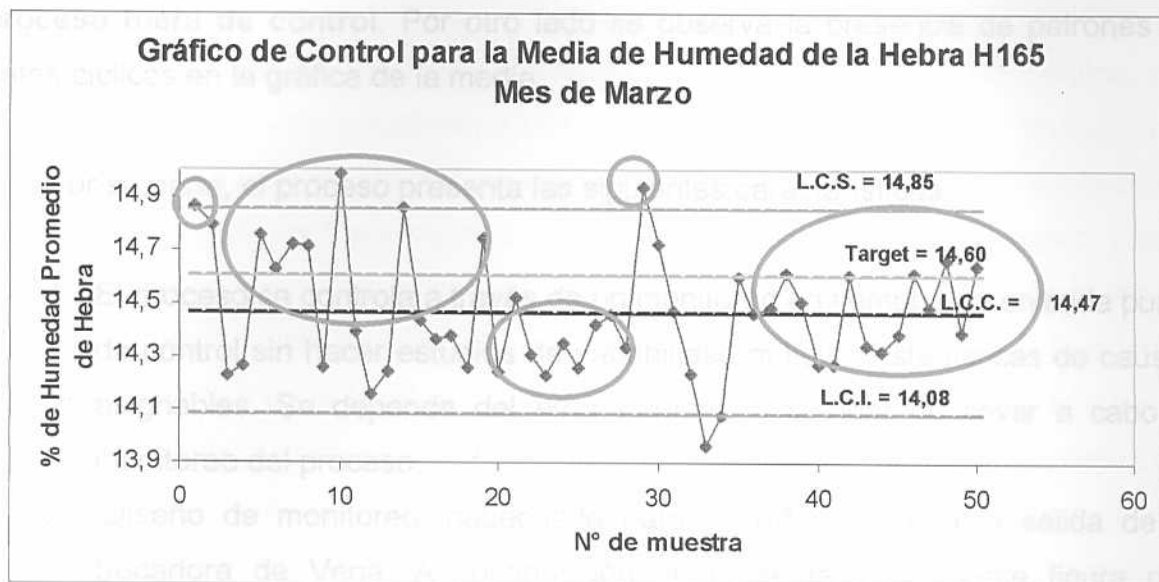


Figura N°15. Gráfico de Control para la Media de Humedad de la Hebra H165 a la entrada de Cuarto de Hebra. Marzo de 2006.

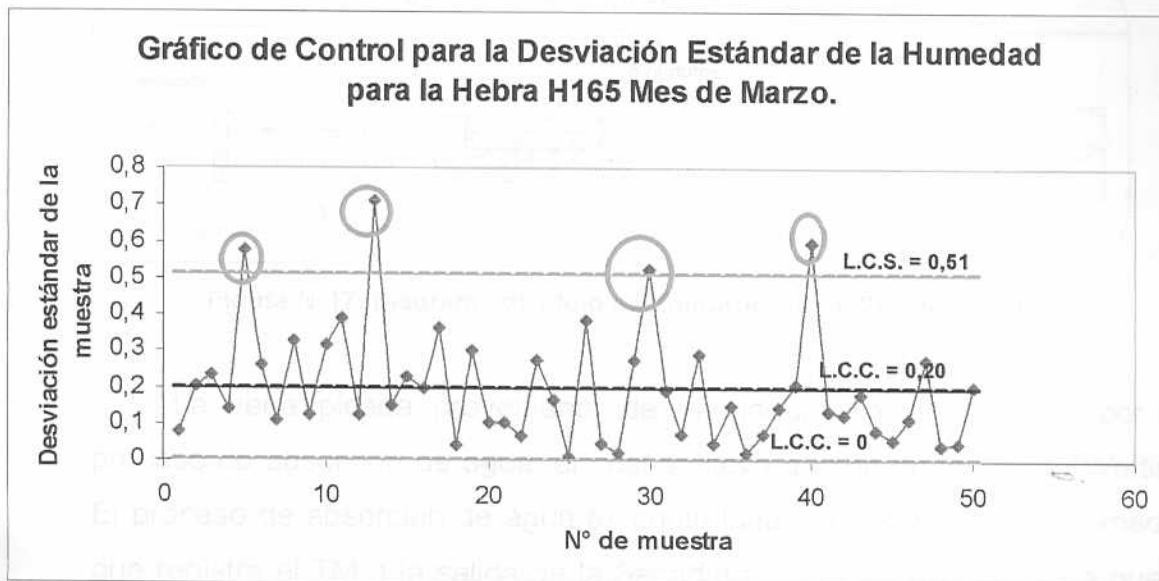


Figura N°16. Gráfico de Control para la Desviación Estándar de la Humedad de la Hebra H165 a la entrada de Cuarto de Hebra. Marzo de 2006.

Los Gráficos de Control muestran picos de variabilidad que perjudican la capacidad del mismo y tal como se muestran en la Figura N°16, son evidencia de un **proceso fuera de control**. Por otro lado se observa la presencia de patrones de datos cíclicos en la gráfica de la media.

Por su parte, el proceso presenta las siguientes características:

1. El proceso se controla a través de un monitoreo en tiempo real en cada punto de control sin hacer estudios de variabilidad ni llevar estadísticas de causas asignables. Se depende del error humano a la hora de llevar a cabo el monitoreo del proceso.
2. Diseño de monitoreo inadecuado para el TM ubicado a la salida de la Secadora de Vena. A continuación se presenta la siguiente figura que muestra el Layout del Flujo del Subproceso de Secado de Vena:

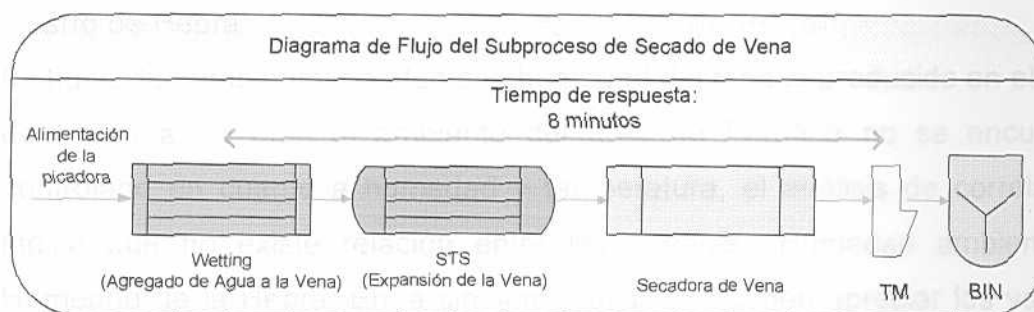


Figura N°17. Diagrama de Flujo del Subproceso de Secado de Vena.

La vena picada proveniente de la máquina picadora pasa por un proceso de absorción de agua, el cual se lleva a cabo en la unidad Wetting. El proceso de absorción de agua es controlado por los valores de humedad que registra el TM a la salida de la Secadora. Este proceso permitirá que la Vena experimente una expansión adecuada en la unidad STS. La expansión de la Vena tiene el propósito de aumentar el Poder de Relleno (densidad) de la Hebra final. Concluido esto, la Vena se hace pasar por la unidad secadora

para acondicionar los niveles de humedad de la misma. Finalmente la Vena es almacenada en Bines de contención que tienen como propósito homogeneizar los niveles de humedad en el lote de Vena. El tiempo de respuesta del TM ubicado a la salida de la secadora es de ocho minutos, por lo que se posee actualmente una capacidad de respuesta muy limitada que puede generar variabilidad en el proceso de Secado de la Vena actualmente.

3. Por su parte, la Vena es el componente del tabaco más higroscópico, por lo que su proceso de acondicionado es mucho más sensible que el de la Lámina. En vista de esto, el Departamento de Primaria tiende a acondicionar la humedad de la Lámina a la Salida de la Secadora como último recurso de control disponible, para lograr un nivel de humedad aceptable en la Hebra de una Liga, cuando los niveles de humedad de la Vena a la salida de los bines de contención no son los deseables. Según consultas realizadas a expertos en preparación de tabaco de la región, la humedad de la Vena a la salida de los bines de contención incide en la humedad de la Hebra a la entrada del Cuarto de Hebra.
4. La humedad ambiental no afecta la humedad del tabaco producido en el área de Primaria. Si bien el ambiente del área de Primaria no se encuentra controlado en cuanto a humedad y temperatura, el análisis de correlación indica que no existe relación entre las variables Humedad ambiental y Humedad de la Hebra. En la siguiente tabla se pueden apreciar los valores de correlación obtenidos para los siguientes ajustes:

Ajuste	Coefficientes de Correlación
Lineal	0,0458
Exponencial	0,0283
Logarítmico	0,0520

Tabla N°8. Coeficientes de Correlación para los diferentes tipos de ajuste entre la Humedad Ambiental y la Humedad de la Hebra.

De acuerdo a las características mencionadas anteriormente, la causa de variabilidad parece apuntar hacia el proceso de acondicionado de la Vena. La variabilidad del proceso puede estar involucrada con la capacidad de respuesta del TM ubicado a la salida de la Secadora de Vena, y con la sensibilidad que presenta el proceso de acondicionado de la Vena.

b) Área de Secundaria (SMD)

Para el proceso de Secundaria se hizo un estudio de Capacidad de Proceso (Cp) para la marca "Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular" en el mes de marzo del 2006.

Siguiendo la Ecuación N° 8 descrita en el Capítulo II (Marco Teórico), a continuación se muestran los pasos para los cálculos de la capacidad de proceso (Cp), por cada módulo de producción de esta marca y según cada variable de estudio (Peso, Circunferencia, Ventilación y Caída de Presión de los cigarrillos):

- a) El primer paso fue determinar la Tolerancia para cada una de las variables de estudio. Estos datos fueron obtenidos mediante un ajuste a los índices de Calidad mínimos requeridos por British-American Tobacco. A continuación se presentan las Tolerancias para cada variable de estudio:

Diseño	Módulo	Tolerancia Peso de los Cigarrillos	Tolerancia Circunferencia de los cigarrillos	Tolerancia Ventilación de los cigarrillos	Tolerancia Caída de presión de los cigarrillos
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,046	0,132	5,920	8,800
	202				
	204				
	207				
	210				
	215				
	221				

Tabla N° 9: Resumen de las Tolerancias del proceso para cada módulo de producción de la marca Cónsul extra suave de tamaño regular, por cada variable de estudio.

b) El segundo paso fue estimar la Desviación Estándar del Proceso. Estos cálculos fueron tomados de los reportes del Departamento de Calidad de la Empresa, y previamente fueron revisados para comprobar su validez. A continuación se presentan las estimaciones de la desviación estándar del proceso para cada una de las variables de estudio:

Diseño	Módulo	$\hat{\sigma}$ Peso de los Cigarrillos	$\hat{\sigma}$ Circunferencia de los cigarrillos	$\hat{\sigma}$ Ventilación de los cigarrillos	$\hat{\sigma}$ Caída de presión de los cigarrillos
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,0247	0,0817	3,1843	4,5756
	202	0,0250	0,0730	3,0746	3,7163
	204	0,0254	0,0840	2,8815	4,6105
	207	0,0217	0,0696	4,7288	4,5383
	210	0,0356	0,2816	3,1941	4,5951
	215	0,0292	0,0700	3,0491	5,4568
	221	0,0252	0,0801	3,6767	4,2726

Tabla N°10: Resumen de la Desviación Estándar Estimada del proceso ($\hat{\sigma}$) para cada módulo de producción de la marca Cónsul extra suave de tamaño regular, por cada variable de estudio.

c) Finalmente utilizando las ecuaciones N°8 y N°9 descritas en el marco teórico (Capítulo II), se calcularon los índices de Capacidad de Proceso para cada una de las variables de estudio:

Diseño	Módulo	Cp Peso de los Cigarrillos	Cp Circunferencia de los cigarrillos	Cp Ventilación de los cigarrillos	Cp / Cpk Caída de presión de los cigarrillos
Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular	201	0,312	0,269	0,310	0,321
	202	0,308	0,301	0,321	0,395
	204	0,303	0,262	0,342	0,119
	207	0,355	0,316	0,209	0,323
	210	0,217	0,078	0,309	0,319
	215	0,263	0,314	0,324	0,269
	221	0,306	0,275	0,268	0,343

Tabla N°11: Resumen de la Capacidad de proceso para cada módulo de producción de la marca Cónsul extra suave de tamaño regular, por cada variable de estudio.

Nótese que en la Tabla N°11 para el módulo 204 y el módulo 215 en la variable Caída de presión, el índice de capacidad a utilizar no es C_p , sino C_{pk} . Esto es debido a que el proceso no está centrado (Ver Tomo de Anexos, Anexo N°2).

Además de la ecuación de Capacidad de Proceso, se determinaron histogramas de frecuencia para el módulo 215, durante el mes de marzo de 2006 para cada una de las variables de estudio. A continuación se presentan los histogramas de frecuencia para cada una de las variables de estudio:

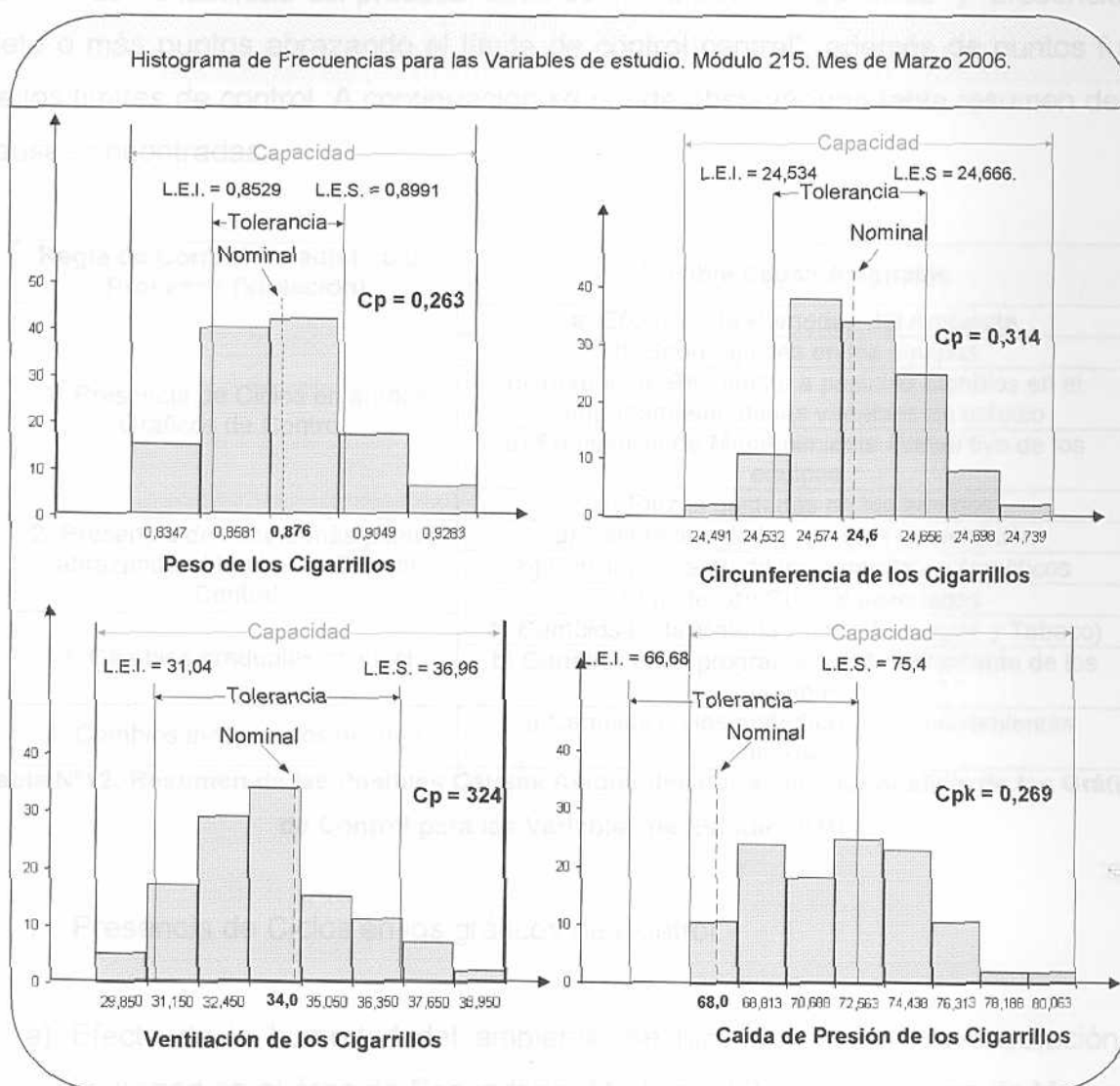


Figura N°18: Histograma de Frecuencia para las variables de estudio.

En la Figura N°18 se muestra que el proceso no está centrado para la Caída de Presión de los cigarrillos y no es capaz para las variables de estudio.

Para estudiar la variabilidad del proceso se construyó un Gráfico de Control $\bar{X}, S$ de la variable: Peso de los cigarrillos, en el módulo 215 para la marca: "Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular" (Ver Tomo de Anexos, Anexo N°3). En los gráficos de control se observaron patrones de datos que muestran la existencia de posibles causas de variabilidad del proceso, tales como: "presencia de ciclos" y "presencia de siete o más puntos abrazando el límite de control central", además de puntos fuera de los límites de control. A continuación se puede observar una tabla resumen de las causas encontradas:

Regla de Control Estadístico de Procesos (Violación)	Posible Causa Asignable
1. Presencia de Ciclos en ambos Gráficos de Control.	a) Efecto de la Humedad del Ambiente
	b) Sobre ajustes en los equipos
	c) Tiempo de Respuesta a posibles cambios en el comportamiento de las variables de estudio
	d) Frecuencia de Mantenimiento Preventivo de los equipos
	e) Piezas gastadas en los equipos
2. Presencia de siete o más puntos abrazando el Límite de Control Central	a) Calibración de los equipos de medición
	b) Funcionamiento de los controles automáticos
	c) Límites de Control anticuados
3. Cambios graduales de nivel	a) Cambios en la Materia Prima (Empaque y Tabaco)
	b) Cambios en el programa de Mantenimiento de los equipos
4. Cambios inesperados de nivel	a) Cambios en los materiales y las herramientas utilizadas

Tabla N°12: Resumen de las Posibles Causas Asignables derivadas del Análisis de los Gráficos de Control para las Variables de Estudio (SMD).

1. Presencia de Ciclos en los gráficos de Control:

- a) Efecto de la humedad del ambiente: se hizo un estudio de correlación de humedad en el área de Secundaria (Módulo 207) durante el mes de Marzo del año 2006, para la marca "Cónsul Extra Suave de Tamaño Regular". Los

resultados de este análisis mostraron que no existe una relación matemática conocida que explique el comportamiento de las variables de estudio a través de la humedad del ambiente. A continuación se presentan los resultados de los coeficientes de correlación calculados:

Variable de Estudio	Coeficiente de Correlación Ajuste Lineal	Coeficiente de Correlación Ajuste Exponencial	Coeficiente de Correlación Ajuste Logarítmico
Peso	0,4342	0,4357	0,4268
Circunferencia	0,0975	0,1034	0,0959
Ventilación	0,6595	0,6589	0,6744
Caída de Presión	0,0447	0,0361	0,0574

Tabla N°13: Coeficientes de Correlación para el estudio de humedad del ambiente sobre las variables de estudio.

b) Sobre ajustes en los equipos:

- En algunos módulos de Secundaria el peso de los cigarrillos se controla manualmente o automáticamente (dependiendo de la tecnología del módulo de producción). Si el control es manual, el operador debe hacer girar en sentido horario o antihorario una pequeña pieza rotatoria, la cual es del “tipo a” o “tipo b”, dependiendo del módulo de producción. A continuación se muestran las piezas rotatorias:



Figura N°19: Fotos de los Sistemas de Regulación del Peso de los cigarrillos.

De las perillas observadas se destaca que el operador debe hacer pequeños movimientos para regular el peso de los cigarrillos en modo manual.

- Para la Circunferencia de los Cigarrillos también se observaron dos tipos de perillas ("tipo a" o "tipo b", dependiendo del módulo de producción), utilizadas para regular el tamaño del formador de varillas, el cual aumenta o disminuye la medida de la periferia de los cigarrillos. A continuación se muestran los dos tipos de perillas rotatorias:

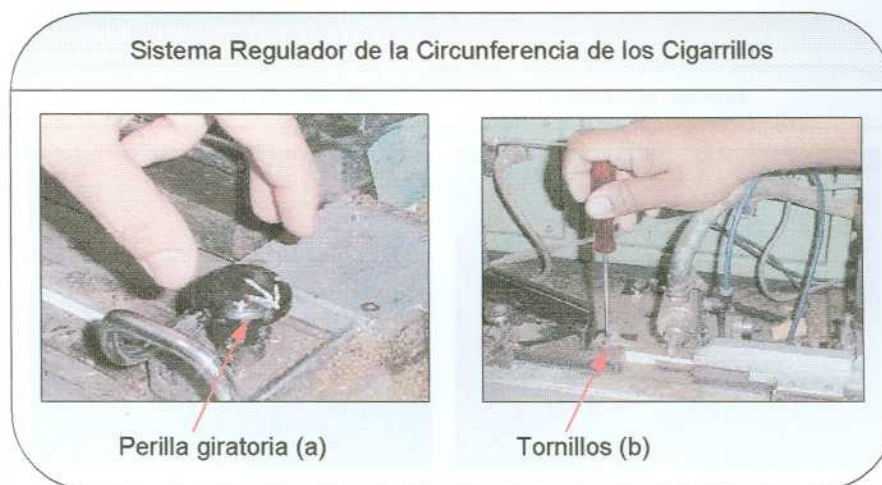


Figura N°20: Fotos de los Sistemas de Regulación de la Circunferencia de los cigarrillos.

Cabe destacar que a simple vista la perilla giratoria "tipo a" es más fácil de manejar y controlar que la perilla "tipo b", además que el esfuerzo o movimiento que realiza el operador al ajustar las perillas no es el mismo. Sin embargo, no se conoce cual de las dos perillas genera mayores niveles de variabilidad.

- c) Tiempo de Respuesta a posibles cambios en el comportamiento de las variables de estudio (Ajuste de la Ventilación de los cigarrillos): se encontró que el tiempo de respuesta a los cambios de la variable ventilación es de 10 minutos aproximadamente, desde que ocurre el desajuste hasta que se ajusta el proceso (Ver Tomo de Anexos, Anexo N°4). El ajuste de la Ventilación de los cigarrillos se hace mediante la regulación de la "duración del impulso del láser perforador de filtros". El proceso se inicia contactando vía telefónica a la estación de electrónicos, la cual tiene un técnico electrónico asignado a una

celda de operación conformada por tres (3) módulos de producción de cigarrillos. Mediante el uso de un software que regula la intensidad del láser perforador, el electrónico ajusta la duración del impulso del láser. Esta es una operación que solo puede ser realizada por dicha persona. A continuación se presenta una vista de la pantalla reguladora del láser perforador de cigarrillos:



Figura N°21: Vista de la pantalla reguladora del láser perforador de cigarrillos.

- d) Frecuencia de Mantenimiento Preventivo de los equipos: Se observó que no se ha proporcionado mantenimiento para el módulo 215 en más de 9 meses.
 - e) Piezas gastadas en los equipos: Se observaron tambores de rotación de cigarrillos gastados en el módulo 215.
2. Puntos abrazando la línea central y puntos fuera de los límites de control:
- a) Calibración de los equipos de medición: se comprobó que los equipos de medición no estaban calibrados para algunos módulos de producción.
 - b) Funcionamiento de los controles automáticos: Pueden existir posibles desajustes en los controles automáticos que regulan algunas variables de estudio.
3. Cambios graduales de nivel:

- a) Cambios en la materia prima: En el caso de la variable Peso de los cigarrillos se conoce que si el papel cigarrillo, el filtro, el papel boquilla y la hebra de tabaco (Ver Capítulo III, Figura N°11), están fuera de especificaciones, el peso del cigarrillo se puede ver seriamente afectado. A pesar de que esta hipótesis no ha sido comprobada por la empresa, es una posible causa asignable que puede generar variabilidad.
- b) Cambios en el programa de Mantenimiento: ocasionalmente por el incremento de la demanda de cigarrillos, la empresa trabaja "sobre tiempo", generando un cambio en los programas de mantenimiento.

4. Cambios inesperados de nivel:

- a) Cambios en los materiales y las herramientas: se encontró que ocasionalmente la empresa contacta a distintos proveedores con el propósito de probar distintos tipos de papel, filtros, tintas, etc. También esto depende de las relaciones con los proveedores y la frecuencia de pedido de materiales.

4.2 Diagnóstico del Capital Humano.

El diagnóstico del proceso global de la Planta Caracas, (baja Capacidad del Proceso) pudiera estar influenciado por el conocimiento y/o adiestramiento que posee el Capital Humano en materia de Control Estadístico de Procesos. Para comprobar esta hipótesis, se aplicó una encuesta al personal operativo de las áreas de Primaria y de Secundaria, y al personal administrativo de la planta. Previo al desarrollo y a la aplicación de las encuestas, se realizó una investigación en la empresa, con el propósito de estudiar si se habían ofrecido cursos en materia de Control Estadístico de Procesos. La investigación mostró que se habían dictado una serie de cursos años atrás en la empresa, pero que debido a la alta rotación de personal, los conocimientos de Control Estadístico de Procesos no están lo suficientemente claros. Para el personal operativo de PMD y SMD, se aplicó el

Modelo de Encuesta N°2 que se encuentra en el Tomo de Anexos, Anexo N°5, el cual posee los siguientes tópicos de evaluación:

1. Concepto de Control Estadístico de Procesos. Aplicación.
2. Reglas de Control. Procesos bajo control.
3. Concepto de Límites de Control y Límites de Especificación. Diferencias entre ambos. Frecuencia de cálculo de los Límites de Control.
4. Procesos Centrados.
5. Capacidad de Procesos.

Los resultados obtenidos en las encuestas para cada área de estudio se presentan a continuación.

a) Personal Operativo de Primaria

El área de Primaria cuenta con 20 operadores encargados de controlar el proceso de acondicionamiento del tabaco. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la siguiente tabla:

PREGUNTA	SI	NO	RESPUESTAS CORRECTAS	RESPUESTAS INCORRECTAS
Conocimiento sobre Control Estadístico de Procesos	2	7	No aplica	No aplica
Concepto sobre Control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	0	2
Conocimiento sobre las Reglas de Control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	1	1
Procesos bajo control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	1	1
Concepto de los Límites de Control	No aplica	No aplica	1	1
Frecuencia de cálculo de los Límites de Control	No aplica	No aplica	2	0
Concepto de Target (Valor puntual de Especificación)	No aplica	No aplica	1	1
Concepto de los Límites de Especificación	No aplica	No aplica	2	0
Procesos centrados	No aplica	No aplica	0	2
Concepto de Capacidad de Proceso	No aplica	No aplica	2	0

Tabla N°14. Registro de respuestas correctas e incorrectas de los operadores de Primaria.
(Tamaño de la muestra: 9).

El análisis de los resultados, indica que tan solo dos operadores de los encuestados conoce o ha escuchado sobre Control Estadístico de Procesos, y que solamente un operador conoce las reglas de control. En el Tomo de Anexos, Anexo N°7 se puede apreciar con mayor detalle los resultados obtenidos de las encuestas.

b) Personal Operativo de Secundaria

El área de Secundaria cuenta actualmente con un total de 120 personas para el área operativa. Los resultados de las encuestas se registraron a continuación en la siguiente tabla:

PREGUNTA	SI	NO	RESPUESTAS CORRECTAS	RESPUESTAS INCORRECTAS
Conocimiento sobre Control Estadístico de Procesos	43	18	No aplica	No aplica
Concepto sobre Control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	24	21
Conocimiento sobre las Reglas de Control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	14	33
Procesos bajo control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	22	19
Concepto de los Límites de Control	No aplica	No aplica	11	30
Frecuencia de cálculo de los Límites de Control	No aplica	No aplica	34	9
Concepto de Target (Valor puntual de Especificación)	No aplica	No aplica	26	18
Concepto de Procesos centrados	No aplica	No aplica	20	24
Concepto de Capacidad de Proceso	No aplica	No aplica	18	25

Tabla N°15: Resultados de la Encuesta aplicada en el área de Secundaria para el Personal Operativo. (Tamaño de la muestra: 61).

En el Tomo de Anexos, Anexo N°7 se pueden apreciar los resultados de la Encuesta con mayor detalle. Luego de obtener los resultados, se puntualizaron las observaciones más importantes en la siguiente tabla:

Observaciones importantes
Existen confusiones acerca de cuando un proceso se encuentra bajo control.
Sólo el 24% de los encuestados conoce adecuadamente las reglas de Control Estadístico de Procesos.
El 63% del personal de Secundaria piensa que los Límites de Control son calculados a partir de los Límites de Especificación.
Existen dudas acerca del concepto de Capacidad de Procesos.

Tabla N°16. Observaciones importantes puntualizadas en las encuestas del personal de SMD.

c) Personal Administrativo

El personal administrativo de la Planta Caracas está conformado por Gerentes, Ingenieros y Supervisores de las áreas de Primaria, Secundaria, Logística, Desarrollo de Productos y Aseguramiento de la Calidad que se encuentran involucrados en el proceso productivo de la planta. Se registraron en total la evaluación de treinta personas bajo el Modelo de Encuesta N°1 (Ver Tomo de Anexos, Anexo N°6), el cual se diseñó para cubrir los siguientes tópicos:

1. Concepto de Control Estadístico de Procesos.
2. Procesos bajo control. Conocimientos de las reglas de control.
3. Concepto de Límites de Control y Límites de Especificación. Diferencias entre ambos. Frecuencia de cálculo de los Límites de Control.
4. Procesos centrados. Concepto de Límite de Control Central o Gran Media.
5. Causas Asignables y no Asignables.
6. Capacidad de Procesos. Relación con la calidad del producto.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

PERSONAL ADMINISTRATIVO	SI	NO	RESPUESTAS CORRECTAS	RESPUESTAS INCORRECTAS
Conocimiento sobre Control Estadístico de Procesos	22	8	No aplica	No aplica
Concepto sobre Control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	17	4
Procesos bajo Control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	4	18
Conocimiento sobre las Reglas de Control Estadístico de Procesos	No aplica	No aplica	7	15
Concepto de los Límites de Control	No aplica	No aplica	14	8
Concepto de los Límites de Especificación	No aplica	No aplica	18	4
Cálculo de los Límites de Especificación	No aplica	No aplica	8	11
Diferencias entre los Límites de Control y Especificación	No aplica	No aplica	22	0
Frecuencia de cálculo de los Límites de Control	No aplica	No aplica	19	3
Concepto de Target (Valor puntual de Especificación)	No aplica	No aplica	9	11
Concepto de Gran Media o Limite de Control Central	No aplica	No aplica	8	14
Concepto de Causas Asignables o Especiales	No aplica	No aplica	13	9
Concepto de Causas No Asignables o Comunes	No aplica	No aplica	11	10
Concepto de Procesos centrados	No aplica	No aplica	10	12
Concepto de Capacidad de Proceso	No aplica	No aplica	15	7
Concepto de Capacidad Real de Proceso	No aplica	No aplica	2	20
Relación entre la Capacidad de Proceso y la calidad del producto	No aplica	No aplica	8	13

Tabla N°17. Registro de respuestas correctas e incorrectas de los operadores de Primaria.

(Tamaño de la muestra: 30).

En el Tomo de Anexos (Anexo N°7) se pueden apreciar los resultados de la Encuesta con mayor detalle. Luego de obtener los resultados, se puntualizaron las observaciones más importantes en la siguiente tabla:

Observaciones importantes
En general se conoce el concepto de Control Estadístico de Procesos.
Desconocimiento de las reglas de control y de procesos bajo control.
Se posee un concepto claro sobre Límites de Control y Límites de Especificación.
No se tiene claro los conceptos de Límite de Control Central o Gran Media y Target.
Se desconoce en general el concepto de procesos centrados y Capacidad Real del Proceso.
Se desconoce la relación existente entre la calidad de un producto y la Capacidad de Procesos.

Tabla N°18. Observaciones importantes puntualizadas en las respuestas del personal administrativo.

Finalmente, se muestra a continuación la siguiente figura que compara el total de respuestas correctas versus incorrectas que presentaron el personal administrativo y operativo:

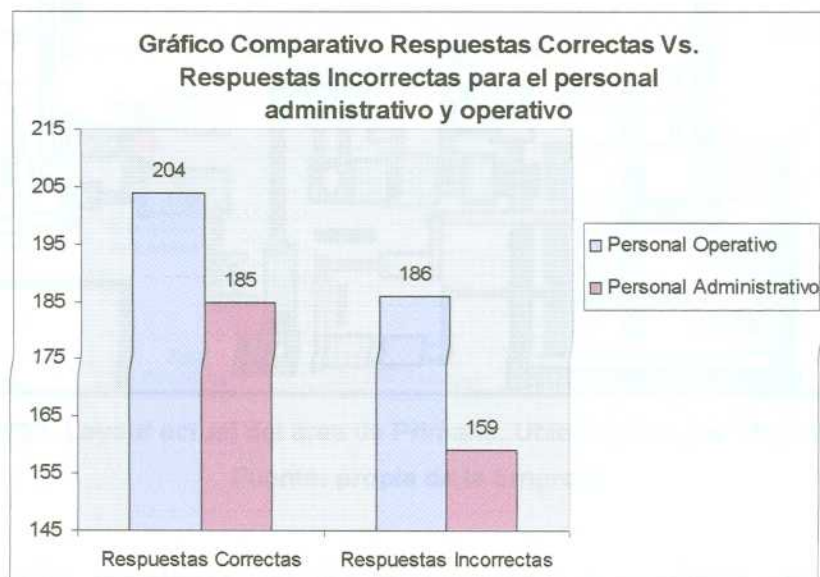


Figura N°22. Gráfico comparativo de respuestas para el personal administrativo y operativo.

4.3 Herramientas Utilizadas para el Control de Procesos.

a) Área de Primaria (PMD)

Actualmente el área de Primaria, cuenta con puntos automatizados de control de humedad (TM's) ubicados en las líneas de acondicionado de la Lámina y la Vena. La ubicación exacta de dichos puntos de control puede apreciarse en el Layout del área de Primaria a continuación:

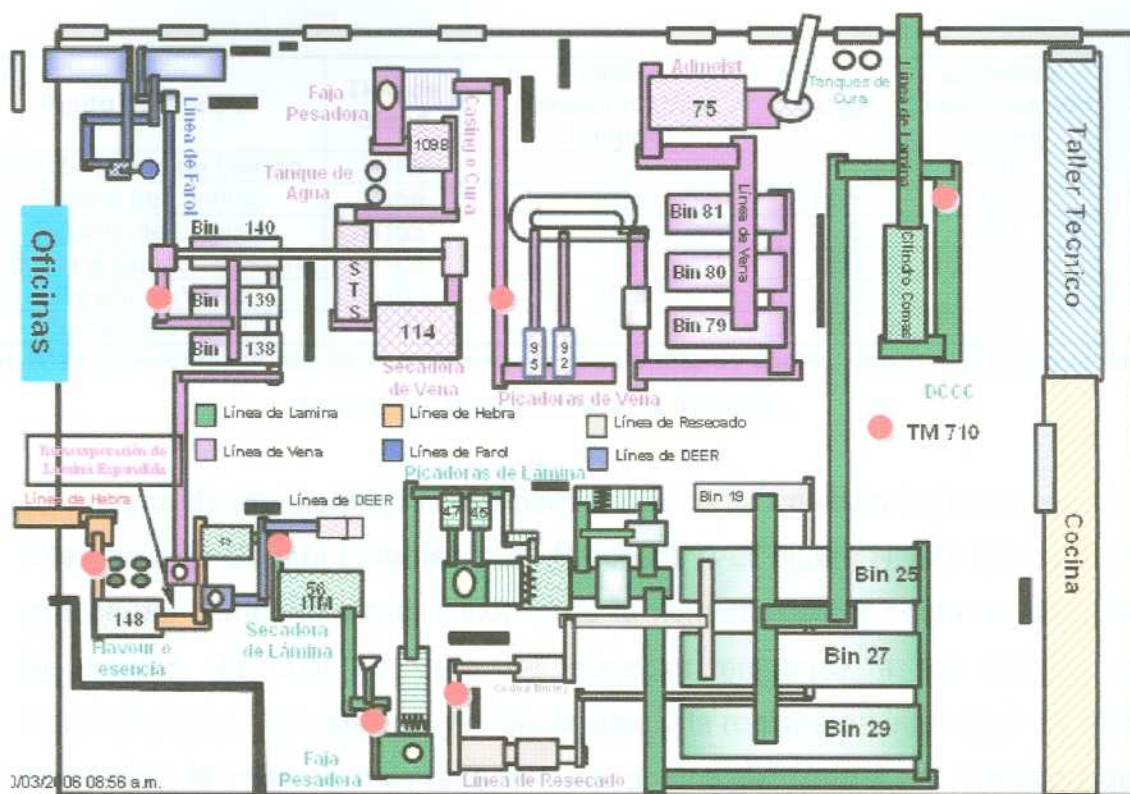


Figura N°23. Layout actual del área de Primaria. Ubicación de los TM's en el proceso.

Fuente: propia de la Empresa

La información registrada por los instrumentos de medición, es enviada a un sistema de monitoreo y control utilizado por el personal analista y supervisor (llamado FIX). Este sistema es una interfase a través de la cual el usuario puede controlar el proceso en los puntos de control, en lo que a humedad se refiere. A niveles bajos de

humedad, el sistema en modo automático o el usuario en modo manual, emite una orden para aumentar el flujo de agua en el equipo de acondicionamiento, mientras que a niveles altos de humedad, se disminuye el flujo de agua. En base a esto, se ha observado lo siguiente:

1. El Departamento de Primaria establece un Rango o Intervalo de Especificación para la Humedad de la Hebra, el cual varía dependiendo de la estación climática del año.

Punto de Control	Tipo de Blend	Límite de Especificación Superior	Target	Límite de Especificación Inferior
Acondicionado de Lámina	H165	22	21	20
Picado de Lámina	H165	21,5	20,5	19,5
Secado de Lámina	H165	15,9	15,5	15,1
Entrada a Cuarto de Hebra	H165	15	14,6	14,2
Picado de Vena	H165	39,5	38,5	37,5
Secado de Vena	H165	15	14	13

Tabla N°19. Especificaciones de Humedad para cada punto de control dentro del Proceso de Acondicionado de Tabaco de Primaria.

2. El sistema de monitoreo (FIX) se perfila más como un sistema de precontrol a diferencia de Control Estadístico de Procesos (Ver Figura N°24). Muestra una gráfica del comportamiento histórico de la humedad de la hebra en un punto de control, la cual se trata de controlar en base a los Límites de Especificación. Este sistema recoge la data y la registra en intervalos de cinco segundos, la cual es mostrada en una gráfica de control de humedad que contempla una amplitud de diez minutos de muestreo. Por lo tanto realiza un censo de humedad de cada Hebra que se esté produciendo.

Vista del sistema de control FIX. Control de Humedad de la Hebra a la entrada del Cuarto de Hebra

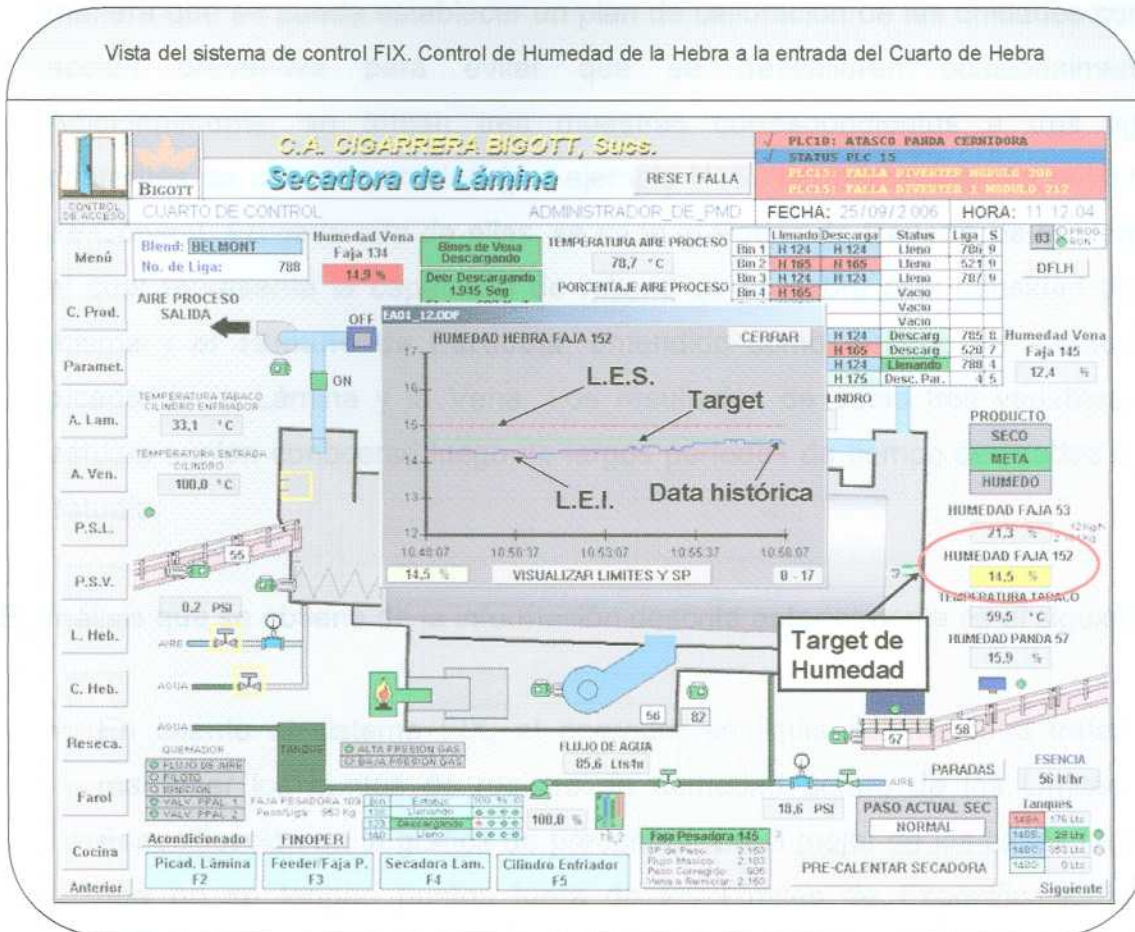


Figura N°24. Vista del sistema FIX. Control de humedad a la entrada de Cuarto de Hebra.

Fuente: propia de la Empresa.

- Por otro lado, el Departamento de Aseguramiento de la Calidad realiza un muestreo de la **Humedad del Tabaco** correspondiente a cada Liga (código de identificación que se le da a cada Hebra, ejemplo: Liga #788) el cual consiste en tomar tres muestras en la entrada del Cuarto de Hebra cuando han circulado 1500 Kg, 2500 Kg y 3500 Kg de Liga. Estas muestras son utilizadas como patrones para calibrar las medidas de humedad que registran los TM's. Mediante un modelo de regresión, se calcula el coeficiente de correlación para las lecturas de los TM's y de los hornos con la finalidad de detectar si los TM's necesitan ser calibrados o no. Actualmente no se ha llevado a cabo un estudio de tiempos relacionado al tiempo promedio de desajuste de un TM, de tal

manera que se pueda establecer un plan de calibración de las unidades como acción preventiva para evitar que se descalibren ocasionalmente. Adicionalmente, se toman tres muestras correspondientes a tres ligas diferentes de una preparación (por ejemplo H165 correspondiente a la Hebra de Cónsul). En cada una de ellas, se mide el **Poder de Relleno de la Hebra**, el cual representa la capacidad de relleno de la Hebra o la densidad de la misma y el **Tamaño de Partícula**, entendido como el largo de la sección picada de la Lámina y la Vena. Los resultados de estas tres variables de estudio suelen conocerse luego de largos períodos de tiempo dedicados a su estudio.

Figura N°25. Gráfico de control de humedad

El análisis que se obtiene de la información descrita anteriormente es el siguiente:

- En cuanto al sistema FIX, el operador se limita solamente a tratar de mantener los puntos de registro de humedad dentro de los Límites de Especificación en la gráfica de precontrol. En el mejor de los casos (en los que no se tengan puntos fuera de los Límites de Especificación), se obtendrá una capacidad buena que arrojará un valor cercano a uno. Sin embargo la variabilidad pudiera ser disminuida aún aplicando alguna metodología que muestre límites críticos de variabilidad permitida de tal manera que se controle el comportamiento del proceso, lo que arrojaría índices mayores de capacidad. La Figura N°25 muestra un gráfico de control de humedad utilizado actualmente:

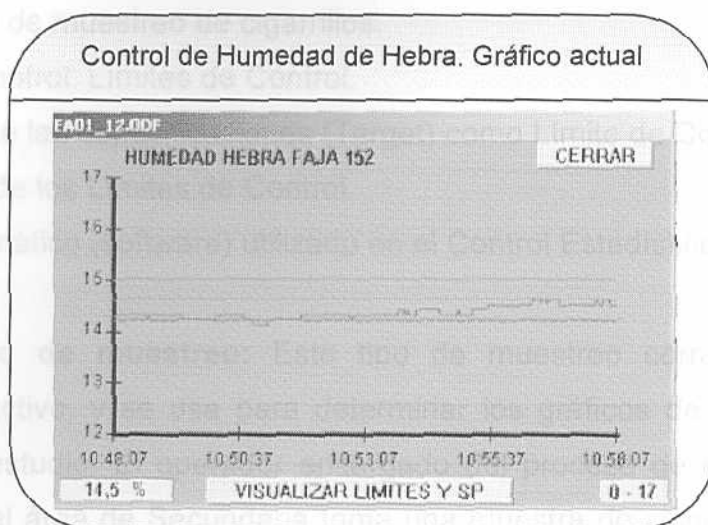


Figura N°25. Gráfico de control de humedad de Hebra utilizado actualmente. Fuente: propia de la Empresa.

- El muestreo de calibración realizado por el Departamento de Aseguramiento de la Calidad, maneja una metodología adecuada para la calibración (a través de un modelo de regresión múltiple). Para concluir si existen diferencias significativas entre los valores registrados por los TM's y por la lectura de los hornos, aplican un modelo de Inferencia acerca de la diferencia de medias (Diseño de comparación por pares). Por otro lado, a través de encuestas personales que se han llevado a cabo con los operadores del área de Primaria, se ha determinado que el tiempo promedio de respuesta ante una solicitud de calibración de una unidad TM es de un día. Esta situación incide en la variabilidad del proceso, ya que se pudiera operar un tiempo considerable con una o varias unidades de medición de humedad descalibradas.

b) Área de Secundaria (SMD)

Dentro de las herramientas utilizadas por la empresa para llevar a cabo el Control Estadístico de Procesos, se estudiaron las siguientes:

1. Procedimiento de muestreo de cigarrillos.
2. Gráficos de Control: Límites de Control.
3. Punto medio de las especificaciones (Target) como Límite de Control Central.
4. Actualización de los Límites de Control.
5. Paquete Informático (software) utilizado en el Control Estadístico de Procesos.

1. **Procedimiento de muestreo:** Este tipo de muestreo corresponde a un ensayo destructivo, y se usa para determinar los gráficos de control de las variables de estudio. El operador encargado del proceso de elaboración de cigarrillos en el área de Secundaria toma una muestra de cinco (5) cigarrillos con una frecuencia de muestreo igual a 20 minutos, y los deposita en un equipo de medición en el área de Secundaria llamado: Quality Testing Module (QTM). Se observó que la frecuencia del muestreo no se mantiene constante, y en algunos casos puede ser de hasta una hora entre cada toma de muestras.
2. **Gráficos de Control (Límites de Control):** El proceso se ajusta a límites que no son de control. Estos límites están calculados en función del punto medio de las especificaciones ("Target").
3. **Target como Límite de Control Central:** Se encontró que el Límite de Control Central que utiliza la empresa en sus gráficos de control es el punto medio de las especificaciones ("Target").
4. **Actualización de los Límites de Control:** Se encontró que los Límites de Control son recalculados cuando cambian las especificaciones o se detectan valores del proceso muy cercanos al "Target".
5. **Paquete de Control Estadístico de Procesos:** Actualmente se utiliza un paquete informático llamado FREEWAY. A continuación se presentan vistas de los Gráficos de Control del software:

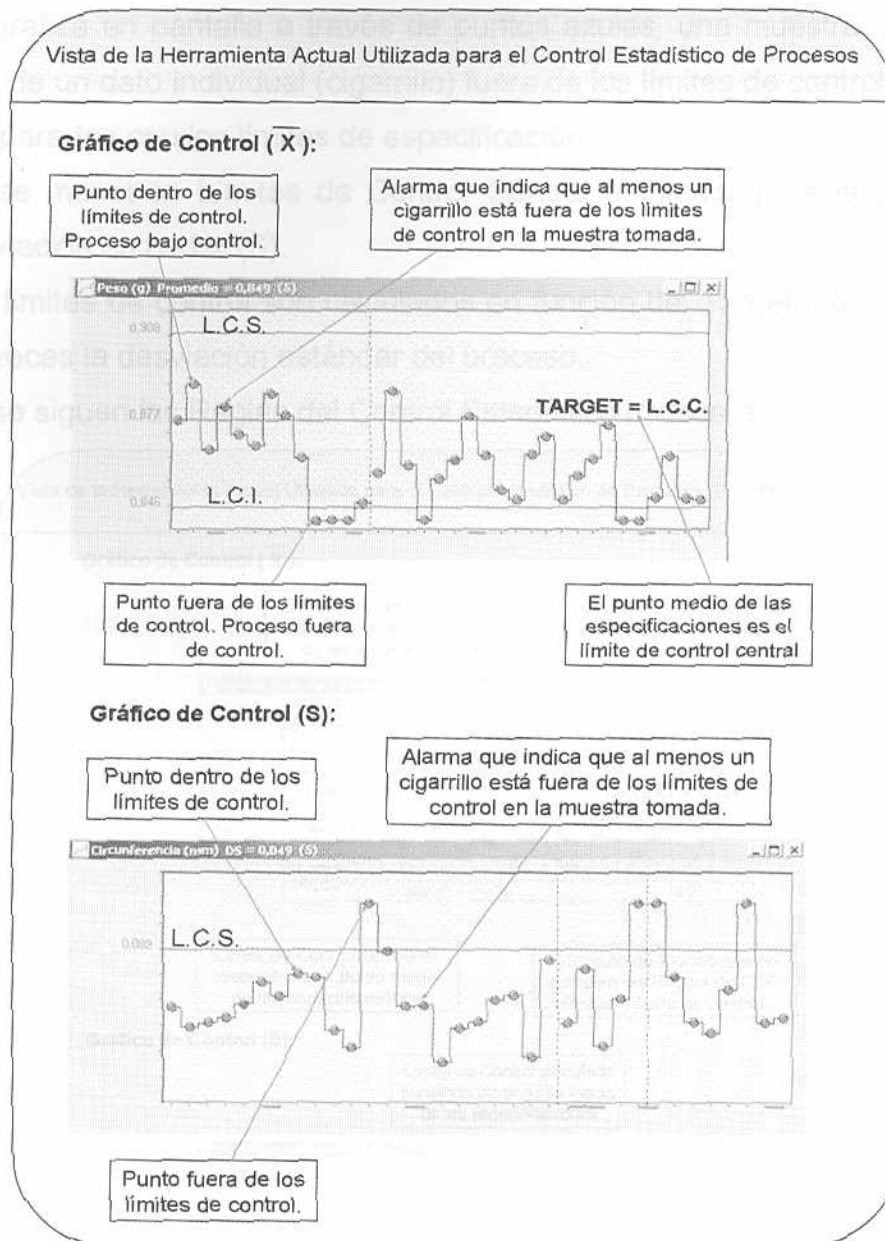


Figura N°26: Vista del Gráfico de Control para la Media para la Desviación Estándar de las Variables Peso de los cigarrillos y Circunferencia de los cigarrillos. Vista Software Freeway, en uso actualmente.

Se encontró que el software presenta deficiencias en los conceptos básicos de la metodología del Control Estadístico de Procesos

1. Se grafica en pantalla a través de puntos azules, una muestra que presenta más de un dato individual (cigarrillo) fuera de los límites de control, en lugar de compararlos con los límites de especificación.
2. No se muestran Límites de Control Central e Inferior para la gráfica de la desviación estándar (S).
3. Los límites de control son calculados en función del Target más o menos tres (3) veces la desviación estándar del proceso.
4. No se siguen las Reglas del Control Estadístico Procesos.

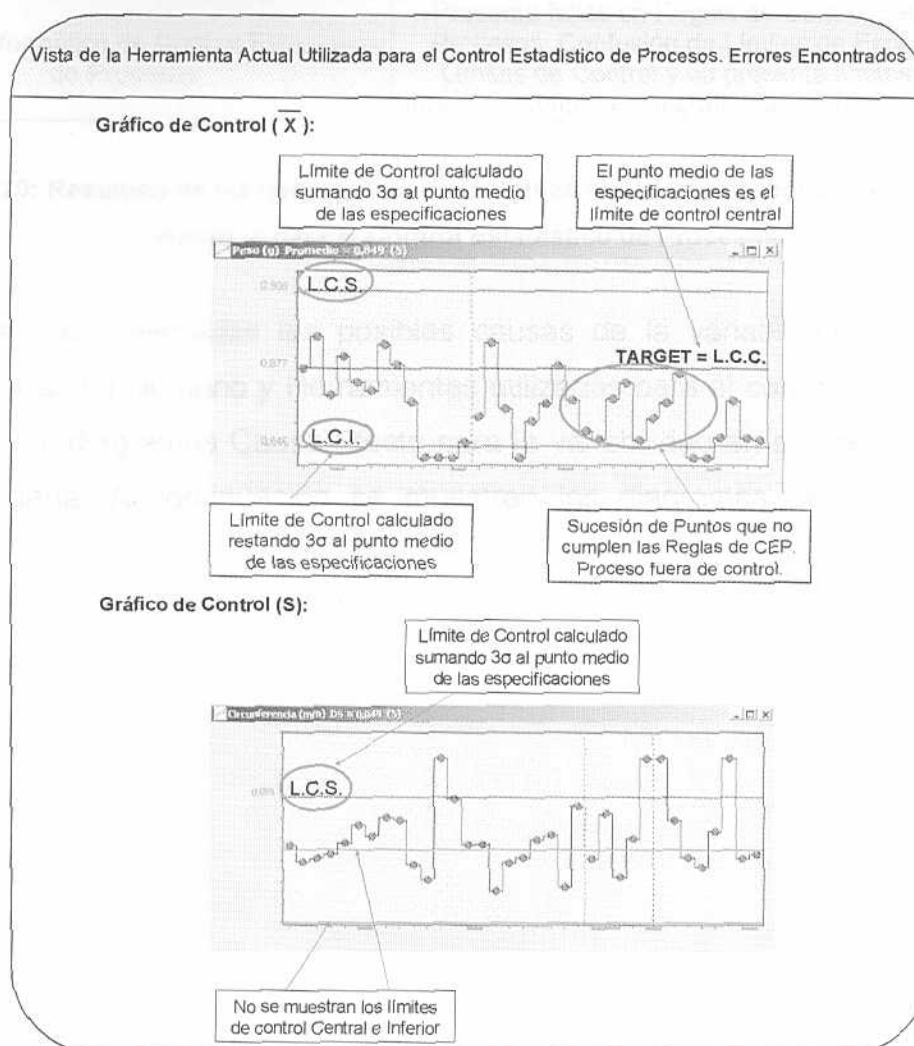


Figura N°27: Vista de los Gráficos de Control para la Media y Desviación Estándar de las variables Peso de los cigarrillos y circunferencia de los cigarrillos. Deficiencias encontradas. Vista Software Freeway, en uso actualmente.

A continuación se presenta una tabla resumen con las deficiencias encontradas en las herramientas utilizadas por la empresa para el Control Estadístico de Procesos:

Herramienta Utilizada	Defecto de la Herramienta
Procedimiento de muestreo de cigarrillos	La frecuencia de Muestreo no es constante en el tiempo
Gráficos de Control: Límites de Control	Los Límites de Control son calculados en base a especificaciones y desviaciones del proceso
Target como Límite de Control Central	No existe relación matemática o estadística entre los límites de especificación y los límites de control
Actualización de Límites de Control	Son recalculados cuando cambian especificaciones o se encuentran valores cercanos al Target
Paquete informático de Control Estadístico de Procesos	Presenta fallas en Reglas de Control Estadístico de Procesos, Confusión de Límites de Especificación y Límites de Control y no presenta límites de control Inferior y Central en el gráfico de la desviación estándar.

Tabla N°20: Resumen de las deficiencias encontradas en las herramientas utilizadas por la empresa para el Control Estadístico de Procesos.

Una vez detectadas las posibles causas de la variabilidad en materia de Procesos, Capital Humano y Herramientas utilizadas para el control de procesos, se realizaron los diagramas Causa-Efecto para la variabilidad en el área de Primaria y de Secundaria. A continuación se muestran los diagramas para cada área de estudio:

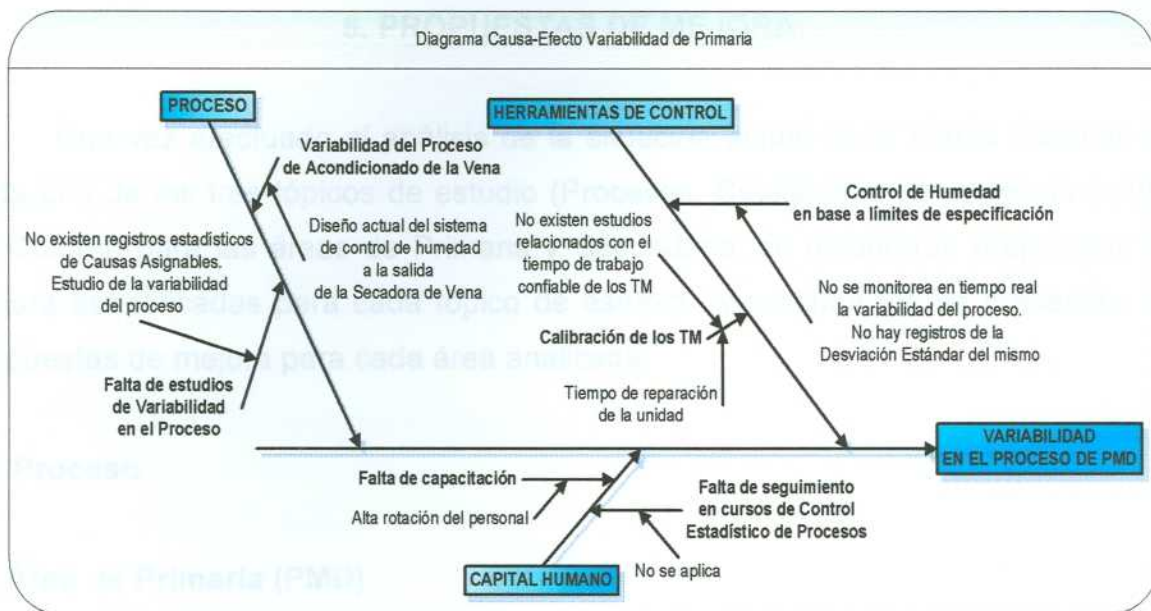


Figura N°28. Diagrama Causa-Efecto de Variabilidad de Primaria.

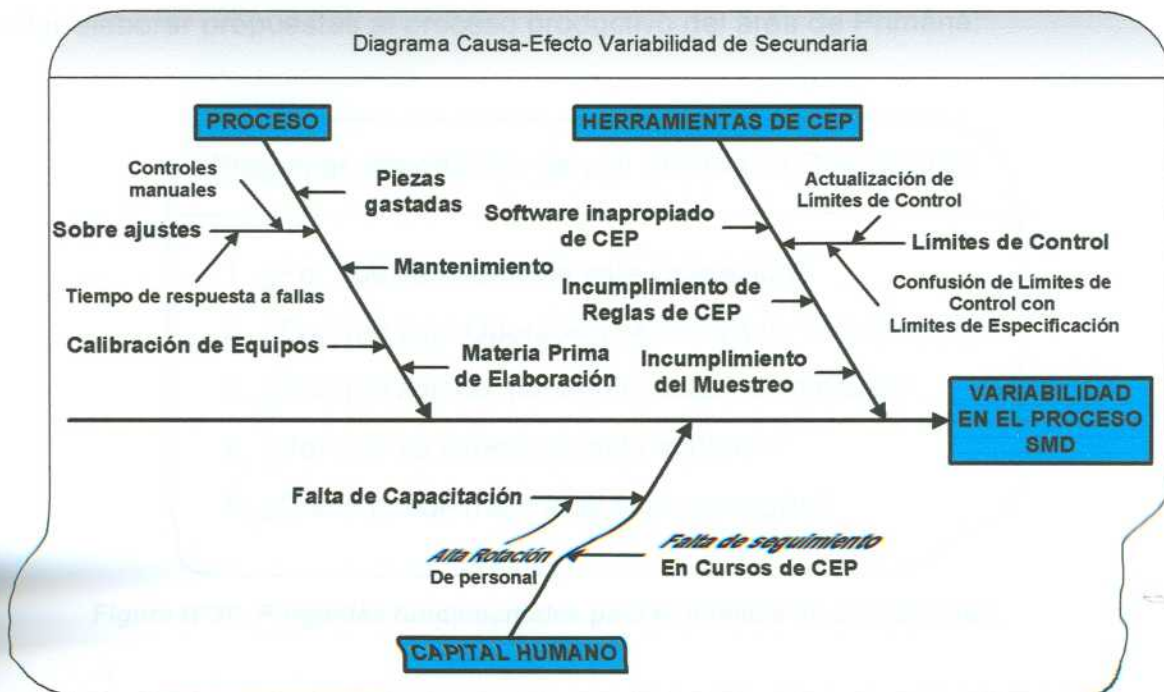


Figura N°29. Diagrama Causa - Efecto para las posibles causas de la Variabilidad del área

5. PROPUESTAS DE MEJORA

Una vez efectuado el análisis de la situación actual de la Planta Caracas en cada uno de los tres tópicos de estudio (Procesos, Capital Humano y Herramientas de Control) para las áreas de Primaria y Secundaria, se elaboraron propuestas de mejora estratificadas para cada tópico de estudio. A continuación se presentan las propuestas de mejora para cada área analizada.

5.1 Proceso

a) Área de Primaria (PMD)

El siguiente Análisis de Operaciones se presenta como punto de partida para poder elaborar propuestas al proceso productivo del área de Primaria:

Preguntas Importantes para el Análisis de Operaciones

1. ¿Por qué es necesaria esta Operación?
2. ¿Por qué esta Operación se realiza de esta manera?
3. ¿Por qué son tan pequeñas estas tolerancias?
4. ¿Por qué se especificó este material?.
5. ¿Cómo puede mejorarse esta operación?

Figura N°30. Preguntas fundamentales para el Análisis de Operaciones.

Pregunta	Mejora al Proceso
1. ¿Es posible reducir la variabilidad de la Humedad de la Hebra a la entrada del Cuarto de Hebra?	1. De esta manera se podría obtener un proceso Capaz que produzca de acuerdo a las especificaciones establecidas.
2. ¿Es posible obtener un mejor control del proceso de acondicionado de la Vena?	2. Así se controlaría con mayor facilidad la humedad de la Hebra final.
3. ¿Es posible estudiar la variabilidad del proceso?	3. Se tomarían acciones correctivas en las áreas de interés, de tal manera que se obtendrían productos conformes a las especificaciones establecidas.

Tabla N°21. Análisis de Operaciones para el Proceso del área de Primaria.

Para reducir la variabilidad del área de Primaria, se debe efectuar primero lo siguiente:

1. Rediseño del sistema de monitoreo a la salida de la Secadora de Vena.

La propuesta consta en rediseñar el proceso de monitoreo a la salida de la Secadora de Vena, de tal manera que se aumente la capacidad de respuesta. Según estudios efectuados por la compañía, la capacidad de respuesta puede aumentarse a 4 minutos, en comparación con los 8 minutos que se maneja actualmente.

2. Estudios de variabilidad del proceso. Como parte del diagnóstico del proceso y del estudio de las posibles fuentes de variabilidad, se propone llevar a cabo las siguientes herramientas que son complementarias a la implantación del Control Estadístico de Procesos.

- **Diseño de Experimentos:** se propone realizar un estudio de correlación para escenarios controlados, entre la Humedad de la Vena a la salida de los bins de contención vs la Humedad de la Hebra a la entrada del Cuarto de Hebra. De esta manera se podrá comprobar estadísticamente la afirmación de los expertos sobre la incidencia de la

Humedad de la Vena en la Humedad de la Hebra. En el caso de obtener un índice de correlación elevado, entonces se deberán tomar las acciones pertinentes para que la Humedad de la Vena a la salida de los bins de contención no sea una causa asignable que aumente la variabilidad de la Humedad de la Hebra a la entrada del Cuarto de Hebra. Adicionalmente se propone llevar a cabo un estudio de correlación entre la Humedad de la Lámina a la Salida de la Secadora de Lámina vs Humedad de la Hebra, para poder analizar y generar conclusiones de igual modo que en el caso de la Vena.

- **Gráficos Pareto:** de igual manera, se propone el uso de esta herramienta, como instrumento fundamental para registrar las causas asignables que puedan aparecer en el proceso de Primaria, de tal manera que se puedan atacar inmediatamente las principales causas asignables y así reducir la variabilidad del proceso.

b) Área de Secundaria (SMD)

En el área de secundaria se propone aplicar la metodología de Control Estadístico de Procesos, enfocado en las cuatro (4) variables del estudio (Peso, Circunferencia, Ventilación y Caída de Presión de los cigarrillos).

Las propuestas en términos del proceso se orientan hacia la corrección de las posibles causas asignables observadas en el Capítulo anterior, y se apoyan en un "Análisis de Operaciones" para estas causas:

Análisis de las Operaciones: Con respecto a las operaciones del proceso, en el capítulo anterior se detectaron para el área de Secundaria posibles causas asignables para el proceso y su variabilidad. Es por ello, que se propone un Análisis de Operaciones, cuya forma se propone a continuación:

Preguntas Importantes para el Análisis de Operaciones
1. ¿Por qué es necesaria esta Operación?
2. ¿Por qué esta Operación se realiza de esta manera?
3. ¿Por qué son tan pequeñas estas tolerancias?
4. ¿Por qué se especificó este material?
5. ¿Cómo puede mejorarse esta operación?

Figura N°31: Preguntas Importantes para el Análisis de las Operaciones en el área de Secundaria.

El Análisis de las Operaciones se realizó para las posibles causas asignables encontradas en los Gráficos de Control del Proceso para el mes de Marzo de 2006. A continuación se presenta el Análisis de las Operaciones:

Pregunta	Mejora al Proceso
1. ¿Es posible dar entrenamiento a los operadores de los Módulos de Producción para ajustar el equipo regulador de la Ventilación?	1. De esta manera se eliminaría el tiempo de respuesta del electrónico, pues cada operador sería responsable por controlar las variables del proceso.
2. ¿Es posible colocar algún tipo de dispositivo que regule automáticamente el peso de los cigarrillos en los módulos donde el control no es automatizado?	2. Así se reducirían los sobre ajustes en los módulos de producción, lográndose una variabilidad menor.
3. ¿Es posible colocar algún tipo de dispositivo que regule automáticamente la circunferencia de los cigarrillos en los módulos donde el control no es automatizado?	3. De esta manera se reducirían los sobre ajustes en los módulos de producción, lográndose una variabilidad menor.

Tabla N°22: Análisis de las Operaciones para el Proceso del área de Secundaria (Continúa).

Pregunta	Mejora al Proceso
4. ¿Es posible ajustar los programas de Mantenimiento de los equipos automatizados y de los módulos de producción para realizar los mantenimientos en el tiempo correspondiente?	4. De esta manera se reducirían los ciclos en los Gráficos de Control y la variabilidad se reduciría.
5. ¿Se puede establecer un cronograma para la calibración de los equipos de medición, de manera que se asegure su buen funcionamiento semanalmente?	5. De esta manera se tendrían los equipos calibrados con cierta periodicidad y se disminuirían las posibles causas asignables que afectan la variabilidad del proceso.

Tabla N°23: Análisis de las Operaciones para el Proceso del área de Secundaria (Continuación).

Del "Análisis de Operaciones" se deducen las siguientes propuestas para el proceso:

- Colocar controles automatizados para los módulos de producción (máquinas elaboradoras de cigarrillos) para las variables: Peso y Circunferencia de los cigarrillos, para disminuir el sobre ajuste de los equipos:
 - En el caso del peso de los cigarrillos, si no es posible implantar controles automáticos, se sugiere cambiar a un solo tipo de perilla los módulos de producción no automatizados. Para ello, se sugiere hacer estudios de "Medición del Trabajo" a los operadores y observar el desempeño de la variabilidad del peso de los cigarrillos.
 - Con respecto a la variable Circunferencia de los cigarrillos, en caso de no poder implantar controles automáticos, se propone cambiar a un solo tipo de perilla. Para ello, se sugiere llevar a cabo un estudio de variabilidad asociado a las perillas que controlan la "máquina formadora de varillas", de manera de conocer cuál de las dos perillas afecta en mayor grado la variabilidad de la circunferencia. Esta información es de valiosa importancia, ya que puede determinar en cierta manera la procura de equipos elaboradores a futuro por parte de la compañía.

- Dar entrenamiento a los operadores de los módulos de producción para que controlen la variable ventilación de cigarrillos. Así se disminuiría el tiempo de respuesta a posibles fallas en el proceso para esta variable.
- Realizar programas de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos de medición y de los módulos de producción, que contemplen una frecuencia constante determinada.
- Llevar a cabo un estudio de rendimiento de las máquinas, contemplando la capacidad de resistencia a ajustes periódicos.

5.2 Capital Humano

a) Personal Operativo de Primaria

En cuanto al personal operativo del área de Primaria, se propone dar un entrenamiento en Control Estadístico de Procesos, con la finalidad de aclarar las dudas y fallas conceptuales detectadas en las encuestas realizadas (Ver Tomo de Anexos, Anexo N°7). El objetivo específico del curso de Primaria será el de dar a conocer la metodología de Precontrol (relacionado con las propuestas de herramientas de control de proceso para este departamento). El entrenamiento se hará mediante un curso, cuyo diseño se encuentra en el Tomo de Anexos, Anexo N°8).

b) Personal Operativo de Secundaria

La propuesta de curso para los operadores del área de Secundaria consiste en dar un entrenamiento en Control Estadístico de Procesos, con la finalidad de aclarar las dudas y fallas conceptuales detectadas en las encuestas realizadas (ver Tomo de Anexos, Anexo N°7). El entrenamiento se hará mediante un curso enfocado específicamente hacia el manejo de los Gráficos de Control, cuyo diseño se muestra en el Tomo de Anexos, Anexo N°9.

5.2.3 Personal Administrativo

La propuesta de curso para el personal administrativo de la planta, se encuentra enfocada hacia el Control Estadístico de Procesos al igual que en el caso del personal operador. Sin embargo, se recomienda que el curso para el personal administrativo posea un grado de profundidad o de complejidad mayor que para el caso del personal operador. El diseño del curso se muestra en el Tomo de Anexos, Anexo N°10.

Finalmente, para el Capital Humano de la empresa, se elaboró una propuesta de manual para la implantación del Control Estadístico de Procesos adaptado a las necesidades de la compañía y trípticos adaptados a cada una de las necesidades de control de los procesos de PMD y SMD, con la finalidad de mantener el conocimiento sobre la metodología dentro de la empresa. El manual y los trípticos se encuentran en el Tomo de Anexos (Anexo N°11, Anexo N°12 y Anexo N°13 respectivamente).

5.3 Herramientas Utilizadas para el Control de Procesos

a) Herramientas de Control para el Área de Primaria

Como herramienta de control de procesos, para el área de Primaria se propone llevar a cabo la implantación del **Sistema de Precontrol** basado en lo siguiente:

EL sistema de monitoreo FIX realiza un censo de cada Liga producida en PMD (como se explicó en el Capítulo IV en el Diagnóstico del Proceso de Primaria). Se propone configurar el sistema de tal manera que permita mostrar al operador Gráficos de Precontrol en cada punto de control donde se diagnostica la humedad del proceso. En este sentido, la propuesta que se presenta puede apreciarse en el Tomo de Anexos, Anexo N°14. Lo que se persigue con la misma es facilitar el

monitoreo del proceso en tiempo real, de tal manera que se puede mantener un control de la variabilidad del mismo a través del análisis de las Gráficas de Precontrol. Adicional a esto, se propone mostrar en pantalla la siguiente información:

- La ventana izquierda muestra en todo momento el valor actual de los índices C_p y C_{pk} , de tal manera que el operador pueda siempre buscar el control de la variabilidad para tratar de mantener dichos índices por encima de uno. Sin embargo, se propone adicionalmente mostrar el Target o punto medio de la especificación que se quiere y que el software pueda desarrollar una prueba de hipótesis (bilateral para la media de varianza desconocida referida en el Capítulo II) para indicarle al operador si el proceso se encuentra centrado o no.
- Por su parte, en la ventana derecha se pretende mostrar la desviación estándar que posee el proceso en tiempo real. Esta desviación se quiere comparar contra un valor máximo permitido, el cual resulta del cálculo de una prueba unilateral derecha para la varianza de una distribución normal (véase Capítulo II, Sección:2.3.1.11).
- Se propone que el software calcule al mismo tiempo si el proceso se ajusta a una Distribución Normal mediante la aplicación de una Prueba de Bondad del Ajuste (Ver Capítulo II, Sección:2.3.1.7). Esto es necesario para poder interpretar los valores de C_p y C_{pk} , puesto que si el proceso no se ajusta a una normal, no pudieran aplicarse estos índices.
- Finalmente, toda la data recolectada durante el proceso productivo deberá ser almacenada para su posterior análisis. Esto es, busca de oportunidades de mejora en el proceso y estudios de variabilidad asociados a causas asignables del mismo.

Esta alternativa se presenta con un alto grado de factibilidad debido a lo siguiente:

- La metodología de Precontrol se ajusta a la tecnología con que cuenta el área de Primaria actualmente. El sistema de interfase humana (FIX) se presta favorable para implantar esta metodología. Por otro lado, puesto a que ya se cuenta con la infraestructura necesaria para aplicar la metodología, la puesta en práctica de la misma no supone un costo elevado.

En el Tomo de Anexos, Anexo Teórico N°27 se explica en detalle la teoría de la metodología de Precontrol.

En cuanto a la calibración de las unidades de medición TM, se propone aumentar la capacidad de respuesta ante una solicitud de calibración, ya que mientras se tenga un instrumento de medición descalibrado, se está controlando el proceso en base a data no confiable, lo que puede incidir en la variabilidad del mismo. De igual manera, parece conveniente para la empresa llevar a cabo un estudio donde se pueda determinar el tiempo promedio en el que una unidad de medición TM debe ser calibrada. De esta manera se anticipa la ocurrencia de una falla que pueda traer como consecuencia el registro de data inválida que a la final se traduce en variabilidad para el proceso.

b) Herramientas de Control para el Área de Secundaria

Se propone la adquisición de un paquete informático (software) que aplique los conceptos de Control Estadístico de Procesos, y que se complemente con herramientas estadísticas básicas, de manera de simplificar el trabajo que esto conlleva.

Además, se sugiere que el paquete adquirido contemple las reglas de Control Estadístico y una vista de los gráficos de control como la siguiente:

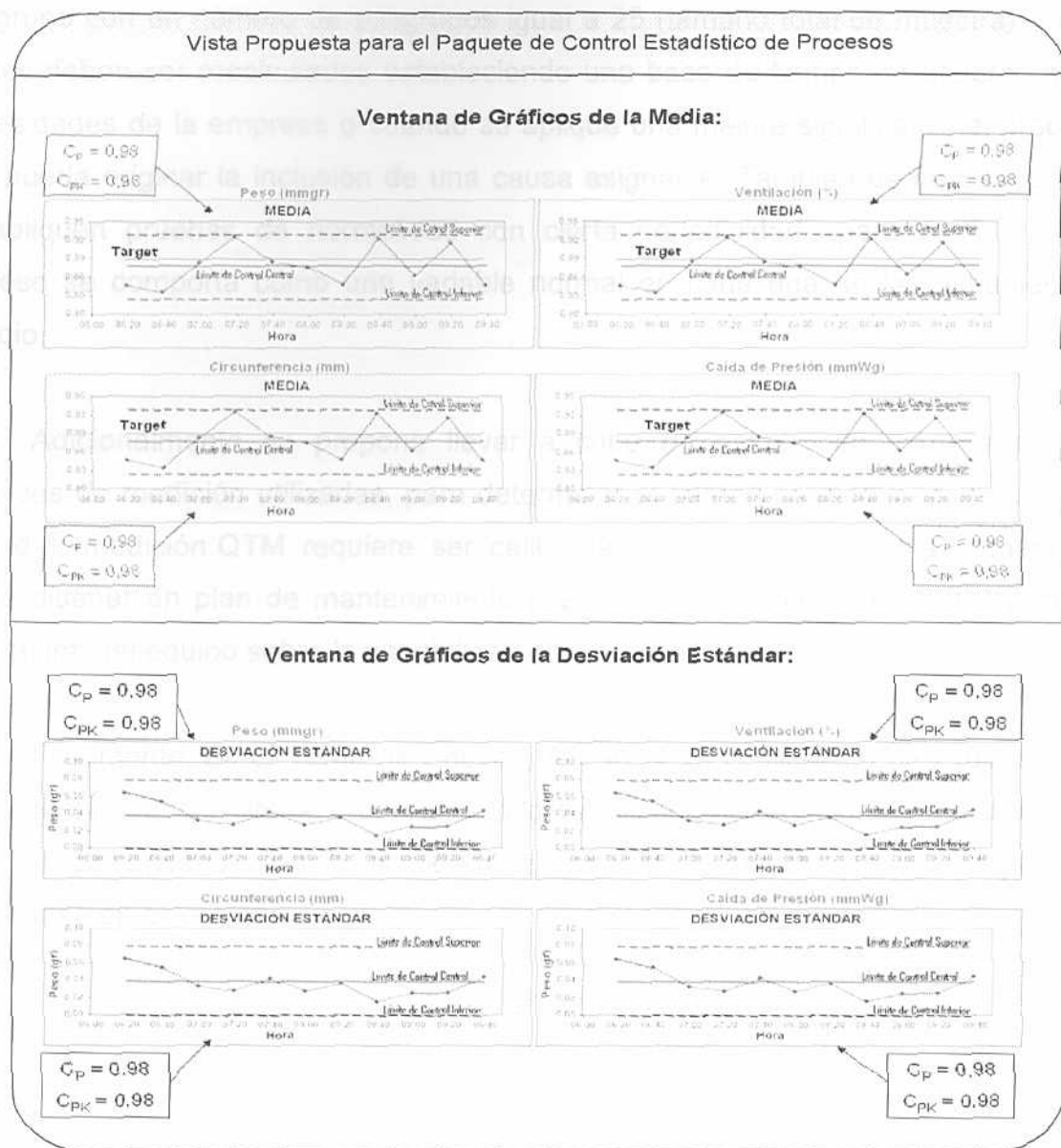


Figura N°32: Vista propuesta para el paquete informático de Control Estadístico de Procesos. Media de las Variables.

Estas vistas permitirán monitorear el proceso en cada una de las variables de estudio, y además se muestra el Target (punto medio de las especificaciones) en el gráfico de control, para observar si la media del proceso coincide o no con el mismo (ver Capítulo II, Sección N° 2.3.1.6. Capacidad de Proceso). Además de esto, se propone que los límites de control se calculen en base al tamaño de muestra de cada

subgrupo con un número de subgrupos igual a 25 (tamaño total de muestra). Estos límites deben ser recalculados estableciendo una base de tiempo de acuerdo a las necesidades de la empresa o cuando se aplique una mejora significativa al proceso que pueda originar la inclusión de una causa asignable. También es necesario que se apliquen pruebas de normalidad con cierta periodicidad para verificar si el proceso se comporta como una variable normal en cada una de las variables de estudio.

Adicionalmente se propone llevar a cabo un estudio de tiempos en las unidades de medición utilizadas, para determinar el tiempo promedio en el que una unidad de medición QTM requiere ser calibrada nuevamente. De esta manera se podrá diseñar un plan de mantenimiento preventivo para minimizar el efecto de la calibración del equipo sobre la variabilidad del proceso.

Finalmente, en el Tomo de Anexos, Anexo N°15 (Validación de Propuestas), se presenta el desarrollo de una prueba piloto realizada en un módulo de producción del área de Secundaria, con la finalidad de evaluar el impacto de las propuestas planteadas en esta área.

6. CONCLUSIONES

1. Proceso Productivo:

a) Primaria:

- ✓ El proceso no es capaz.
- ✓ La Humedad Ambiental no influye significativamente en la Humedad de la Hebra.
- ✓ Actualmente no existen estudios de Causas Asignables del proceso.
- ✓ El tiempo de respuesta a la calibración de los equipos de medición de humedad (TM) afecta la variabilidad del proceso.

b) Secundaria:

- ✓ El proceso no es capaz.
- ✓ La Humedad Ambiental no influye significativamente en las variables de estudio: Peso, Circunferencia, Ventilación y Caída de Presión de los cigarrillos.
- ✓ Los controles manuales para las variables: Peso y Circunferencia inciden en la variabilidad del proceso.
- ✓ El tiempo de respuesta para el ajuste de la duración del láser perforador de filtros, y de la calibración de los equipos de medición (QTM) afecta negativamente la variabilidad del proceso.

2. Capital Humano:

- ✓ Falta de capacitación en materia de Control Estadístico de Procesos.
- ✓ Se utiliza una metodología de Control de Procesos, que no sigue los principios del Control Estadístico de Procesos.

3. Herramientas Utilizadas para el Control Estadístico de Procesos:

a) Primaria:

- ✓ Actualmente se utiliza una metodología de Control de Procesos, que no sigue los principios del Control Estadístico de Procesos.
- ✓ La metodología actual de Control de Humedad no permite controlar la variabilidad del proceso.
- ✓ La metodología de Precontrol se ajusta más a las necesidades del proceso de Primaria, debido a las características del proceso.
- ✓ La calibración de los equipos de medición incide en la variabilidad del proceso.

b) Secundaria:

- ✓ La metodología actual no aplica los principios del Control Estadístico de Procesos.
- ✓ La calibración de los equipos de medición no se efectúa con la frecuencia requerida y esta es una causa que incide en la variabilidad del proceso.
- ✓ El paquete informático utilizado para el control de proceso no aplica los principios del Control Estadístico de Procesos.
- ✓ La frecuencia de muestreo no es constante y afecta la variabilidad del proceso.

4. Prueba Piloto:

- ✓ Aplicando la metodología de Control Estadístico de Procesos se logró incrementar significativamente la Capacidad de Proceso para las variables de estudio (Peso, Circunferencia, Ventilación y Caída de Presión de los cigarrillos).
- ✓ Los resultados de la prueba piloto muestran un ahorro económico de 43.048 US\$ aplicando la metodología de Control Estadístico de Procesos.

7. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un Estudio de Mercado, con la finalidad de definir los Límites de Especificación para todos los productos de la compañía (por cada variable crítica del producto), siguiendo los criterios de establecidos por el cliente y la normativa legal correspondiente (Normas COVENIN).
- ✓ Llevar a cabo un estudio de Costos de la Calidad, con el objetivo de definir y clasificar los costos de la calidad en la compañía. Esto permitiría llegar a una mejor estructura de costos e identificar posibles oportunidades de mejora en el área de Calidad.
- ✓ Ofrecer cursos de actualización en materia de Control Estadístico de Procesos al personal de la compañía, con la finalidad de mantener los conocimientos en materia de Control Estadístico de Procesos.
- ✓ Adquirir un Paquete Informático que aplique la metodología de Control Estadístico de Procesos de manera automatizada para los módulos de producción del área de Secundaria.
- ✓ Realizar un estudio de Regresión Múltiple para determinar la relación matemática que permita explicar el comportamiento de la variable Caída de Presión de los cigarrillos a través de las variables: Peso, Circunferencia y Ventilación de los cigarrillos.
- ✓ Realizar un estudio de Causas Asignables para cada módulo de producción siguiendo la metodología descrita en el Manual de Implantación de Control Estadístico (Ver Tomo de Anexos, Anexo N°11).
- ✓ Controlar el proceso productivo mediante los índices de Capacidad de Proceso, en lugar de los Indicadores de Calidad derivados de la British

American Tobacco, debido a que estos indicadores son de penalización, y no de control.

- ✓ Determinar mediante un diseño de experimentos, la relación entre el Tamaño de Partícula del Tabaco y las variables: Caída de Presión y Ventilación de cigarrillos, para medir el impacto de los parámetros que se controlan en Primaria sobre las variables de elaboración de cigarrillos.
- ✓ Utilizar "Gráficos de Control por Atributos" para los ensayos de inspección visual que realiza el Departamento de Calidad a las muestras de paquetes de cigarrillos tomados de los módulos de producción.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ARVELO, Ángel Francisco. La Capacidad de los procesos industriales. Métodos estadísticos exigidos por las normas ISO 9000. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, 1998. Primera Edición.
- BESTERFIELD, Dale. Control de Calidad. Prentice Hall. México. 1995. Cuarta Edición.
- FERNÁNDEZ, Adelmo. Guías de Estudio: Métodos Estadísticos. Universidad Católica Andrés Bello. No Publicado.
- JURAN, J. M. y GRYNA, Frank. Manual de Control de Calidad. Mc. Graw Hill. Madrid, España. 1993. Cuarta Edición.
- MONTGOMERY, Douglas C. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana. México D.F., 1991. Tercera Edición.
- MONTGOMERY, Douglas C. Probabilidad y Estadística aplicada en la Ingeniería.
- MONTGOMERY, Douglas C. Control Estadístico de la Calidad. Limusa Wiley. México D.F., 2005. Tercera Edición.