

ULACIT

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

LICENCIATURA EN INGENIERIA INDUSTRIAL

**Creacion de un doe para el proceso de formacion de pulpa en la linea de
produccion de toallas femeninas CAF-04**

Sustentante: Ing. Jorge A. Céspedes Chinchilla

**PROYECTO DE GRADUACION PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADO EN
INGENIERIA INDUSTRIAL**

San Jose – Costa Rica

AGOSTO 2006

DECLARACION JURADA

Yo __Jorge Céspedes Chinchilla_____alumno(a) de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (ULACIT), declaro bajo la fe de juramento y consciente de la responsabilidad penal de este acto, que soy el autor intelectual de la Tesis de Grado titulada: _ CREACION DE UN DOE PARA EL PROCESO DE FORMACION DE PULPA EN LA LINEA DE PRODUCCION DE TOALLAS FEMENINAS CAF-04_, por lo que libero a la ULACIT, de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Brindada en San José - Costa Rica en el día __04__ del mes de _septiembre__ del año dos mil __seis_____.

Firma del estudiante:_____

Cédula de Identidad:_____

ULACIT

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL EXAMINADOR

Reunido para los efectos respectivos, el Tribunal Examinador de la Escuela de
_____ compuesto por:

Tutor

Lector

Presidente del Tribunal

Dedicacion

La presente tesis para optar por el grado de licenciatura es dedicada a Dios que me dio la sabiduría y las fuerzas necesarias para seguir adelante en los momentos mas difíciles y por otra parte la dedica esta tesis a mi madre Sandra Chinchilla C, quien siempre creyo en mi y me levanto cuando estaba caido en batalla...!!!

Agradecimientos

Agradezco desde lo más profundo de mi corazón a toda mi familia, en especial a mis hermanos como a mi padre, quienes me ayudaron con toda la tecnología y favores necesarios para que el camino de trabajo se me tornara menos arduo. Agradezco a mi madre quien me apoyo en todo momento.

A la vez agradezco a mi profesor Ing. Félix Amado quien me guió en todo momento durante el desarrollo de este proyecto, así como a las personas de Kimberly Clark que me dieron la oportunidad de desarrollar esta investigación en dicha compañía...

Indice

1.1	Generalidades de la empresa.....	8
1.1	Misión	9
1.2	Visión	9
1.3	Política de Calidad	9
1.4	Antecedentes históricos	9
1.5	Ubicación geográfica.....	11
1.6	Organización.....	11
1.7	Número de empleados	11
1.8	Tipos de producto	12
1.9	Mercado de exportación.....	13
1.10	Descripción del proceso de producción para toallas femeninas.....	13
1.11	Planteamiento del problema central.....	15
1.12	Implicaciones.....	15
1.13	Justificación	15
1.14	Objetivos generales y específicos.....	15
1.15	Metas	16
1.16	Alcances y limitaciones.....	16
2	Marco Teórico	17
3	Metodología del Proyecto.....	24
3.1	Tipo de investigación	25
3.2	Sujetos y fuentes de información	25
3.3	Sujeto de estudio, población y muestreo.....	26
3.4	Matriz de operacionalización de variables.....	27
3.5	Hipótesis	27
3.6	Procesamiento de la información	28
4	Diagnóstico de la Situación Actual	30
4.1	Análisis de la situación actual.....	31
4.2	Conclusiones del diagnóstico.....	60
5	Diseño de la investigación.....	62
5.1	Estudio técnico.....	63
5.2	Evaluación Financiera	69
6	Implementación de Soluciones.....	72
6.1	Resultados positivos y negativos obtenidos	72
7	Conclusiones y Recomendaciones.....	75
7.1	Conclusiones generales	76
7.2	Conclusiones sobre el diseño.....	77
7.3	Conclusiones sobre la implementación de la solución.....	77
7.4	Recomendaciones	78
8	Bibliografía	79
9	Apendices	81
10	Anexos	82

Lista de Graficos y figuras

Gráfico #1 Valores de Ci% mes de abril	31
Gráfico #2 Afectacion de variables abril.....	32
Gráfico #3 Valores de ci% de mayo	33
Gráfico #4 Afectacion de variables mayo.....	34
Gráfico #5 valores de Ci% de junio.....	35
Gráfico #6 Afectacion de variables de junio.....	36
Gráfico #7 Valores de Ci% de abril	37
Gráfico #8 Valores de Ci% de mayo	38
Gráfico #9 Valores de Ci% de junio.....	38
Gráfico #10 Dispercion de muestras del peso de pulpa	44
Gráfico #11 Desviacion estandar VS Rango.....	55
Figura #1 Diagrama de Ishikawa.....	57
Gráfico #12 Grs VS peso de toalla	59
Gráfico #13 Grs VS Variabilidad del peso.....	60
Figura #2 Analisis de Costo - Beneficio	71

Lista de Tablas

Tabla #1 Arreglo Ortogonal L^9	21
Tabla #2 Matriz de operacionalización de variables	27
Tabla #3 Procesamiento de la Informacion	28
Tabla #4 Materiales por producto	39
Tabla #5 Analisis de peso de pulpa	43
Tabla #6 Analisis de peso de tela	45
Tabla #7 Analisis de peso de poly baffle.....	46
Tabla #8 Analisis de peso de cinta central	47
Tabla #9 Analisis de peso de AQL	48
Tabla #10 Analisis de peso de SAM	49
Tabla #11 Analisis de peso de adhesivo tela	50
Tabla #12 Analisis de peso de adhesivo poly baffle	51
Tabla #13 Analisis de peso de adhesivo cinta central	52
Tabla #14 Analisis de pesod de adhesivo AQL - Tela.....	53
Tabla #15 Resumen de analisis de indicadores de materiales	54
Tabla #16 Grs / m ²	58
Tabla #17 ABC de variables del proceso de formación de pulpa	65
Tabla #18 Datos de velocidad de aire	68
Tabla #19 Variables y rangos	68
Tabla #20 Modelo experimental	69
Tabla #21 Gastos por recurso humano.....	70
Tabla #: 22 Gastos por recurso material	70
Tabla #23 Gasto por recurso máquina	71
Tabla #24 Analisis de datos del experimento	72
Tabla #25 valores optimos de las variables	73
Tabla #26 Analisis ANOVA.....	73

1.1 Generalidades de la empresa

Kimberly Clark es una empresa de manufactura dedicada a la elaboración de productos para el cuidado femenino, cuidado adulto y cuidado infantil, cuenta con 950 empleados y 2 plantas de producción, por lo tanto para conocer más a fondo y a detalle la empresa empezaremos con la identificación de la misión, visión y la política de calidad de la empresa, entre otras cosas relevantes a conocer y por último con una breve explicación del proceso productivo de la parte de cuidado femenino.

1.1 Misión

“Crear y mantener un valor creciente para sus accionistas, a la vez mantener y desarrollar relaciones con sus clientes basados en el compromiso inalterable con la Calidad, el Servicio y el Trato Justo.”

1.2 Visión

“Ser reconocida como una de las cinco mejores corporaciones del mundo, con la mejor gente, mejores productos y mejor retorno a los accionistas.”

Wayne Sanders, Presidente Corporativo

1.3 Política de Calidad

“Es la política de calidad de Kimberly-Clark el diseñar, desarrollar, proveer y mejorar los procesos, productos y servicios que alcancen o excedan las expectativas de desempeño y valor en nuestros clientes y consumidores”.

1.4 Antecedentes históricos

Kimberly-Clark Corporation inicia sus operaciones en el año 1872 cuando dos personas se unen, Jhon A. Kimberly y Charles Clark (de ahí el nombre), y crean una fábrica de papel en Neenah, Wisconsin, Estados Unidos. Para 1880 queda constituida como Sociedad, con un capital de \$400,000, 140 empleados, 3 molinos de papel, 1 molino de harina y como materia prima pulpa de papel.

En 1914 con nuevas investigaciones, se abarata el procesamiento del papel y comienza otra etapa al iniciar la producción de toallas femeninas Kotex y pañuelos faciales Kleenex, que todavía mantienen su nombre inicial.

En 1989 el actual presidente corporativo, Wayne Sanders, desarrolla un nuevo producto, Huggies Pull-Ups.

El 17 de julio de 1995 KC anunció su decisión de unirse a Scott Paper Company, líder indiscutible de la producción de papel higiénico en todo el mundo, con sus reconocidas marcas "Waldorf y Scott", operación tasada en unos 9,4 mil millones de dólares, convirtiéndose así, en una de las compañías más grandes del mundo y la segunda compañía más importante en EEUU de productos para el consumo doméstico y el cuidado personal.

Hoy en día KC, cuenta con fábricas en más de 35 países y con clientes en más de 150, a la vez que se esfuerza por alcanzar un mayor crecimiento. La empresa cuenta con empresas en los siguientes países: África del Sur, Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Bélgica, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, China, Colombia, Ecuador, España, El Salvador, Europa Central, Francia, Filipinas, Guatemala, Holanda, Honduras, Hong Kong, India, Indonesia, Israel, Italia, Japón, Malasia, Korea del Sur, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, Puerto Rico, Reino Unido, Singapur, Taiwán, Tailandia, Uruguay, Venezuela

"En estos 125 años de historia, pretendemos ser número uno en todas nuestras operaciones a lo largo de todo el mundo" enfatiza Sanders, sobre una base de compromiso con la Calidad, el Servicio y la Justicia que caracteriza a la Organización.

En Costa Rica, KC, comienza sus operaciones como distribuidora de productos provenientes de El Salvador y Honduras, en una bodega ubicada en Heredia. En 1989, se traslada a Cartago, donde da inicio a la fabricación de pañales desechables. Manteniendo la planta de Heredia, donde se produce el resto de productos, tales como servilletas, papel higiénico y toallas de cocina.

1.5 Ubicación geográfica

Kimberly Clark, Costa Rica, posee dos plantas de manufactura; una que está ubicada en la provincia de Heredia, a 7 Kms del aeropuerto Internacional Juan Santamaría; y otra en la Provincia de Cartago, que se encuentra ubicada en el Parque Industrial-Zona Franca, en las bodegas 56, 60 y 108.

1.6 Organización

La planta de manufactura de Cartago está regida por un Gerente de Planta, el cual se encarga de cumplir las directrices y requerimientos de la casa matriz en Estados Unidos. Dentro de la planta está la gerencia de producción que tiene a cargo los “Asset Leaders” uno a cargo de la planta de pañales y otro a cargo de la planta de toallas. Cada una de las máquinas está a cargo de un analista de proceso, seguidamente se encuentran los líderes de máquina, que son cuatro por máquina, y cada líder de máquina tiene su gente de producción o bien su cuadrilla de piso. También hay ingenieros jefes de técnicos eléctricos y mecánicos, así como el ingeniero de calidad.

1.7 Número de empleados

La empresa labora bajo el sistema de contrataciones, esto es que contrata la mayor parte de los trabajadores a otra empresa independiente. Son “contratistas” el personal necesario para labores productivas, tal como personal de empaque, reempaque, misceláneos y algunos administrativos. Tiene contratados unos 100 empleados.

Los empleados que son contratados directamente por la empresa son: los ingenieros, administrativos y algún personal operativo, como inspectores de calidad, jefes de turno y supervisores.

Actualmente la compañía esta compuesta por alrededor de 680 empleados, solo en la parte de Cartago.

1.8 Tipos de producto

La empresa Kimberly Clark posee una gran gama de productos que fábrica. Entre ellos destacan:

1. PAPEL HIGIENICO

Kleenex
Lys
Natural
Pétalo
Regio
Scott

2. TOALLAS DE PAPEL

Kleenex
Natural
Scott

3. TOALLITAS HUMEDAS

Huggies Classic y Refill

4. SERVILLETAS

Fiesta
Natural
Scott

5. PAÑALES

Depend (adulto)
Huggies Clásicc
Huggies Ultraconfort
Huggies Ultratrim

6. TOALLAS SANITARIAS

Amiga , FEMS y EVA
Depend
Kotex Liberte , Normal, Liberte Caribe y Esencia con o sin alas.
Kotex Nocturna
Kotex Normal con/sin alas Gelsec
Kotex Ultradelgada con o sin alas
Kotex Curved
Tampones: Kotex Security

1.9 Mercado de exportación

Las toallas elaboradas en Kimberly Clark Costa Rica son exportadas al Caribe, a Centroamérica y a algunos países de Suramérica. Además de abastecer el mercado nacional.

1.10 Descripción del proceso de producción para toallas femeninas

El proceso de elaboración de las diferentes toallas es muy similar, pues sólo cambian algunas materias primas. Esta es la descripción del proceso básico.

La pulpa se forma al triturar en el molino la fibra celulosa. Una vez triturada, en algunos tipos de toallas se debe agregar un componente especial, el SAM, que es un polímero que al contacto con fluidos, los gelatiniza. Cuando la pulpa está lista entra a un tambor formador, donde toma la forma, el peso y la consistencia requerida.

Una vez formado el producto, se coloca en la parte inferior la tela, que es lo que estará en contacto con el cuerpo. Una banda transporta el material hasta la unidad de canales donde se hacen (combinando presión y calor) unos canales que distribuirán mejor los fluidos a lo largo del centro de la toalla seguidamente se coloca en la parte superior de la pulpa el poly (que es un material plástico); entran a la unidad de termo sellado, donde un par de dados presionan el producto y lo sellan con la combinación de presión y calor, y se le da la forma definitiva (sin cortar la toalla).

De ahí una banda transportadora lleva el producto por la unidad de cinta central, que es donde se coloca el adhesivo y la cinta que se desprende para que se pueda pegar en la prenda y no se mueva. Otra banda coloca el producto en la unidad de cinta de alas, que es la que coloca, en el caso de que tuviese alas, el adhesivo y las pequeñas cintas removibles.

Luego pasa al embosador donde se le da a la parte inferior una textura de grillas y otra banda transportadora lleva el material hasta la unidad de corte final. Es aquí donde se cortará la toalla y se le dará su forma final; se corta exactamente donde la unidad de

sellado periférico la troqueló. Aquí mismo se doblan las alas (si las tuviese), y se coloca una gota de adhesivo para que se mantengan en su lugar.

En este lugar se encuentra el primer rechazo. Si la máquina, por medio de sus lectores ópticos detecta algo fuera de sus parámetros, inmediatamente enciende una corriente de aire que saca ese producto del flujo productivo.

Luego pasa al rotador, que es una rueda que toma la toalla (por medio de vacío) en posición paralela a la máquina y, después de una rotación de 360 grados, la coloca en posición perpendicular. En este punto la toalla está completamente elaborada, excluyendo sólo la envoltura.

Pasa el producto a una serie de ligas y bandas que lo doblan, y lo colocan en el fólder, aquí es donde el producto entra en el “poly pouch”, que es la pequeña bolsa donde irá protegido. Esta bolsita se hace pasando el “poly” por medio de una serie de dobladuras hasta formar una especie de tubo.

Pasa de ahí a la unidad de “pouch”, que es donde se sella y se corta la bolsita. Se transporta hasta un segundo rechazo que funciona exactamente igual al primero.

Si el producto no es rechazado pasa a la cadena Stacker, para ser transportada hasta a una de las dos máquinas empacadoras “óptimas”, que son las encargadas de empacar el producto en su respectiva bolsa, luego un operario toma los paquetes y los coloca en su embalaje. (para mejor entendimiento refierase a apéndice #1 Flujo de proceso)

La producción de las otras toallas es casi idéntico a esta, a diferencia que a algunas se les coloca un material denominado tranfer layer, que complementa los canales antes mencionados..

El proceso se da, enteramente, en una máquina de la casa italiana “Fameccanica” (de ahí el nombre que se le da) y el empaque en las máquinas empacadoras de la casa “óptima” (de ahí también su nombre).

1.11 Planteamiento del problema central

¿Cuál variable en la fabricación de las toallas femeninas es la que está afectando significativamente de forma negativa el índice de variabilidad $Ci\%$, el cual es medido por turno en el Laboratorio de Calidad en la línea de producción "Caf 04"?

1.12 Implicaciones

Por tener la variable peso una alta variabilidad con respecto al rango de especificación, pueden presentarse quejas de parte de las usuarias por el desempeño de la toalla ya que a causa de la variabilidad del peso existe la posibilidad de que salgan al mercado toallas con pesos muy altos o muy bajos; este problema no lo percibirían las consumidoras pero a causa del peso bajo o alto, el desempeño de la toalla cambia negativa y significativamente, ya que la capacidad de absorción y retención de líquidos no es la misma, y esto si lo nota la consumidora. Lo que trae consigo baja en las ventas de toallas, ya que la consumidora no tiene el hábito ni la costumbre de quejarse o de realizar un reclamo y prefieren cambiar el tipo de toallas o hasta la marca, lo que impacta drásticamente en la demanda y en el volumen de producción

1.13 Justificación

Debido a la necesidad de incrementar el índice de calidad $Ci\%$ de cumplimiento es que se presenta la posibilidad de desarrollar una investigación tendiente a lograr este fin. Dicha necesidad emerge a causa de las bajas notas de $Ci\%$ establecidas mensualmente por el Departamento de Calidad, teniendo valores entre 57% y 65%, cuando el objetivo mínimo para dicho índice es de 60%.

1.14 Objetivos generales y específicos

- General #1 (Introdutorio): Conocer las variables que intervienen en la producción de toallas.
- Específico #1 (Introdutorio): Identificar las variables de calidad que intervienen en el indicador de $Ci\%$ de cumplimiento mensual de la máquina.

- Específico #2 (Introdutorio): Entender el proceso de producción de toallas femeninas en la máquina Caf 04.
- General #2 (de diagnóstico): Determinar la causa raíz que afecta el cumplimiento del indicador de Ci% mensual en la Caf 04.
- Específico #1 (de diagnóstico): Identificar las variables de máquina, con sus respectivos rangos, que afectan la formación de pulpa en el proceso.
- Específico #2 (de diagnóstico): Realizar un análisis estadístico de la variación de los materiales que afectan el Ci% del peso de la toalla.
- Específico #3 (de diagnóstico): Establecer las causas principales que afectan la variación del peso de la toalla.
- General #3 (de diseño): Mejorar el indicador de Ci% mensual en la línea de producción.
- Específico #1 (de diseño): Construir un modelo experimental que permita optimizar las variables en la sección de formación de pulpa.
- Específico #2 (de diseño): Implementar el modelo experimental en la línea de producción Caf 04.
- Específico #3 (de diseño): Medir la variación del peso de la pulpa posterior a la optimización en la sección de formación.

1.15 Metas

Incrementar el Ci% de cumplimiento en un 20%, o sea, pasar de notas mensuales de 63 a 75 en cuanto al Ci% mensual de la línea Caf 04, para así exceder el objetivo establecido por la gerencia de Kimberly Clark, dicho objetivo es de 60% mensual.

1.16 Alcances y limitaciones

Por aspectos de producción y otras limitantes de parte de la compañía como el tiempo y la variedad en el plan de producción, el muestreo a realizar para el estudio del peso de la pulpa se va limitar a una semana, por ende nuestra población a tomar en cuenta para los datos estadísticos no será infinita, al contrario será un promedio de producción por turno hasta cumplir la cantidad de turnos que tiene una semana de producción.

2 Marco Teórico

Uno de los puntos principales en los que se basa la determinación del problema es en el muestreo que se va a llevar a cabo, por tanto entre mas veras y real sea el muestreo mucho mas fiables seran las decisiones que se tomen basadas en el mismo.

Acuña (2002), menciona que: "Existen diferentes tipos de muestreos, dentro de los cuales se pueden citar: el muestreo aleatorio simple, el muestreo sistemático, el muestreo estratificado, el muestreo por conglomerados y el muestreo de aceptación. En inspección de calidad los mas usados son el muestreo aleatorio simple. El muestreo aleatorio simple se basa en la extracción de una muestra aleatoria de una población, para una característica seleccionada, con el fin de inferir los resultados a la citada población. Esta inferencia está sujeta a un error estadístico que es necesario determinar." (P. 111)

Al ser esta una investigación explicativa experimental debemos llevar a cabo un muestreo de la producción durante el periodo en estudio, para este muestreo se determina una población finita de 4 314 155 toallas femeninas, por lo que Acuña (2002) menciona que: "Cuando se desea estimar una proporción, entonces el tamaño de la muestra se calcula como"(P, 112):

$$n = \frac{N * Z^2 \alpha * p * q}{(E^2 * N) + (Z^2 \alpha * p * q)}$$

Donde,

n es el tamaño de la muestra.

N es el tamaño de la población.

$Z\alpha$ es el estadístico de distribución normal ligado al error α .

p es proporción de la característica en la muestra.

q es la proporción que no pertenece a la característica de la muestra.

E es el error entre el parámetro y el estadígrafo.

En el caso de esta investigación los valores de p y q son 50% cada uno, o sea de 0.5, esto a consecuencia de que no se cuenta con alguna idea de dicha proporción entre p y q

y se utiliza el valor de 50% para cada una de las letras con el fin de maximizar el tamaño muestral.

Ya teniendo el tamaño de la muestra, se procede a determinar el plan de muestreo, en este caso se utiliza el plan de muestreo aleatorio simple, que garantiza aleatoriedad en la toma de la muestra. En este caso la n calculada es de 385 toallas, dicha cantidad es dividida entre la cantidad de turnos que abarca el estudio, o sea 21 turnos, con el fin de establecer una submuestra para cada turno y así completar la n del muestreo, dando la submuestra por turno un valor de 19 toallas.

Ahora bien, para que el muestreo sea aleatorio las submuestras de cada turno deben de ser tomadas en horas al azar y no a la misma hora, por lo tanto se denominan probabilidades iguales a cada una de las 8 horas que componen el turno, con el fin de obtener numeros aleatorios y estos nos seleccionen la hora a la que se debe recolectar la submuestra en cada uno de los 21 turnos.

Otra de las herramientas que se utilizan en la investigación son los diagramas de Pareto con el fin de determinar las causas principales o de mayor peso. Dichos diagramas ayudan a clasificar las características, causas o problemas de acuerdo con su frecuencia de ocurrencia y su importancia. Esta acción permite centrar la atención solamente sobre aquellas características que sean importantes y no triviales, este diagrama se utiliza también para realizar clasificaciones ABC.

La aplicación del diagrama de Pareto en la investigación será útil en la búsqueda y determinación de la variable principal que está afectando el $Ci\%$ de cumplimiento mensual y así poder enfocar todo el potencial en un problema más específico, ya que como expone Acuña (2002) que la clasificación de características o problemas obedecen a una política de eliminación. La regla más usada es la del 80% y consiste en identificar las características que provocan el 80% de los problemas, denominando así de 0% a 80% las características como críticas.

Otra herramienta utilizada durante el desarrollo de la investigación es el diagrama de Ishikawa o también conocido como diagrama de espina de pescado, el cual tiene como objetivo principal recolectar información sobre posibles causas a un problema específico o

bien, como menciona Acuña (2002): “recolectar la información sobre todas las características de calidad generadas en la fabricación del producto y ordenarlas en categorías.” (P. 140)

La aplicación de esta herramienta en la investigación ayudara a definir las variables de máquina que intervienen en el proceso de formación de pulpa y las causas que estan provocando la variación inaceptable del peso de la pulpa, para posteriormente crear un plan para atacar los problemas o causas principales o de mayor peso.

Como posible solución principal de la investigación se decide construir un modelo experimental para poder optimizar las variables en la sección de formación del proceso de producción de toallas femeninas en la linea de producción Caf 04 y asi minimizar la variación en el peso de las toallas femeninas Kotex, lo cual va a repercutir en una mejoría en el indice de Ci% de cada turno y al mejorar este, se va a ver afectado positivamente el indice de cumplimiento Ci% mensual.

Al ser el proceso en estudio un proceso de manufactura, existen variables en máquina las cuales no tienen un rango especificado de trabajo con el objetivo de disminuir la variación en el peso de la toalla femenina, para esta disminución es necesario definir el punto óptimo de trabajo para cada una de las variables en máquina y por otro lado el indice de calidad Ci% no es mas que el indice de capacidad de proceso expuesto por Acuña (2002), el cual es utilizado por la empresa como indice de variabilidad, para esto Acuña (2002) propone que: “El metodo de Taguchi trata de optimizar la capacidad de proceso buscando un equilibrio entre lo que piensan los diseñadores y lo que pueden ejecutar los ingenieros de proceso.

Este metodo se basa en diseño experimental a traves de los llamados cuadros latinos. Los arreglos ortogonales mas usados son los de dos y tres niveles totalmente balanceados. Estos arreglos son conocidos como L⁸ el de dos niveles y L⁹ el de tres niveles.”(P. 170)

El modelo para un diseño experimental L^9 es el siguiente:

Tabla 1 Arreglo Ortogonal L^9

Experimento	Factores				Resultado
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	Y1
2	1	2	2	2	Y2
3	1	3	3	3	Y3
4	2	1	2	3	Y4
5	2	2	3	1	Y5
6	2	3	1	2	Y6
7	3	1	3	2	Y7
8	3	2	1	3	Y8
9	3	3	2	1	Y9

Fuente: Acuña (2002)

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Ch.

Fecha: 29 de julio, 2006

El proceso de formación de pulpa tiene cuatro variables a optimizar, por tanto se necesita un arreglo ortogonal L^9 y para ello, como se puede observar en la tabla #1, hay que realizar nueve experimentos para lograr la maximización de cuatro factores en tres niveles. Notese que el promedio de los tres primeros experimentos, Y1, Y2, y Y3 es el promedio de rendimiento del producto o proceso cuando se selecciona el nivel 1 del factor A. El promedio de Y2, Y5 y Y8 es el efecto de seleccionar el nivel 2 del factor B.

En general el promedio de las 12 combinaciones (factores A, B, C y D y sus respectivos 3 niveles) es evaluado con el fin obtener el mejor resultado para las especificaciones del proceso o producto.

Ya habiendo implementado el diseño se procede a realizar un análisis de cada uno de los factores y y la relación que tienen entre si y su impacto en el proceso de producción, en este caso dicho analisis va en función de la variación en el peso de las toallas femeninas.

Los indices a utilizar como referencia en el analisis de variación post-diseño experimental, para poder cuantificar la mejoría, son:

1. La media aritmética: según Gomez (2003), es la medida de posición mas usada y conocida, normalmente se le llama promedio y de ahora en adelante cuando se diga promedio se estara haciendo referencia a la media aritmética. Existen dos formas de calcular la media aritmética: como una media aritmética simple o como una media aritmética ponderada, para nuestro estudio se estara calculando la media aritmética simple. La media aritmética simple de un conjunto de valores es el resultado que se obtiene al dividir la suma de esos valores entre el número de ellos.

$$\text{Media aritmetica} = \frac{\text{Suma de los valores}}{\text{Numero de valores}}$$

2. La moda: según Gómez (2003), es la medida de posición que se asocia con el valor mas comun, mas típico o que ocurre mas frecuentemente en un conjunto de datos. Gomez escribe que: “La moda es una medida muy natural para describir un conjunto de datos y tiene la ventaja de que no se ve afectada por la presencia de valores altos o bajos. La principal limitación esta en el hecho de que requiere un número suficiente de observaciones para que se manifieste o se defina claramente. La moda en ciertos casos puede no existir, no estar definida; e ncluso si existe puede no ser única.”(P. 276)
3. La desviación estandar: según Gómez (2003), “La desviación estandar nos indica cuanto se alejan, en promedio, las observaciones de la media eritmética del conjunto. Es la medida de dispersión mas usada en estadística, tanto en aspectos descriptvos como analíticos.” (P. 321). Este indicador de variación sera fundamental para poder compara el cambio que sufrió el proceso post la aplicación del diseño, en función de la variación en el peso de las toallas producidas en la línea de producción Caf 04.

$$\text{Desviacion estandar} = \frac{\sqrt{\text{Sum (Desviaciones)}^2}}{\sqrt{\text{numero de datos}}}$$

4. El rango: este indicador también es llamado “recorrido o amplitud”, esta medida es una forma natural de apreciar la variabilidad en un conjunto de datos, considerando los calores extremos del mismo. El rango se define como la diferencia entre el valor mayor y el valor menor de un conjunto de n datos. Su cálculo es el siguiente:

$$\text{Rango} = \text{Dato mayor} - \text{Dato menor}$$

5. El máximo: Este es el valor máximo existente entre un conjunto de datos, o sea es el n mayor de toda la muestra o población.
6. El mínimo: Este es el valor mínimo existente entre un conjunto de datos, o sea es el n menor de toda la muestra o población.

3 Metodología del Proyecto

3.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo explicativa y cuantitativa ya que tiene relación causal y que además no solo busca describir o acercarse a un problema sino que también trata de encontrar las causas del mismo dando y analizando resultados de forma cuántica. Por otra parte esta investigación esta soportada por un diseño experimental, este porque se aplica un experimento puro conteniendo la manipulación de variables independientes, se mide el efecto de la variable independiente con las variables dependientes y por último se analiza y valida la situación experimental.

3.2 Sujetos y fuentes de información

Para la obtención de datos e información se utilizaran tanto sujetos como fuentes de información, clasificando los mismo de la siguiente manera,

Sujetos:

- Ing. Jose Cruvelier H, analista senior de la línea de producción CAF-04, tiene 8 años de trabajar con Kimberly Clark, 2 en la producción de pañales y 6 en la producción de toallas femeninas, actualmente se encarga de la producción y el mejoramiento continuo de la CAF-04.
- Ing. Francisco Alvarado C, Asset Leader de la planta de toallas femeninas, tiene 10 años de trabajar en Kimberly Clark, de los cuales 4 para la planta de toallas femeninas como encargado de la planta y sus 4 líneas de producción, posee un alto conocimiento técnico del proceso tanto de la parte eléctrica como mecánica.
- Ing. Erika Vega, Ingeniera de Calidad para la planta de producción de toallas femeninas, tiene 2 años de trabajar para la Kimberly Clark, domina muy bien la parte de Ci y Ti para cada una de las líneas de producción.

Fuentes de Información:

- Wapole, R.E. (1999). Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Mexico: Prentice Hall.
- Acuña, J. (2002). Control de Calidad: Un Enfoque Integral y Estadístico. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Montgomery, D. (2003). Diseño y Analisis de Experimentos. Mexico: Limusa.

- Gomez, M. (2003). Elementos de Estadística Descriptiva. San Jose: EUNED.
- <http://www.profesiones.cl/papers/TiposDeInvestigacion.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos15/estadistica/estadistica.shtml>
- <http://www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=6405>
- <http://www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=8900>
- <http://www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=817>
- <http://www.monografias.com/trabajos12/muestam/muestam.shtml>

3.3 Sujeto de estudio, población y muestreo

El sujeto de estudio son las toallas femeninas producidas en la línea CAF-04 con el fin de mejorar el índice de Ci% de cumplimiento para la línea en general, para lo anterior se debe de disminuir la variabilidad de las variables que mide el Ci% de cumplimiento. Para poder determinar la situación actual de la empresa con respecto al problema planteado se necesita obtener una muestra de la población, ya que la población es infinita y por razones de limitación de tiempo la investigación se lleva a cabo en no más de una semana o sea 21 turnos de producción continua, por tanto se establece una población finita y se trabaja con una muestra probabilística de dicha población. El tamaño de la población finita establecida es de 4 314 155 toallas y esta definida por el promedio establecido de producción por turno de 205 436 toallas, por lo que 205 436 *21 turnos de producción da un resultado de 4 314 155 toallas la cual es la población calculada para el estudio.

Para determinar el tamaño de la muestra a tomar de la población se utiliza la siguiente fórmula,

$$n = \frac{N * Z^2 \alpha * p * q}{(E^2 * N) + (Z^2 \alpha * p * q)}$$

Donde:

N = 4 314 155

p = 0.5

$q = 0.5$

$Z = 1.96$, para un nivel de confianza de un 95.5% , o sea un rango de 4 sigma.

$E = 0.05$ siendo el error de estimación.

Por consiguiente se aplica un muestreo aleatorio simple para poder determinar la hora en la que se realizara la obtención de una sub n en cada uno de los 21 turnos para asi poder completar la n calculada. Cada turno de producción esta compuesto por 8 horas, por lo tanto cada hora del turno tiene la misma probabilidad que las demas horas.

3.4 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos de recolección de datos
Peso	Es la cantidad de materia que posee un sujeto	La variable se mide en gramos	Promedio o Media Desviación estandar Moda Rango Máximo Minimo	Se utilizara una romana electrónica con su debido marchamo de calibración

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Ch

Fecha: 29 de julio, 2006

3.5 Hipótesis

El problema del bajo indice de cumplimiento del Ci% mensual es a causa de la gran variación que tiene la pulpa y por otro lado también el poco control de proceso y de la optimización de las variables que intervienen en la formación de pulpa.

3.6 Procesamiento de la información

Tabla 3 Procesamiento de la Información

Obj General	Obj Especifico	Cod de actividad	Actividad	Resultado	Duracion prevista	Responsable	Actividad Anterior	Actividad Posterior
Conocer las variables que intervienen en la producción de toallas.	Identificar las variables de calidad que intervienen en el indicador de Ci% de cumplimiento mensual de la máquina.	G1-E1	Reunión con Erika Vega Ing. De calidad y lectura de manuales de Calidad	Mayor Visión y facilidad para la toma de decisiones	4 días	Erika Vega y Jorge Céspedes	—	G1-E2
	Entender el proceso de producción de toallas femeninas en la máquina Caf 04	G1-E2	Reuniones con Jose Cruvelier y Visualización de la línea de producción	Mayor conocimiento y facilidad para la toma de decisiones y análisis de datos	15 días	Jose Cruvelier y Jorge Céspedes	G1-E1	G2-E3
Determinar la causa raíz que afecta el cumplimiento del indicador de Ci% mensual en la Caf 04.	Identificar las variables de máquina, con sus respectivos rangos, que afectan la formación de pulpa en el proceso.	G2-E1	Reuniones de conocimiento técnico, localización de proceso y división ABC.	Controlar y documentar mejor el proceso	8 días	Jorge Céspedes y Jose Cruvelier	G2-E2	G3-E1
	Realizar un análisis estadístico de la variación de los materiales que afectan el Ci% del peso de la toalla.	G2-E2	Calcular los indicadores estadísticos y realizar el respectivo análisis	Focalización de la causa raíz del problema y mayor visión	15 días	Jorge Céspedes	G2-E3	G2-E1

Obj General	Obj Especifico	Cod de actividad	Actividad	Resultado	Duracion prevista	Responsable	Actividad Anterior	Actividad Posterior
	Establecer las causas principales que afectan la variación del peso de la toalla.	G2-E3	Realizar un analisis de datos históricos y diagramas de Pareto	Focalización del area del problema raíz y priorización	10 dias	Jorge Céspedes	G1-E2	G2-E2
Mejorar el indicador de Ci% mensual en la línea de producción.	Construir un modelo experimental que permita optimizar las variables en la sección de formación de pulpa	G3-E1	Crear un DOE para la sección de formación	Optimización del proceso	10 dias	Jorge Céspedes	G2-E1	G3-E2
	Implementar el modelo experimental en la línea de producción Caf 04.	G3-E2	Crear diagrama de Gantt para la corrida en piso del DOE	Optimización del proceso y mejorar la eficiencia del proceso en un 16%	9 dias	Jorge Céspedes Francisco Alvarado y Jose Cruvelier	G3-E1	G3-E3
	Medir la variación del peso de la pulpa posterior a la optimización en la seccion de formación.	G3-E3	Analisis de datos tomados durante la prueba experimental	Mejorar un 25% la variación del peso de la pulpa	6 dias	Jorge Céspedes	G3-E2	-----

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Ch

Fecha: 29 de julio, 2006

4 Diagnóstico de la Situación Actual

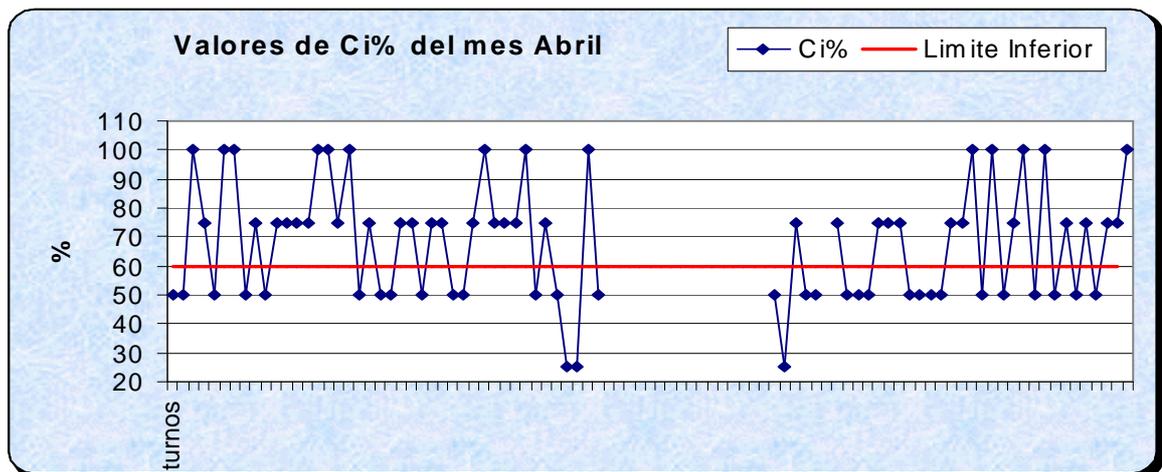
4.1 Analisis de la situación actual

Kimberly Clark cuenta con dos indicadores de calidad denominados Ti y Ci% , los cuales comparan el promedio de los datos con el objetivo y la variabilidad de los datos con el rango respectivamente, existe un Ti y un Ci% para cada una de las variables de la toalla, las cuales son peso, velocidad de absorción, espesor y peel, la compañía tiene un objetivo establecido de no mayor a un 75% para el Ci% de cada una de las variables, a la vez se calcula un porcentaje de cumplimiento en base a la calificación de Ci% de las 4 variables y este no debe ser menor a una nota de 60%. Para mejor entendimiento referirse al Anexo 2 Reporte Real Time. Por lo tanto, el análisis se enfocara en el desarrollo del Ci%. Se realizará un análisis de los meses de abril, mayo y junio para poder detectar cual variable afecta significativamente en forma negativa, para así analizar el problema desde la causa raíz.

A. Mes de abril del 2006

Para el mes de abril se tuvo una calificación promedio del cumplimiento del Ci%. Para todas las variable de un 66,6%, lo cual superó el objetivo establecido de un 60%, no obstante vamos a conocer el otro 33,4% que no se cumplió y ver la variable que causo dicho porcentaje de incumplimiento.

Gráfico 1 Valores de Ci% mes de abril



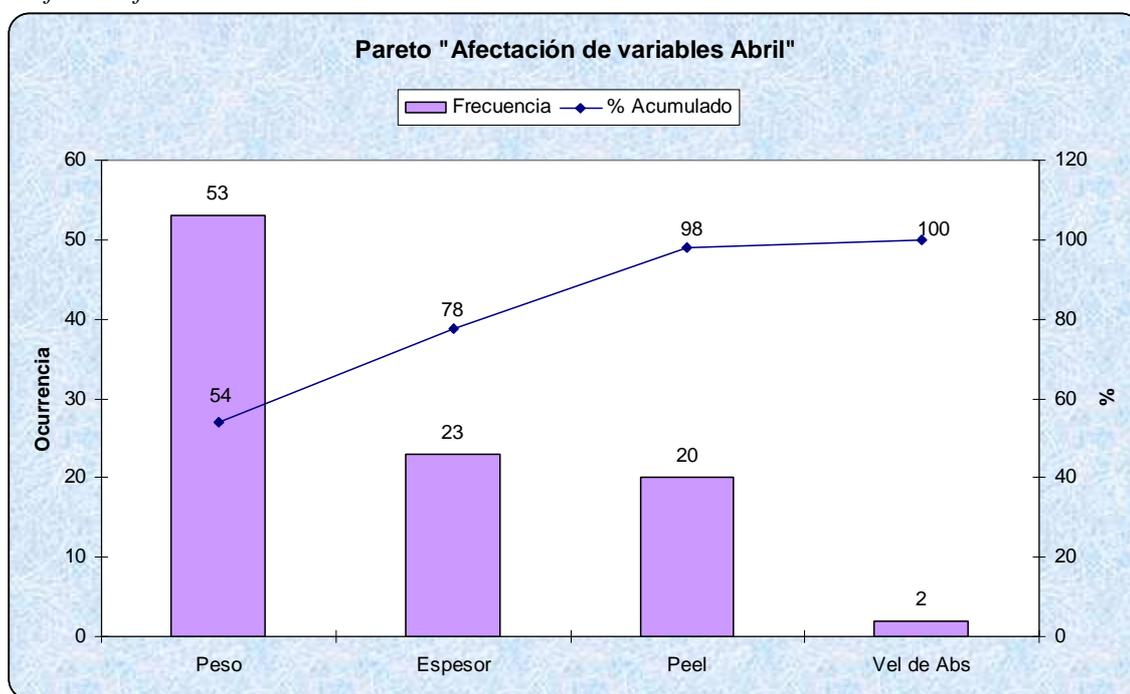
Fecha de elaboración: 31 de abril, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Reportes de turno de calidad

En el Gráfico 1 podemos observar que existen días en el que el porcentaje de cumplimiento del Ci% es 100, 75, 50, 25 ó bien un 0, cuando se obtiene un 100 es porque cada uno de los Ci% de las variables estuvo por debajo de 75%, si se tuvo un porcentaje de cumplimiento de 75% es porque hubo algún Ci% de algunas de las variables mayor a 75%, o sea que las muestras tomadas por el laboratorio de calidad variaron mucho con respecto al rango, y así sucesivamente. A continuación analizaremos el porcentaje de cada variable que estuvo fuera de rango y que componen el 33,4% de incumplimiento para el mes de abril.

Gráfico 2 *Afectación de variables abril*



Fecha de elaboración: 31 de abril, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Reportes de turno de calidad

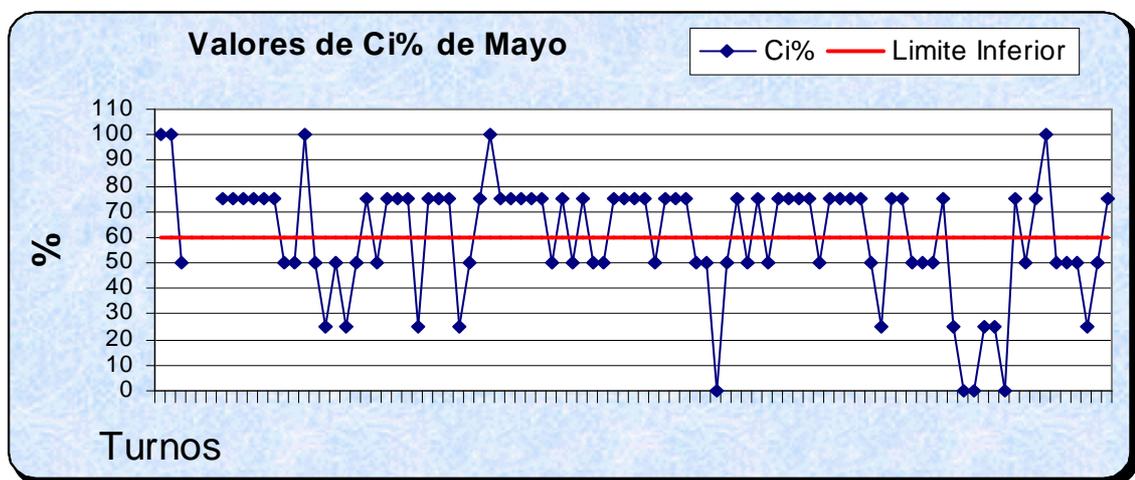
Como se puede observar en el Gráfico 2 el Ci% del peso fue lo que más afectó con un 54% de afectación, lo cual nos conduce a mejorar el Ci% del peso de la toalla, seguidamente se encuentra el Ci% del espesor con un 23% de afectación, el cual se puede ver mejorado con una disminución de la variabilidad del peso, acumulando así un 78% de la afectación del Ci% de cumplimiento.

Partiendo de lo anterior existen 2 posibilidades, la primera es que optimizando la máquina en cuanto a las variables del peso puede repercutir mejorando el porcentaje de afectación del espesor, o como segunda posibilidad que el porcentaje de afectación del espesor quede igual; por tanto, se toma la decisión de no intervenir en la variable espesor hasta esperar los resultados post aplicación del diseño de mejora para el peso. Lo anterior con el propósito de controlar nuestro proceso y la máquina de forma tal, que se varíe lo menos posible los factores de la máquina, no obstante si el % de afectación del espesor no mejora con el trabajo a realizar en el peso, lo mejor sería llevar a cabo un estudio de mejora para el espesor.

B. Mes de mayo del 2006

Para el mes de mayo se tuvo una calificación promedio del cumplimiento del Ci% para todas las variable de un 62,8% lo cual superó el objetivo establecido de un 60%, no obstante vamos a conocer el otro 37,2% que no se cumplió y ver la variable que causo dicho porcentaje de incumplimiento.

Gráfico 3 Valores de ci% de mayo



Fecha de elaboración: 30 de mayo, 2006.

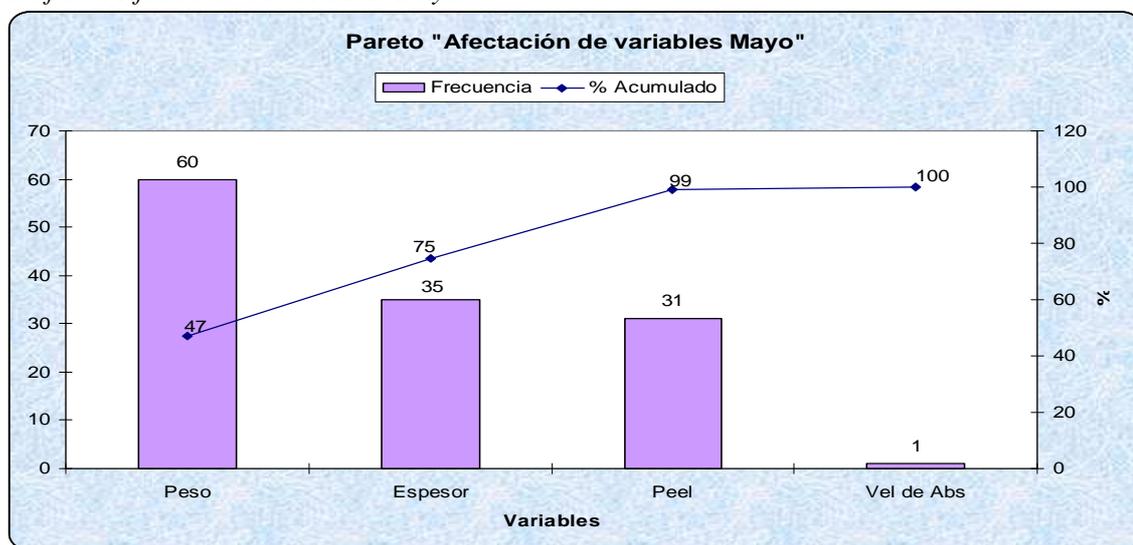
Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Reportes de turno de calidad

Como se puede observar en el Gráfico 3 existen días en el que el porcentaje de cumplimiento del Ci% es 100, 75, 50, 25 ó bien un 0, cuando se obtiene un 100 es porque cada uno de los Ci% de las variables estuvo por debajo de 75%, si se tuvo un porcentaje de cumplimiento de 75% es porque hubo algún Ci% de algunas de las variables mayor a 75%, o sea que las muestras tomadas por el laboratorio de calidad variaron mucho con respecto al rango, y así sucesivamente. Se puede observar que la mayoría de los valores son de 75 o 50, pero aun así las notas varían demasiado día a día.

A continuación analizaremos el porcentaje de cada variable que estuvo fuera de rango y que componen el 37,2% de incumplimiento para el mes de mayo.

Gráfico 4 Afectacion de variables mayo



Fecha de elaboración: 30 de mayo, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

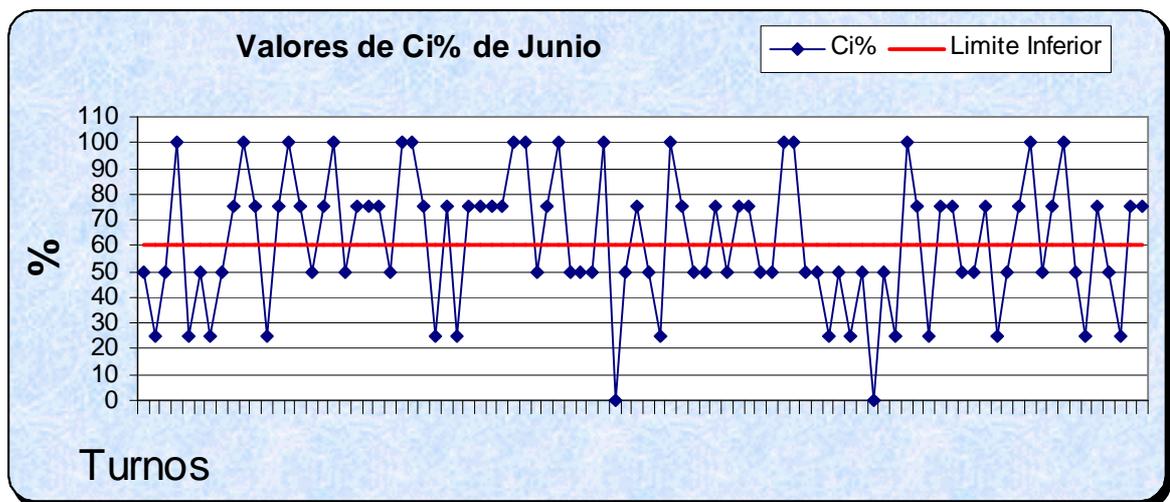
Fuente: Reportes de turno de calidad

Como se puede observar en el Gráfico 4 el Ci% del peso fue lo que mas afectó con un 47% de afectación, lo cual nos conduce a mejorar el Ci% del peso de la toalla, seguidamente se encuentra el Ci% del espesor con un 27% de afectación, el cual se puede ver mejorado con una disminución de la variabilidad del peso, acumulando ambas causantes una afectación al Ci% de cumplimiento de un 75%.

C. Mes de junio

Para el mes de junio se tuvo una calificación promedio del cumplimiento del Ci% para todas las variables de un 63,1% lo cual superó el objetivo establecido de un 60%, no obstante vamos a conocer el otro 36,9% que no se cumplió y ver la variable que causo dicho porcentaje de incumplimiento.

Gráfico 5 valores de Ci% de junio



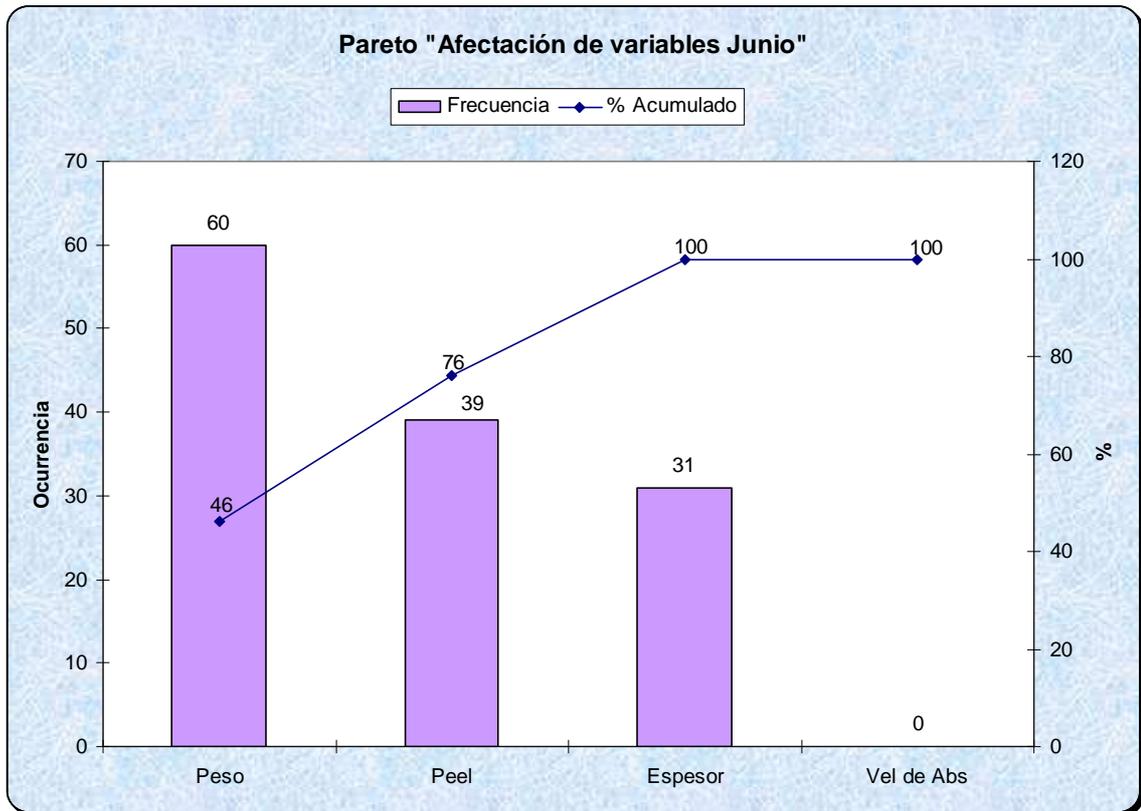
Fecha de elaboración: 30 de junio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Reportes de turno de calidad

Como se puede observar en el Gráfico 5 existen días en el que el porcentaje de cumplimiento del Ci% es 100, 75, 50, 25 ó bien un 0, cuando se obtiene un 100 es porque cada uno de los Ci% de las variables estuvo por debajo de 75%, si se tuvo un porcentaje de cumplimiento de 75% es porque hubo algún Ci% de algunas de las variables mayor a 75%, o sea que las muestras tomadas por el laboratorio de calidad variaron mucho con respecto al rango, y así sucesivamente. Se puede observar que la mayoría de los valores son de 75% o 50%, pero aun así las notas varían demasiado día a día, este mes en comparación con los dos anteriores este fue el mes que más variación tuvo. A continuación analizaremos el porcentaje de cada variable que estuvo fuera de rango y que componen el 36,9% de incumplimiento para el mes de junio.

Gráfico 6 Afectación de variables de junio



Fecha de elaboración: 30 de junio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

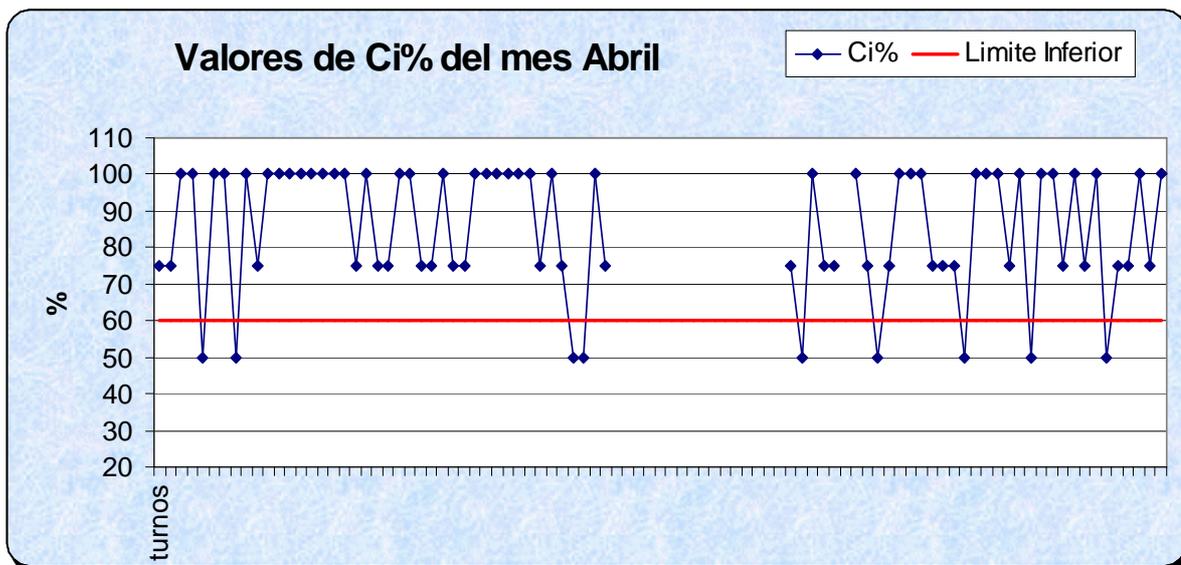
Fuente: Reportes de turno de calidad

Como se puede observar en el Gráfico 6 el Ci% del peso fue lo que más afectó con un 46% de afectación, lo cual nos conduce a mejorar el Ci% del peso de la toalla, seguidamente se encuentra el Ci% del peel con un 30% y por último el Ci% del espesor con un 24% de afectación, el cual se puede ver mejorado con una disminución de la variabilidad del peso.

A pesar de que en estos últimos tres meses sobrepasamos el objetivo establecido de 60% de Ci%, podemos observar que tenemos una gran oportunidad de mejora en cuanto al Ci% del peso se refiere. A continuación se simulará el porcentaje de cumplimiento del Ci% para cada uno de los meses en estudio tomando como suposición el cumplimiento del Ci% del peso.

Para el mes de abril el porcentaje cumplimiento del Ci% pasa de un 66,6% a un 85,2%, por lo que el Ci% representa un aumento de un 18,6% y en el Gráfico 7 podemos observar que la mayoría de los datos se encuentran por arriba del objetivo.

Gráfico 7 Valores de Ci% de abril



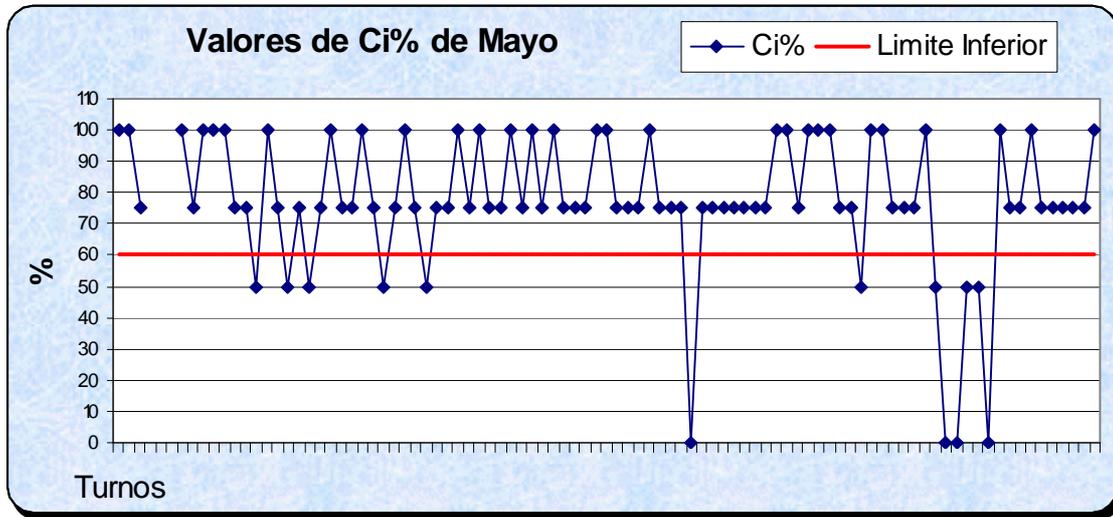
Fecha de elaboración: 31 de abril, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Reportes de turno de calidad

Para el mes de mayo el porcentaje cumplimiento del Ci% pasa de un 62,8% a un 80,8%, por lo que el Ci% representa un aumento de un 18% y en el Gráfico 8 podemos observar que la mayoría de los datos se encuentran por arriba del objetivo.

Gráfico 8 Valores de Ci% de mayo



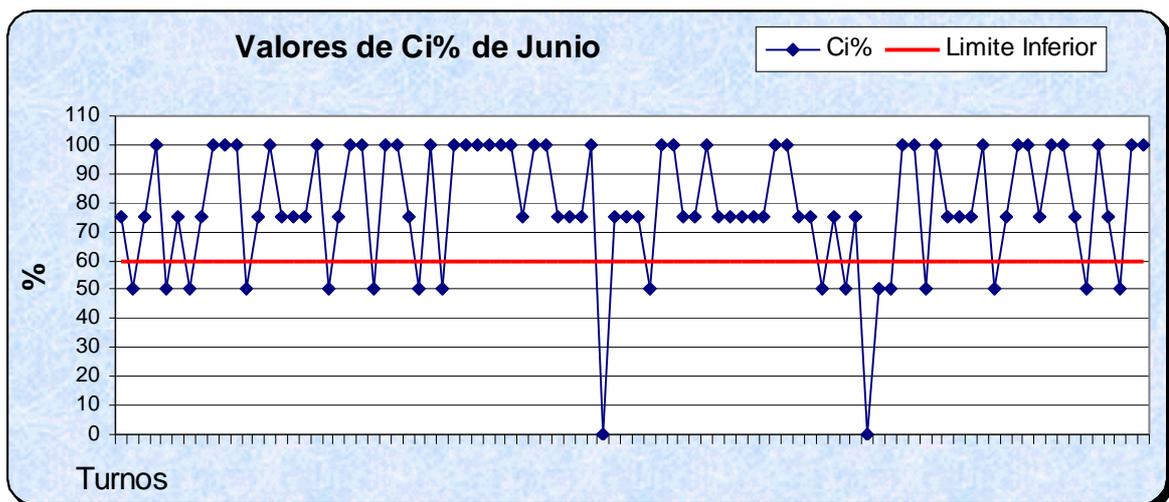
Fecha de elaboración: 30 de mayo, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Reportes de turno de calidad

Para el mes de junio el porcentaje cumplimiento del Ci% pasa de un 63,1% a un 80,4%, por lo que el Ci% representa un aumento de un 17.3% y en el Gráfico 9 podemos observar que la mayoría de los datos se encuentran por arriba del objetivo.

Gráfico 9 Valores de Ci% de junio



Fecha de elaboración: 30 de junio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Reportes de turno de calidad

Se puede dar por establecido y concluido que la variable que actualmente está afectando el porcentaje de cumplimiento del Ci% de la máquina Caf 04 es el Ci% del peso.

Ya teniendo identificada la variable que más nos está afectando debemos determinar cual es el material que más está variando para poder corregirlo y si no está variando ninguno y puede que el problema de variación esté en máquina, pero primero conozcamos cada uno de los materiales y otros factores que nos afectan de forma potencial.

Los materiales que la compañía utiliza para la elaboración de toallas son los siguientes: pulpa, tela no tejida, poly baffle, cinta central, AQL, adhesivo para el poly baffle, adhesivo para la cinta central, adhesivo para la tela, adhesivo para el AQL, conociendo los materiales se puede observar la Tabla 4 la cual presenta una matriz de materiales por toalla.

Tabla 4 Materiales por producto

Producto	Pulpa	Tela	Poly Baffle	Cinta Central	AQL	SAM	Adh Tela	Adh Baffle	Ahd C.C.	Adh AQL
Esencial										
Liberte Caribe										
Amiga										
Fems										
Normal										
Liberte										

Aplica	
No aplica	

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En la Tabla 4 podemos ver que casi todas las toallas están compuestas por la mayoría de los materiales, por lo tanto debemos realizar un análisis de la variación de cada uno de los materiales que se utilizan en la elaboración de las toallas femeninas.

1. Pulpa: Es pulpa de papel molida y su función es la de servir como cojín y la de absorber y retener cualquier líquido. (Ver Anexo 2)
2. Polímero súper-absorbente (Policrato de sodio): también llamado SAM y es un material superabsorbente que ayuda junto a la celulosa a absorber y retener el líquido. Que favorece el control de olores y block gel. (Ver Anexo 3)
3. Tela no tejida (Polipropileno) y capa de distribución: ésta permite el paso del líquido o fluido menstrual hacia la pulpa o cojín absorbente, es la cubierta interior que es suave y delicada al contacto con la piel. Contiene vitamina E y aloe vera. (Ver Anexo 4)
4. Cubierta exterior (Polietileno): también llamado Poly Baffle y este es un material impermeable que evita el paso de cualquier líquido que provenga del cojín absorbente. (Ver Anexo 5)
5. Papel siliconado: también llamada Cinta Central y este es un papel que en una de sus caras tiene una superficie siliconada que ayuda a la protección y fácil desprendimiento del hot melt autoadhesivo. (Ver Anexo 6)
6. Tela no tejida (Polipropileno) / Capa de distribución: también llamado AQL y este permite el paso del líquido o fluido menstrual hacia la pulpa o cojín absorbente, es un cuadro celeste / azul / verde que permite tener mayor absorción hacia el centro de la toalla. (Ver Anexo 7)
7. Adhesivos (Tela - Poly Baffle – Cinta Central – AQL): es un adhesivo caliente, autoadhesivo que ayuda a la formación de la toalla y a que ésta se sujete a la ropa interior y por sus características autoadhesivas se desprende fácilmente en el momento en que se desea desechar.

Ya conociendo cada uno de los materiales procedemos a realizar el análisis de variación de cada uno de ellos para determinar cual es el material que nos está afectando en el Ci% del peso de la toalla en cuanto a variación se refiere, por lo tanto debemos obtener un muestreo fundamentado en bases estadísticas para poder determinar la aceptación del

mismo, por ende a continuación se puede observar el método a utilizado para el muestreo y para determinar el tamaño de la muestra.

El estudio en cuestión se va a llevar a cabo durante un periodo de una semana ya que la máquina trabaja las 24 horas, o sea de 7 días a 3 turnos a 8 horas de producción cada turno, por ende el estudio será de 21 turnos de producción continua. El primer paso para determinar el tamaño de la muestra es la selección de la formula apropiada, para ello se seleccionó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 \alpha * p * q}{(E^2 * (N-1)) + (Z^2 \alpha * p * q)}$$

Donde:

n, es el tamaño de la muestra.

N, el tamaño del lote a evaluar, la población finita.

$Z^2 \alpha$, área bajo la curva para un nivel de confianza de + - 2 sigma o sea un 95.5%

p, al no conocer el % de producto con la característica a evaluar por motivos de que lo que se está evaluando es variabilidad, no existe una característica estándar y se parte de que p es igual a q, o sea de 0.5 tanto p como q.

q, es igual a p-1

E, es un error de estimación, el cual no puede ser mayor a un 6%

Llevando la formula a la aplicación nos quedan los siguientes valores:

N, una población infinita de **4 314 155** toallas, determinada por medio del cálculo de un promedio de producción por turno, obtenido de una producción total de un mes y obtenidos los datos de turno a turno. Teniendo el promedio de producción por turno se multiplica por la cantidad de turnos que abarca el estudio.

p, 0.5

q, 0.5

Z, 1.96

E, 0.05

Aplicando la fórmula con los valores anteriormente establecidos nos da un tamaño de muestra aceptable con un nivel de confianza de un 95.55 (4 sigma) de:

- 384.1 muestras redondeando a **385 toallas**.

Ya teniendo el tamaño de la muestra se debe de establecer el sistema de muestreo o de recolección de datos. Se decidió utilizar un muestreo aleatorio. El tamaño de la muestra es de 385 toallas las cuales se deben de dividir entre el total de turnos que abarca el estudio (21 turnos), dándonos una muestra de 19 toallas por turno. Estas 19 toallas deben de tomarse en horas determinadas por el sistema de muestreo aleatorio y que cada una de las horas que componen el turno de 8 horas tengan la misma probabilidad, o sea una probabilidad para cada una de ellas de $100/8 = 12.5$, quedando las tomas de datos de la siguiente manera:

Tabla #4 Matriz para la toma de muestras aleatorias

Día	Turno	Num Aleatorio	Hora	n
1	A	6	1	19
	B	95	8	19
	C	62	5	19
2	A	44	4	19
	B	32	3	19
	C	50	5	19
3	A	98	8	19
	B	84	7	19
	C	81	7	19
4	A	50	5	19
	B	22	2	19
	C	60	5	19
5	A	57	5	19
	B	61	5	19
	C	29	3	19
6	A	84	7	19
	B	40	4	19
	C	100	8	19
7	A	31	3	19
	B	64	6	19
	C	90	8	19
				399

Teniendo las 399 muestras de cada uno de los materiales que componen la toalla, procedemos a realizar el análisis de los datos, empezando con el análisis de la pulpa.

A. Análisis estadístico de la pulpa

En la Tabla 5, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos de pulpa tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 5 Analisis de peso de pulpa

Peso de pulpa	
Promedio	4,52
Error Estándar	0,01
Mediana	4,52
Moda	4,56
Desviación estándar	0,15
Varianza de la muestra	0,023
Kurtosis	-0,256
Rango	0,71
Mínimo	4,15
Máximo	4,86
Sumatoria	1805
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,01491

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

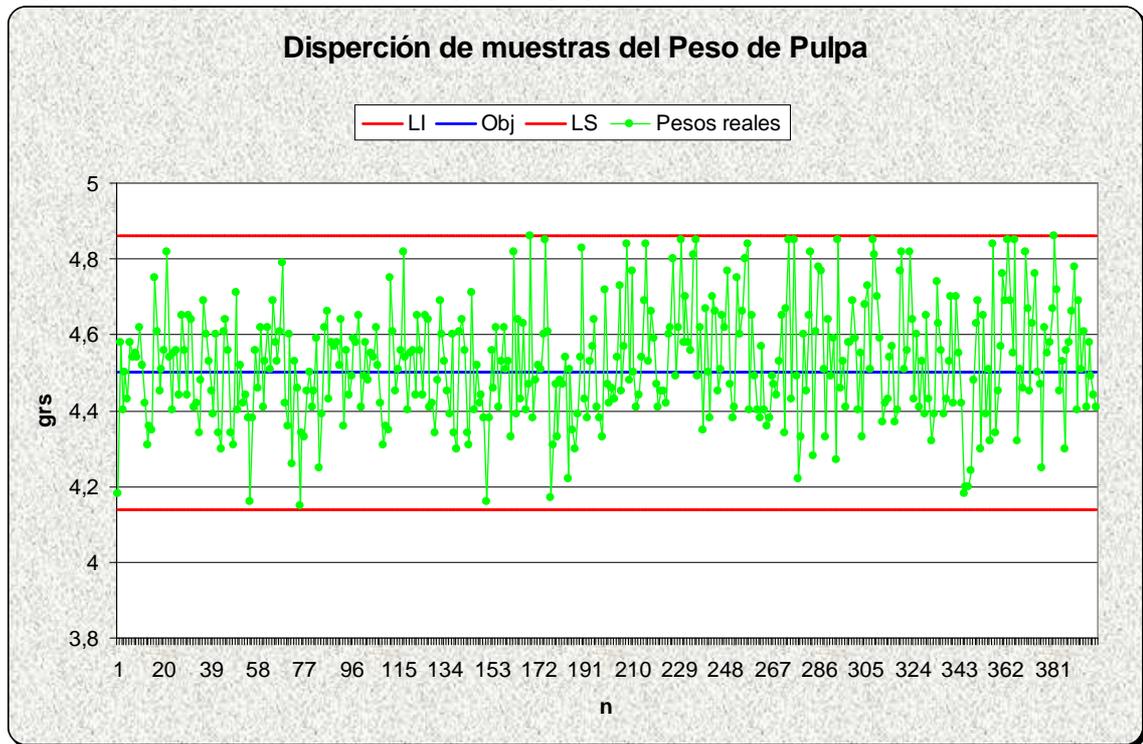
Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En promedio el peso de la pulpa cumple con el objetivo de 4,5 g establecido por calidad con un promedio de 4,52; no obstante los datos tienen mucha variabilidad y así lo reafirma la desviación estándar de 0,15. Por otro lado, existe un rango demasiado abierto teniendo un máximo de 4,86 y un mínimo de 4,15. Para poder cumplir con el Ci% del peso de no mayor a 75% se debe de tener una desviación estándar menor o igual a 0,09.

En el Gráfico 10 se puede observar la gran dispersión que tienen las muestras tomadas en la línea de producción del peso de la pulpa y se denotan puntos muy cercanos a los límites de especificación del producto, tanto al superior como al inferior.

Gráfico 10 Dispersión de muestras del peso de pulpa



Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.
 Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla
 Fuente: Producción

Por tanto, se puede concluir que hasta este momento uno de los materiales que afectan en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, es el peso de la pulpa, basándose para dicha conclusión en la alta desviación estándar de los datos y a la dispersión que tienen los mismo con respecto a los límites y al objetivo.

B. Análisis estadístico de la tela

En la Tabla 6, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos de tela tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 6 Analisis de peso de tela

Peso de Tela	
Promedio	0,26
Error estándar	0,0004
Mediana	0,26
Moda	0,26
Desviación estándar	0,009
Varianza de la muestra	0,0001
Kurtosis	-0,239
Rango	0,04
Mínimo	0,24
Máximo	0,28
Sumatoria	105
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,00086

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.
 Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla
 Fuente: Producción

En promedio, el peso de la tela anda alrededor del objetivo de 4,29 g establecido por calidad con un promedio de 4,26 g, por otro lado los datos se muestran constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,009. Por otro lado existe un rango demasiado cerrado teniendo un máximo de 0,28 y un mínimo de 0,24.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos de la tela se puede concluir que el peso de la tela no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja desviación estándar de los datos y la dispersión que tienen los mismo con respecto al objetivo.

C. Análisis estadístico del Poly Baffle

En la Tabla 7, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos de poly baffle tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 7 Analisis de peso de poly baffle

Peso del Poly Baffle	
Promedio	0,43
Error estándar	0,001
Mediana	0,43
Moda	0,43
Desviación estándar	0,016
Varianza de la muestra	0,0002
Kurtosis	-0,125
Rango	0,08
Mínimo	0,39
Máximo	0,47
Sumatoria	173
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,00153

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.
 Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla
 Fuente: Producción

En promedio, el peso del poly baffle anda alrededor del objetivo de 0,47 g establecido por calidad con un promedio de 0,43 g, por otro lado los datos se muestran constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,016 y por otro lado existe un rango cerrado teniendo un máximo de 0,47 y un mínimo de 0,39.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos del poly baffle se puede concluir que el peso de este material no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja desviación estándar de los datos y a la dispersión que tienen los mismo con respecto al objetivo.

D. Análisis estadístico de la Cinta Central

En la Tabla 8, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos de la cinta central tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 8 Analisis de peso de cinta central

Peso de Cinta central	
Promedio	0,21
Error estándar	0,0003
Mediana	0,21
Moda	0,21
Desviación estándar	0,005
Varianza de la muestra	0,00003
Kurtosis	0,456
Rango	0,02
Mínimo	0,2
Máximo	0,22
Sumatoria	84
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,00053

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En promedio el peso de la cinta central está desfasado del objetivo de 0,26 g establecido por calidad con un promedio de 0,21 g, no obstante los datos se muestran muy constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,005 y por otro lado existe un rango cerrado teniendo un máximo de 0,22 y un mínimo de 0,20.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos de la cinta central se puede concluir que el peso de este material no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja desviación estándar de los datos y a la dispersión que tienen los mismo, pero aun así se debe de realizar un estudio factible para poder corregir el objetivo establecido por calidad para este material ya que se puede ver afectado el Ti% del peso por dicho material.

E. Análisis estadístico del AQL

En la Tabla 9, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos del AQL tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 9 Analisis de peso de AQL

Peso de AQL	
Promedio	0,17
Error estándar	0,001
Mediana	0,17
Moda	0,18
Desviación estándar	0,013
Varianza de la muestra	0,0002
Kurtosis	-0,029
Rango	0,06
Mínimo	0,15
Máximo	0,21
Sumatoria	69
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,00126

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En promedio el peso del AQL anda alrededor del objetivo de 0,16 g establecido por calidad con un promedio de 0,17 g, por otro lado los datos se muestran constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,013 y por otro lado existe un rango cerrado teniendo un máximo de 0,21 y un mínimo de 0,15.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos del AQL se puede concluir que el peso de este material no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja desviación estándar de los datos y la dispersión que tienen los mismo con respecto al objetivo.

F. Análisis estadístico del SAM

En la Tabla 10, se observa el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos del SAM tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 10 Analisis de peso de SAM

Peso de SAM	
Promedio	0,51
Error estándar	0,0005
Mediana	0,51
Moda	0,51
Desviación estándar	0,009
Varianza de la muestra	0,0001
Kurtosis	0,171
Rango	0,04
Mínimo	0,49
Máximo	0,53
Sumatoria	202
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,0009

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En promedio el peso del SAM anda alrededor del objetivo de 0,50 g establecido por calidad con un promedio de 0,51 g, por otro lado los datos se muestran constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,009 y por otro lado existe un rango cerrado teniendo un máximo de 0,53 y un mínimo de 0,49.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos del SAM se puede concluir que el peso de este material no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja desviación estándar de los datos y a la dispersión que tienen los mismo con respecto al objetivo y sus límites inferior y superior.

G. Análisis estadístico del adhesivo de la Tela

En la Tabla 11, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos del adhesivo de la tela tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 11 Analisis de peso de adhesivo tela

Peso de adhesivo Tela	
Promedio	0,03
Error estándar	0,0003
Mediana	0,03
Moda	0,026
Desviación estándar	0,006
Varianza de la muestra	0,00003
Kurtosis	1,509
Rango	0,024
Mínimo	0,026
Máximo	0,05
Sumatoria	12
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,00057

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En promedio el peso del adhesivo de la tela anda alrededor del objetivo de 0,05 g establecido por calidad con un promedio de 0,03 g, por otro lado los datos se muestran constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,006 y por otro lado existe un rango cerrado teniendo un máximo de 0,05 y un mínimo de 0,026.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos del adhesivo de la tela se puede concluir que el peso de este material no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja desviación estándar de los datos y a la dispersión que tienen los mismo con respecto al objetivo.

H. Análisis estadístico del adhesivo del Poly Baffle

En la Tabla 12, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos del adhesivo del poly baffle tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 12 Analisis de peso de adhesivo poly baffle

Peso de adhesivo Poly baffle	
Promedio	0,10
Error estándar	0,0003
Mediana	0,1
Moda	0,1
Desviación estándar	0,006
Varianza de la muestra	0,00004
Kurtosis	2,357
Rango	0,024
Mínimo	0,096
Máximo	0,12
Sumatoria	41
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,00063

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En promedio el peso del adhesivo del poly baffle anda alrededor del objetivo de 0,15 g establecido por calidad con un promedio de 0,10 g, por otro lado los datos se muestran constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,006 y por otro lado existe un rango cerrado teniendo un máximo de 0,12 y un mínimo de 0,096.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos del adhesivo del poly baffle se puede concluir que el peso de este material no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja

desviación estándar de los datos y a la dispersión que tienen los mismo con respecto al objetivo.

I. Análisis estadístico del adhesivo de la Cinta Central

En la Tabla 13, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos del adhesivo de la cinta central tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 13 Analisis de peso de adhesivo cinta central

Peso adhesivo Cinta Central	
Promedio	0,04
Error estándar	0,0002
Mediana	0,043
Moda	0,048
Desviación estándar	0,003
Varianza de la muestra	0,00001
Kurtosis	-1,614
Rango	0,008
Mínimo	0,04
Máximo	0,048
Sumatoria	18
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,00033

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En promedio el peso del adhesivo de cinta central está en el puro objetivo de 0,04 g establecido por calidad con un promedio de 0,04 g, por otro lado los datos se muestran constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,003 y además existe un rango cerrado teniendo un máximo de 0,048 y un mínimo de 0,040.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos del adhesivo de la cinta central se puede concluir que el peso de este material no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja desviación estándar de los datos y a la dispersión que tienen los mismo con respecto al objetivo.

J. Análisis del adhesivo del AQL – Tela

En la Tabla 14, se puede observar el análisis de información estadística proveniente de 399 muestras de pesos del adhesivo del AQL - Tela tomadas en la línea de producción CAF 04 (ver Apéndice 2).

Tabla 14 Analisis de pesod de adhesivo AQL - Tela

Peso de adhesivo AQL - Tela	
Promedio	0,03
Error estándar	0,0002
Mediana	0,03
Moda	0,03
Desviación estándar	0,004
Varianza de la muestra	0,00002
Kurtosis	1,952
Rango	0,015
Mínimo	0,025
Máximo	0,04
Sumatoria	12
n	399
Nivel de confianza (95,0%)	0,00042

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

En promedio el peso del adhesivo del AQL - Tela andan alrededor del objetivo de 0,02 g establecido por calidad con un promedio de 0,03 g, por otro lado los datos se muestran constantes y así lo reafirma la desviación estándar de 0,004 y además existe un rango cerrado teniendo un máximo de 0,04 y un mínimo de 0,025.

Teniendo el análisis estadístico de los pesos del adhesivo del AQL - Tela se puede concluir que el peso de este material no afecta en cuanto a variabilidad, o a lo que del Ci% del peso de la toalla se refiere, basándose para dicha conclusión en la baja desviación estándar de los datos y a la dispersión que tienen los mismo con respecto al objetivo.

Habiendo ya analizado los datos estadísticos de la variabilidad de los pesos de cada uno de los materiales, procedemos a determinar cual es el material que nos está afectando en el Ci% del peso para poder atacarlo de forma efectiva; en la Tabla 15 se encuentra el promedio, la desviación estándar, el mínimo, el máximo, el rango y el índice de Ci% para cada material.

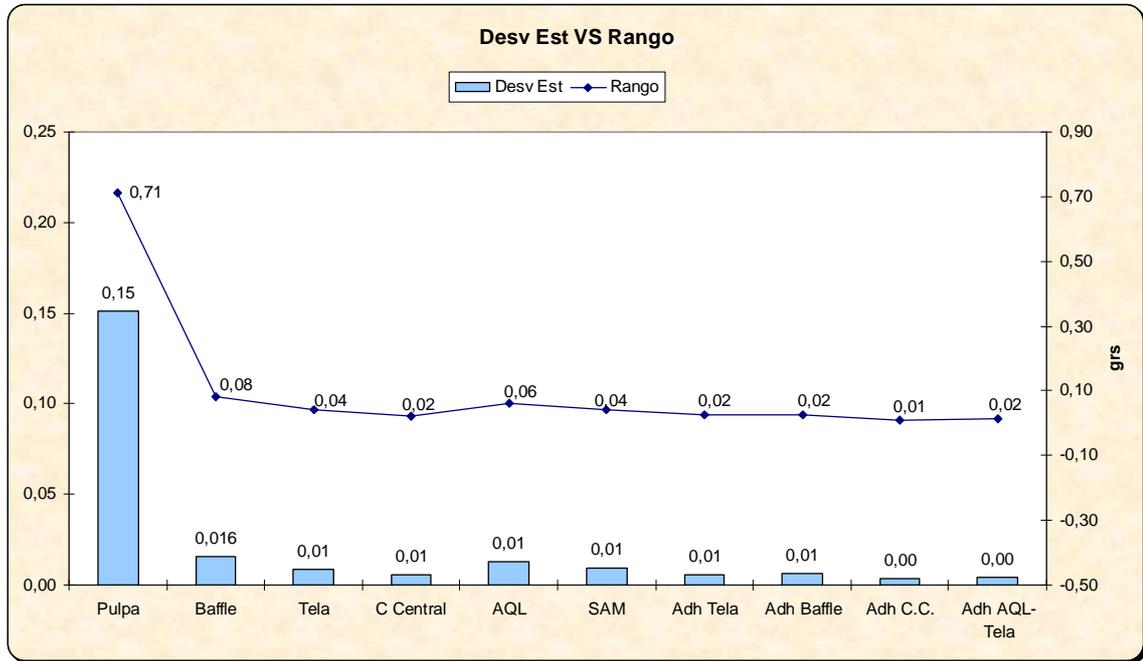
Tabla 15 Resumen de analisis de indicadores de materiales

Materiales que componen diversas toallas										
LS	4,86	N/A	N/A	N/A	N/A	0,46	N/A	N/A	N/A	N/A
Obj	4,5	0,47	0,29	0,26	0,16	0,50	0,05	0,15	0,04	0,02
LI	4,14	N/A	N/A	N/A	N/A	0,54	N/A	N/A	N/A	N/A
Material	Pulpa	Baffle	Tela	C Central	AQL	SAM	Adh Tela	Adh Baffle	Adh C.C.	Adh AQL-Tela
Prom	4,52	0,43	0,26	0,21	0,17	0,51	0,03	0,10	0,04	0,03
Desv Est	0,15	0,016	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Max	4,86	0,47	0,28	0,22	0,21	0,53	0,05	0,12	0,05	0,04
Min	4,15	0,39	0,24	0,20	0,15	0,49	0,03	0,10	0,04	0,03
Rango	0,71	0,08	0,04	0,02	0,06	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02
Ci%	126%	N/A								

Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Gráfico 11 Desviación estándar VS Rango



Fecha de elaboración: 02 de julio, 2006.

Elaborado por: Ing. Jorge Céspedes Chinchilla

Fuente: Producción

Como se puede observar en el Gráfico 11, el material que tiene una alta variabilidad y que sobrepasa la variabilidad de los demás materiales por un gran número es la pulpa con una desviación estándar de 0,15. Comparándola con las demás desviaciones estándar de 0,01, a la vez la pulpa cuenta con un rango de 0,71 gramos y el rango que permiten las especificaciones es de 0,72 gramos, o sea, que nuestros pesos tienen una gran variabilidad y andan cerca de los límites de especificación.

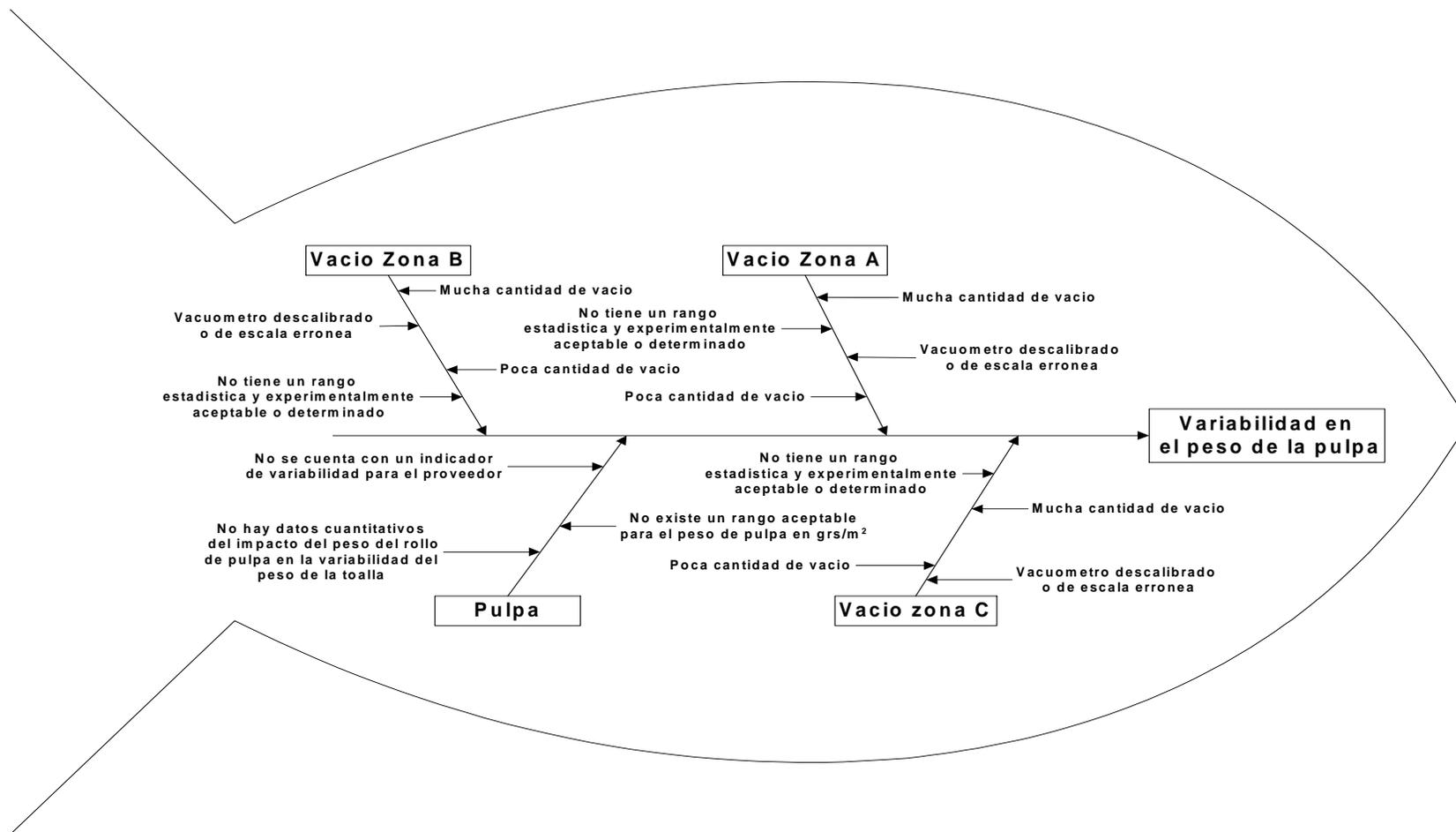
Teniendo claro que nuestro problema es con la variabilidad de la pulpa debemos enfocarnos en el por qué o la causa raíz de la alta variabilidad de este material, por ende se realiza un análisis de causa y efecto para poder determinar todas las posibles causantes de la variabilidad para este material. No obstante resulta conveniente enfatizar que dicha variabilidad se puede dar por dos causas principales que son:

1. Variabilidad de la materia prima como tal: la variabilidad de esta materia prima puede determinarse por el propio proveedor.

2. Variables de máquina que intervienen en la sección de formación de pulpa: para el proceso de formación de pulpa existen variables de máquina con el fin de administrar el proceso, solo que no está determinado el punto de optimización para cada una de las variables, así como tampoco el rango de trabajo de las mismas bajo una base estadística.

En la Figura 1 se encuentra un diagrama de Ishikawa enfocado en el problema de la variación del peso de la pulpa, contemplando las principales causas anteriormente mencionadas.

Figura #1 Diagrama de Ishikawa



Elaborado por: Jorge Céspedes Chinchilla
 Fecha de elaboración: 15 de julio del 2006

Es posible que el problema de la variación en el peso de la pulpa no sea por aspectos o causas de máquina, si no mas bien, por variabilidad de peso o gramaje/m² proveniente en el rollo de pulpa por causa del proveedor productor del mismo. Por lo tanto a continuación se desarrolla un analisis del gramaje/m² en los rollos de pulpa y asi poder tener una visión mas clara de la causa raíz.

Se obtuvieron 2 muestras por rollo de pulpa y se sacaron a muestrear 5 rollos de pulpa, por lo tanto, hay en total 10 muestras de gramajes/m² para asi poder visualizar un poco o por lo menos tener una idea de cómo anda la variabilidad del producto que nos esta ofreciendo nuestro proveedor que en este caso es pulpa. A la vez para cada toma de muestra se obtuvieron 32 muestras de pesos de toallas para asi poder cuantificar el impacto que tiene la variabilidad del peso del rollo de pulpa con la variabilidad del peso de la toalla.

Los resultados de las muestras, tanto del gramaje de los rollos de pulpa como los del peso de las toallas, se pueden observar en la Tabla 16

Tabla 16 g / m²

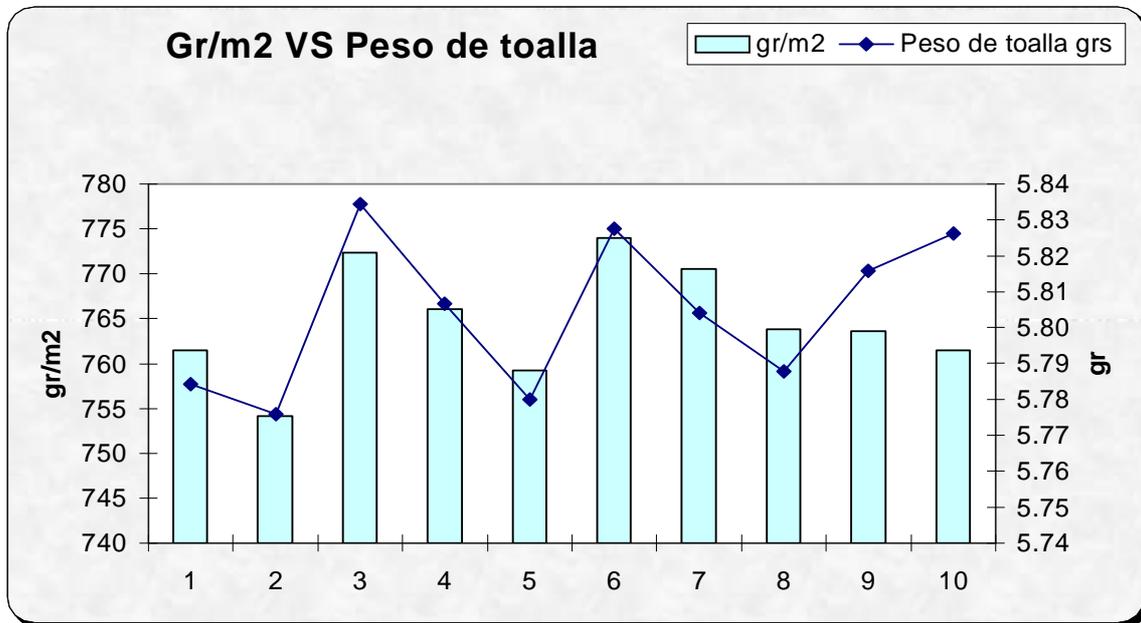
Etapa	n	g/m2	Peso de toalla g
Inicio	1	761.46	5.78
Final	1	754.16	5.78
Inicio	2	772.38	5.83
Final	2	766.1	5.81
Inicio	3	759.25	5.78
Final	3	773.95	5.83
Inicio	4	770.5	5.80
Final	4	763.8	5.79
Inicio	5	763.63	5.82
Final	5	761.46	5.83
	Prom	764.7	5.80
	Desv Est	6.2	
	Max	774	
	Min	754	
	Rango	19.8	

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha de elaboracion: 28 de julio del 2006

Los pesos de los gramajes/m² si varían hasta en 20 gramos, teniendo una desviación estandar de 6,2 g, no obstante hay que cuantificar el impacto de esta variación con la variación del peso de la toalla, dicho impacto se puede analizar en el Gráfico 12.

Gráfico 12 g VS peso de toalla

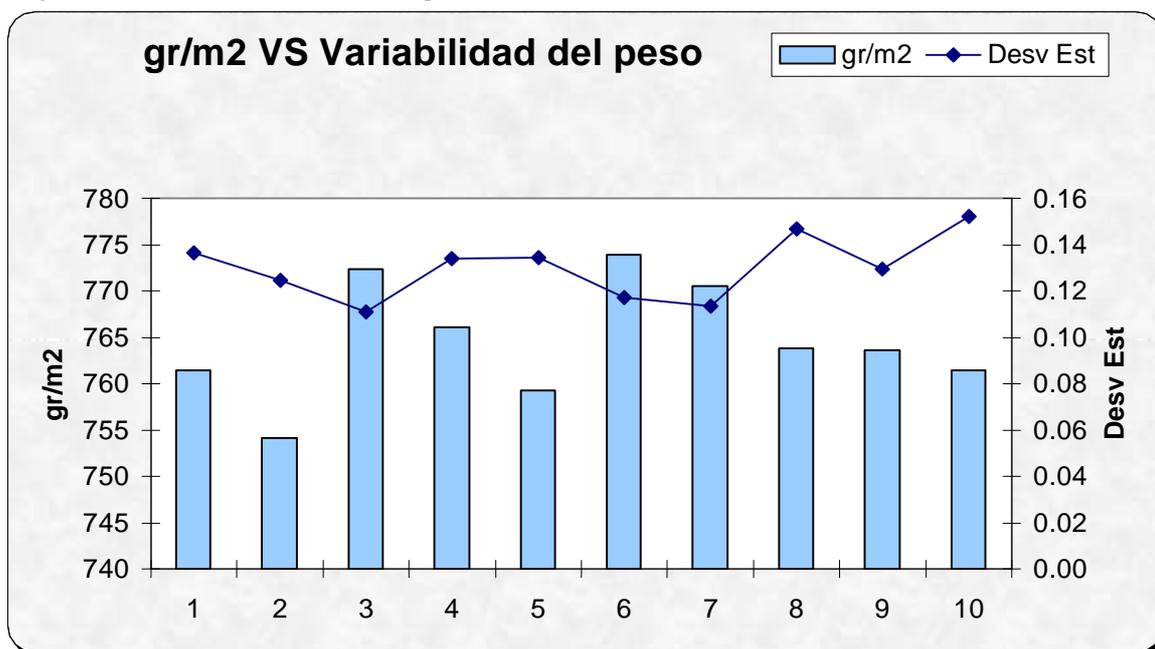


Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha de elaboracion: 28 de julio del 2006

Como se puede observar en el gráfico anterior el gramaje de los rollos de pulpa varían negativamente hasta en 20 g de un rollo a otro y esto si impacta directamente al peso de la toalla, no obstante el rango de variación en el peso de la toalla es muy bajo teniendo un valor de 0,05 g, esto entre promedios de la 10 muestras, cada muestra compuesta por 32 pesos de toallas; hilando mucho mas fino se puede observar el siguiente Gráfico 13, para poder asi dar la siguiente aseveración:

Gráfico 13 Grs VS Variabilidad del peso



Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha de elaboración: 28 de julio del 200

Dando por hecho que el gramaje/m² entre cada rollo varia notablemente y que la variación que este provoca entre cada muestra de peso de pulpa es muy baja y aceptable, se debe analizar cada uno de los 32 pesos de pulpa de cada una de las 10 muestras y compararlos con el gramaje/m² del rollo de dicha producción, así como esta expuesto en el Gráfico 13. En dicho gráfico se puede observar que la variación que tienen los pesos que componen cada una de las muestras, en comparación con la variabilidad del gramaje/m² del rollo, no tiene relación alguna, ya que en el gráfico se puede denotar facilmente que los gramajes/m² varían de uno a otro, pero la desviación estándar de la muestra de pesos de toallas se mantiene constante variando negativa y sustancialmente en cada una de las muestras.

4.2 Conclusiones del diagnóstico

Algunos de los problemas y conclusiones mas relevantes obtenidos del diagnóstico son:

1. EL Ci% de cumplimiento mensual es afectado principalmente por el Ci% de la variable peso de la toalla en cada turno, con un porcentaje de afectación desde un 30% hasta un 52% en algunos meses.

2. Mejorando u optimizando el Ci% de la variable peso para que en el 99% de los turnos de 100, el Ci% de cumplimiento de cada mes subiria desde un 66% hasta un 83% en algunos meses, sobrepasando asi las expectativas y el objetivo establecido por la gerencia.
3. Analizando detalladamente cada uno de los materiales que componen la toalla y que afectan directamente en el peso de la misma, se puede determinar que el material que esta provocando la alta variabilidad en el peso de la toalla es la pulpa, teniendo actualmente una desviación estandar de 0,15 g, cuando la maxima desviación estandar permitida para poder cumplir con el Ci% de la variable peso es de 0,09 g.
4. Se encontro que todos los materiales, excepto la pulpa, tienen una desviación estandar muchisimo mas baja de la establecida por los ingenieros de proceso y por la aceptada por el Ci%.
5. El problema de la variación del peso de la pulpa se puede dar por dos razones: la primera puede ser por causa de variables de máquina que intervienen en el proceso de formación de pulpa, las cuales no estan optimizadas en función de la variabilidad del peso de la pulpa o se desconocen. La segunda es que la variación del peso de la pulpa se pude dar por la misma variación de gramaje/m², que trae el rollo de pulpa desde su proceso de produccción, en otras palabras el problema viene desde la variabilidad que tiene el material que nuestro proveedor nos provee.
6. La variación que hay entre cada rollo de pulpa afecta directa y significativamente en el promedio de peso de las toallas, por ende se va a ver afecto drasticamente el indice de calidad Ti% del peso de la toalla.
7. La variación que hay entre cada rollo de pulpa no afecta la variación o la desviación estandar de los pesos de las toallas, ya que si el gramaje/m² baja o sube, la desviación estandar se mantiene constante y en todo momento variando mucho mas de los aceptado por el Ci% del peso de la toalla.
8. Las variables de máquina que intervienen en el proceso de formación de pulpa no estan optimizadas, quedando esta como la principal posible causa de variación en el peso de la pulpa y de la toallas.

5 Diseño de la investigación

5.1 Estudio técnico

De aquí en adelante solamente vamos a tratar con el tema del peso, ya que como se pudo observar en el diagnóstico la conclusión del mismo fue la afectación del Ci% del peso en el indicador mensual de cumplimiento de calidad Ci%, esto por causa de la gran variabilidad que tiene el peso de la pulpa en la toalla. A consecuencia de lo anterior se tratará de atacar de manera radical la sección de formación de pulpa en la máquina Caf 04, por lo tanto para atacar la variabilidad del peso se realizará un diseño de experimentos (DOE) y así optimizar cada una de las variables.

Solución:

- Diseño e implementación de un modelo experimental basándose en el Método de Taguchi, desarrollado por el Dr. Genichi Taguchi, su meta principal es estudiar todas aquellas fuentes de variabilidad con el fin de minimizar su incidencia durante la manufactura. Acuña (2002) argumenta que: “Desde el punto de vista estadístico, el método busca la reducción de variabilidad alrededor de la media con una desviación estándar muy pequeña.”(P. 169).

El método del Dr. Taguchi se basa en el diseño experimental a través de los llamados cuadros latinos, en el diseño se utilizará un arreglo ortogonal de 3 niveles totalmente balanceados, o sea, un arreglo L^9 .

Para el diseño es necesario llevar a cabo 9 experimentos para lograr la maximización de cuatro factores en tres niveles, en otras palabras se van a tomar en cuenta 4 variables de la máquina que afectan la variación de peso de la pulpa en la sección de formación y cada una de ellas será evaluada en tres niveles, máximo, objetivo y mínimo.

Antes de comenzar con la creación del diseño repasemos un poco el proceso de formación para poder entender mejor el desempeño y el porque del diseño de experimentos aplicado a la línea de producción.

El primer material que entra a la máquina es la pulpa de papel acartonada, la cual viene en enrollada en un cono de cartón, ésta se va desenrollando a la velocidad que la desenvuelven los rodillos desenrolladores con el fin de que la pulpa entre al molino con una velocidad constante; el molino es un eje que soporta una serie de discos

dentados (cuchillas) con el fin de poder desfibrar la pulpa acartonada, al ser la pulpa molida o bien convertida en fibras, éstas se transportan por una cámara de vacío construida por acrílico desde la salida del molino hasta el tambor de formación, en dicha cámara de vacío las partículas de SAM se mezclan con las fibras de la pulpa, cada uno de los pockets del formador pasan por cada una de las zonas de vacío, la zona A, la zona B y la zona C, para que los pockets puedan ser llenados con la pulpa totalmente y uniformemente; al llenarse el pocket el tambor sigue su curso hasta entregar el Pad al tambor de transferencia.

- A continuación se presenta una matriz compuesta por cada una de las variables que componen el diseño con su respectivo rango y con el impacto que puede tener dicha variable en la máquina, a su vez tiene una lista causas y efectos por variable, para así poder llevar a cabo más fácilmente el objetivo específico #2 de diseño, el cual es, implementar un modelo experimental en la línea de producción Caf 04.

Tabla 17 ABC de variables del proceso de formación de pulpa

Var	Descripción de la variable	Rango			Unidad	Causa	R	Efecto
		Min	Obj	Max				
1	Flujo de aire CAUDAL	N/A	2387	N/A	cfm	1. Caída del flujo de aire		1.1 Formación irregular 1.2 Ausencia de pulpa
2	Altura del garnet	1,3	1,5	1,8	mm	1. Altura mas alta que la especificación		1.1 Formación irregular 1.2 Variación excesiva del peso 1.3 Tacos en camara de formación 1.4 Pulpa en el sellado
						2. Altura mas baja que la especificación		2.1 Formación irregular 2.2 Variación excesiva del peso 2.3 Tacos en camara de formación 2.4 Pulpa en el sellado
3	Vacío zona A	8	12	14	HO2 "	1. Vacío zona A bajo		1.1 Variación excesiva del peso 1.2 Formación irregular 1.3 Tacos en la camara de formación

								1.4 Ausencia de pulpa
						2. Vacío zona A alto		2.1 Ausencia de pulpa
								1.1 Variación excesiva del peso
								1.2 Formación irregular
						1. Vacío zona B bajo		1.3 Tacos en la cámara de formación
								1.4 Ausencia de pulpa
4	Vacío zona B	20	30	35	HO2 "	2. Vacío zona B alto		2.1 Ausencia de pulpa
								1.1 Variación excesiva del peso
								1.2 Formación irregular
								1.3 Tacos en la cámara de formación
						1. Vacío zona C bajo		1.4 Ausencia de pulpa
5	Vacío zona C	8	12	14	HO2 "	2. Vacío zona C alto		2.1 Ausencia de pulpa
	Variable Crítica alta							
	Variable Crítica media							
	Variable Crítica baja							

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch, Fecha: 10 de agosto del 2006

Como se puede observar en la Tabla 17, hay 5 variables de máquina que afectan en la formación de la pulpa, las cuales son:

1. Flujo de aire, también llamado Caudal.
2. Altura del garnet.
3. Vacío zona A.
4. Vacío zona B.
5. Vacío zona C.

Como punto importante a tomar en cuenta, es que la variable número uno “Flujo de aire (Caudal)” no se va a tomar en cuenta, esto por las siguientes razones, esta variable tiene un impacto alto en la sección de formación, por eso cupo enunciarla en el listado, no obstante esta variable no se puede variar para poder encontrarle el punto óptimo, ya que el valor de 2 387 cfm (pies cúbicos por minuto, por sus siglas en inglés) existentes de flujo están dados por la potencia del motor de la turbina. Cabe mencionar y explicar el cálculo del caudal para la Caf 04 por la posible aparición de futuros problemas en máquina.

La fórmula para conocer la el caudal es la siguiente:

- $Q = V * A$

Definiendo Q como caudal, V como la velocidad del aire en la ductería y A como el área de la ductería por donde pasa el aire.

La velocidad del aire se toma en la entrada y en la salida de abanico con un electro manómetro, se deben de realizar n toma de datos dependiendo del diámetro de la tubería ya que el número de muestras a tomar es la mitad del número de pulgadas de diámetro que tiene la tubería, definiendo lo anterior por el siguiente ejemplo: si la tubería tiene un diámetro de 10 pulgadas, entonces se tienen que tomar como mínimo 5 muestras de velocidades de aire, la primera con una profundidad de 1 pulgada, la segunda muestra con una profundidad de una pulgadas más que la primera y así sucesivamente hasta llegar al centro de la ductería. En la Tabla 18 están los datos de las velocidades del aire a la entrada y a la salida del abanico de formación.

Tabla 18 Datos de velocidad de aire

	V aire in	V aire out	
1	3320	5038	
2	3700	5920	
3	3500	5857	
4	2500	5680	
5	2800	5600	
6	3100	5538	V prom 4379,4
Prom	3153,3	5605,5	

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

Obteniendo una velocidad promedio de 4 379,4 fpm (pies por minuto, por sus siglas en inglés), y la tubería tiene un diámetro de 10 pulgadas, obteniendo un área de 0,545 pies cuadrados. Aplicando la fórmula para el caudal, el resultado quedaría enunciado de la siguiente manera:

$$Q = V * A = 4\ 379,4 * 0,545 = \mathbf{2\ 387,4\ cfm}$$

Para concluir con el establecimiento de las variables a utilizar en el diseño a continuación se presenta una matriz con cada una de las variables y sus respectivos rangos, llamando de ahora en adelante a las variables "factores" y al rango "niveles", esto para efectos del modelo.

Tabla 19 Variables y rangos

Factores		Niveles		
		-1	0	1
A	Altura del garnet	1,3	1,5	1,8
B	Vacio zona A	8	12	14
C	Vacio zona B	20	30	35
D	Vacio zona C	8	12	14

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

Ya teniendo establecidas las variables que intervienen en el proceso de formación, se procede a diseñar la base del modelo experimental para así poder correr el diseño en la línea de producción de toallas femeninas, quedando el modelo a correr de la siguiente manera:

Tabla 20 Modelo experimental

Experimento	Factores				Desv Estnd
	A	B	C	D	
1	1,2	8	20	8	
2	1,2	12	30	12	
3	1,2	14	35	14	
4	1,5	8	30	14	
5	1,5	12	35	8	
6	1,5	14	20	12	
7	1,8	8	35	12	
8	1,8	12	20	14	
9	1,8	14	30	8	

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

El modelo experimental expuesto anteriormente va a ser implementado en la línea de producción de toallas femeninas "Caf 04", dicho experimento tiene una secuencia lógica de actividades, las cuales se han organizado y planificado de tal manera que se optimice el tiempo y otros recursos necesarios para la puesta en marcha del diseño experimental. Referirse al Apéndice 3 para visualizar mejor la planificación de las actividades en el diagrama de Gantt.

5.2 Evaluación Financiera

Ya teniendo listo el modelo experimental y su organización, se procede a determinar el recurso material, el recurso humano y el recurso máquina necesario para poder correr el modelo en la línea de producción. El recurso material se puede observar en la Tabla 21 con sus respectivos costos.

Tabla 21 Gastos por recurso humano

Recurso: Humano			Calculo de costos			
Rubro	Descripcion	Cantidad	Salario sem	Salario/hr	hrs necesarias	Costo/proyecto
A	Supervisor de proyecto	1	¢ 115.000,0	¢ 2.395,8	5	¢ 11.979,2
B	Analistas senior de proceso	1	¢ 250.000,0	¢ 5.208,3	5	¢ 26.041,7
C	Analista junior de proceso	1	¢ 115.000,0	¢ 2.395,8	5	¢ 11.979,2
D	Mecánicos de turno	2	¢ 50.000,0	¢ 1.041,7	5	¢ 10.416,7
E	Eléctricos de turno	1	¢ 50.000,0	¢ 1.041,7	5	¢ 5.208,3
F	Mecánicos de mantenimiento	1	¢ 68.000,0	¢ 1.416,7	5	¢ 7.083,3
G	Operadores	1	¢ 50.000,0	¢ 1.041,7	5	¢ 5.208,3
H	Inspectores de calidad	1	¢ 40.000,0	¢ 833,3	5	¢ 4.166,7
I	Auxiliares de operación	1	¢ 35.000,0	¢ 729,2	5	¢ 3.645,8
					TOTAL	¢ 85.729

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

En la Tabla 22 se puede observar el recurso humano necesario para la implementación del modelo experimental, con su respectivo costo.

Tabla 22 Gastos por recurso material

Recurso: Material			Calculo de costos		
Rubro	Descripción	Cantidad	Costo/uni	Depreciación	Costo total
A	Manómetro Magnahelic 0-60	1	¢ 43255	¢ 0	¢ 43255
B	Manómetro Magnahelic 0-30	2	¢ 42143	¢ 0	¢ 84286
C	Caja de herramienta tipo A	3	¢ 0	¢ 500,9	¢ 1502,7
D	Juego de galgas largas	1	¢ 0	¢ 25,8	¢ 25,8
E	Romana tipo "Piso"	1	¢ 0	¢ 113,4	¢ 113,4
				TOTAL	¢ 129182,9

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

En la Tabla 23 se puede observar el recurso "máquina" necesario para la implementación del modelo experimental, con su respectivo costo, o bien la ganancia que se deja de percibir por tener la máquina parada durante el experimento.

Tabla 23 Gasto por recurso máquina

Recurso: Maquina								
Rubro	Descripción	hrs.	US no Percibidas	Costo US	Costo lote	Precio venta US	Venta lote	Ganancia no Percibida
A	Tiempo maquina parada	5	128,39	¢ 12.875	¢ 1.653.021	¢ 40.000	¢ 5.135.600	¢ 3.482.579

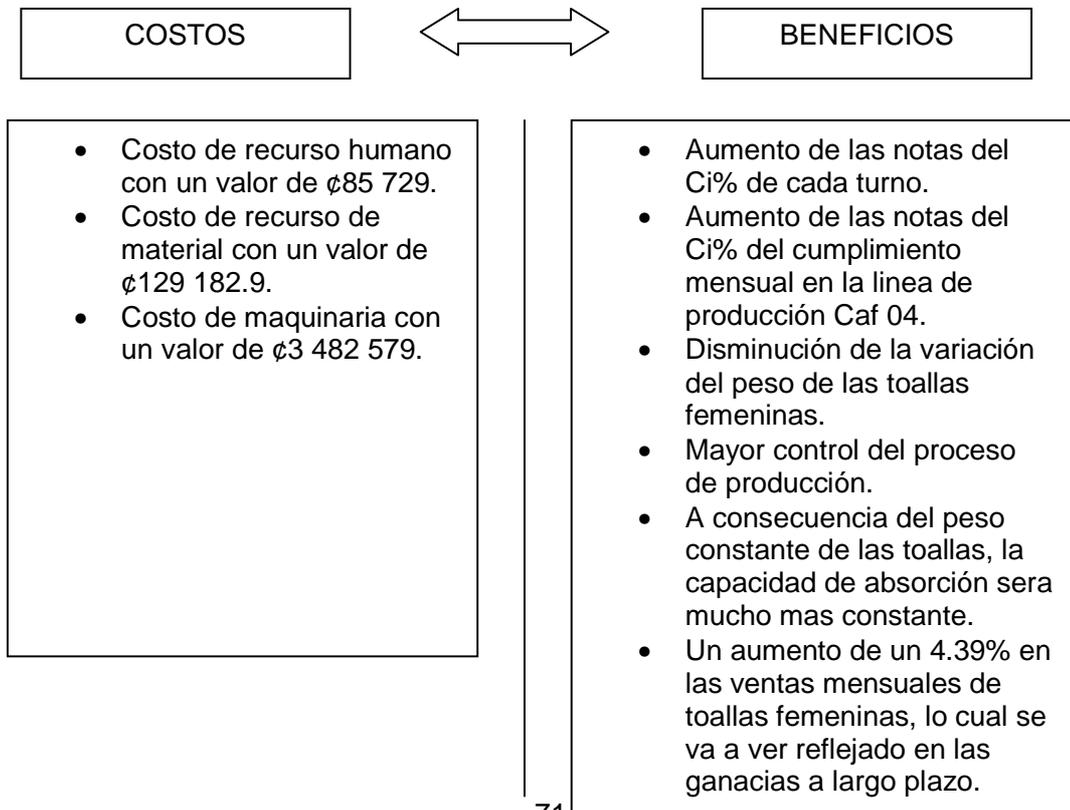
Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

En cuanto a la evaluación financiera del proyecto, no se calculan indicadores como el VAN o el TIR, ya que el dinero que se necesita para poner en marcha el diseño no es una inversión, mas bien se debe de tomar como un costo o un gasto, ya que el dinero necesario no va a incrementar el valor en libros del activo.

Por otro lado, lo anterior no quiere decir que no se tengan ganancias, más bien si se tienen pero no tangibles o monetarias a corto plazo, para mejor entendimiento refiérase a la Figura 2 analisis de Costo – Beneficio.

Figura 2 Analisis de Costo - Beneficio



6 Implementacion de Soluciones

6.1 Resultados positivos y negativos obtenidos

El diseño experimental fue corrido en la línea de producción Caf 04, dicho experimento arrojó una serie de datos en cada una de las pruebas del experimento, esta serie de datos se pueden observar en el Apéndice 4.

En la Tabla 24 se puede observar el resumen de los resultados del diseño.

Tabla 24 Analisis de datos del experimento

Analisis de datos del experimento				
Nivel/factor	A	B	C	D
Nivel -1	0,6376	0,5276	0,6412	0,6372
Nivel 0	0,5273	0,6394	0,5242	0,6384
Nivel 1	0,6377	0,6356	0,6372	0,5270
TOTAL	1,8026	1,8026	1,8026	1,8026

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

Como se puede observar en la Tabla 24, los valores son desviaciones estándar de cada una de las muestras del experimento, los resultados del diseño varían de un experimento a otro, no obstante es fácil de notar que el factor crítico del proceso de formación de pulpa son los cuatro factores, ya que cada uno de estos provocan gran variación en el proceso.

Recordando que lo que se busca son los valores más bajos, o sea, las desviaciones estándar más bajas para el proceso, por lo tanto según los resultados del diseño los valores que optimizan las variables en el proceso de formación de pulpa son las que se encuentran marcadas en color en la Tabla 25.

Tabla 25 valores optimos de las variables

Factores		Niveles			Unidades
		-1	0	1	
A	Altura del garnet	1,2	1,5	1,8	mm
B	Vacio zona A	8	12	14	" H ₂ O
C	Vacio zona B	20	30	35	" H ₂ O
D	Vacio zona C	8	12	14	" H ₂ O

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

Según la tabla anterior los valores optimos son: 1,5 mm de altura para el garnet, 8 pulgadas de agua para el vacio de la zona A, 30 pulgadas de agua para el vacio de la zona B y 14 pulgadas de agua para el vacio de la zona C.

Las variables de maquina, en el proceso de formación de pulpa, ajustadas a los valores anteriormente mencionados nos da una desviación estandar en los lotes de producción de 0,1011 como mínimo.

Con el fin de poder analizar cada uno de los grupos, yanto entre ellos como dentro de ellos, en la Tabla 26 se encuentra un analisis ANOVA de las muestras obtenidas durante el experimento.

Tabla 26 Analisis ANOVA

Resumen	Anova: Factor			
	Simple			
<i>Grupos</i>	<i>Conteo</i>	<i>Sumatoria</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Experimento 1	400	1833	4,583	0,0456
Experimento 2	400	1837	4,593	0,0451
Experimento 3	400	1839	4,598	0,0448
Experimento 4	400	1810	4,525	0,0102
Experimento 5	400	1839	4,598	0,0453
Experimento 6	400	1843	4,606	0,0455
Experimento 7	400	1838	4,596	0,0453
Experimento 8	400	1838	4,595	0,0459
Experimento 9	400	1838	4,596	0,0444

ANOVA

<i>Fuente de Variacion</i>	<i>Sum de Cuadrados</i>	<i>df</i>	<i>Cuadrados Medios</i>	<i>F</i>
Entre Grupos	1,906541556	8	0,238317694	5,764088644
Dentro de Grupos	148,470798	3591	0,041345251	
Total	150,3773396	3599		

Elaborado por: Jorge Céspedes Ch

Fecha: 10 de agosto del 2006

En el analisis ANOVA anterior ,se observa que las muestras tomadas en linea son del mismo tamaño, con varianzas negativas excepto la muestra del experimento 4, a la vez la variación que existe entre los grupos es pequeña, o sea que la media no tiene desplazamientos muy pronunciados desde el objetivo. Pero por el contrario, las variaciones de los pesos dentro de una misma muestra son increíblemente pronunciados, dando hincapié a la sumatoria de cuadrados de los mismos.

7 Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones generales

1. EL Ci% de cumplimiento mensual es afectado principalmente por el Ci% de la variable peso de la toalla en cada turno, con un porcentaje de afectación desde un 30% hasta un 52% en algunos meses.
2. Mejorando u optimizando el Ci% de la variable peso para que en el 99% de los turnos de 100, el Ci% de cumplimiento de cada mes subiría desde un 66% hasta un 83% en algunos meses, sobrepasando así las expectativas y el objetivo establecido por la gerencia.
3. Analizando detalladamente cada uno de los materiales que componen la toalla y que afectan directamente en el peso de la misma, se puede determinar que el material que está provocando la alta variabilidad en el peso de la toalla es la pulpa, teniendo actualmente una desviación estandar de 0.15, cuando la máxima desviación estandar permitida para poder cumplir con el Ci% de la variable peso es de 0.09.
4. Se encontró que todos los materiales, excepto la pulpa, tienen una desviación estandar muchísimo más baja de la establecida por los ingenieros de proceso y por la aceptada por el Ci%.
5. El problema de la variación del peso de la pulpa se puede dar por dos razones: la primera puede ser por causa de variables de máquina que intervienen en el proceso de formación de pulpa, las cuales no están optimizadas en función de la variabilidad del peso de la pulpa o se desconocen. La segunda es que la variación del peso de la pulpa se puede dar por la misma variación de gramaje/m², que trae el rollo de pulpa desde su proceso de producción, en otras palabras el problema viene desde la variabilidad que tiene el material que nuestro proveedor nos provee.
6. La variación que hay entre cada rollo de pulpa afecta directa y significativamente en el promedio de peso de las toallas, por ende se va a ver afecto drásticamente el índice de calidad Ti% del peso de la toalla.
7. La variación que hay entre cada rollo de pulpa no afecta la variación o la desviación estandar de los pesos de las toallas, ya que si el gramaje/m² baja o sube, la desviación estandar se mantiene constante y en todo momento variando mucho más de lo aceptado por el Ci% del peso de la toalla.
8. Las variables de máquina que intervienen en el proceso de formación de pulpa no están optimizadas, quedando esta como la principal posible causa de variación en el peso de la pulpa y de las toallas.

7.2 Conclusiones sobre el diseño

1. El modelo experimental escogido trata de optimizar las variables de la línea de producción, con el fin de tener un mejor y mayor control del proceso.
2. El modelo necesita un gasto de dinero de $\text{¢}3\,697\,491$ para poder ser corrido en la línea de producción.
3. No se obtendrán beneficios económicos a corto plazo, no obstante se pueden ver incrementos en los ingresos a causa de mejores índices de ventas, ya que las consumidoras tendrán una toalla con una capacidad de absorción constante.
4. A corto plazo se obtendrán beneficios intangibles, a consecuencia del gasto incluido por el diseño.
5. Existen tres posibles resultados con la implementación del modelo experimental: primero que la desviación estándar siga igual y por ende el $C_i\%$ el peso no mejore, segundo que la desviación estándar mejore a tal punto que el $C_i\%$ sobrepasa el objetivo de no mayor a 75% turno a turno, y tres que la desviación estándar mejore pero no lo suficiente para poder obtener notas de $C_i\%$ menores a 75%.

7.3 Conclusiones sobre la implementación de la solución

1. Los valores óptimos son: 1,5 mm de altura para el garnet, 8 pulgadas de agua para el vacío de la zona A, 30 pulgadas de agua para el vacío de la zona B y 14 pulgadas de agua para el vacío de la zona C.
2. Las variables de máquina, en el proceso de formación de pulpa, ajustadas a los valores anteriormente mencionados nos da una desviación estándar en los lotes de producción de 0,1011 como mínimo.
3. Las desviaciones estándar bajaron desde 0,16 hasta 0,10; lo que representa una mejora de un 37,5% en las desviaciones estándar en los lotes de producción de la línea Caf 04.
4. La desviación estándar no baja lo suficiente para poder obtener notas de $C_i\%$ turno a turno menores a 75%.
5. El $C_i\%$ disminuyó de notas desde 125% hasta notas de 85%.

7.4 Recomendaciones

1. Ajustar las variables de máquina a los puntos optimos establecidos por el modelo experimental.
2. Calcular desviaciones estándar de por lo menos 400 toallas turno a turno por una semana para poder definir una tendencia de las desviaciones estandar.
3. Como recomendación principal, se debe de realizar un estudio de capacidad de proceso para poder determinar la capacidad real de la maquina en funcion del peso de las toallas femeninas, con el fin de tener un proceso mucha mas controlado.
4. Capacitar al personal de máquina para poder explotar la capacidad y la experiencia de cada uno de los empleados de la empresa.

8 Bibliografia

1. Wapole, R.E. (1999). Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Mexico: Prentice Hall.
2. Acuna, J. (2002). Control de Calidad: Un Enfoque Integral y Estadístico. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
3. Montgomery, D. (2003). Diseño y Análisis de Experimentos. Mexico: Limusa.
4. Gomez, M. (2003). Elementos de Estadística Descriptiva. San José: EUNED.
5. <http://www.profesiones.cl/papers/TiposDeInvestigacion.htm>
6. <http://www.monografias.com/trabajos15/estadistica/estadistica.shtml>
7. <http://www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=6405>
8. <http://www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=8900>
9. <http://www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=817>
10. <http://www.monografias.com/trabajos12/muestam/muestam.shtml>

9 Apendices

10 Anexos