



**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN Y
PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO
EN LA PLANTA DE COLCAFÉ BOGOTÁ**



MANUEL ORLANDO HERNÁNDEZ VEGA
MÓNICA CRISTINA MUÑOZ MEZA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS
BOGOTÁ
2004

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN Y
PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO
EN LA PLANTA DE COLCAFÉ BOGOTÁ**

MANUEL ORLANDO HERNÁNDEZ VEGA
MÓNICA CRISTINA MUÑOZ MEZA

Trabajo de Grado

SANTIAGO AGUIRRE
Ingeniero Industrial

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS
BOGOTÁ

2004

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	11
INTRODUCCIÓN	12
0. DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL COLCAFÉ BOGOTÁ	13
0.1. ANÁLISIS DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	13
0.2. CONOCIMIENTO DEL PROCESO	14
0.2.1. Descripción de proceso para la producción de café tostado y molido.....	14
0.3. ANTECEDENTES.....	19
0.3.1. Planeación y programación de producción.....	19
0.3.2. Materias Primas.....	23
0.3.3. Pedidos.....	23
0.3.4. Uso de Infraestructura.....	24
0.4. RESULTADOS.....	25
0.4.1. Análisis DOFA de la planeación y programación actual de COLCAFÉ Bogotá.....	26
0.4.2. Análisis de las Fuerzas de Porter	28
0.4.2.1. Fuerzas.....	29
0.4.2.2. Barreras de entrada.....	30
0.4.3. Diagrama Ishikawa.....	31
1. PRONÓSTICOS	34
1.1. TÉCNICAS CUALITATIVAS.....	36
1.2. TÉCNICAS CUANTITATIVAS.....	38
1.3. DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO.....	39
1.3.1. Principios de descomposición.....	40
1.3.1.1. Modelos de descomposición	40
1.3.1.2. Ajuste estacional	41
1.3.2. Promedio simple	41
1.3.3. Promedios móviles.....	42
1.3.3.1. Promedio móvil simple.....	42

1.3.3.2.	Promedio móvil centrado	42
1.3.3.3.	Promedio móvil doble	43
1.3.3.4.	Promedio móvil ponderado	43
1.3.4.	<i>Descomposición Clásica</i>	44
1.3.4.1.	Descomposición aditiva y multiplicativa	44
1.4.	MÉTODOS DE SUAIVIZACIÓN EXPONENCIAL	44
1.4.1.	<i>Suavización exponencial simple</i>	44
1.4.2.	<i>Selección del coeficiente de suavización</i>	45
1.4.2.1.	Suavizado exponencial adaptivo	45
1.4.3.	<i>Suavización exponencial doble</i>	45
1.4.4.	<i>Suavización exponencial triple</i>	46
1.4.4.1.	Estacionalidad multiplicativa	47
1.4.4.2.	Estacionalidad aditiva	47
1.5.	APLICACIÓN	48
1.5.1.	<i>Gráficas de Serie de Tiempo</i>	48
1.5.2.	<i>Uso del Correlograma</i>	49
1.5.3.	<i>Coefficientes de correlación</i>	52
1.5.4.	<i>Justificación del método utilizado</i>	53
1.6.	ANÁLISIS DE CADA REFERENCIA PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO.	54
1.6.1.	<i>Referencia 5237</i>	57
1.6.2.	<i>Referencia 5227</i>	58
1.6.3.	<i>Referencia 5242</i>	59
1.6.4.	<i>Referencia 5249</i>	60
1.6.5.	<i>Referencia 5213</i>	61
1.6.6.	<i>Referencia 5221</i>	62
1.6.7.	<i>Referencia 5202</i>	63
1.6.8.	<i>Referencia N0186</i>	64
1.7.	METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO	66
2.	PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD	67
2.1.	PROCESO DE PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD.	67

2.2.	TIPOS DE CAPACIDAD.....	68
2.2.1.	Capacidad diseñada.....	68
2.2.2.	Capacidad real o disponible.....	69
2.2.3.	Capacidad máxima.....	69
2.2.4.	Capacidad Pico.....	69
2.2.5.	Capacidad demostrada.....	69
2.3.	FACTORES DE AJUSTE A LA MEDIDA DE CAPACIDAD.....	69
2.3.1.	FACTOR DE UTILIZACION, U.....	69
2.3.1.1.	Tiempos improductivos.....	70
2.3.2.	FACTOR DE EFICIENCIA, E.....	70
2.4.	CALCULO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE.....	70
2.5.	APLICACIÓN.....	71
2.5.1.	Capacidad Tostar (CMT).....	72
2.5.2.	Capacidad Moler (CMT).....	72
2.5.3.	Capacidad Desgasificar (CMT).....	72
2.5.4.	Capacidad Empacar (CMT).....	72
2.5.5.	Factores de Eficiencia y Utilización.....	73
2.5.6.	Capacidad Disponible.....	75
2.6.	METODOLOGÍA PARA CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE.....	76
3.	PLANEACIÓN AGREGADA.....	77
3.1.	ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA.....	78
3.2.	TÉCNICAS DE LA PLANEACIÓN AGREGADA.....	80
3.3.	CONTROL DEL PLAN AGREGADO.....	80
3.4.	MPS (MASTER SCHEDULE PLANNING).....	80
3.5.	MRP (MATERIALS REQUERIMENT PLANNING).....	81
3.5.1	MRP originario.....	81
3.5.2	Esquema Básico.....	82
3.5.3	Técnicas de dimensionado del lote.....	82
3.5.3.1.	Pedidos lote a lote.....	82
3.5.3.2.	Período constante.....	83
3.5.3.3.	Cantidad Periódica de Pedido.....	83

3.5.3.4.	Mínimo costo unitario.....	83
3.5.3.5.	Mínimo costo total	83
3.5.3.6.	Razón costo de emisión/costo de posesión (Part-period balancing)	84
3.5.3.7.	El algoritmo de Wagner-Whitin.....	84
3.5.3.8.	Lote económico (EOQ).....	84
3.5.3.9.	Ajustes en el tamaño del lote	85
3.5.4	<i>Sistemas de reprogramación en MRP</i>	86
3.5.4.1.	Sistema MRP regenerativo.....	86
3.5.4.2.	Sistema MRP de cambio neto	86
3.6.	APLICACIÓN.....	86
3.6.1.	<i>Planeación Agregada</i>	87
3.6.2.	<i>Costos relacionados</i>	87
3.6.3.	<i>Políticas para el Plan Agregado</i>	89
3.6.4.	<i>MPS</i>	89
3.6.5.	<i>Propuestas de MPS</i>	89
3.6.6.	<i>MPS final</i>	90
3.6.7.	<i>Consolidación de Productos</i>	90
3.6.8.	<i>Tamaño del Pedido</i>	91
3.6.9.	<i>MRP</i>	92
3.7.	METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA	93
4.	PROGRAMACIÓN.....	94
4.1.	REGLAS DE PRIORIDAD.....	95
4.2.	FORMAS DE REALIZAR LA PROGRAMACIÓN	96
4.2.1.	<i>Programación hacia delante</i>	96
4.2.2.	<i>Programación hacia atrás</i>	96
4.2.3.	<i>Programación basada en TOC, Teoría de restricciones.</i>	96
4.3.	OTROS TIPOS DE PROGRAMACIÓN.....	96
4.3.1.	<i>Programación estocástica</i>	97
4.3.2.	<i>Programación lineal.</i>	97
4.4.	APLICACIÓN	97
4.4.1.	<i>Simulación</i>	98

4.4.1.1.	Entradas.....	99
4.4.1.2.	Hipótesis relativas	100
4.4.2.	<i>Análisis</i>	100
4.4.2.1.	Líneas de producción relacionadas en la simulación	101
4.4.3.	<i>Resultados</i>	101
4.4.3.1.	Programación PULL	101
4.4.3.2.	Programación PUSH.....	102
4.4.4.	<i>METODOLOGÍA</i>	103
5.	METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	104
5.1.	ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS.	105
5.1.1.	<i>Graficar series de tiempo por referencia</i>	105
5.1.2.	<i>Coefficientes de Autocorrelación</i>	105
5.1.3.	<i>Preseleccionar y calcular los métodos de pronósticos a utilizar</i>	106
5.1.4.	<i>Calcular el MAD para cada método de pronósticos</i>	106
5.1.5.	<i>Calcular la señal de rastreo</i>	106
5.1.6.	<i>Determinar la funcionalidad del modelo cuantitativo</i>	107
5.1.6.1.	Señal de rastreo ajustada y producción representativa.....	107
5.1.6.2.	Señal de rastreo no ajustada y producción representativa.....	107
5.1.6.3.	Señal de rastreo ajustada y producción irrelevante	108
5.1.6.4.	Señal de rastreo no ajustada y producción irrelevante	108
5.1.7.	<i>Reevaluación de los modelos de pronósticos</i>	109
5.2.	METODOLOGÍA PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE.	109
5.2.1.	<i>Determinar los tiempos improductivos</i>	109
5.2.2.	<i>Calcular el porcentaje de utilización</i>	110
5.2.3.	<i>Determinar el porcentaje de eficiencia o calcularlo cuando sea necesario</i>	110
5.2.4.	<i>Calcular la capacidad máxima teórica</i>	110
5.2.5.	<i>Calcular la capacidad real o disponible</i>	110
5.3.	METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA	110
5.3.1	<i>Determinar la capacidad disponible según el recurso restrictivo</i>	111
5.3.2	<i>Determinar la carga y la capacidad en horas</i>	111

5.3.3	<i>Establecer la estrategia del Plan Agregado</i>	111
5.3.4	<i>Establecer estrategia para el MPS</i>	111
5.3.5	<i>Análisis de materiales</i>	112
5.3.6	<i>Elaboración del MRP</i>	112
5.4.	METODOLOGÍA PARA LA PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	113
5.4.1.	<i>Referirse al MPS final</i>	113
5.4.2.	<i>Asignar las líneas de producción por referencia</i>	113
5.4.3.	<i>Verificar la capacidad de la línea, asignando el total del plan de producción de las referencias asignadas a ella</i>	113
5.4.4.	<i>Determinar los pedidos más críticos en cuanto a cantidad, tiempo de producción y capacidad</i>	113
5.4.5.	<i>Priorizar la programación por pedidos críticos (LPT)</i>	114
5.4.6.	<i>Asignar pedidos a cada una de las líneas de producción, (máquinas)</i>	114
5.4.7.	<i>Ejecutar la simulación del método PUSH para la programación y asignación de recursos.</i> 114	
5.4.8.	<i>Calcular costos asociados a la planeación y programación de producción.</i>	114
5.5.	INDICADORES RESULTADO DE LA METODOLOGÍA	115
6.	ANÁLISIS FINANCIERO	117
6.1.	EVALUACIÓN FINANCIERA.	117
6.1.1.	<i>Proyectos mutuamente excluyentes</i>	117
6.1.2.	<i>Técnicas de evaluación de proyectos mutuamente excluyentes.</i>	118
6.1.2.1.	<i>Relación beneficio/costo.</i>	118
6.1.2.2.	<i>Análisis incremental</i>	118
6.1.3.	<i>Desarrollo del Análisis</i>	119
6.1.3.1.	<i>Análisis de los resultados de la relación beneficio-costo</i>	120
7.	CONCLUSIONES DEL DOCUMENTO	122
7.1.	CONCLUSIONES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	124
8.	RECOMENDACIONES	126

BIBLIOGRAFÍA.....	129
--------------------------	------------

GLOSARIO.....	131
----------------------	------------

TABLA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. SITUACIÓN ACTUAL CADENA DE ABASTECIMIENTO	13
GRÁFICO 2A. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO.....	17
GRÁFICO 2B. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO.....	18
GRÁFICO 3. DIAGRAMA PROCESO ACTUAL PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN	21
GRÁFICO 4. DIAGRAMA PROCESO ACTUAL PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN.....	22
GRÁFICO 5. DESPACHOS Vs PEDIDOS	24
GRÁFICO 6. ANÁLISIS DOFA DE LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO.....	27
GRÁFICO 7. EL MODELO DE LAS 5 FUERZAS DE PORTER	28
GRÁFICO 8. DIAGRAMA ISHIKAWA, (CAUSA-EFECTO) DE LA METODOLOGÍA DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ.....	33
GRÁFICO 9. DESPACHOS TOTALES.....	49
GRÁFICO 10. CORRELAGRAMAS DE 8 REFERENCIAS DE CAFÉ.....	51
GRÁFICO 11. PRONÓSTICO REFERENCIA N5237	58
GRÁFICO 12. PRONÓSTICO REFERENCIA N5227	59
GRÁFICO 13. PRONÓSTICO REFERENCIA N5242	60
GRÁFICO 14. PRONÓSTICO REFERENCIA N5249	61
GRÁFICO 15. PRONÓSTICO REFERENCIA N5213	62
GRÁFICO 16. PRONÓSTICO REFERENCIA N5221	63
GRÁFICO 17. PRONÓSTICO REFERENCIA N5202	64
GRÁFICO 18. PRONÓSTICO REFERENCIA N0186	65
GRÁFICO 19. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO.....	66
GRAFICO 20. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE.....	76
GRÁFICO 21. CUADRO DE CONTROL CARGA-CAPACIDAD.....	88
GRÁFICO 22. ÁRBOL DE PRODUCTO.....	91

GRÁFICO 23. METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA DE PRODUCCIÓN.	93
GRÁFICO 24. METODOLOGÍA PARA LA PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN.	103
GRÁFICO 25. METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	104

TABLA DE CUADROS

CUADRO 1. MEJORES MODELOS DE PRONÓSTICO PARA CADA REFERENCIA.....	56
CUADRO 2. FACTORES DE UTILIZACIÓN DE TODAS LAS MÁQUINAS.	74
CUADRO 3. CAPACIDAD DISPONIBLE DE CADA CENTRO PRODUCTIVO.	75
CUADRO 4. MEDIDAS DE AJUSTE TRANSITORIOS DE CAPACIDAD.....	79
CUADRO 5. COMPARACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES ÍNDICES DEL ANÁLISIS FINANCIERO	120

TABLAS

TABLA 1. MODELOS DE PRONÓSTICO SEGÚN REFERENCIA.....	55
--	----

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las personas que nos entregaron sus mejores conocimientos, los mejores sentimientos de constancia y la fuerza para no decaer y poder cumplir con este gran logro como Ingenieros próximos a graduarse.

Reconocemos el valor que aportaron en este Trabajo de Grado a:

- ✓ Diego Cifuentes Villán, codirector del Trabajo, Director de Producción de la planta de COLCAFE Bogotá, quien nos prestó la atención necesaria para la elaboración de la propuesta.
- ✓ Santiago Aguirre, Director del Trabajo de grado, quien nos dirigió y dio las pautas para la culminación de los capítulos del presente documento.
- ✓ A las directivas de COLCAFE, quienes nos enriquecieron con la colaboración de ofrecernos su compañía para aportarles un grano de arena en su mejora continua. A todos sus integrantes quienes nos brindaron la información necesaria para detectar las mejores del proceso y que están plasmadas en el trabajo.
- ✓ A Jorge Alberto Silva Rueda y Manuel Orlando Hernández Vásquez, docentes de la Pontificia Universidad Javeriana, personas ilustres en conocimientos de producción y lo referente a todo el sector productivo; ellos nos ayudaron a establecer parámetros decisivos para el trabajo.
- ✓ A nuestros padres, por su constante apoyo en el transcurso de estos meses de trabajo.
- ✓ A Rodrigo Álvarez y a Rafael Castillo, por colaborarnos con su asesoría en la consecución de información en lo concerniente al análisis financiero para el mejor módulo de producción.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento del mercado a causa de la globalización es un factor que influye en el sector productivo real. Las empresas deben mostrar su competitividad por la capacidad para responder en términos de cantidad, calidad y oportunidad de su producción.

La globalización puso en evidencia la falta de preparación de las empresas, para poder responder a los altos niveles de producción sin caer en costos excesivos de inventarios de producto terminado. En el caso del café colombiano las empresas productoras han buscado alianzas estratégicas para incentivar su consumo proyectando un aumento en la demanda.

Proponemos una metodología para la planeación y programación de producción de la planta de COLCAFÉ Bogotá, que plantea una solución para mejorar la capacidad de respuesta ante las posibles variaciones en la demanda del café, siendo éste un gran aporte para la empresa. Sin embargo, la metodología que se plantea es mucho más ambiciosa al querer generalizarla para colaborar con pequeñas y medianas empresas que integran el sector productivo colombiano, facilitado así su implantación

Para el desarrollo de la metodología se aplicaron herramientas de Ingeniería Industrial de las áreas de Producción, Finanzas, Análisis de sistemas de información, Investigación de operaciones, Control de calidad y Mercados, necesarias para su adecuada estructuración y valoración.

CAPÍTULO DIAGNÓSTICO

0. DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL COLCAFÉ BOGOTÁ

0.1. ANÁLISIS DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

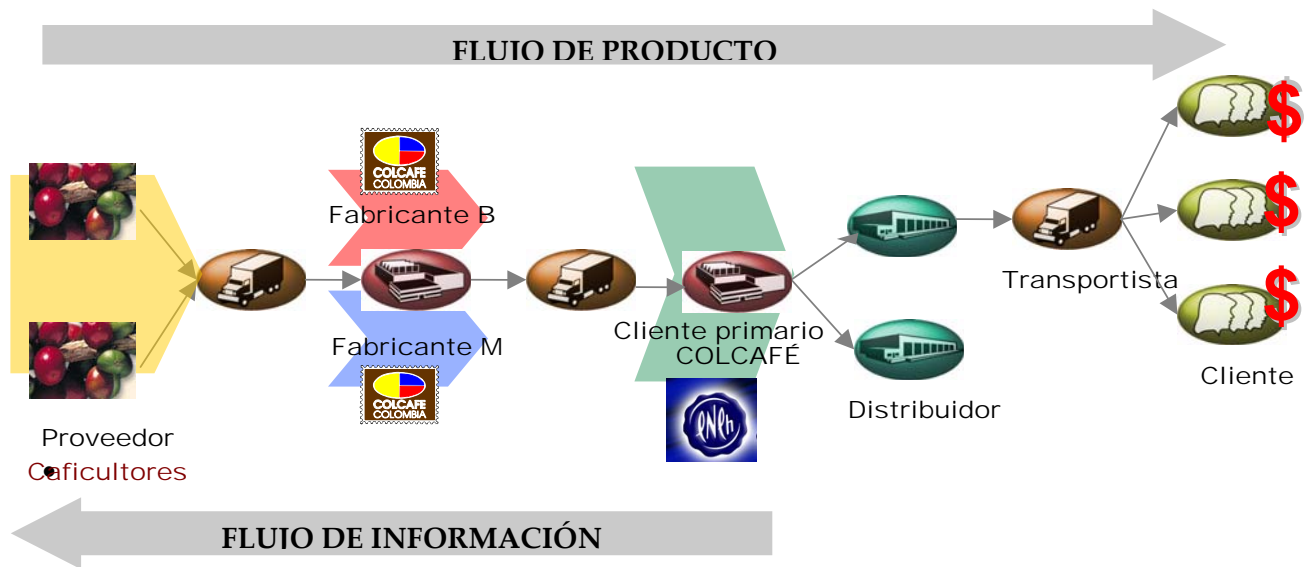


Gráfico 1. Situación actual Cadena de abastecimiento

El anterior gráfico corresponde a la Cadena de Abastecimiento donde se visualiza la participación de COLCAFÉ Bogotá. El flujo de materiales y productos a través de todos los eslabones es consistente y se están supliendo los requerimientos del cliente final. Sin embargo en el flujo de información, COLCAFÉ Bogotá podría contar con datos compartidos donde la información sea de doble vía, para así conocer las necesidades del cliente final y poder despachar la cantidad real requerida.

Es decir, por más que exista un conocimiento en el flujo de materiales a través de la interconectividad entre plantas, no existe una retroalimentación en el flujo de información en la cadena de abastecimiento desde el cliente primario hasta el productor; de esta forma

el flujo de información se ve interrumpido y hace que éste logre ser efectivo más no eficiente.

Es en este punto donde se ve una oportunidad en la planeación de la cadena logística, ya que se pueden estar generando costos innecesarios que afectan la operación total. Con esto se está perdiendo el valor que genera tener vinculada la información de la cadena de abastecimiento.

Otro punto a recalcar es que COLCAFÉ Bogotá tiene relaciones con los proveedores en forma indirecta, lo que hace crítico el proceso de compras en caso tal que haya una contingencia que necesite resolverse en el menor tiempo posible. Este único manejo con los proveedores por parte de Medellín es una restricción del sistema la cual debe ser reevaluada en un futuro cercano.

0.2. CONOCIMIENTO DEL PROCESO

Es necesario conocer el proceso de producción de café tostado y molido en forma general para elaborar un diagnóstico adecuado.

0.2.1. Descripción de proceso para la producción de café tostado y molido

El proceso de producción de café tostado y molido inicia con la llegada de materia prima a la fábrica a través de camiones que tienen capacidad de transportar 740 sacos. Se realiza la revisión de los documentos y facturas del pedido verificando que cumpla con los requisitos pactados. Posteriormente se continúa con la inspección, con un muestreo de lotes de 20 sacos de café verde, a éste se le hace una prueba de taza en el área de Control de Calidad donde se tuesta, muele y se hace la catación de la muestra. Después de haber realizado todas las pruebas correspondientes si el producto no cumple con las políticas

establecidas en la compañía, el lote es devuelto al distribuidor y si el lote se acepta, se prosigue a transportar los sacos en un montacargas a la bodega de materia prima.

De acuerdo con los requisitos en cantidad de materia prima establecidos por producción, el café es transportado a las bombas de café verde donde un operario es el encargado de depositar el café en las bombas, el cual es transferido a los tostadores donde el proceso tiene una duración de 10 minutos. Después que el café es expulsado del tostador este tiene un proceso de enfriamiento que dura aproximadamente 3 minutos⁴. Seguidamente, se realiza una inspección donde se toma una muestra del bache expulsado para que después de molerlo y verificar el tipo de tuestión (a través de un colorímetro que mide el grado de tuestión) se realiza una prueba de taza. Después de verificar si el producto cumple con los parámetros de calidad establecidos por la empresa, éste es transportado a los silos de pepa de café tostado. Si el producto expulsado en los tostadores no cumple los requerimientos de la prueba de taza, el café que sale de los tostadores es combinado con los posteriores baches con las especificaciones requeridas. De esta forma el café adquiere el color con las condiciones para que cumpla con los parámetros de calidad.

El café tostado en pepa pasa al proceso de molienda en donde el tiempo de proceso varía según la máquina en que se esté trabajando. Continúa el proceso de desgasificación el cual consiste en dejar el producto en unos silos de almacenamiento entre unas 10 a 14 horas, dejando que el café elimine el CO₂ producido por las reacciones químicas que sufre. Terminado el proceso de desgasificación, el café molido es transportado a la máquina empacadora en donde es dosificado según la referencia y enviado a través de bandas transportadoras al proceso final de embalaje el cual es realizado por operarios destinados para ese proceso.

⁴ El tiempo de enfriado del bache de café está incluido en el tiempo de ciclo de tuestión.

Por último se realiza una inspección del producto terminado, pesando en una balanza una muestra escogida aleatoriamente de una estiba de producto terminado, posteriormente se transporta el café estibado al almacén donde se efectúa el picking y el packing del pedido.

Los diagramas de recorrido correspondientes al proceso se encuentran en el *Anexo 0 Flujogramas para el diagnóstico actual de la empresa*

A continuación se muestra con un diagrama general, el proceso de producción de café tostado y molido.

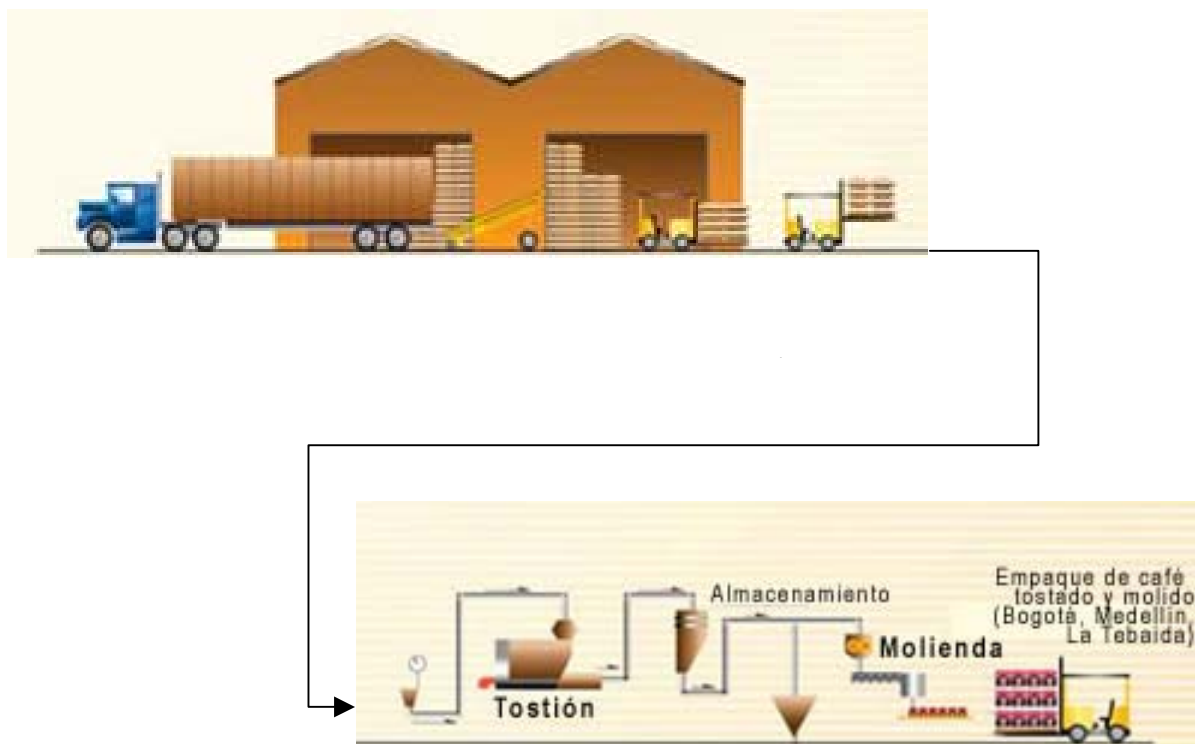
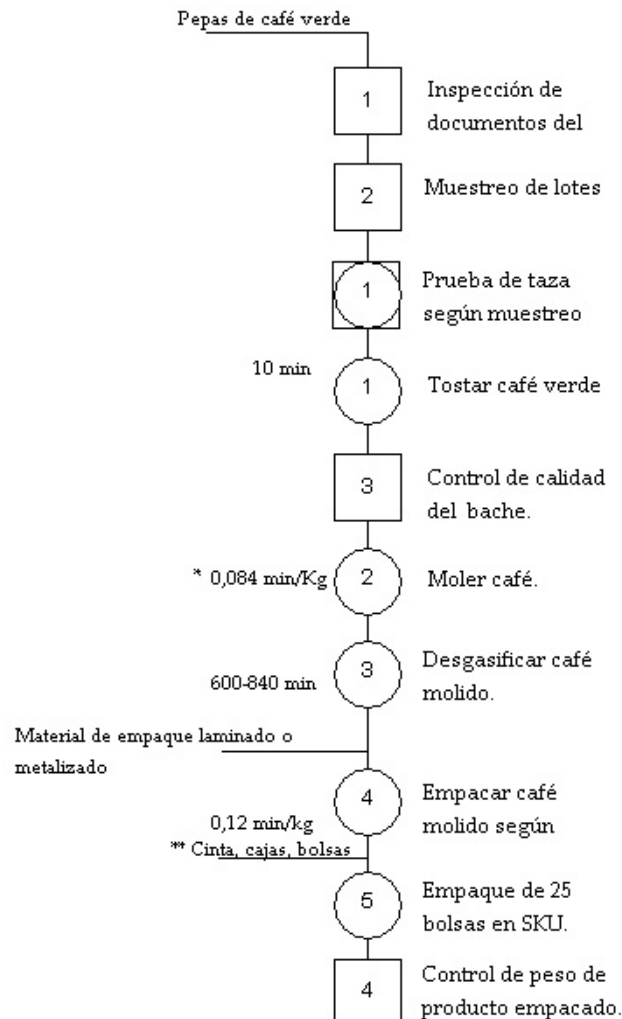


Gráfico 2a. Proceso de producción de café tostado y molido.

DIAGRAMA DE OPERACIONES CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO



Código de colores
 — Café tostado y molido.

Operaciones	5	Situación: Actual Noviembre de 2003
Inspecciones	4	
Op- Insp	1	
Elaborado por: Manuel Hernández V, Mónica Muñoz M.		

OBSERVACIONES

* El tiempo de las operación moler es un promedio, ya que se tienen diferentes máquinas para la misma operación. Para el cálculo del tiempo de empaque se halló un valor aproximado ya que la relación de los tiempos en una misma máquina no son proporcionales en diferentes gramajes

** Los materiales que ingresan al proceso pueden ser bolsas(fardos) o cajas según la referencia que se empaque.

Gráfico 2b. Proceso de producción de café tostado y molido.

0.3. ANTECEDENTES.

Tal como lo menciona el anteproyecto, el presente trabajo de grado responde a una oportunidad de mejora en el proceso de planeación y programación de la producción de café tostado y molido en la planta de COLCAFÉ Bogotá. A continuación se muestra lo que se diagnosticó en la situación actual de la empresa frente a los siguientes puntos.

0.3.1. Planeación y programación de producción.

La elaboración de los productos en la planta de COLCAFÉ Bogotá se realiza sin mayores traumatismos, sin embargo para tener un cumplimiento excelente ante su único cliente, se incurre en costos que pueden ser eliminados y/o disminuidos con una mejor planeación y programación de la producción.

El proceso para la planeación de la producción de café tostado y molido comienza con un pronóstico mensual que arroja el módulo básico de Producción del System 21, calculado con un promedio simple de los datos históricos de las cantidades que han sido despachadas en las últimas semanas. Esto le da al Jefe de Producción y al asistente de almacén producto terminado una idea global de las cantidades de materia prima y materiales que se deberían tener. Con ello, el Jefe de Producción empleando EXCEL, hace el cálculo de la capacidad disponible de la planta y se hace un alistamiento de recursos para dicha producción, ya sean máquinas o personal.

Cuando el pedido de las diferentes seccionales de la Nacional de Chocolates está consolidado en Medellín y se hace su posterior repartición hacia las diferentes plantas del país, COLCAFÉ Bogotá hace un consolidado de pedidos para luego crear las órdenes de producción “en firme” según la referencia.

Con la orden de producción ya realizada, los días viernes de cada semana se hace una programación con los datos de pedidos “en firme” de los recursos que son necesarios para la producción. A su vez, se hace la revisión de las existencias previas de producción y de acuerdo a la diferencia entre lo que hay que producir en forma neta se controla el ritmo de la planta para cumplir con los pedidos correspondientes. Lo anterior se efectúa de la siguiente manera:

Teniendo el pedido, el Jefe de producción realiza la asignación y secuenciación por línea de empaque de las diferentes órdenes que tiene por producir. Dependiendo de la cantidad de producto terminado que soliciten, realizan unos cálculos que relacionan cantidad de pedido con la cantidad que producen por turno para determinar el número de turnos necesario. Para la priorización de los pedidos, el Director de Producción se comunica con el cliente donde este último la establece en llegado de existir dos pedidos para la misma dependencia. Si se cuenta con dos máquinas para despachar algún pedido de prioridad, lo programan en la que tenga mayor eficiencia. Una vez se programan los pedidos más relevantes, se continúa con la de los pequeños. Todo lo anterior lo hacen por medio de la metodología “Pull”, donde se programa de atrás hacia delante; en el capítulo de “Programación de Producción” se explican más detalladamente las diferentes metodologías para ejecutar la programación de producción. Toda la programación es realizada con apoyo de herramientas no sistematizadas que dificultan la comunicación de información entre las áreas que así lo requieren, tales como compras, mantenimiento etc.

Una vez los pedidos de materiales están en el almacén, al interior de la planta se hace una solicitud diaria de materia prima y de empaques para el alistamiento de todos los materiales necesarios y dar paso a la producción.

PROCESO ACTUAL DE PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN EN COLCAFÉ BOGOTÁ

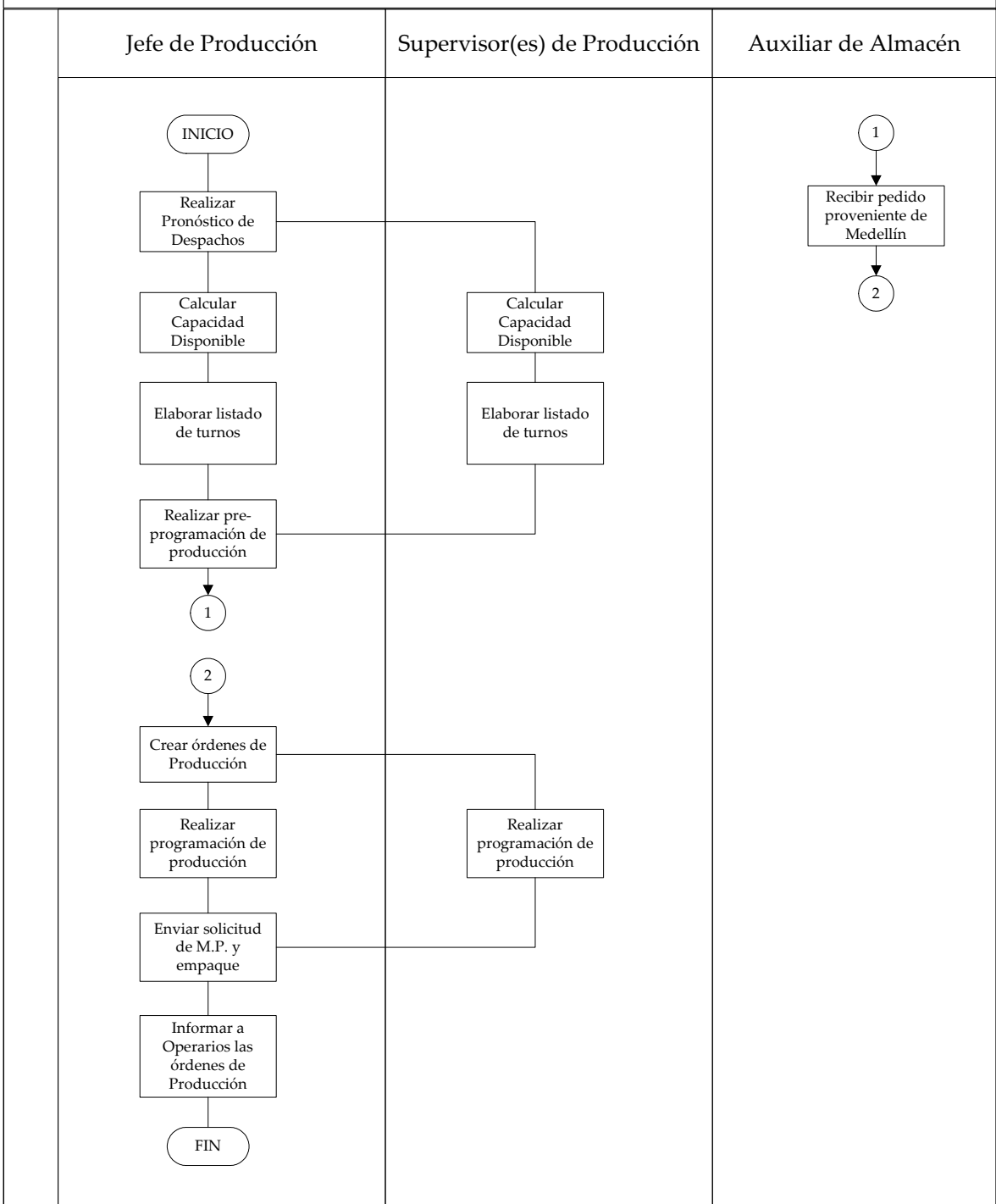


Gráfico 3. Diagrama Proceso Actual Planeación de Producción

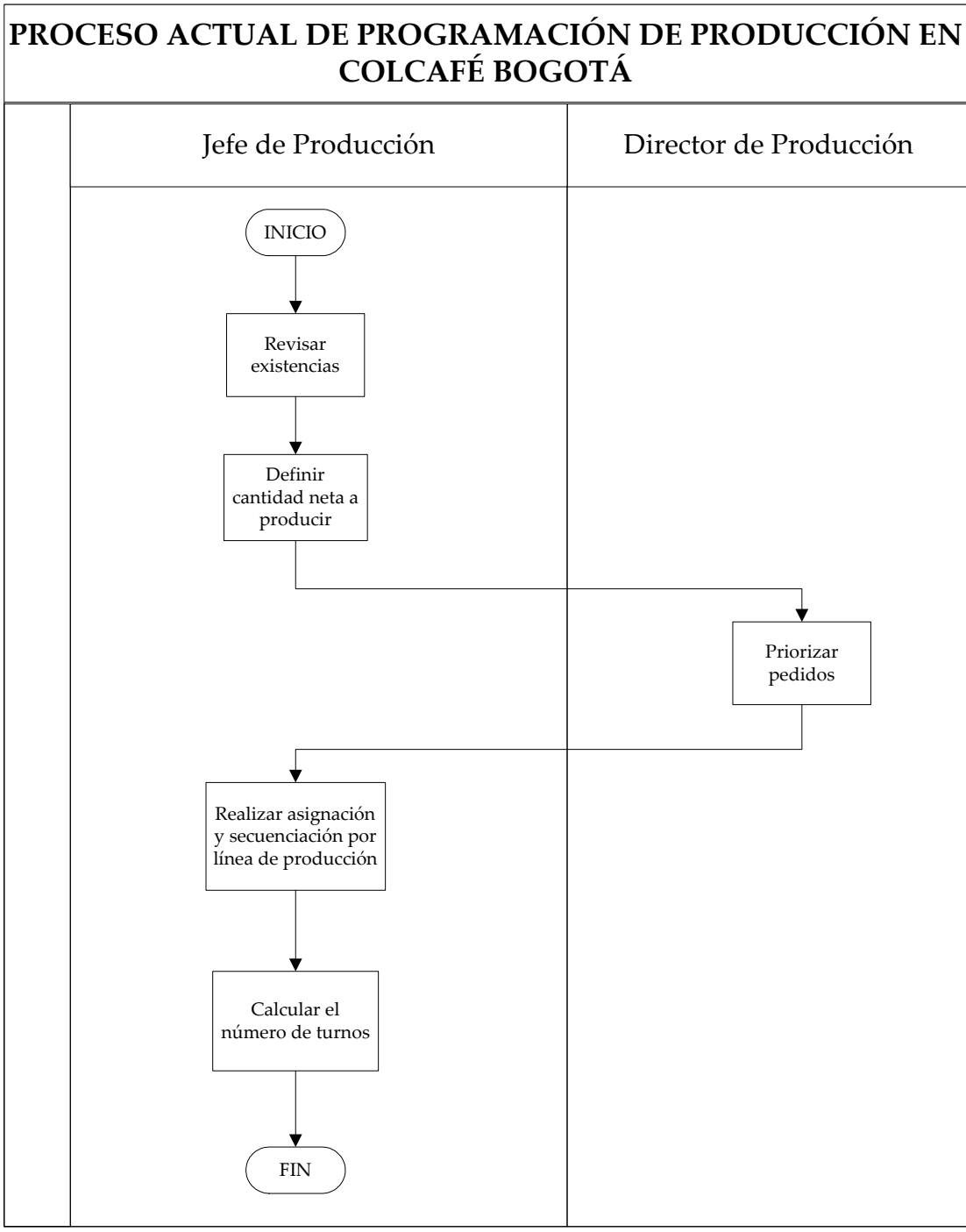


Gráfico 4. Diagrama Proceso Actual Programación de Producción

0.3.2. Materias Primas

De acuerdo con los pedidos consolidados de COLCAFÉ Medellín y con la respectiva asignación de éstos hacia las diferentes plantas del país, se calculan los pedidos de materia prima e insumos necesarios para ejecutar la producción. Con ello, se muestra que la única planta que tiene relación directa con los proveedores para las negociaciones de los pedidos es COLCAFÉ Medellín.

En COLCAFÉ Bogotá, el jefe de almacén es el encargado de verificar que los pedidos montados en el sistema suplan a cabalidad con las necesidades de producción, si no es así, se hace un llamado a la planta de Medellín para que lo efectúen lo antes posible.

0.3.3. Pedidos

COLCAFÉ Medellín es el intermediario para la consolidación de pedidos de la Nacional de Chocolates, sin embargo el control final sobre los despachos correspondientes a los anteriores pedidos los realiza COLCAFÉ Bogotá. Los pedidos provenientes de las diferentes seccionales de la Nacional de Chocolates no se acomodan en su totalidad a lo retirado el día del despacho, es decir que trabajar sobre los pedidos consolidados para la planeación de producción sería inadecuado ya que estos tienen una desviación del 10% y del 4% con respecto a las solicitudes previamente realizadas. En la gráfica siguiente se puede ver la variación de los despachos frente a los pedidos de la Nacional de Chocolates.

DESPACHOS VS PEDIDOS

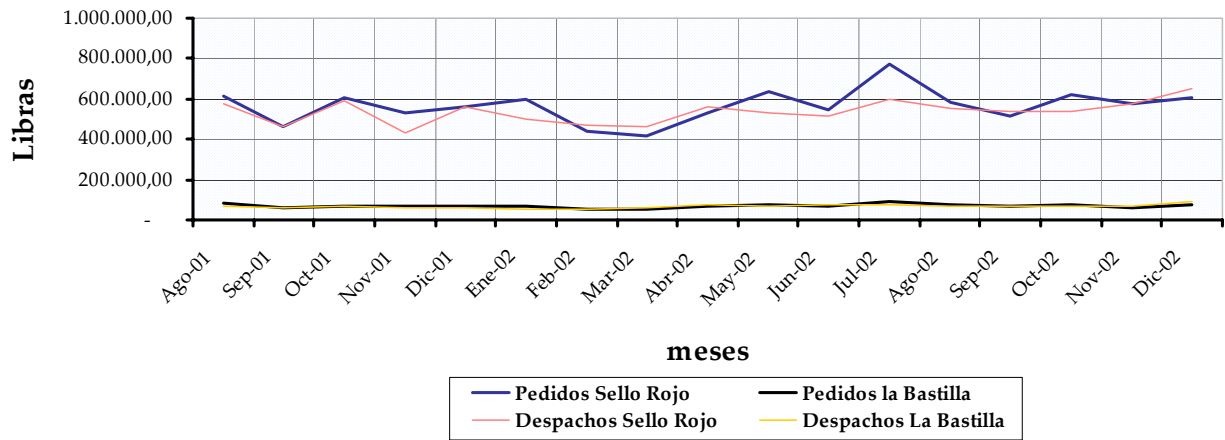


Gráfico 5. Despachos Vs pedidos

Cuando COLCAFÉ Medellín manda la lista consolidada de los pedidos, en Bogotá se realiza la orden desagregada de los pedidos para informar al área de Producción cual va a ser su total por referencia.

0.3.4. Uso de Infraestructura

La planta de COLCAFÉ Bogotá posee la infraestructura adecuada para la fabricación de sus pedidos. Cuenta con automatización de procesos para lograr una notable calidad en el producto final y cuenta con un ERP⁵ soportado en la plataforma System 21, con módulos de Servicio al cliente y Logística, Sistema Financiero, Sistema de Producción base, y un Sistema de Producción extenso.

Cabe aclarar que los módulos de producción con los que cuenta el ERP son solo los básicos en donde se lleva un registro de las referencias y se crean las formulaciones de las mismas.

⁵ Enterprise Resource Planning

De igual forma, para las órdenes de producción se cuenta con una base de datos con la que se calculan los promedios de los pedidos de las referencias en los últimos meses.

El modelo básico de producción cuenta con una herramienta para hacer la planeación de los requerimientos de los materiales, sin embargo esta es subutilizada debido a que el funcionario de almacén y el jefe de producción realizan sus actividades como se mencionó en el aparte de Planeación y Programación de la Producción.

La capacidad instalada con la que cuenta la planta se encuentra en un 65% de utilización⁶, lo que muestra que existe una posibilidad de mejora en el uso de su infraestructura.

0.4. RESULTADOS

Para entender cual es la situación en la que se encuentra la planta para la planeación y programación de producción se hizo una compilación de factores influyentes los cuales están documentados en diferentes herramientas de diagnóstico tales como el análisis DOFA, el Diagrama Ishikawa en el cual se tienen en cuenta las 5 M's de un proceso productivo, y el análisis de las fuerzas de Porter. También se realizó la documentación respectiva en diagramas de flujo, operaciones y recorrido para entender el comportamiento general de cada una de las etapas del proceso de planeación y producción de café tostado y molido en la planta de Bogotá. Estos se encuentran documentados en el *Anexo 0 Flujogramas para el diagnóstico actual de la empresa.*

⁶ Dato suministrado por COLCAFÉ Bogotá, resultado a partir de los cálculos realizados por el Jefe de Producción y el Director de Producción.

0.4.1. Análisis DOFA de la planeación y programación actual de COLCAFÉ Bogotá

En general la empresa, en cuanto al proceso de la planeación y programación de la producción, se encuentra con diferentes fortalezas que podrían ser mejor explotadas, claro está que se resalta en la organización el espíritu de mejoramiento continuo mostrado por los planes que se llevan a cabo dentro de la organización, tales como implementación de TPM *Total productive maintenance* , ISO 9000, entre otros, que afectan en forma directa la buena ejecución de la producción. COLCAFÉ además de contar con los recursos necesarios para su producción cuenta con un excelente ambiente laboral, representado por el compromiso de sus trabajadores.

En cuanto a las debilidades que se encontraron, en su mayoría están relacionadas respecto a la integración de todos los eslabones de la cadena de abastecimiento en cuanto a la información que deben compartir. Adicionalmente, se encontró que la utilización del módulo básico de producción, es manejado por medio del uso de cálculos manuales no sistematizados.

En las amenazas que puede tener el proceso se encuentran variables macro económicas tales como incrementos o descensos excesivos en el precio del café a nivel mundial, al igual que en la demanda del producto. También se encuentra el incremento del mercado por parte de la competencia lo que traería como consecuencia un descenso en la producción de las referencias de la empresa. También los productos sustitutos son una amenaza para la producción de café, entre estos las bebidas energizantes, y otros productos de la canasta familiar como el chocolate.

Las oportunidades que se encuentran son afectadas por variables a nivel microeconómico tales como planes para incrementar el consumo del café. De esta forma la capacidad productiva sería mayor y traería como consecuencias beneficios para la empresa.

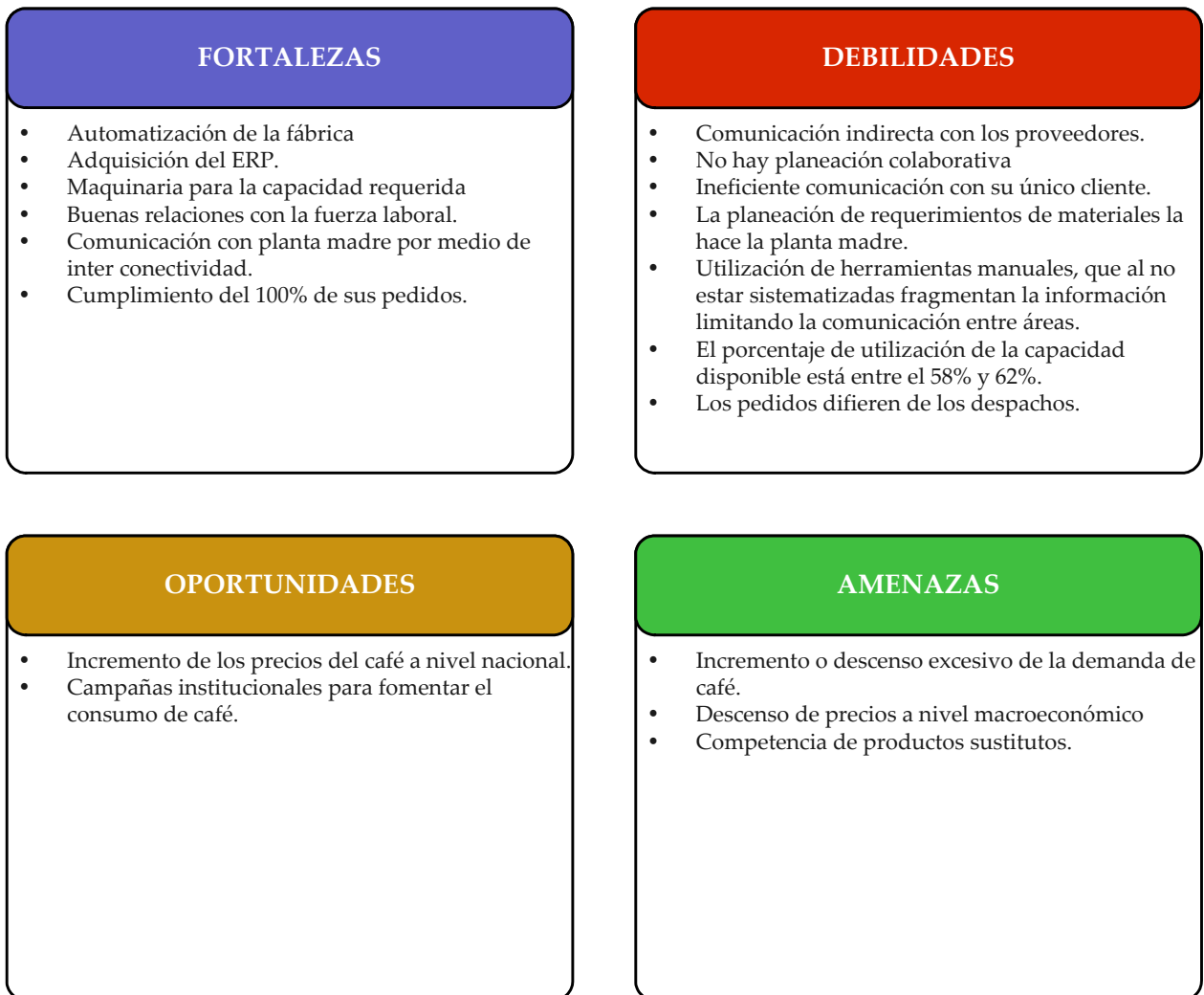


Gráfico 6. Análisis DOFA de la planeación y programación de producción de café tostado y molido.

0.4.2. Análisis de las Fuerzas de Porter

Son cinco las fuerzas que guían la competencia industrial definidas por Michael Porter, con este análisis se quiso tener en cuenta como éstas pueden afectar la competitividad de la industria del café procesado.

En el análisis que se hizo de estas fuerzas se enfatiza en dos de ellas, los proveedores y compradores.

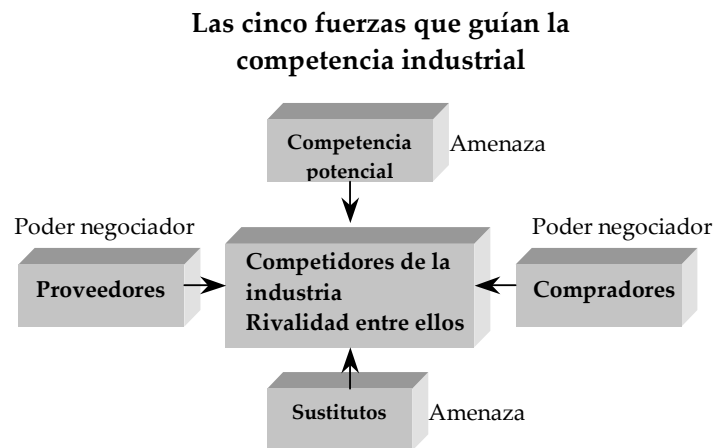


Gráfico 7. El modelo de las 5 fuerzas de Porter⁷

⁷ Disponible en Internet: www.deguate.com/infocentros/gerencia/mercadeo/mk16.htm

0.4.2.1. Fuerzas.

Poder de negociación con proveedores

- COLCAFÉ cuenta con diferentes proveedores para materia prima, y para materiales. En el análisis concerniente a la planta de Bogotá se identificó que la comunicación directa con los proveedores está a cargo solamente de COLCAFÉ Medellín, es decir, ellos son los que establecen los pedidos de materia prima y materiales para de COLCAFÉ Bogotá
- De la misma forma cuando un pedido de materia prima o materiales está atrasado, COLCAFÉ Bogotá se comunica con COLCAFÉ Medellín para que se comuniquen con el proveedor y agilice el pedido.

Poder de negociación con compradores

- COLCAFÉ Bogotá tiene un único cliente que es su mismo distribuidor. Éste tiene que despachar producto terminado a diferentes dependencias del país.

Competidores en la industria

Los competidores directos con los que cuenta COLCAFÉ son las empresas de producción de café tostado y molido o en diferentes presentaciones, entre ellas:

- Águila Roja
- Café OMA
- Lukafe

Hay que resaltar que debido al descenso del consumo de café a nivel nacional, las empresas productoras de café han implementado campañas conjuntas buscando un interés para atraer al consumidor.

Competencia Potencial

La competencia potencial que tiene COLCAFÉ son productos que ofrezcan al consumidor las mismas características del café, entre ellos se encuentran el chocolate, el té, las bebidas aromáticas etc.

Sustitutos

Se identificaron como sustitutos las bebidas energizantes y aquellas que entre sus componentes contienen cafeína como las bebidas gaseosas de cola.

0.4.2.2. Barreras de entrada

A continuación se presenta el análisis de las barreras de entrada de las cuales se tenía conocimiento.

Economías de Escala

COLCAFÉ cuenta con la mayor producción de café tostado y molido de Colombia, esto dificulta la entrada de un nuevo competidor con precios bajos.

Diferenciación del Producto

El posicionamiento que tienen los productos de COLCAFÉ en el mercado, hace que la empresa no tenga que hacer cuantiosas inversiones para reposicionarse frente a sus rivales.

Inversiones de Capital

COLCAFÉ, al formar parte de las compañías del grupo empresarial antioqueño, tiene soporte de recursos financieros lo que hace que la entrada de competidores más pequeños no sea una amenaza.

Acceso a los Canales de Distribución

La infraestructura de distribución con la que cuenta COLCAFÉ es la misma de su único cliente, uno de los distribuidores más grandes del país. Por esta razón, la empresa no tiene que hacer inversiones en la optimización de su canal.

Política Gubernamental

Las políticas gubernamentales protegen la producción de ciertos productos colombianos como son el café, el banano por medio de altos aranceles para su importación. El interés gubernamental es incentivar la exportación de dichos productos.

0.4.3. Diagrama Ishikawa

Con esta herramienta de calidad se identificaron como se encontraban las categorías para identificar las causas de un efecto, que en este caso específico es la oportunidad de mejora del proceso de planeación y programación de producción. Estas categorías se conocen como las 5 m's: Maquinaria, Medio ambiente, Metodología, Materia prima, Mano de obra. De las causas que se identificaron se resaltaron aquellas que se consideraron críticas en el diagnóstico. Entre ellas están:

- Metodología de producción por experiencia (prueba y error)
- Porcentaje de utilización de la capacidad instalada está en el 58%
- Utilización de horas extras, e

- Inventarios.

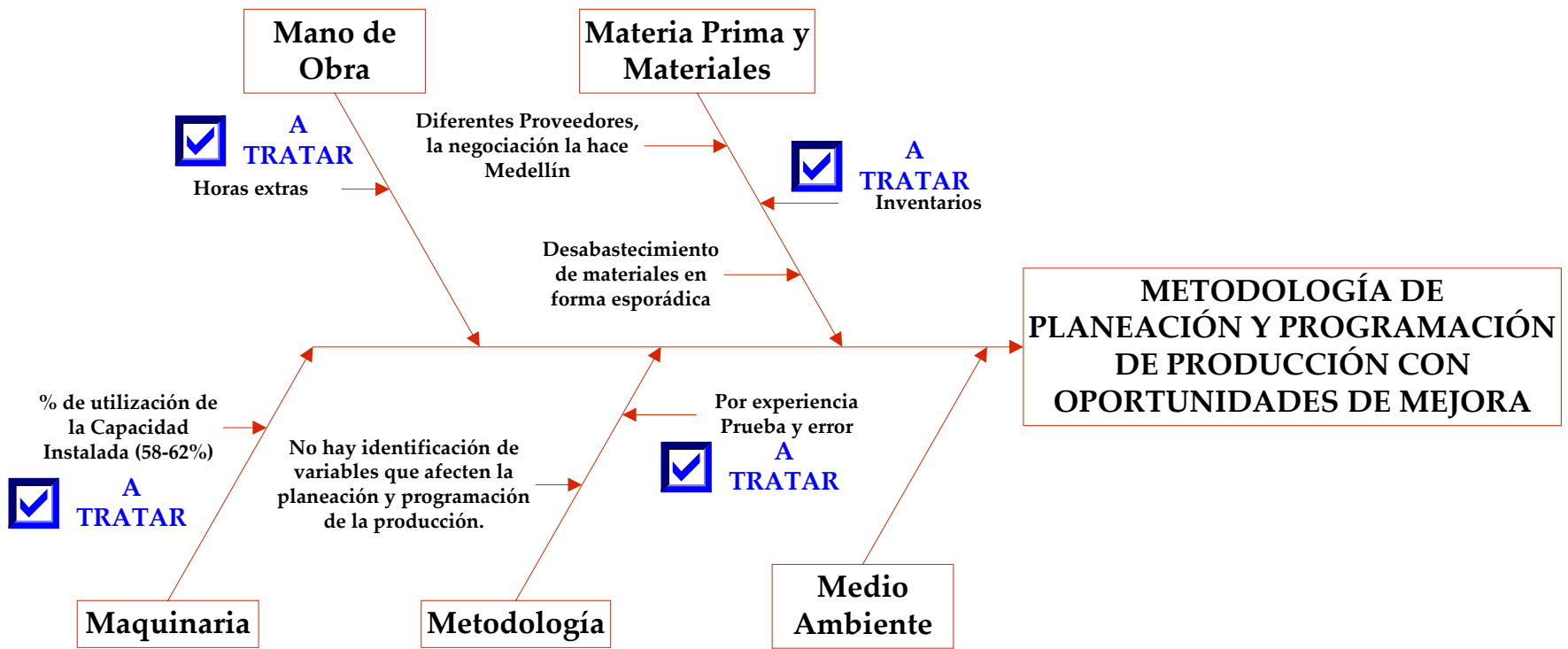


Gráfico 8. Diagrama Ishikawa, (Causa-Efecto) de la metodología de planeación y programación de producción de café.

CAPÍTULO I

1. PRONÓSTICOS

Frecuentemente se presenta un tiempo de retraso entre el conocimiento de un evento inminente y la ocurrencia de dicho evento. Ese intervalo de tiempo es la razón principal para planear y pronosticar. Si ese intervalo de tiempo es cero o muy pequeño, no hay necesidad de planear, pero si el intervalo es grande y el resultado del evento está condicionado a factores identificables la planeación puede desempeñar un papel importante. En dichos casos, para determinar cuando va a ocurrir un evento es necesario llevar a cabo un pronóstico para que puedan tomarse acciones apropiadas.

La necesidad de pronosticar se incrementa a la vez que la gerencia intenta minimizar su dependencia del azar y ser más científico a la hora de tomar decisiones. También es necesario tener en cuenta que la metodología o sistema de pronóstico a realizar debe establecer vínculos entre los pronósticos para las diferentes áreas de la organización ya que un error en uno de éstos puede repercutir en toda la organización, de ahí su importancia. Algunos de los casos en donde los pronósticos toman un papel relevante son:

- Programación (Scheduling): La programación de la producción, transporte, personal, entre otros, es necesaria para la administración eficiente de los recursos. Los pronósticos son una entrada de información importante para llevar a cabo dicha programación.

- Adquisición de recursos: El plazo para adquirir materia prima, contratar personal, o comprar maquinaria y equipos, puede variar desde unos pocos días hasta bastantes años. Los pronósticos son necesarios para determinar los requerimientos de dichos recursos.
- Determinación de requerimiento de recursos: Todas las organizaciones deben determinar que recursos quieren tener en el largo plazo. Dichas decisiones dependen de las oportunidades del mercado, factores ambientales y del desenvolvimiento de los recursos financieros, humanos, de producción y tecnológicos de la organización. Estas determinaciones requieren tanto de buenos pronósticos y de directivos que puedan interpretar las predicciones para tomar las decisiones apropiadas.

Aunque existen diversas áreas que requieren de la utilización de pronósticos, las tres categorías expuestas anteriormente son los casos típicos para la planeación de los requerimientos de las organizaciones de hoy en día en el corto, mediano y largo plazo.

Todas las necesidades expuestas anteriormente requieren que la compañía realice aproximaciones para predecir eventos inciertos y establezca una metodología al momento de pronosticar. Para esto es necesario tomar en cuenta los siguientes pasos:

- Identificación y definición del problema.
- Aplicación de un rango de métodos de pronósticos.
- Procedimientos para la selección del método de pronóstico adecuado dependiendo de la necesidad.
- Soporte organizacional para la aplicación y el uso formal de los métodos de pronósticos.

Existen dos categorías macro de pronósticos, las técnicas cualitativas y las cuantitativas. En el primer caso, un pronóstico es casi siempre el resultado de una expresión de juicio u opinión personal de uno o más expertos. Esta se usa cuando se dispone de muy poca o no se dispone de información cuantitativa pero existe suficiente conocimiento cualitativo. El segundo caso se puede aplicar cuando se dispone de información suficiente del pasado, dicha información puede ser cuantificada en datos numéricos y se pueda asumir que algunos aspectos del pasado van a continuar en el futuro. Para este caso se usan dos técnicas distintas; ambas son estadísticas convencionales: el análisis de series de tiempo y el análisis de regresión. Una serie de tiempo estadística es sencillamente una serie de valores numéricos que toma una variable aleatoria a lo largo de un determinado período. En el análisis de regresión, la variable que se va a pronosticar se expresa como una función matemática de otras variables.

Puede existir un tercer caso donde se dispone de muy poca o no se dispone de información tanto cuantitativa como cualitativa, este suceso se denomina *impredecible*.

1.1. TÉCNICAS CUALITATIVAS

Por su naturaleza, las técnicas subjetivas se basan en el juicio personal y pueden hacer uso de cualidades como la intuición, la opinión de un experto y la experiencia. Estos pronósticos no requieren de datos y sus entradas requeridas dependen del método a utilizar.

Los principales métodos cualitativos son:

- **Opinión del administrador**

El administrador usa su mejor juicio para hacer el pronóstico. En algunos casos se dispondrá de datos que apoyen a la decisión del administrador. En otros, el administrador extraerá conclusiones basadas sólo en su experiencia y conocimiento de tallado de las condiciones actuales para realizar el pronóstico.

- **Jurado de opinión ejecutiva**

A diferencia del método anterior, éste incluye a un pequeño grupo de administradores de alto nivel que unen su mejor opinión para hacer un pronóstico colectivo.

- **Mezcla de fuerza de ventas**

En este método, cuando se dispone de una fuerza de ventas, cada vendedor proporciona una estimación de ventas de su sector. Estas estimaciones suben de nivel organizacional, de subalternos a jefes, donde se realizan las respectivas revisiones para llegar a un pronóstico corporativo.

- **Investigación de Mercado**

Este método adopta un enfoque de raíz para realizar el pronóstico de ventas. Incluye encuestas a clientes y clientes potenciales para analizar sus necesidades, gustos y preferencias con respecto a sus planes futuros de compras, como también analizar la respuesta a nuevos productos. Este tipo de pronóstico es útil para el desarrollo de nuevos productos y para realizar los pronósticos iniciales de las ventas.

- **Método Delphi**

Esta técnica intenta desarrollar pronósticos mediante un “consenso de grupo”. Se organiza un grupo de expertos, todos físicamente separados y que no se conocen, se les solicita que respondan una serie de preguntas. Las respuestas del primer cuestionario se tabulan y

usan para prepara un segundo cuestionario, que contiene información y opiniones de todo el grupo. A continuación, se le pide a cada experto que analice y reconsidere posiblemente corrigiendo su respuesta anterior, tomando como base la información suministrada por el grupo. Este proceso continúa hasta que el coordinador cree que se ha llegado a un consenso.

1.2. TÉCNICAS CUANTITATIVAS

Cuando se dispone de datos cuantitativos, existen cinco pasos básicos para cualquier estudio de pronósticos.

- **Definición del problema**

Involucra una comprensión profunda de como pueden ser utilizados los pronósticos, quien requiere de éstos y como el estudio de los mismos encaja dentro de la organización. Se recomienda hablar con todo el que esté involucrado en la recolección de datos, mantenimiento de bases de datos y los que utilicen los pronósticos para la planeación futura.

- **Recolección de información**

Siempre existen al menos dos tipos de información disponible, los datos estadísticos y la experiencia adquirida por el personal "clave". Ambos tipos de información deben ser tomados en cuenta.

- **Análisis preliminar**

Para este análisis se debe comenzar graficando los datos y realizar una inspección visual de los mismos. Luego se deben calcular algunas estadísticas descriptivas asociadas con

cada punto tales como la media, desviación estándar, mínimos, máximos y percentiles. A continuación, donde se dispone de más de una serie de datos históricos relevantes, se puede analizar la relación entre las series por medio de herramientas estadísticas⁸ tales como las correlaciones. Otra herramienta importante es el análisis de descomposición para verificar los factores de tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad. Lo anterior ayuda a sugerir que clase de modelos cuantitativos pueden ser más útiles .

- **Escogencia y ajuste de modelos**

Este paso involucra escoger y ajustar varios modelos de pronósticos tomando en cuenta el “filtro” realizado en el paso anterior.

- **Aplicación y evaluación del modelo de pronóstico**

Una vez han calculado varios modelos y se ha seleccionado uno de ellos teniendo en cuenta que se estimaron apropiadamente sus parámetros, el modelo es utilizado para realizar los respectivos pronósticos y los usuarios de estos deben evaluar los “pros” y “contras” del modelo a medida que pasa el tiempo. El funcionamiento del modelo solo será evaluado apropiadamente después que el dato que arroja el pronóstico llega a ser disponible, es decir, se obtenga el real.

1.3. DESCOMPOSICIÓN DE SERIES DE TIEMPO

En el método de descomposición se asume que los datos se componen de la siguiente manera:

⁸ Las diferentes herramientas estadísticas que apoyan el análisis de pronósticos se encuentran en el *Anexo 1. Herramientas básicas para pronósticos.*

$$\begin{aligned} \text{Datos} &= \text{Modelo} + \text{Error} \\ &= f(\text{tendencia} - \text{ciclicidad}, \text{estacionalidad}, \text{error}) \end{aligned}$$

Así, además de los componentes del modelo, se asume que está presente un factor de error o aleatoriedad. Este error es la diferencia entre el estudio de la combinación de los factores de tendencia-ciclicidad y estacionalidad con los datos actuales. Frecuentemente este factor se llama “residuo”, componente irregular o datos no explicados.

1.3.1. Principios de descomposición

1.3.1.1. Modelos de descomposición

La aproximación de descomposición se representa matemáticamente de forma general de la siguiente manera:

$$Y_t = (S_t, T_t, E_t)$$

donde

Y_t Es el valor de la serie de tiempo en el período t

S_t Es la componente estacional en el período t

T_t Es la componente de tendencia y ciclicidad en el período t

E_t Es la componente irregular en el período t

La descomposición aditiva tiene como ecuación:

$$Y_t = S_t + T_t + E_t$$

Así mismo, la descomposición multiplicativa tiene como ecuación:

$$Y_t = S_t \times T_t \times E_t$$

El modelo aditivo es apropiado si la magnitud de las fluctuaciones estacionales no varía con el nivel de las series. Pero si las fluctuaciones estacionales crecen y decrecen proporcionalmente con crecimientos y decrecimientos en el nivel de las series, el modelo más apropiado será el multiplicativo.

1.3.1.2. Ajuste estacional

Para la descomposición aditiva el ajuste estacional se calcula de la siguiente manera:

$$Y_t - S_t = T_t + E_t$$

dejando únicamente los componentes de tendencia-ciclicidad y el residuo. Entonces, para la descomposición multiplicativa el ajuste estacional se calculará así:

$$\frac{Y_t}{S_t} = T_t \times E_t$$

1.3.2. Promedio simple

Aquí, todas las demandas de los períodos anteriores tienen el mismo peso relativo. El promedio hace que las demandas elevadas tiendan a ser equilibradas por las demandas bajas de otros períodos, reduciendo las posibilidades de error que se podrían cometer al dejarse llevar por fluctuaciones aleatorias que pueden ocurrir en un período. Se calcula así:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^k Y_i}{n}$$

En donde, Y_i es la demanda de todos los períodos anteriores

k = número de períodos

1.3.3. Promedios móviles

Cuando las series no tienen componente estacional, y consisten únicamente en los componentes de tendencia e irregularidad, la descomposición de la serie involucra únicamente la estimación de ese componente de tendencia. Éste se puede estimar por medio de la suavización reduciendo la variación aleatoria. El modelo más básico de suavización se denomina promedios móviles.

1.3.3.1. Promedio móvil simple

Combina los datos de la serie de la mayor parte de los períodos recientes, siendo su promedio el pronóstico para el período siguiente. El promedio se “mueve” en el tiempo, en el sentido que, al transcurrir un período, la demanda del período más antiguo se descarta y se agrega, en su reemplazo, la demanda para el período más reciente, superando así la principal limitación del modelo del promedio simple. Se calcula así:

$$PMS = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

En donde Y_t es la demanda de cada uno de los n períodos anteriores

1.3.3.2. Promedio móvil centrado

El método de promedio móvil simple requiere un número impar de observaciones para realizar el cálculo correspondiente de cada promedio. Lo anterior es para asegurar que el promedio será centrado. Pero cuando se quiere realizar un promedio móvil con un número par de datos, es recomendable usar un procedimiento que permita centrar el promedio en estos casos.

Por ejemplo, si se quiere hallar el promedio móvil con base 4, es decir, con cuatro observaciones, para los períodos del 1 al 5, se haría de la siguiente forma:

$$T_{2.5} = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4)/4$$
$$T_{3.5} = (Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5)/4$$

Promediando estas dos suavizaciones, se obtiene:

$$T_3'' = \frac{T_{2.5} + T_{3.5}}{2}$$

1.3.3.3. Promedio móvil doble

El promedio móvil centrado es un ejemplo de cómo un promedio móvil puede por si mismo ser suavizado por otro promedio móvil. Esa suavización se conoce como promedio móvil doble. De hecho, cualquier combinación de promedios móviles se puede usar conjuntamente para formar un promedio móvil doble. Por ejemplo, un promedio móvil de 3x3 es un promedio móvil con base 3 de unos promedios móviles con base tres.

1.3.3.4. Promedio móvil ponderado

En general, un promedio móvil ponderado de k puntos se puede expresar de la siguiente manera:

$$T_t = \sum_{j=-m}^m a_j Y_{t+j}$$

Donde $m = (k-1)/2$ y la ponderación la da a_j . Para que este método funcione apropiadamente es importante que el total de las ponderaciones sea una y sea simétrica, esto es $a_j = -a_{-j}$. La ventaja de los promedios ponderados es que el resultado de la suavización de la tendencia es más plana.

1.3.4. Descomposición Clásica

1.3.4.1. Descomposición aditiva y multiplicativa

Para aplicar descomposición aditiva o multiplicativa se pueden seguir los siguientes 4 pasos.

- Para descomposición aditiva la tendencia se calcula usando promedios móviles dependiendo del período de la estacionalidad, es decir, si el período estacional es de 12 observaciones, el promedio móvil será con base 12. Para descomposición multiplicativa se diferencia en que se calcula el promedio móvil centrado.
- Luego se sustrae el factor de tendencia de la ecuación general de descomposición, dejando solamente los factores de estacionalidad e irregularidad.
- A continuación se calculan los índices de estacionalidad. El índice de un determinado mes se calcula promediando la serie sin tendencia de las observaciones del mismo mes. Solo es necesario calcular un valor por observación (mes).
- Finalmente, la serie irregular E_t se calcula con la sustracción de los factores de estacionalidad, tendencia y ciclicidad de la ecuación general.

1.4. MÉTODOS DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

Se distingue porque da pesos de manera exponencial a cada una de las demandas anteriores a efectos de calcular el promedio.

1.4.1. Suavización exponencial simple

El cálculo correspondiente requiere de 2 datos: el primero es la demanda real del período más reciente y el segundo es el pronóstico más reciente obtenido por cualquier otro método. A medida que termina cada período se realiza un nuevo pronóstico. Entonces:

$$\begin{aligned}
 &\text{Pronóstico de la} \\
 &\text{demanda del} \quad = \quad \alpha \left[\begin{array}{c} \text{Demanda} \\ \text{más reciente} \end{array} \right] + (1 - \alpha) \text{más} \left[\begin{array}{c} \text{Pronóstico} \\ \text{más reciente} \end{array} \right] \\
 &\text{período siguiente} \\
 &F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1}
 \end{aligned}$$

1.4.2. Selección del coeficiente de suavización

Para empezar con el pronóstico es necesario tener un buen cálculo derivado de algún otro método, lo que se denomina pronóstico inicial o de arranque. De la misma manera, es necesario seleccionar un coeficiente de suavización α . Un valor elevado de α da un gran peso a la demanda más reciente, y un valor bajo de α da un peso menor a la demanda más reciente.

1.4.2.1. Suavizado exponencial adaptivo

En el suavizado exponencial adaptivo, el coeficiente de suavización, α , no siempre es el mismo; inicialmente se determina y luego se permiten variaciones de él en el tiempo, de acuerdo con los cambios del modelo subyacente de la demanda.

1.4.3. Suavización exponencial doble

El modelo para un proceso con tendencia lineal está dado por:

$$Y_t = a + bt + \varepsilon_t$$

En donde b es la pendiente de la tendencia; a , representa la constante fundamental del proceso y ε_t el residuo.

Las ecuaciones a utilizar para calcular el pronóstico son:

$$\begin{aligned}
 L_t &= \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \\
 b_t &= \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}
 \end{aligned}$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m$$

L_t representa una estimación del nivel de las series en el período t y b_t representa una estimación de la inclinación de la series de tiempo en el período t . α es la constante de suavización exponencial simple y β es la constante de suavización de tendencia de la serie de tiempo

1.4.4. Suavización exponencial triple

El modelo parte de lo siguiente:

$$Y_t = (a + bt)c_t + \varepsilon_t$$

en donde los parámetros son:

a = porción constante

b = pendiente de la componente de tendencia

c_t = factor estacional para el período t

ε_t = componente irregular

El procedimiento, para llegar a los pronósticos, consiste, en términos generales, en estimar los parámetros del modelo y usarlos para generar el pronóstico. En este contexto, la componente constante se estima en forma independiente de la tendencia y los factores estacionales, por lo que se llama constante no estacional. De la misma manera, el factor de tendencia debe ser independiente de los factores estacionales. Los factores estacionales se pueden ver como un porcentaje de las componentes constante y de tendencia para el período t . Si la demanda en un período dado de una estación es menor que la componente de tendencia constante, el factor estacional será menor que uno y si la demanda es mayor será mayor que uno. El número de factores estacionales debe ser igual al número de estaciones al año.

Este método se basa en tres suavizaciones, una para el nivel, otra para la tendencia y la última para la estacionalidad. Hay dos variaciones del modelo una con estacionalidad multiplicativa y la otra con estacionalidad aditiva.

1.4.4.1. Estacionalidad multiplicativa

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s}$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m)S_{t-s+m}$$

Para calcular los índices de estacionalidad, los cuales se calculan con al menos una estación completa. Para el cálculo de los coeficientes iniciales de estacionalidad se puede usar el siguiente procedimiento:

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, \quad S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \quad \dots \quad S_s = \frac{Y_s}{L_s}.$$

1.4.4.2. Estacionalidad aditiva

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-s}$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m}$$

Para el cálculo de los coeficientes iniciales de estacionalidad se puede usar el siguiente procedimiento:

$$S_1 = Y_1 - L_s, \quad S_2 = Y_2 - L_s, \quad \dots \quad S_s = Y_s - L_s.$$

Para los dos casos, es el tamaño de la estacionalidad, L_t representa el nivel de las series, b_t denota la tendencia, S_t es la componente estacional y F_{t+m} es el pronóstico para más períodos adelante. Los parámetros α , β y γ se pueden escoger buscando minimizar MSE o MAPE.

1.5. APLICACIÓN

Siguiendo el objetivo general del trabajo de grado, para hacer una metodología que apoye a la planeación y programación de producción de café tostado y molido, se inició haciendo un análisis de los datos con los que contaba la empresa. Se optó por hacer pronósticos de tipo cuantitativo que apoyaran las decisiones en el área de producción para la respectiva planeación y programación, ya que se contaba con los datos históricos necesarios. No obstante, se hace necesario realizar un ajuste a este pronóstico por medio de la apreciación de un experto en el tema, es decir la aplicación de pronósticos cualitativos. Una vez conseguidas las series de datos correspondientes a dos años de despachos de cada una de las 30 referencias analizadas, se hizo uso de las *“herramientas para pronósticos”*⁹ para soportar la decisión de cual modelo de pronóstico utilizar.

1.5.1. Gráficas de Serie de Tiempo

Se graficaron las series de tiempo de cada referencia para poder identificar y entender el comportamiento de las mismas. Se pudo observar que en la mayoría de referencias se presentan irregularidades en las cantidades despachadas que resultan del componente aleatorio de la demanda.

⁹ Anexo 1. *“Herramientas básicas para pronósticos”*

Se muestra también que en algunos períodos la demanda se “corre” es decir un incremento en una referencia en un período de tiempo, supone un decremento en el siguiente período.

Los anteriores comportamientos generan la necesidad de comprobar tales observaciones de manera matemática. Se inició con el cálculo del promedio de despachos en los 24 meses de cada referencia y a su vez se halló la desviación estándar. Haciendo una relación entre la desviación y la media, se obtuvo un porcentaje que muestra si la serie tiende o no a ser constante. El resultado obtenido fue que en todas las referencias la desviación es mayor al 20% y se presenta un comportamiento regular, con una desviación del 11%, en la suma de las mismas. En la siguiente gráfica se muestra tal afirmación.

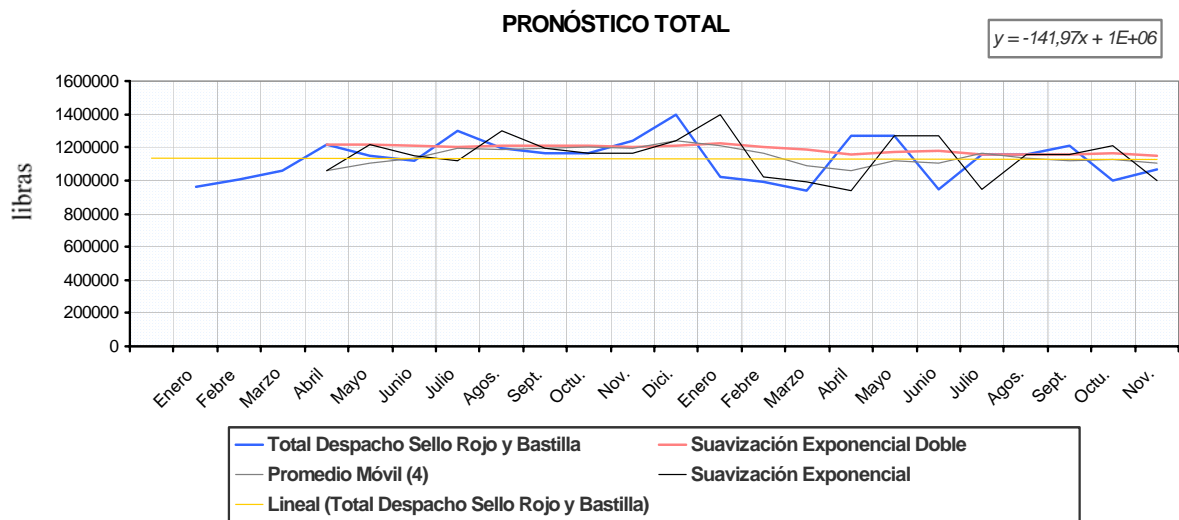


Gráfico 9. Despachos Totales.

1.5.2. Uso del Correlograma

Para verificar si existía algún tipo de tendencia, ciclicidad, o estacionalidad se hallaron los coeficientes de autocorrelación. Para poder facilitar el análisis y visualizar los posibles

comportamientos se utilizó el correlograma¹⁰. Con ello se corrobora que para pronosticar el comportamiento de la demanda de COLCAFE se hará uso de métodos que no incluyan dichos componentes. A continuación se muestran algunos de los correlogramas, donde se ve que el comportamiento de todas las referencias tiende a mantenerse constante y no presenta ningún tipo de estacionalidad, ciclicidad, ni tendencia en un período prolongado de tiempo. Las referencias mostradas a continuación componen el 80% de la producción total de la empresa.

¹⁰ El correlograma se encuentra documentado en el *Anexo 1. "Herramientas básicas para pronósticos"*

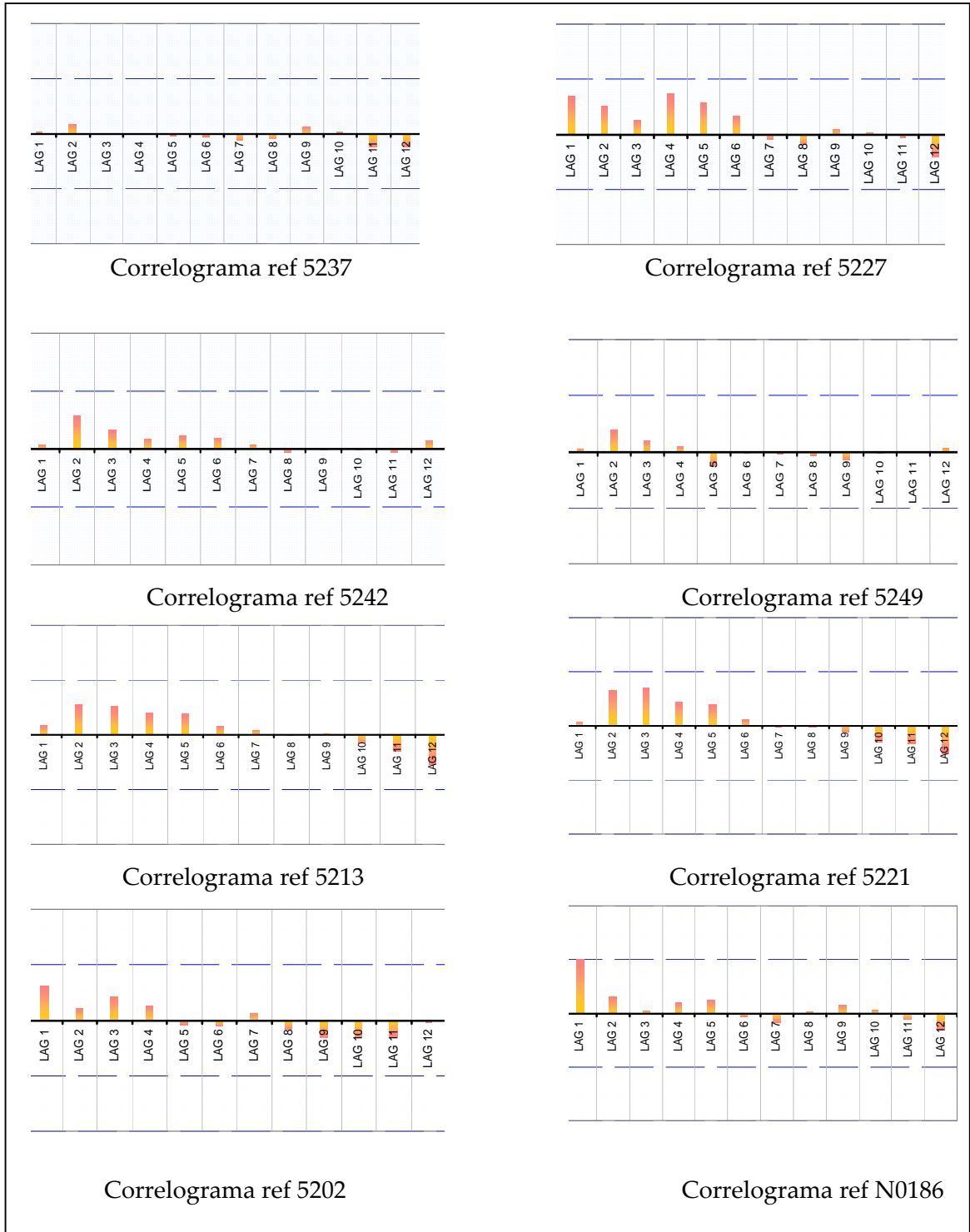


Gráfico 10. Correlogramas de 8 referencias de café.

1.5.3. Coeficientes de correlación

Es importante entender que el consumo total de café y por lo tanto su producción, se mantiene constante, lo que quiere decir que si entre referencias se presentan variaciones se evidencia como el incremento de una referencia afecta de forma inmediata la caída o aumento de otra, ya que éstas están completamente relacionadas entre sí, a este comportamiento se lo ha denominado como “*Fenómeno de desplazamiento*”. Sin embargo, analizando las desviaciones de los despachos totales por mes, se muestra con claridad un comportamiento que no tiene variaciones considerables a través del tiempo; lo que es lógico al saber que el consumo per capita en Colombia y en el mundo no ha sufrido incrementos en los últimos años y por lo tanto en el sector productivo.

La relación entre las diferentes referencias es sustentada en el cuadro de coeficientes de correlación¹¹ donde se establece que un valor entre 0,6 y -0,6 muestra que tanta incidencia tiene una referencia sobre la otra. Si el valor es positivo se encuentra una relación directa es decir, si una referencia crece, la otra también, mientras que si el valor negativo es menor a -0,6 el comportamiento entre estas referencias es disímil o inverso. Se tomaron los últimos 6 períodos de tiempo ya que desde esta fecha se ha incrementado el portafolio de productos de la compañía y por tanto ocurre dicho fenómeno.

Después de hacer un análisis preliminar y de graficar cada una de las series de datos, se prosiguió a escoger y ajustar el método de pronósticos. La mejor forma de realizar la selección de éste es por medio de la utilización de cada uno de los modelos que se adecuen o que justifique su uso. En el caso de COLCAFE se hizo uso de los modelos básicos de pronósticos tales como promedios móviles y suavizaciones exponenciales, la razón

¹¹VER Anexo 1.b Cuadro de coeficientes de correlación

principal es que el comportamiento de la demanda del café es constante con tendencia a disminuir levemente en el tiempo.¹² Los métodos restantes de pronósticos fueron descartados en el análisis previo, debido a que no cumplen con la parametrización necesaria para su uso.

1.5.4. Justificación del método utilizado

Debido a que no se presenta ciclicidad, estacionalidad ni tendencia, con sus posibles combinaciones, no se puede hacer uso de los métodos que incluyen estos componentes en la demanda, tales como descomposición, Winters ni Holt Winters, entre otros. De la misma forma quedan descartados aquellos modelos que necesitan más de dos años de datos históricos tales como el método de Box Jenkins, que requiere como mínimo 4 años. En algunas de las referencias existe una tendencia a crecer o a decrecer, sin embargo, a pesar que el MAD¹³ en algunas de éstas da menor con el método de tendencia, este método no es asertivo para la escogencia del modelo de pronóstico, esto se debe a que las tendencias entre las referencias no permanecen constantes a través del tiempo ya que éstas se presentan cuando se introduce un nuevo producto y ocurre el “*fenómeno de desplazamiento*”. Por ello, es necesario pronosticar con base a una tendencia lineal en un periodo no prolongado en el tiempo.

¹² OIC, Informe sobre del mercado del café. “Según las revisiones más recientes de la OIC de los datos disponibles la producción total del año de cosecha 2002/03 será de 119,32 millones de sacos, frente a 110,20 millones en 2001/02 y 112,33 millones en 2000/01. La producción total de los años de cosecha 1999/2000 y 1998/99 fue de 114,48 millones y 106,06 millones de sacos, respectivamente. Agosto 2003.

¹³ Desviación Media Absoluta.

Cabe recalcar que el pronóstico cuantitativo, en este caso, no es suficiente para dar inicio a la planeación y programación de la producción basado en esas cifras. Para ello, el criterio de los expertos en el tema, como el de los jefes de producción de la empresa, es necesario para ajustarlo a las exigencias de la demanda. Con ello, el impacto de las discrepancias entre el pronóstico y los datos reales se espera que se minimice.

1.6. ANÁLISIS DE CADA REFERENCIA PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO.

Basándose en el análisis de la Desviación Media Absoluta (MAD) para la escogencia del modelo de pronóstico para cada referencia, se buscó el que presentara el menor valor de este índice ya que éste mide la dispersión del valor observado o real, con base en el de la estimación; utilizando la señal de rastreo como herramienta para la detección de puntos que no estén manteniendo un comportamiento acorde a los cambios normales de la demanda y también utilizando los datos arrojados en el análisis preliminar de los datos se concluyó lo siguiente:

Según los resultados del análisis efectuado para la selección del método de pronóstico para cada referencia, se obtuvo en términos generales que el 65.52%, 19 de 29 referencias arrojan como mejor modelo de pronóstico la suavización exponencial simple, el cual fue el modelo de pronóstico que tuvo mayor ajuste a las series reales de las referencias de COLCAFE Bogotá. La siguiente tabla resumen muestra el porcentaje de las referencias que se acoplan a cada modelo de pronóstico.¹⁴

¹⁴ Se identifica PMS como promedio móvil simple, en cualquiera de sus bases, SED como suavización exponencial doble y REG LINEAL como regresión lineal.

MODELO	# REF	%
PMS (2)	2	6,90%
PMS (3)	1	3,45%
PMS (4)	1	3,45%
REG LINEAL	3	10,34%
SED	3	10,34%
SES	19	65,52%
Total general	29	100,00%

Tabla 1. Modelos de pronóstico según referencia.

Los errores arrojados por los pronósticos son manejados con un stock de seguridad calculado con un nivel de confiabilidad o servicio. Este nivel es establecido para que pueda cubrir la cantidad del error medio en libras. Este corresponde a un valor aproximado del 12% del pronóstico total, según la metodología propuesta. Comparando el stock de seguridad que manejan actualmente en COLCAFÉ Bogotá (no mayor a 2 días de inventario) y el arrojado por el análisis, se produjo una reducción del 96%, ya que se pasó de 130.000 libras a 5.000 libras aproximadamente. Se comprobó que el uso de esta cantidad para el stock de seguridad es suficiente, ya que al comparar la metodología propuesta con datos reales se obtuvo el cumplimiento total de los pedidos¹⁵.

A continuación se muestra una tabla donde se compilan todas las referencias y los mejores modelos para cada una de ellas. Hay que tener en cuenta las conclusiones expuestas a continuación en este capítulo y las del *Anexo 2 Conclusiones de pronósticos por referencia*, donde se analiza y se concluye acerca de la utilización de cada modelo.

¹⁵ Este resultado se puede visualizar comparando el resultado del pronóstico total con el pedido proporcionado por COLCAFÉ.

Referencia	Pronóstico	alpha	beta
N0181	SES	1,00	N/A
N0184	SES	0,65	N/A
N0186	SES	0,90	N/A
N0121	SES	1,00	N/A
N0180	SES	0,09	N/A
N0183	PMS (3)	N/A	N/A
N0111	SES	0,17	N/A
N0113	SED	0,31	0,00
N0122	SES	0,30	N/A
N0132	PMS (2)	N/A	N/A
N0142	SES	0,60	N/A
N0152	N/A	N/A	N/A
Total BS	SES	0,60	N/A
N5249	SES	0,79	N/A
N5242	SED	0,87	0,20
N5237	REG LINEAL	N/A	N/A
N5266	N/A	N/A	N/A
N5227	SES	0,43	N/A
N5221	REG LINEAL	N/A	N/A
N5213	REG LINEAL	N/A	N/A
N5246	PMS (4)	N/A	N/A
N5240	SES	0,02	N/A
N5234	SES	0,07	N/A
N5205	SES	0,39	N/A
N5202	SES	0,74	N/A
N5225	SES	1,00	N/A
N5219	SED	0,42	-
N5211	PMS (2)	N/A	N/A
N5223	SES	0,24	N/A
N5217	SES	0,19	N/A
N5241	N/A	N/A	N/A
N5235	N/A	N/A	N/A
N5231	N/A	N/A	N/A
N5247	N/A	N/A	N/A
N5262	SES	0,90	N/A
N5271	SES	0,28	N/A
Total SR	REG LINEAL	N/A	N/A
Total SR y BS.	SED	0,16	0,10

Cuadro 1. Mejores modelos de pronóstico para cada referencia.

A continuación se realiza un análisis de las referencias que representan el 80% de la producción total de COLCAFE y con las que se hará el respectivo análisis para las posteriores etapas de la planeación de producción; las restantes, se encuentran documentadas en el *Anexo 2. Conclusiones de pronósticos por referencia.*

1.6.1. Referencia 5237

Debido a que esta referencia tiene tendencia creciente provocada por el fenómeno de desplazamiento, el mejor modelo de pronóstico que se ajusta a esta referencia es el de tendencia lineal. Sin embargo, al igual que las referencias de los metalizados a pesar que este sea el mejor modelo, hay que reevaluarlo para cuando la referencia se estabilice, ya que los incrementos de las referencias son producidos por el *fenómeno de desplazamiento*. Los picos inesperados dentro de la serie de tiempo de la referencia pueden ser pronosticados pero se corren en el tiempo, es por ello que ante esos valores es recomendable hacer ajustes con pronósticos cualitativos.

Solo el 4,17% de los valores estimados no están dentro de los límites de la señal de rastreo, lo que resulta recomendable para una referencia que tiene el 21,61% de la producción total de libras de café. El stock de seguridad necesario para cubrir el error medio fue calculado con un nivel de confiabilidad del 71%.

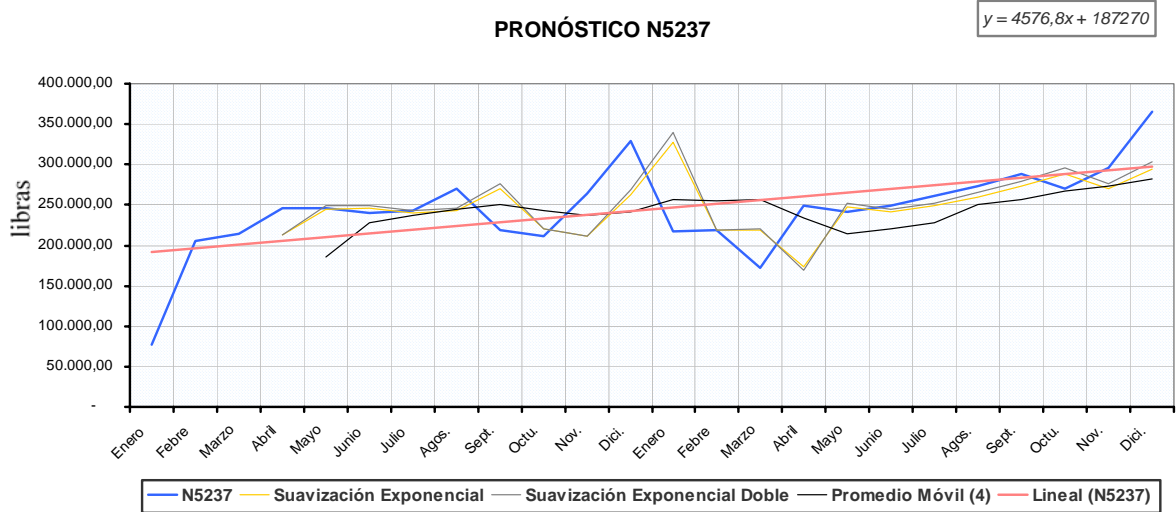


Gráfico 11. Pronóstico referencia N5237

1.6.2. Referencia 5227

El mejor modelo de pronóstico para esta referencia es la suavización exponencial simple, con un $\alpha=0.43$. Los valores estimados se ajustan al comportamiento de la demanda desviándose el 19% de los datos, los cuales sufren una caída en cantidad. Esta referencia no tiene ningún patrón de estacionalidad, ni de tendencia a pesar que sus cantidades estén disminuyendo. El stock de seguridad para esta referencia está calculado con un nivel de confiabilidad del 75% para cubrir la cantidad de libras de error.

Esta referencia tiene un porcentaje considerable de la producción del 12,89%, por lo que hay que apoyar la estimación con recomendaciones de los expertos para el ajuste del pronóstico.

PRONÓSTICO N5227

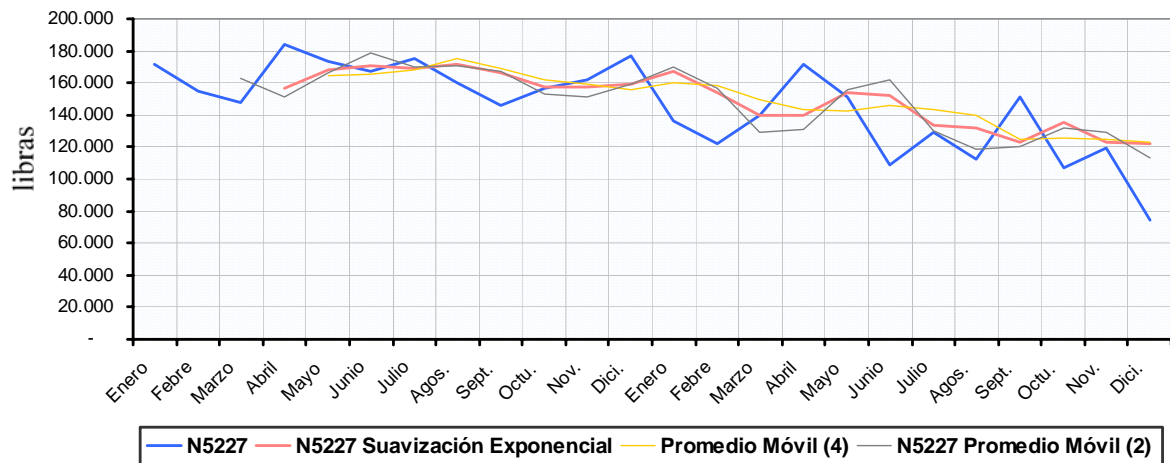


Gráfico 12. Pronóstico referencia N5227

1.6.3. Referencia 5242

El mejor pronóstico para esta referencia arrojó como resultado una suavización exponencial doble con un $\alpha=0,86$ y un $\beta=0,19$. Todos los valores estimados se encuentran dentro de los parámetros de la señal de rastreo, lo que comprueba que se está siguiendo el comportamiento real de la demanda con los valores del pronóstico. Sin embargo, para referencias metalizadas como ésta, hay que reevaluar el método de forma seguida ya que el crecimiento puede presentarse cuando existe el *fenómeno de desplazamiento* y este puede estabilizarse después de un tiempo. El segundo mejor método de pronósticos fue la suavización exponencial simple, hay que evaluarlo como segunda alternativa cuando la referencia se estabilice. El error de esta referencia es posible que sea cubierto con un stock de seguridad calculado con el 63% de confiabilidad o nivel de servicio.

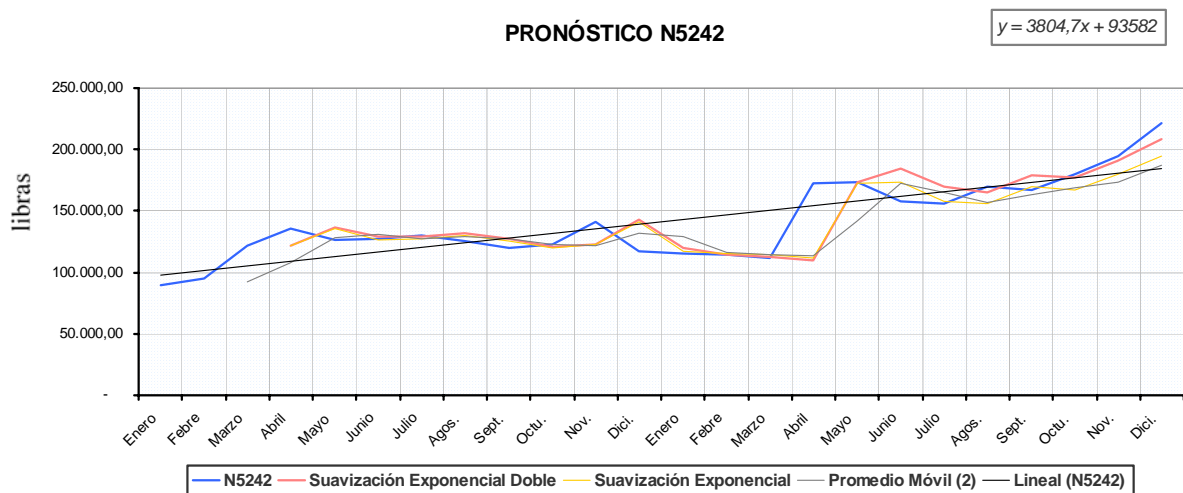


Gráfico 13. Pronóstico referencia N5242

1.6.4. Referencia 5249

El mejor pronóstico para esta referencia fue la suavización exponencial simple, con un factor de corrección alfa de 0,79. Los valores arrojados por el modelo de pronóstico se ajustan a la tendencia real de la demanda, desviándose solo el 5% de los valores estimados. La producción de esta referencia es el 9,2% de la producción total. El error arrojado por este pronóstico puede ser cubierto, con un nivel del 71% de confiabilidad para el cálculo del stock de seguridad. Se ve que el modelo de suavización exponencial doble es también un pronóstico muy acertado, sin embargo el error arrojado por el modelo de la suavización exponencial doble puede procurar a aumentar cuando la tendencia de la referencia se estabilice a causa de los pedidos de otras referencias como los laminados. Es por ello que se tomó como modelo la suavización exponencial.

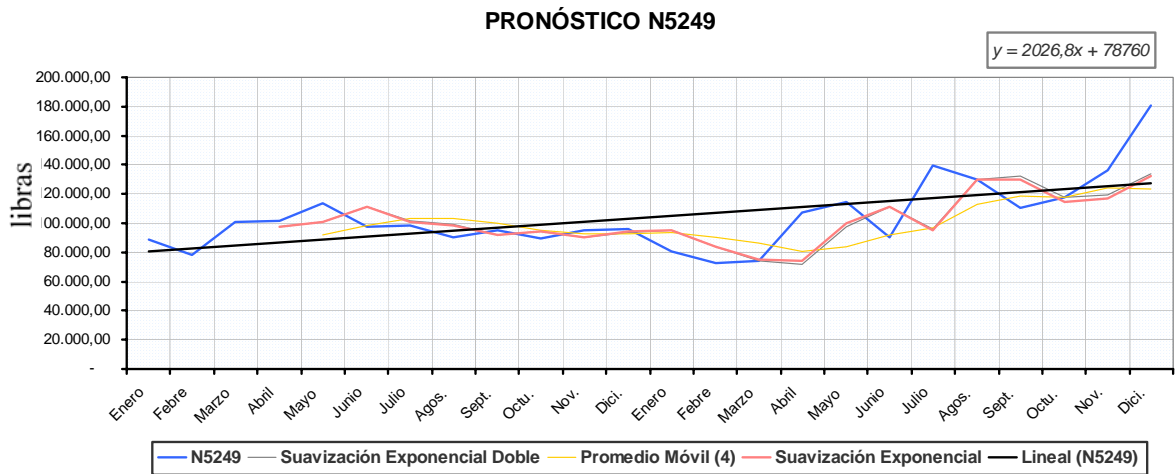


Gráfico 14. Pronóstico referencia N5249

1.6.5. Referencia 5213

El modelo de pronóstico que más se ajusto a esta referencia fue la tendencia lineal. Al igual que la mayoría de los laminados, esta referencia tiende a decrecer en su producción que se encuentra en el 8% del total actualmente, sin embargo es posible que esta referencia esté condicionada al fenómeno de desplazamiento por lo que hay que tener especial cuidado cuando éste desaparezca. Todos los valores de la estimación se ajustan al patrón de la demanda, según la señal de rastreo, por lo que es confiable pronosticar con estos valores mientras la referencia exista y siga de la misma forma con su comportamiento. El error de esta referencia es cubierto con un stock de seguridad con un nivel de servicio del 60%. Los picos presentados en la serie son difíciles de pronosticar y que se deben a cambios repentinos del comportamiento del mercado.

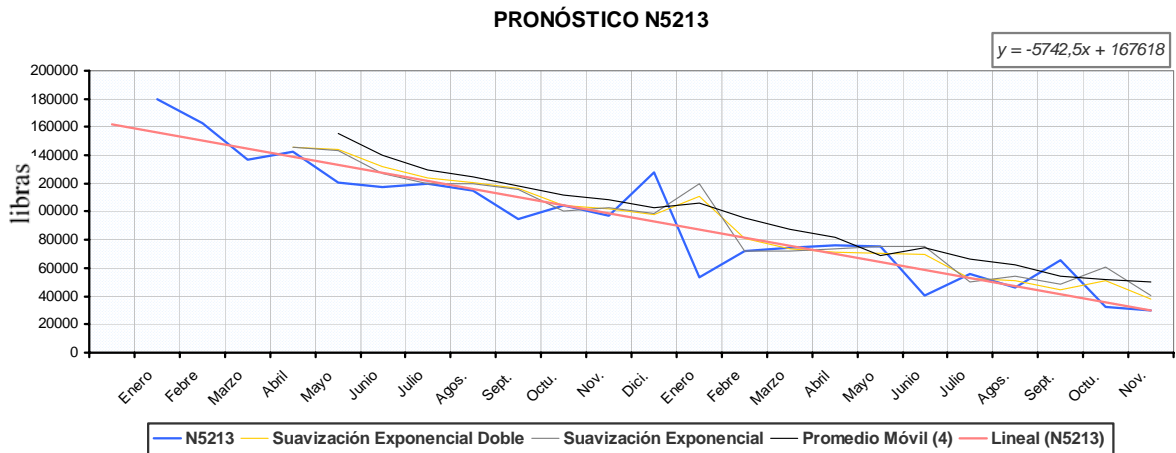


Gráfico 15. Pronóstico referencia N5213

1.6.6. Referencia 5221

Esta referencia está disminuyendo su producción, de manera que el pronóstico que más se ajustó fue el de tendencia lineal. Los valores de la estimación, están acordes a la señal de rastreo en un 100%, lo que justifica el uso del modelo de pronóstico mientras la referencia se estabiliza o mientras siga con la tendencia a decrecer. La producción de esta referencia equivale a un 7% de la producción total. Los picos de esta referencia no son predecibles por el modelo de pronóstico, ajustándose más el de suavización exponencial simple para estos incrementos inesperados. A pesar que todos los valores de la estimación corresponden al verdadero comportamiento de la demanda, es recomendable ajustar el pronóstico por medio de la valoración de un experto. Aún más, en los meses que se espera tener un incremento como es en diciembre y en abril. El error de esta referencia puede ser cubierto con un stock de seguridad calculado con un nivel de servicio del 60%.

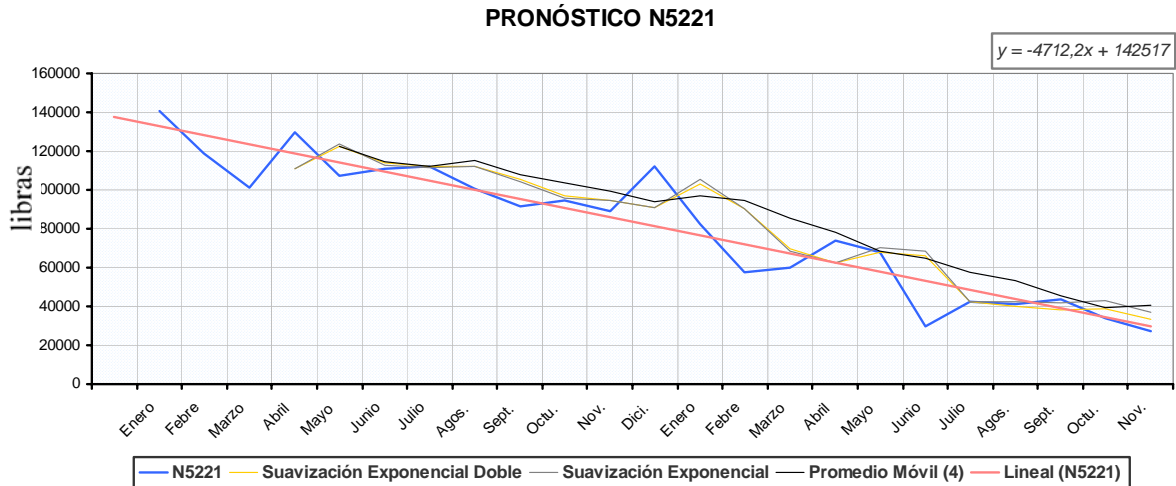


Gráfico 16. Pronóstico referencia N5221

1.6.7. Referencia 5202

Para esta referencia el mejor método de pronóstico es la Suavización Exponencial Simple, con un valor en el factor de suavización de $\alpha=0.74$. Para esta referencia un 57,14% de los valores pronosticados se ajustan al comportamiento real de la demanda, como lo demuestra la señal de rastreo. De agosto a diciembre del año 2002, la referencia tiene un crecimiento a lo largo de este periodo, lo que hace que los valores del pronóstico no se acoplen a la trayectoria normal de la demanda. En los periodos donde la señal de rastreo muestre que el valor real es mayor al pronosticado, se debe hacer el respectivo ajuste para la planeación de la producción. El error que presenta esta referencia es cubierto con un nivel deservicio del 76% con un stock de seguridad de una cantidad semejante.

PRONÓSTICO N5202

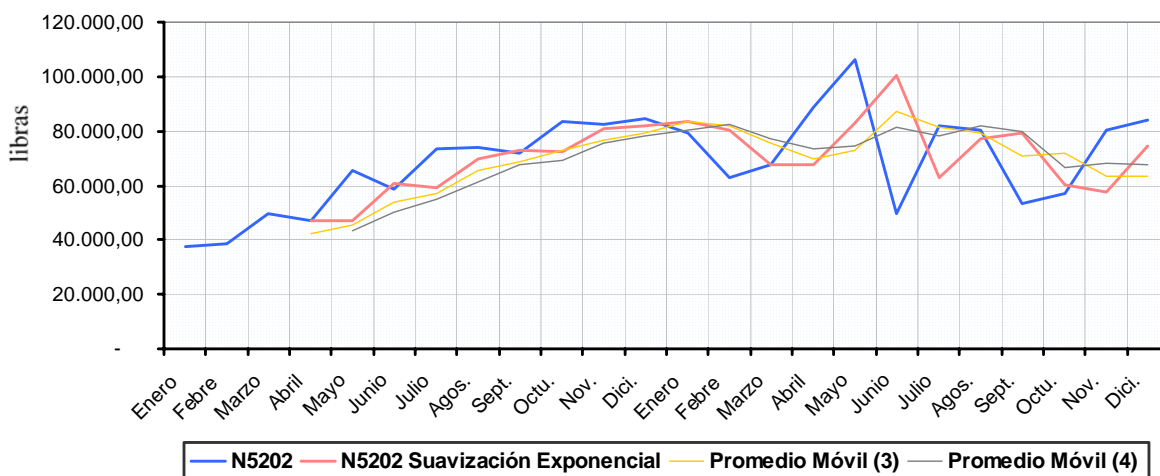


Gráfico 17. Pronóstico referencia N5202

1.6.8. Referencia N0186

El mejor pronóstico fue Suavización Exponencial Simple con $\alpha=0,9$. Por medio del análisis de la señal de rastreo se obtuvo que el 10% de los datos pronosticados están por fuera del límite de confianza. El factor de suavización de esta referencia es alto, lo que determina que predomina el último valor real de la serie sobre el pronóstico del período anterior, por la misma razón que los demás laminados, esto ocurre por el decaimiento de la referencia en los últimos meses de la serie. Esta referencia tiene el 3,49% de la producción total.

Esta referencia en el período de Septiembre a Diciembre sufre un comportamiento de decrecimiento. Se puede pensar que se debe a la misma causa del desplazamiento de producto debido al cambio de empaque. Así mismo es necesario conocer la causa para establecer el modelo recomendado o mirar si algún otro se ajusta más para este último período.

El error promedio de la serie puede ser cubierto por un stock de seguridad con un nivel de servicio de tan solo el 70%.

PRONÓSTICO N0186

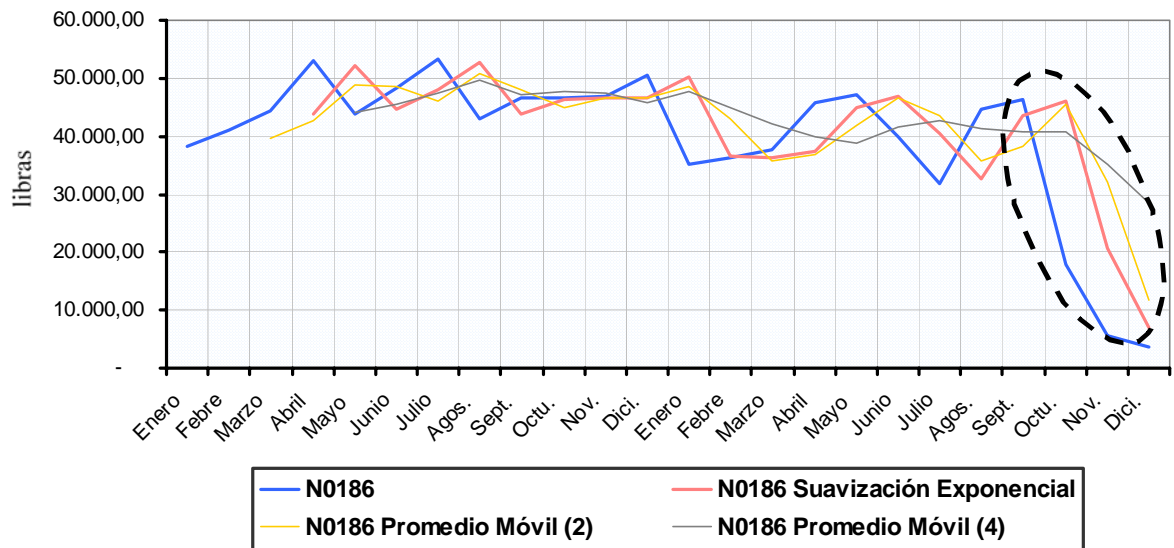


Gráfico 18. Pronóstico referencia N0186

1.7. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO.

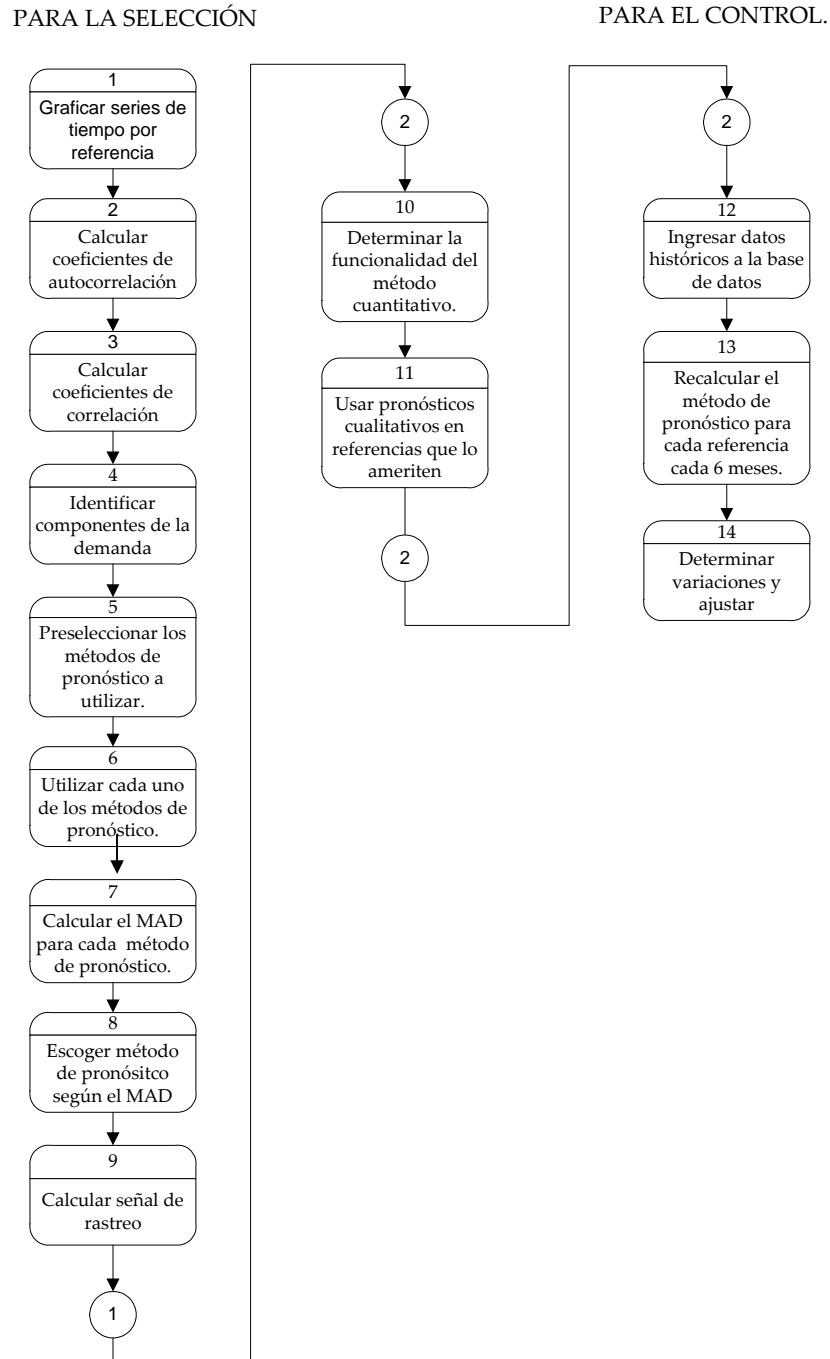


Gráfico 19. Metodología para la selección del modelo de pronóstico.

CAPITULO II

2. PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD

Teniendo claras las cantidades de qué es lo que se quiere producir, es necesario tener control sobre lo que el sistema de producción es capaz de lograr durante un período específico de tiempo, esto es lo que se conoce como capacidad. Su planificación se hace con el objetivo de adecuar el sistema productivo con respecto a la variación de la demanda ya que la adecuación de la capacidad de la planta depende de esta última.

Es necesario conocer la capacidad que se tiene en una planta manufacturera, con ésta se puede disponer de una forma más eficaz los recursos necesarios para poder llevar a cabo la producción, entre ellos mano de obra, horas laborables, tiempo de producción etc. Para ello, existen diferentes estrategias para lograr un ajuste de la capacidad con respecto a la variación de la demanda las cuales varían y dependen de los horizontes de tiempo para las que fueron concebidas.

2.1. PROCESO DE PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD.

Debido a que la capacidad se ajusta a la demanda, esta se considera en diferentes horizontes de planificación: a largo plazo, mediano plazo, corto plazo o plazo inmediato.

- **Largo Plazo.**

Se considera más de un año. Los recursos tales como edificios, equipos e instalaciones en general requieren de un tiempo largo para poder adquirirse. Usualmente esta planeación requiere aprobación por parte de la gerencia.

- **Mediano Plazo.**

La planeación a mediano plazo está estipulada para planes mensuales o trimestrales para los siguientes 6 a 18 meses, en este caso la capacidad puede variar debido a alternativas tales como la contratación, los despidos, las nuevas herramientas y la subcontratación.

- **Corto Plazo.**

Esta planeación tiene que ver con el proceso de programación semanal o diaria, e implica la realización de ajustes para eliminar las discrepancias entre la producción planeada y la producción real. Esto incluye alternativas como horas extras y las transferencias de personal¹⁶

2.2. TIPOS DE CAPACIDAD.

Existen diferentes tipos de capacidad en el proceso de planificación y control de la capacidad, sin embargo el cálculo que cobra mayor importancia, es el de la capacidad disponible, ya que está afectada por una serie de factores que determinan el valor real de lo que se es posible producir, entre los tipos de capacidad disponible se encuentran:

2.2.1. Capacidad diseñada

Es el volumen de producción para el que fue diseñado el recurso. Sería la salida máxima bajo condiciones ideales. Éste se trata como algo teórico ya que, muchas situaciones que ocurre impiden que se pueda alcanzar.

¹⁶ CHASE, et al. Planeación estratégica de la capacidad. En: Administración de Producción y operaciones, 2000, Mc Graw Hill p. 263.

2.2.2. Capacidad real o disponible.

Constituye el volumen de producción realmente logrado. Se calcula aplicando a la capacidad diseñada los coeficientes de eficiencia (E) y de utilización (U)

2.2.3. Capacidad máxima

Se entiende que es el volumen que se podría obtener operando 24 horas al día, 7 días a la semana. Es un concepto ideal ya que difícilmente se alcanzarán estas condiciones en la práctica.

2.2.4. Capacidad Pico

Es la suma de la capacidad que se podría lograr en circunstancias normales de producción, más la derivada del uso de todas las posibles medidas de aumento transitorio. Este concepto ocurre de manera puntual y no puede sostenerse indefinidamente en el tiempo.

2.2.5. Capacidad demostrada

Es la que se ha conseguido en el pasado.

2.3. FACTORES DE AJUSTE A LA MEDIDA DE CAPACIDAD

Para poder encontrar la capacidad disponible es importante tener en cuenta aquellos factores que hacen que la capacidad de un recurso se vea afectada. Un buen ajuste de la capacidad hace que sea necesario conocer todas las variables que puedan afectar la producción, entre ellas, las políticas de la compañía en cuanto a bienestar de los trabajadores, tiempos y frecuencias de mantenimiento, entre algunos otros.

2.3.1. FACTOR DE UTILIZACION, U

Dado que es imposible utilizar toda la capacidad del recurso en un determinado período, hay que calcular U que es la proporción de tiempo en que realmente se utiliza el recurso.

Se calcula con el cociente entre el Número de Horas Productivas (Nhp) y el Número de Horas Reales (Nhr) por período, así:

$$U = Nhp/Nhr \quad \text{de donde} \quad Nhp = U*Nhr$$

2.3.1.1. Tiempos improductivos

Para el cálculo del factor de utilización se toman en cuenta ciertos tiempos que han sido establecidos como tiempos improductivos programados y tiempos improductivos por razones técnicas. Los primeros contemplan tiempos perdidos por tolerancias personales tales como tiempos de almuerzo, desayuno y descanso . Los segundos son tiempos perdidos debido a los tiempos de mantenimiento programado.

2.3.2. FACTOR DE EFICIENCIA, E

Este factor muestra la forma en como cada individuo o recurso realiza una misma tarea. Este factor es diferente en cada caso ya que cada persona tiene distintas habilidades, conocimientos, destrezas, e incluso un mismo individuo puede tener diferente eficiencia según el momento de la jornada laboral en que esté actuando. En el caso de la maquinaria, el factor de eficiencia muestra qué tanto es capaz de producir, es la relación del output sobre el input.

2.4. CALCULO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE

Si la capacidad con la que fue diseñado un recurso coincide con la que es capaz de producir realmente, esta sería la misma capacidad disponible. Sin embargo como la utilización y la eficiencia de las instalaciones no son del 100% es necesario afectarlo por

dichos factores para obtener el output realmente logrado, la capacidad que realmente está disponible.

Como lo que se busca es una unidad que pueda ser utilizada para desarrollar planes y programas de producción genéricos, es necesario encontrar una medida de tiempo homogénea basada en U y E que se llama hora estándar (he). El número de horas estándar, Nhe, representa el total de capacidad disponible.

Sea: $Nhe = E \cdot Nhp$

Y como: $Nhp = U \cdot Nhr$,

sale que: $Nhe = Nhr \cdot U \cdot E$

que es la fórmula para calcular la CAPACIDAD DISPONIBLE.

2.5. APLICACIÓN

Para el cálculo de la capacidad en la planta de COLCAFE Bogotá se tomó como unidad de medida libras/día. En esta unidad se obtendrá el resultado de la capacidad real que la planta tiene para producir.

Para el cálculo de la capacidad disponible se halló primero la capacidad máxima teórica (CMT) en cada uno de los procesos, se hallaron las capacidades en tostión, molienda y empaque en cada uno de los turnos, es decir, se hallaron las capacidades teóricas trabajando 1, 2 o los 3 turnos en forma consecutiva.

2.5.1. Capacidad Tostar (CMT)

Para el proceso de tostar, se tomo el valor de la carga de cada uno de los tostadores y se calcularon las libras de café tostado que cada máquina puede proporcionar por ciclo si está en funcionamiento todas las horas del turno.

2.5.2. Capacidad Moler (CMT)

Para el proceso de molienda se hizo el mismo cálculo teniendo en cuenta el rendimiento en Lb/min de cada una de las baterías de molinos. El rendimiento de cada molino se multiplicó por el número de los que conforman la línea de producción, si había más de uno, a su vez se hizo el producto con el tiempo en que estos pueden estar produciendo en cada turno.



2.5.3. Capacidad Desgasificar (CMT)

En este proceso se tomó la capacidad de cada uno de los silos y se dividió por el número promedio de horas en que se desgasifica el café y a este valor se le hizo la conversión a minutos. Se multiplicó por el número de silos que tiene la línea y por el número de horas de cada uno de los turnos.

2.5.4. Capacidad Empacar (CMT)

Por último para el proceso de empaque se calculó la capacidad máxima tomando el rendimiento de la máquina y se multiplicó por el número de máquinas existentes en la línea de producción. En aquellas máquinas que pueden empaquetar dos referencias distintas se tomó el porcentaje de tiempo en que la máquina empaqueta cada referencia, lo que correspondería al número de máquinas existentes. Así por ejemplo, para la máquina O01 el 90% del tiempo trabaja en referencia de 20 gramos y tan solo el 10% trabaja en referencia de 50 gramos, por lo tanto son estos dos coeficientes los que acompañan al número de máquinas.

Debido a que algunas operaciones son más críticas que otras, los tiempos de trabajo en cada turno son distintos entre procesos. El resultado del producto entre el rendimiento de cada molino con el número de máquinas y el tiempo de los turnos arroja como resultado el cálculo de la máxima capacidad teórica.

2.5.5. Factores de Eficiencia y Utilización.

El siguiente paso para calcular la capacidad disponible de la planta fue calcular los factores de eficiencia y utilización para los procesos anteriores. Para ello se identificaron los tiempos improductivos de cada uno de las máquinas que conforman el proceso, así por ejemplo para *tostar café* se calcularon los tiempos que realmente la máquina está siendo utilizada; haciendo la diferencia entre el tiempo del turno y la sumatoria de los tiempos improductivos, ya sean programados o por razones técnicas se halla el tiempo productivo real. Haciendo la relación entre el tiempo productivo real y el tiempo total del turno se calcula el porcentaje de utilización. El cálculo del porcentaje de utilización se encuentra en el *Anexo 3. Cálculo de la capacidad disponible, ver CD.*

Los resultados de cada uno de los factores de utilización se muestran a continuación.

MÁQUINA	TURNO		
	T1	T2	T3
T01	87%	90%	85%
T02	87%	90%	85%
T03	72%	82%	85%
T04	72%	82%	85%
MR01	100%	100%	88%
MR02	100%	100%	88%
MH01	100%	100%	88%
MI01	100%	100%	88%
MO01	100%	100%	88%
MO02	100%	100%	88%
MS01	100%	100%	88%
MS02	100%	100%	88%
DR01	98%	100%	100%
DF01	98%	100%	100%
DS01	98%	100%	100%
DS02	98%	100%	100%
DI01	98%	100%	100%
ER01	78%	79%	63%
ER02	78%	79%	63%
EH01	78%	79%	63%
EI01	73%	68%	60%
EO01	76%	72%	64%
EO02	76%	72%	64%
ES01	80%	77%	67%
ES02	80%	77%	67%

Cuadro 2. Factores de utilización de todas las máquinas.

El factor de eficiencia fue suministrado para cada una de las máquinas según estudios previos realizados en la empresa, en este factor se comparó el valor de lo que le ingresa a la máquina y lo que esta entrega como producto de ese proceso. En la operación de *desgasificar* cabe recalcar que la eficiencia de esta máquina se estima que es del 98% ya que

la única pérdida que tiene el producto en esta operación, es la evacuación de los gases producidos por la reacción química en el proceso de molienda. Una vez calculada la capacidad máxima teórica y tendiendo los factores de eficiencia y utilización de cada una de las máquinas se hizo el cálculo de la capacidad disponible para cada uno de los turnos.

2.5.6. Capacidad Disponible

En la capacidad disponible de las máquinas empacadoras se tuvo en consideración las combinaciones posibles entre estas para hallar el valor total de la capacidad, es decir, se tuvo en cuenta la capacidad de la máquina en una sola modalidad de empaque cuando puede empacar en dos referencias distintas, como es el caso de la máquina F01 que empaca en base cuadrada y en cojín al igual que la O01 y O02 que empacan en referencias de 20 y 50 gramos cada una.

A continuación se muestra la capacidad disponible, en libras, de cada una de las operaciones

Lb	TOSTAR.	MOLER.	DESGASIFICAR	EMPACAR.
1 turno	25651,00	69316,65	40084,63	34958,63
2 turnos	52467,49	128439,68	75847,59	63728,44
3 turnos	75545,55	166427,92	111965,49	78101,40

Cuadro 3. Capacidad disponible de cada centro productivo.

2.6. METODOLOGÍA PARA CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE

Para el cálculo del porcentaje de utilización es necesario tener los tiempos estándares de las actividades de alistamiento, mantenimiento y tolerancias personales para los trabajadores. Una vez se han determinado estas últimas se propone la siguiente metodología para el cálculo de la capacidad disponible para cada centro productivo y para cada turno.

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE

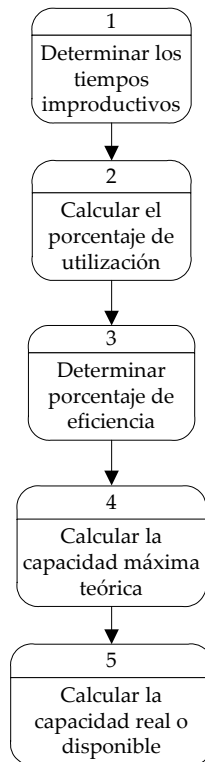


Grafico 20. Metodología para el cálculo de la capacidad disponible

CAPITULO III

3. PLANEACIÓN AGREGADA

El término Planeación Agregada significa planeación para un grupo a fin de obtener una visión de los resultados totales planeados. Un plan agregado puede abarcar una línea de productos; los productos de una planta, división, o de una organización entera, o las ventas planeadas en un área geográfica¹⁷. Para hacer la planeación agregada se debe tener en cuenta cómo es el comportamiento de la demanda; si es estacional, constante, con ciclos, etc.

Lo que busca la planeación agregada es poder especificar la combinación óptima de la tasa de producción, el nivel de la fuerza laboral y el inventario con el que se dispone, es decir, se involucra el número de unidades terminadas por unidad de tiempo, el número de trabajadores necesarios para la producción y el saldo de inventarios no utilizados traídos del período anterior, para minimizar los costos correspondientes a ese horizonte de planeación.

¹⁷ FOGARTY, et al. Planeación a Largo Plazo. En: Administración de la Producción e inventarios, 2ª edición, CECSA p. 53

3.1. ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA

Para llevar a cabo la administración de la demanda, suelen plantearse dos posibilidades:

- Modificar o manejar la demanda.
- Manejar la oferta (producción), por medio de dos estrategias denominadas puras. La primera conocida como estrategia de persecución o Chase consiste en proporcionar amplia capacidad y flexibilidad para que la demanda coincida con la producción y la segunda, producir a nivel constante y por medio de los inventarios generados satisfacer la alta demanda. Para ello se utilizan medidas de ajuste transitorio para el manejo de la capacidad, las cuales se presentan en el siguiente cuadro tomado del capítulo *“PLANIFICACIÓN AGREGADA Y PROGRAMACIÓN MAESTRA DE LA PRODUCCIÓN”* del libro *“DIRECCIÓN DE OPERACIONES”* de José Antonio Domínguez Machuca y otros:

Opción	Posibles Ventajas	Posibles inconvenientes	Costos
Modificar volumen de mano de obra: contrataciones y despidos	<ul style="list-style-type: none"> - Evita tiempos ociosos, acumulaciones de inventario y horas extra. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitaciones legales y de convenios colectivos. - Causa malestar en trabajadores y sindicatos, aumento de conflictos. - Poco viable si la mano de obra es especializada - Es necesario alta capacidad de formación. - Puede reducir la productividad. 	<p>CONTRATACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anuncios de ofertas - Pruebas de selección - Formación y entrenamiento - Caída de productividad <p>DESPIDOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indemnizaciones - Trabajo administrativo - Conflictos
Utilización de horas extras	<ul style="list-style-type: none"> - Es una opción menos drástica y evita costos de contratación y despido. - Evita acumulación de inventarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitaciones legales y de convenio - El trabajador no está obligado a aceptarlas - Su uso es limitado ya que trae efectos negativos sobre motivación, calidad, productividad, accidentes, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento en el costo de horas extras - Costos derivados de reducción de la productividad
Tiempos ociosos	<ul style="list-style-type: none"> - Si la disminución de la capacidad es corta, es más barato que el despido - Evita los efectos negativos del despido - Conserva a los trabajadores calificados y eficientes - Evita acumular inventarios innecesarios 	<ul style="list-style-type: none"> - El trabajador sigue recibiendo su remuneración - Baja la eficiencia en el uso del equipo fijo 	<ul style="list-style-type: none"> - Salarios y cargas sociales - Penalización por el desaprovechamiento de la capacidad
Subcontratación	<ul style="list-style-type: none"> - No se realizan inversiones adicionales - Evita la sobre utilización del equipo fijo - No hay limitaciones legales o de convenio - Evita el sobre costo de horas extras y contrataciones - No se presentan despidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de pérdida de clientes caso de subcontratar el producto final - Falta de disponibilidad de empresas para subcontratar - Pérdida del control del proceso productivo - El costo de fabricación suele ser superior al de la empresa 	<ul style="list-style-type: none"> - Precio cobrado por la empresa subcontratada - Penalizaciones por riesgo de pérdida de calidad y de cliente
Programación vacaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce la mano de obra sin costo adicional y sin otros riesgos 	<ul style="list-style-type: none"> - Condicionadas por limitaciones legales y de convenio colectivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Ninguno adicional

Cuadro 4. Medidas de ajuste transitorios de capacidad

3.2. TÉCNICAS DE LA PLANEACIÓN AGREGADA

Existen diferentes modelos que han sido elaborados para llevar a cabo la planeación agregada. Se clasifican en tres grupos¹⁸:

1. *Intuitivos o de prueba y error*
2. *Analíticos*
 - Minimización de costos por Programación Lineal
 - Reglas de decisiones lineales
 - Programación por metas
3. *De simulación*

3.3. CONTROL DEL PLAN AGREGADO.

Se contraponen las diferencias entre las cantidades reales producidas y las cantidades que fueron planeadas, con ello se puede pronosticar si la situación del plan agregado está bajo control. Una tabulación o la representación gráfica de los resultados pondrá en evidencia la acción que deba tomarse en caso de haber divergencia.

3.4. MPS (MASTER SCHEDULE PLANNING)

El Plan Maestro de Producción consiste en la planeación a corto plazo de las necesidades de producción por cada producto. Se tiene en cuenta el plan de producción definido en la planeación agregada, desagregándolo por semanas, basándose en históricos o comportamientos que permitan definirla apropiadamente. También es necesario tomar en

¹⁸ La descripción detallada de los modelos se presenta en el *Anexo. 4 Modelos de planeación Agregada y Técnicas de Decisión.*

cuenta los pedidos que realiza el cliente en ese período para de esa forma tomar una decisión comparando el plan de producción y los pedidos y determinar así el Plan Maestro de Producción. Habiendo generado el MPS, se calcula el inventario final, y se toman las respectivas medidas para la planeación de requerimiento de materiales.

3.5. MRP (MATERIALS REQUERIMENT PLANNING)

3.5.1 MRP originario

Es un sistema de planificación de componentes de productos que, mediante un conjunto de procedimientos, lógicamente relacionados, traduce el Plan Maestro de Producción en necesidades reales de componentes, con fechas y cantidades.

Está orientado a los productos concretos que hay que generar (no considera familias de productos); a partir de las necesidades de éstos, manifestadas en el PMP, planifica las de los componentes necesarios.

El MRP es prospectivo, es decir la planificación se basa en las necesidades futuras de los productos.

Realiza un retroceso en el tiempo acerca de las necesidades de los ítems, en función de los tiempos de suministro de los componentes que requieren los proveedores externos o internos para cumplir sus compromisos, estableciendo fechas de emisión y plazos de entrega de los pedidos. El MRP originario no toma en cuenta las restricciones de capacidad de producción. Se maneja a partir de una base de datos integrada que debe ser empleada por las diferentes áreas de la empresa.

3.5.2 Esquema Básico

Hay que reconocer tres tipos de datos para el funcionamiento de este modelo.

ENTRADAS: Son el conjunto de informaciones básicas necesarias, contempladas en los siguientes documentos:

Programa Maestro de Producción realista: contiene las cantidades de producto final y las fechas en que deben estar listas. Para propósitos del MRP, la primera parte del horizonte del Plan Maestro de Producción, conformado por varias semanas, debe permanecer invariable, firme o congelada durante un lapso equivalente al tiempo de suministro más largo de cada nivel del árbol de estructura del producto o de la lista de materiales. Cada semana que pasa provoca la puesta al día del MPS, eliminándose la semana transcurrida y añadiéndose una nueva al final del horizonte de programación.

LISTA DE MATERIALES actualizada: Es el producto de construir el árbol de la estructura y montaje del producto final.

FICHERO DE REGISTRO DE INVENTARIOS: Contiene segmentos de datos mantenidos al día, gracias a métodos como el de control por código de barras, entre otros, sobre los distintos materiales.

3.5.3 Técnicas de dimensionado del lote

3.5.3.1. *Pedidos lote a lote*

Es la técnica más simple y consiste en hacer los pedidos iguales a las necesidades netas de cada período, minimizando así los costos de posesión. Son variables tanto los pedidos como el intervalo de tiempo entre los mismos.

3.5.3.2. Período constante

Se fija el intervalo entre pedidos de forma intuitiva o empírica. Una vez establecido este, los lotes se igualan a la suma de las necesidades netas en el intervalo elegido, resultando aquellos, lógicamente, variables. En esta técnica y en las restantes, en la que los pedidos agrupan necesidades netas de varios periodos, los lotes deben hacerse llegar en el primero de los períodos computados.

3.5.3.3. Cantidad Periódica de Pedido

El valor del período constante se calcula a partir del lote económico obtenido por el método clásico; a partir de éste se deducen la frecuencia y el tiempo entre pedidos, el cual se toma como período constante. Por otra parte, la demanda se calculará como suma de las necesidades netas durante el horizonte de planificación, HP.

3.5.3.4. Mínimo costo unitario

La decisión se basa en el costo unitario, entendiendo por tal la suma del costo de emisión y de posesión por unidad. Se comienza calculando este costo para el caso de pedir un lote igual a las necesidades netas del primer periodo; se continúa para el caso de los dos primeros períodos, etc., seleccionando el lote que dé lugar al primer mínimo relativo. Se continúa del mismo modo con las necesidades netas aún no cubiertas hasta llegar al límite del horizonte de planificación.

3.5.3.5. Mínimo costo total

La suma total de costos de posesión y de emisión se minimizan cuando ambos son lo más parecido posibles, ante lo cual hay que decir que si bien esto es cierto para demandas continuas y bajo ciertas hipótesis, no tiene por qué cumplirse en el caso de demandas discretas.

3.5.3.6. Razón costo de emisión/costo de posesión (Part-period balancing)

Su idea básica es la misma que la del mínimo costo total, buscándose un lote con el que se iguale al máximo el costo de emisión y el de posesión. Se diferencian en que, para facilitar la comparación, se utilizan las «unidades-período» (UP), es decir, el producto del número de unidades por el período en que permanecen en almacén. Por lo que respecta al costo de emisión, las correspondientes LJP se determinan dividiéndolo por el costo unitario de posesión. Se elige aquel lote que hace las UP del costo de emisión y del de posesión lo más parecidas posibles.

3.5.3.7. El algoritmo de Wagner-Whitin

Los mencionados autores desarrollan, en un ya clásico artículo (1958), el algoritmo que lleva su nombre. Basándose en la programación dinámica, y para una serie de condiciones, seleccionan un conjunto de costos que aseguran la minimización de los costos totales de gestión (emisión + posesión) durante el horizonte de planificación. A pesar de su carácter optimizador, esta técnica ha recibido poca aceptación en la práctica.

3.5.3.8. Lote económico (EOQ)

Esta técnica, propia de la gestión de stocks de Ítems con demanda independiente, puede también ser empleada en algunos casos. La fórmula de cálculo del lote, como se recordará es la siguiente:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AK}{H}}$$

Donde

A: Demanda.

K: Costo de Pedido

H: Costo de Almacenamiento

3.5.3.9. Ajustes en el tamaño del lote

Los lotes calculados por medio de las distintas técnicas suelen ser objeto de algunos ajustes en función de consideraciones prácticas, entre ellos:

- **Mínimos y máximos.**

Consisten en establecer límites inferiores y/o superiores a los lotes solicitados. Pueden expresarse en cantidades o en períodos por cubrir.

- **Factor de defectuosas.**

Pretende prever la existencia de componentes defectuosos en un lote mediante la adición al lote calculado de un porcentaje adecuado, correspondiente a las defectuosas. Así, si llamamos LA al lote ampliado con la cantidad necesaria para hacer frente al tanto por uno de defectuosas, TUD, y L al lote realmente deseado, podemos escribir

$$LA - TUD \times LA = L \rightarrow LA (1 - TUD) = L \Rightarrow LA = L / (1 - TUD)$$

de donde, a partir de los pedidos calculados por las distintas técnicas y de los tantos por uno de defectuosas, se pueden calcular los pedidos que se deben solicitar para satisfacer realmente las necesidades.

- **Múltiplos.**

A veces, necesidades de proceso, de empaquetado, de costo, etc., hacen que los lotes deban ser múltiplos de algún número. Ello se tiene en cuenta redondeando el lote obtenido hasta el múltiplo inmediatamente superior. Lógicamente, estos ajustes pueden dar lugar a excesos de stocks que podrán ser utilizados para satisfacer necesidades futuras.

3.5.4 Sistemas de reprogramación en MRP

3.5.4.1. Sistema MRP regenerativo

Es el enfoque tradicional, el más antiguo. Con este sistema se repite cada vez el cálculo completo, realizándose de nuevo la explosión de necesidades nivel a nivel para todos los productos finales del Programa Maestro de Producción; antes han de introducirse los cambios acaecidos desde el último programa.

3.5.4.2. Sistema MRP de cambio neto

Es un método más moderno. En lugar de realizar explosiones periódicas completas se llevan a cabo explosiones parciales, las cuales se limitan a aquellos ítems que hayan sufrido algún cambio susceptible de alterar las necesidades calculadas previamente.

El sistema regenerativo es más adecuado en entornos estables, mientras que el de cambio neto será preferible cuando existan frecuentes cambios. En algunos casos podrían utilizarse de forma complementaria. Como lo expresa su nombre, éste consiste en la planeación de los materiales necesarios para la producción del producto. El MRP es una metodología que necesita de herramientas computarizadas para generarlo eficiente y eficazmente.

3.6. APLICACIÓN.

La planeación agregada tiene como objetivo agrupar los diferentes pedidos de las dependencias de la Nacional de Chocolates, para después distribuirlo en cada una de las plantas productoras según las referencias de los productos. Esta información agregada es la entrada al sistema de planeación de producción y capacidad en cada una de las plantas productoras en el mejor de los casos.

3.6.1. Planeación Agregada

Para desarrollar el plan agregado en COLCAFÉ se tomó el valor del pronóstico del total de los despachos. Debido a que el pronóstico más ajustado fue el modelo de Suavización exponencial doble, con $\alpha=0,164$ y $\beta=0,099$, solo se podía pronosticar el valor del siguiente período, por ello se tomó el siguiente modelo más ajustado que fue el de tendencia lineal. Con éste se pronosticaron los 6 meses siguientes y se realizó la planeación agregada, ajustando el nivel de producción a los valores de la demanda (despachos) pronosticada más un stock de seguridad.

El stock de seguridad del total de la producción fue calculado con un nivel de servicio del 86% y es equivalente a manejar un rango aproximado entre el 9% y 12% del valor del pronóstico. Este rango, fue calculado con la suma de los valores calculados de todos los stocks de seguridad de cada referencia, y se hizo la relación con el valor total del pronóstico en el último período.

Para establecer la estrategia que se va a aplicar en el MPS se tomó como unidad agregada de producción, libras por mes.

3.6.2. Costos relacionados

Para establecer una estrategia de producción a mediano plazo, fue necesario analizar el comportamiento de los despachos y probar diferentes escenarios que minimizaran los costos tanto de inventarios como de horas extra. Para esto se analizó la capacidad disponible por centro de producción, en libras, de los meses pronosticados ubicando así el recurso restrictivo con el cual se determinó la capacidad de la planta. Para este caso el centro productivo de tostión fue el que tuvo menor capacidad, sin embargo, éste no es cuello de botella ya que la demanda es menor que su capacidad. La capacidad se

discriminó para uno, dos y tres turnos, con el objetivo de controlar la carga y no incurrir en costos de horas extra, por ello se tomó como base la capacidad con sólo dos turnos.

Se prosiguió con el cálculo de la capacidad en horas disponibles de producción, para los 6 meses siguientes y con ello se determinó si la carga necesitaba horas extra. Para visualizar si en algún período la carga excede a la capacidad disponible en horas, de algún centro productivo, se hicieron cuadros de control en los que se puede verificar dicha situación. A continuación se muestra uno de éstos.

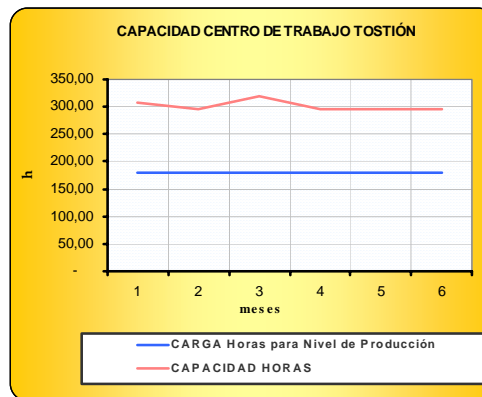


Gráfico 21. Cuadro de control Carga-Capacidad

Esta carga se determina con el nivel de producci6n que se desee implementar, puede ser usando estrategias puras como Chase, o estrategias mixtas, esto depende de la necesidad de la planta para adecuar su producci6n al de la demanda. Este valor es el que varía en el nivel de producci6n en los cálculos de la planeaci6n.

3.6.3. Políticas para el Plan Agregado

De acuerdo con las políticas de COLCAFÉ, la fuerza laboral tiene que ser constante, no se puede contratar ni despedir gente, por ello, basarse en estrategias puras para determinar los niveles de producción no es viable. Para el caso de COLCAFÉ solo se tomaron en cuenta las horas extras y los inventarios que se pueden generar; tomando el valor de los costos de éstos, se determina que estrategia tomar, buscando minimizarlos según las necesidades de producción.

3.6.4. MPS

Al establecer el nivel de producción, se continuó con el planteamiento del MPS para elaborar la planeación por producto de lo que se va a producir en un mes por cada semana. Para el análisis se tomaron las referencias más relevantes de la producción actual de COLCAFÉ según un análisis de Pareto. Se pronosticó el siguiente mes a los datos de los despachos para determinar el plan de producción de las 4 semanas que lo componen. Tomando los pedidos y el nivel de producción que corresponde a los pronósticos de cada referencia, se determinó el MPS por producto. Todo ello con el fin igualar el nivel de producción al de la demanda. Fue necesario basarse en los históricos y en las aproximaciones de los pronósticos para generar el Plan Maestro de Producción ya que no pudo basarse en los pedidos porque los que efectúa la Nacional de Chocolates no corresponden a sus despachos. Con ello, se continuó con la planeación de los requerimientos de materiales.

3.6.5. Propuestas de MPS

Para la posterior programación se tomó un pedido que fue discriminado por dependencia (Bogotá, Ibagué, Bucaramanga y Neiva) y por referencia donde se totalizó y se comparó con el valor del pronóstico para determinar el MPS.

Se elaboraron dos propuestas para el MPS teniendo el siguiente criterio de decisión:

- Si el pedido es menor o igual al pronóstico, entonces tome el pedido ya que no hay que producir más de lo necesario.
- Si el pedido es mayor o igual al pronóstico, entonces haga una ponderación cualitativa que está a criterio del responsable de la producción. En aquellos casos donde el pronóstico cuantitativo no fue confiable, se tomó el pedido como MPS final para esa referencia.

Se espera que estas propuestas de elaboración del MPS arrojen el mismo resultado a medida que el porcentaje del cumplimiento por parte del cliente se incremente, ya que así el MPS correspondería a los pedidos elaborados por cada dependencia.

3.6.6. MPS final

El resultado final de estas propuestas es el MPS final, al que le fueron asignadas las máquinas que podían producir dicha referencia vinculada al Plan Maestro de Producción. Posteriormente se hizo una verificación de la capacidad asignando el total del plan de producción por referencia a la línea condicionada para esa referencia.

3.6.7. Consolidación de Productos

Fue necesario realizar una base de datos que permitiera clasificar los productos por características semejantes para realizar los requerimientos de materiales. Por ejemplo para realizar los pedidos de café a los proveedores, es necesario conocer la necesidad total de la planta, ya que la materia prima para todas las referencias es la misma. Para el pedido de los rollos de papel y el de bolsas prefabricadas de empaque, se clasificaron por gramaje ya que la diferencia de las referencias está en su embalaje final en cajas, por ejemplo, la referencia N0181 utiliza el mismo empaque que la referencia N0180, lo que varía es la consolidación del producto en la capacidad de almacenaje de la caja según la referencia, la

primera referencia se embala en cajas con capacidad de 10 libras y en la segunda con capacidad de 6,25 libras. Entonces para la planeación de requerimientos de materiales no fue necesario realizarlo por cada referencia, sino que dependiendo del material se puede realizar un MRP que programe los pedidos de las diferentes posibles agrupaciones según las necesidades. A continuación se muestra el árbol de producto en forma general para todas las referencias. Para el caso específico del Nitrógeno, Pegante y Tinta no se va a trabajar en el MRP porque se conoce la cantidad que se usa en promedio para la producción de cierto número de bolsas de café.

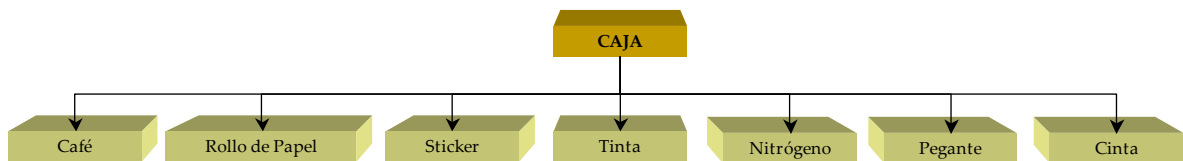


Gráfico 22. Árbol de producto.

3.6.8. Tamaño del Pedido

Para los pedidos de materia prima, materiales e insumos es necesario tener en cuenta el tamaño del lote. Para cada material se pueden implementar diferentes metodologías como lote a lote, lote mínimo, múltiplos de un tamaño específico de lote, EOQ, etc., dependiendo de las necesidades de la planta y de las características propias de la producción de los materiales y sus diferentes proveedores. En algunas metodologías se tienen en cuenta los diferentes costos que genera la administración de materiales. También se necesita conocer el tiempo de entrega del proveedor para realizar una programación de pedidos eficiente que no afecte la programación de recursos. Para COLCAFE la utilización de métodos cuantitativos como EOQ, Wagner Within, entre otros, para los cuales es necesario contar con información de costos, no fue posible utilizarlos ya que no se tiene dicha información.

Es por lo anterior que se optó por una metodología flexible como el MRP, que permitiera realizar la planeación de materiales efectiva y eficientemente.

3.6.9. MRP

Lo esencial del MRP es tener la herramienta apropiada que realice automáticamente el proceso y que sea flexible a cualquier cambio como de proveedor, de políticas, etc. Para el diseño de esa herramienta se debe tener en cuenta, aparte de las variables anteriores, el stock de seguridad, el inventario disponible y otros ítems para la identificación del artículo (Código de Nivel, Identificación del artículo). Se realizó la simulación para dos meses de todos los materiales para un caso en específico determinando las necesidades brutas, las recepciones programadas si existían, el inventario disponible, las necesidades netas, las recepciones de pedidos planificados y el lanzamiento de pedidos planificados.

Al “correr” el MRP se tienen claros los períodos en los que se reciben los diferentes materiales y en los que se debe pedir, para con base a ello hacer la respectiva programación de recursos. La idea es buscar la conectividad entre los diferentes procesos para concretar un planeación integral de la producción de la planta.

3.7. METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA

METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA

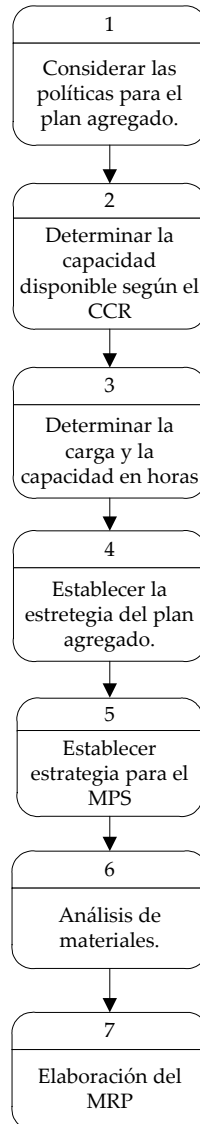


Gráfico 23. Metodología para la planeación agregada de producción.

CAPITULO IV

4. PROGRAMACIÓN.

El objetivo de la programación de operaciones es determinar qué operaciones se van a realizar sobre los distintos pedidos durante el horizonte de planeación en cada centro de trabajo, de forma que, con la capacidad disponible en cada uno de ellos, se cumplan las fechas de entrega planificadas, empleando el menor volumen de recursos e inventarios posibles.¹⁹

La asignación de los pedidos en cada centro de trabajo depende de la forma en como se lleve a cabo la producción, es decir, si ésta es en forma lineal o continua, o si por el contrario es por lotes haciéndose necesario esperar a que un centro de trabajo termine el procesamiento de todo un lote para poder proseguir a la operación siguiente.

Es necesario identificar cuál es la situación a la que está sujeta el proceso, es decir si un pedido puede ingresar en diferentes máquinas, o si solo está asignado a una línea en particular; para el primer caso se llamará secuenciación en varias máquinas y en el segundo, secuenciación en una sola máquina.

Si el pedido se encuentra en una sola máquina o instalación, su secuenciación puede efectuarse teniendo en cuenta los tiempos de preparación, o por el contrario no tenerlos en cuenta. De igual forma si hay diferentes pedidos en una sola línea se pueden tomar en

¹⁹ PLANIFICACIÓN Y CONTROL A MUY CORTO PLAZO, en Dirección de operaciones, Domingo Machuca José Antonio.

cuenta las reglas de priorización para ordenar la secuenciación de cada uno de los pedidos.

Si existe la posibilidad de efectuar la operación o dar ingreso al pedido en más de una sola máquina que tienen secuencia entre sí, se utilizan reglas tales como la norma de Johnson. Esta norma busca minimizar el tiempo del flujo, desde que inicia la primera tarea, hasta la terminación de la última. Estas normas son técnicas heurísticas consistentes en el establecimiento de una regla basada en un indicador numérico con el objetivo fundamental de lograr la secuenciación.

4.1. REGLAS DE PRIORIDAD.

En este caso, en el orden de procesamiento influye el tiempo total necesario para la elaboración de los pedidos. De acuerdo con ello, se trataría de establecer la secuencia para cumplir las fechas de entrega de los pedidos, siempre y cuando implique el menor tiempo total en la obtención de los mismos. Se conocen diferentes reglas de prioridad para el ingreso de un pedido entre ellas:

- Operación más corta o SPT, ingresa el pedido que demore menos en producirse.
- Operación más larga. LPT, ingresa el pedido que involucre mayor tiempo de operación.
- Primero en entrar, Primero en Salir. Los pedidos se producen de acuerdo con el orden en que van llegando.
- Último en entrar primero en salir, los pedidos que se reciben en última instancia son los primeros que se producen.
- Menor tiempo de entrega, se comienza con el pedido que tenga la fecha más pronta de entrega.

4.2. FORMAS DE REALIZAR LA PROGRAMACIÓN

Una vez ya se han establecido las políticas que se utilizarán para la programación, se debe determinar cómo se va a realizar. Existen diferentes métodos que permiten acomodarla a través del tiempo. Estas diferentes formas de programación pueden ser:

4.2.1. Programación hacia delante

Esta se refiere a la situación en el cual se toma un pedido y se programan todas las operaciones que deben completarse más adelante en el tiempo

4.2.2. Programación hacia atrás

Esta programación inicia en alguna fecha futura, usualmente la de entrega, para que a partir de ahí, se haga la secuenciación de las operaciones. El programa regresivo indica cuándo debe iniciarse un pedido para que éste se efectúe en una fecha específica.

4.2.3. Programación basada en TOC, *Teoría de restricciones*.

Los centros de producción se programan para mantener al cuello de botella, o al recurso restrictivo ocupado el mayor tiempo posible. La secuenciación se realiza regulando la velocidad de la línea a la del tambor (CCR). Recurso que restringe la velocidad del flujo del producto.

4.3. OTROS TIPOS DE PROGRAMACIÓN

Existen otros tipos de programación que no solo buscan que el modelo aplicado sea beneficioso para la empresa. Hay modelos de programación que optimizan las asignaciones por medio de modelos matemáticos. Estos son la Programación lineal y la programación estocástica.

4.3.1. Programación estocástica.

La programación estocástica trata con situaciones donde algunos o todos los parámetros del problema se describen mediante variables aleatorias. La idea es convertir la naturaleza probabilística del problema en una situación determinista equivalente.

4.3.2. Programación lineal.

Para realizar la programación de producción utilizando la técnica de programación lineal, el modelo matemático necesita realizar la definición previa de las variables de decisión sobre las cuales va a actuar el modelo. Cada variable tiene un comportamiento binario que puede adquirir el valor de 0 o 1 según corresponda su representación, generándose un modelo de programación entera.

Específicamente en un problema de asignación la decisión corresponde a si “¿Debe ser asignado i para realizar la tarea j ?” siendo Z el costo total, el problema de asignación busca minimizar el costo.

4.4. APLICACIÓN

De acuerdo con el conocimiento previo de lo que se tiene que producir dado por el MPS, *Plan maestro de producción* para una semana, se asignaron las máquinas de empaque que podían elaborar el pedido. Más adelante en el documento se explica dicha escogencia. Se hizo una verificación de la capacidad asignando el total de la producción del pedido a solo una línea de empaque para comprobar si es capaz de producir el pedido para la posterior programación.

Enmarcados en el objetivo específico de determinar que tipo de programación es la que más se adecúa a COLCAFÉ, se realizó una simulación de la programación de un pedido

para el mes de Enero, que fue modelado en dos escenarios, tomando los pedidos en un escenario incrementado en busca de una situación crítica. Para ello se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se tomó la capacidad de la línea para dos turnos con tal de verificar la utilización de horas extras en la planta.
- Esta capacidad se comparó con los escenarios MPS incrementado y MPS Normal.
- En los casos donde la capacidad de la máquina se viera excedida por la del nivel de producción asignado, se elaboró un indicador de “alerta” que permitiera mostrar dicha situación para enfocar la atención total a esas líneas que tengan que ser programadas de forma continua ya que se convierten en un CCR .
- Se realizó una distribución de pedidos de referencias que nivelaran la utilización de la capacidad. La idea es priorizar la programación de los pedidos de cada máquina.
- En el caso específico de tostión, como todos los tostadores distribuyen a todas las líneas, se halló el porcentaje de cuanto equivalen los pedidos al total de café tostado entregado por el centro productivo. Con eso se demuestra la realidad de la carga de trabajo de los tostadores en la simulación realizada para la programación de la producción.
- Para las máquinas que pueden cambiar de formato de empaque se calculó la capacidad utilizada para la producción de una sola referencia. El resultado de la diferencia con el total se comparó con la capacidad necesaria para elaborar la otra referencia. El objetivo es verificar si la capacidad de la máquina puede cumplir con el total de pedido para las dos referencias.

4.4.1. Simulación

Para evaluar los diferentes métodos cuantitativos, determinísticos y/o estocásticos para la programación de producción, se tuvieron en cuenta las consideraciones y características

que se requieren para cada uno. A partir de un análisis concienzudo, teniendo en cuenta los requerimientos y necesidades de COLCAFÉ contra las características de los diferentes modelos, se concluyó que los métodos determinísticos son los que mejor se adecuan. Se encontró que para los modelos estocásticos se dificulta la determinación de las variables aleatorias de asignación y para los modelos cuantitativos, que aunque estos generan una respuesta óptima, presentan restricciones con respecto al manejo de la cantidad y del tipo de variables (variables que no tengan comportamiento lineal no son factibles en estos modelos) que alterarían la simulación, generando modelos inexactos frente a la realidad de la planta. Por ello, para la simulación se evaluarán dos modelos determinísticos con un criterio de teoría de restricciones.

Para realizar la simulación de programación de producción se utilizó como herramienta el programa EXCEL. Se hicieron dos escenarios con el pedido incrementado para evaluar la situación más crítica posible en un mes determinado. Las entradas de la simulación fueron las siguientes:

4.4.1.1. Entradas

- Pedidos por referencia de cada dependencia.
- Tiempo de producción por libra de cada línea por centro de producción.
- Fechas de entrega del pedido

Los métodos de programación que se evaluaron fueron PUSH y PULL, que en nuestro caso se basó en la teoría de restricciones, programándose en forma continua el recurso restrictivo.

4.4.1.2. Hipótesis relativas

A continuación se enunciarán unas hipótesis frente a la situación actual de la programación de producción de COLCAFÉ, que determinan los patrones de conducta del sistema total.

H₀: El recurso restrictivo de la planta es el centro productivo de tosti6n.

H₁: El porcentaje de utilizaci6n de la capacidad disponible de la planta est1 en un 60%

H₂: Los m1todos de programaci6n de producci6n se basan en c1lculos manuales que dificultan tener una visi6n global, afectando la eficiencia en la toma de decisiones en la asignaci6n de recursos.

4.4.2. An1lisis

Teniendo en cuenta las hip6tesis relativas al momento de realizar la programaci6n, se hizo en una tabla la consolidaci6n de las capacidades de los diferentes centros productivos por l1nea de producci6n, buscando la justificaci6n de las dos primeras hip6tesis. Se encontr6 que el an1lisis de la capacidad de la planta en forma global, es decir, por centro de producci6n, est1 utilizada a tan solo un 60% aproximadamente, lo que generari1 un conflicto al pensar que con dicho 1ndice la planta incurra en costos de horas extras para la elaboraci6n de los pedidos.

Se concluy6 que ese porcentaje de utilizaci6n global es cierto, pero que no refleja la realidad por l1nea de producci6n, ya que se observ6 que para cumplir la totalidad del pedido, la asignaci6n establecida genera una sobre-utilizaci6n de algunas l1neas espec1ficas, mientras que en otras se presenta una sub-utilizaci6n. Este an1lisis se evidencia en los gr1ficos de los diagramas de Gantt de la simulaci6n. *Anexo 5. An1lisis para la programaci6n de producci6n, ver CD.*

4.4.2.1. Líneas de producción relacionadas en la simulación

Al haber encontrado dicho evento se estableció que realmente el recurso restrictivo por línea de producción es la operación de empaque, refutando así, la primera hipótesis relativa. Para la ejecución de la simulación se tomaron, con base a la priorización de la programación de las líneas, las que generaban mayores complicaciones con respecto a las limitaciones de capacidad para cumplir con los pedidos asignados y que además trabajaran las mismas referencias. Es decir, se tomaron los pedidos de las referencias *N5223, N5227, N5225, N0181, N0180, N0122* que pueden ser trabajados en las máquinas R01 y F01, donde el rendimiento para generar el mismo producto es diferente. Además, se presenta una situación de cambio de formato de la referencia *N5249* que solo puede trabajar la F01, lo que dificulta aún más la asignación adecuada de los pedidos ya que disminuye notablemente la capacidad disponible de la línea, justificando de esta manera su escogencia.

4.4.3. Resultados

Ambos escenarios fueron trabajados con base en TOC, donde se programó la velocidad de la línea con respecto a la del recurso restrictivo, en este caso, empaque.

4.4.3.1. Programación PULL

Según esta programación PULL, EN LA QUE SE TRABAJA DE ATRÁS PARA ADELANTE, se necesitan 55 horas extras, equivalente a 3,44 días de dos turnos de trabajo adicional, es decir se tendría que trabajar 6,88 turnos extra, traducido a 6 días con trabajo de 3 turnos para cumplir con el total de la producción.

6 turnos de horas extras para molienda y empaque y tostión, ya que la velocidad la da empaque.

4.4.3.2. Programación PUSH

Según esta programación PUSH, EN LA QUE SE TRABAJA DE ADELANTE PARA ATRÁS QUEDARIA DE LA SIGUIENTE FORMA:

Se necesitan 2 días de 2 turnos de horas extras, para poner a trabajar al máximo el CCR tendría 4 días de 3 turnos, y 2 de dos turnos.

Concluyendo, la mejor metodología de programación para COLCAFÉ es PUSH, ya que genera menos cantidad de horas extras, traducido en menores costos adicionales para tener el total del cumplimiento del pedido.

Para la priorización del pedido se escogen los pedidos de mayor volumen como los prioritarios debido a que las políticas y restricciones de la compañía son dadas al cumplimiento de sus despachos con su único cliente.

4.4.4. METODOLOGÍA

METODOLOGÍA PARA LA PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN.

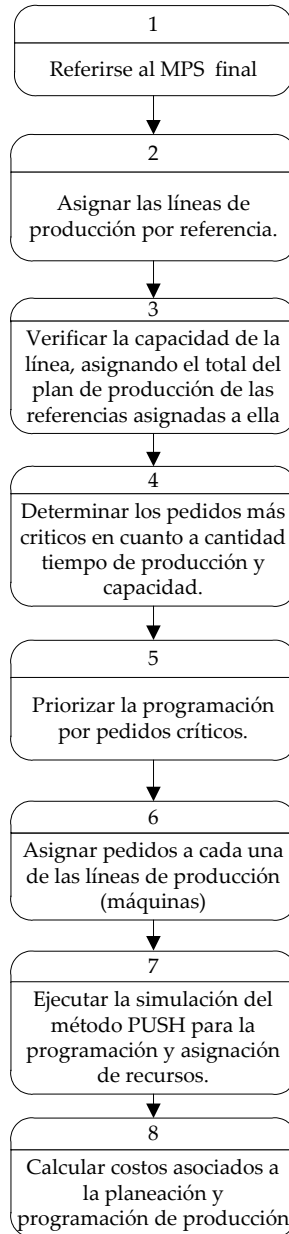


Gráfico 24. Metodología para la programación de producción.

CAPITULO V

5. METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

Para llevar a cabo la metodología de Planeación y Programación de Producción se establecieron unos procedimientos necesarios que permitirán comprender, analizar y concluir sobre las variables que afectan el sistema de Producción de la planta de COLCAFÉ Bogotá. A continuación, se muestra y explica la secuencia de la metodología propuesta dimensionada para los requerimientos y oportunidades de mejora diagnosticadas de la Industria Colombiana de Café, COLCAFÉ Bogotá.

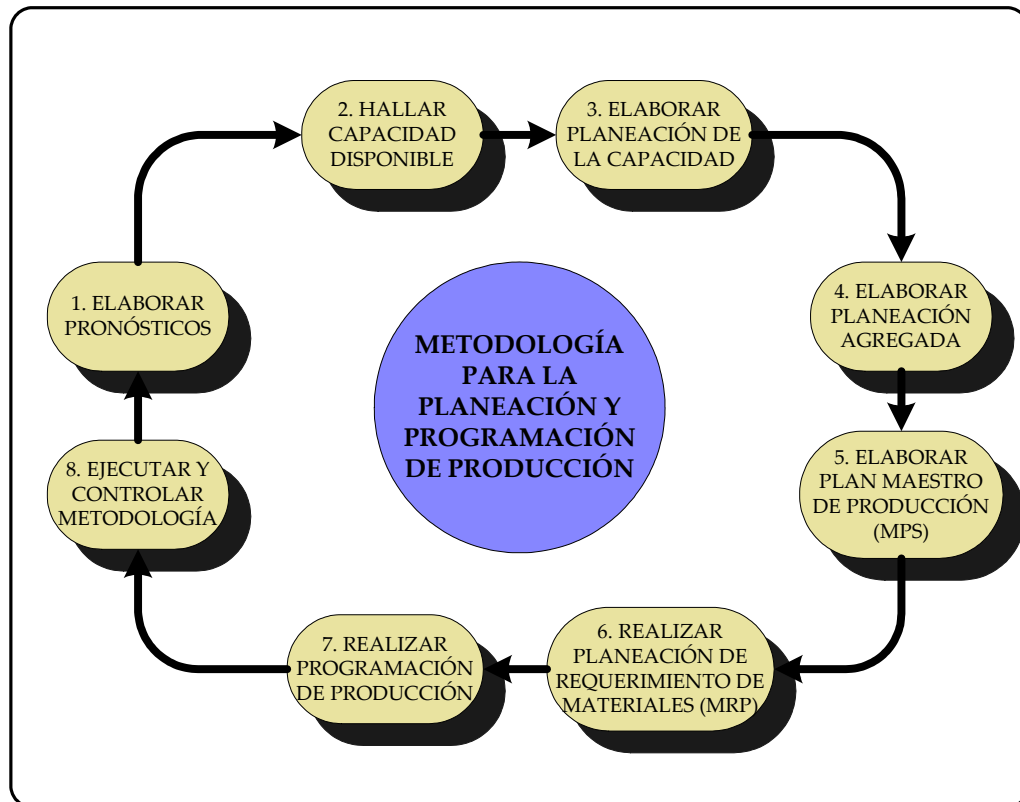


Gráfico 25. Metodología para la Planeación y Programación de la Producción

5.1. ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS.

La elaboración de los pronósticos comprende una secuencia de pasos recomendados que facilitan el análisis y comprensión de las series de tiempo. Para dar inicio al análisis es indispensable contar con los datos de la demanda, en este caso de los despachos, para con ellos poder trabajar y aplicar métodos cuantitativos. Los modelos cualitativos y las diferentes herramientas estadísticas servirán de apoyo dentro del análisis y en algunos casos específicos los pronósticos cualitativos serán los que se usarán para determinar el valor. En seguida se enunciarán los diferentes pasos para la aplicación de pronósticos en la planta de COLCAFÉ Bogotá.

5.1.1. Graficar series de tiempo por referencia

Teniendo los datos correspondientes a los despachos, se procede a la graficación de las series para visualizar los diferentes comportamientos que pueden presentarse. En este caso en particular, al estar trabajando con un producto de la canasta familiar, éste no va a presentar estacionalidad ni ciclicidad y el componente de tendencia que pudiera exhibir sería con una pendiente estimada de un valor no mayor al 1%. Lo anterior permite concluir que al analizar las gráficas correspondientes a las series de tiempo de los despachos de COLCAFÉ Bogotá, lo único a tener en cuenta son las aleatoriedades, enfocándose en las más representativas e intentando ubicar sus causas.

5.1.2. Coeficientes de Autocorrelación

Al haber analizado la totalidad de las gráficas, el siguiente paso que se tendría en cuenta correspondería al cálculo de los coeficientes de autocorrelación, pero para este caso, el cálculo no es indispensable debido a que ya se tiene conocimiento que las series no presentarán estacionalidad ni ciclicidad alguna.

5.1.3. Preseleccionar y calcular los métodos de pronósticos a utilizar

Para preseleccionar los métodos de pronósticos se debe tener en cuenta los componentes que afectan el comportamiento de las series de tiempo de los despachos. Para COLCAFÉ es necesario utilizar modelos que trabajen las componentes de aleatoriedad y tendencia, por esto se establecieron los siguientes:

- Promedio móvil simple
- Suavización exponencial simple
- Suavización exponencial doble
- Regresión Lineal

Teniendo en cuenta los anteriores modelos se procede a realizar los cálculos para cada uno y realizar el pronóstico. Cabe aclarar que se hizo un análisis preliminar donde se determinaron las referencias para las cuales no es necesario en este momento, realizar pronósticos cuantitativos, es decir, que para los primeros 6 meses que se evalúe la metodología desde el análisis preliminar dicha selección de referencias es válida, pero pasado este período de tiempo es necesario reevaluar los pronósticos y realizar el análisis que se explicará a continuación.

5.1.4. Calcular el MAD para cada método de pronósticos

Después de haber realizado los cálculos de los pronósticos, se calcula el MAD para escoger el pronóstico que mejor se ajuste a los datos históricos. El pronóstico con el menor valor de MAD es el que se selecciona como modelo cuantitativo de pronóstico.

5.1.5. Calcular la señal de rastreo

Ya habiendo seleccionado el pronóstico, con base a dicho modelo se calcula la señal de rastreo para detectar los puntos que no estén manteniendo un comportamiento acorde a

los cambios normales de la demanda, se debe realizar para cada una de las referencias y subtotales.

5.1.6. Determinar la funcionalidad del modelo cuantitativo

Para determinar la funcionalidad del pronóstico se evaluaron 3 variables, la primera que ya se explicó fue el cálculo correspondiente al MAD, la segunda se refiere al ajuste del modelo con los datos históricos que determina la señal de rastreo y la última y de gran importancia, es el porcentaje de producción que representa cada referencia con respecto al total de la producción de la planta. La primera variable a evaluar es el MAD y seguido de esto se procede a analizar conjuntamente la señal de rastreo y el porcentaje de producción para determinar que tan viable es tomar como base el pronóstico cuantitativo, o si es necesario tomar en cuenta información cualitativa para realizar algunos ajustes o si definitivamente el modelo cuantitativo no es funcional.

5.1.6.1. Señal de rastreo ajustada y producción representativa

Cuando la producción de la referencia es representativa y la señal de rastreo arroja que entre el 90% -100% de los valores están dentro de los límites de confianza, el modelo es suficiente y solo es necesario el uso del pronóstico cuantitativo. Pero cuando la señal de rastreo arroja que entre el 80% -90% de los valores están dentro de los límites de confianza, es necesario apoyarse con información cualitativa, así la señal de rastreo esté ajustada, con el fin minimizar el error del pronóstico.

5.1.6.2. Señal de rastreo no ajustada y producción representativa

Cuando la producción es representativa y la señal de rastreo no se ajusta debido a que más del 20% de los datos están por fuera de los límites, se estaría presentando una señal de

alerta ya que no se cuenta con información cuantitativa confiable para pronosticar. En este caso, lo más seguro es que se posea información cualitativa que sustente dicho evento ya que no es normal que se presenten alteraciones en la curva de los despachos sin conocer su causa, como por ejemplo el fenómeno de desplazamiento, o la existencia de alguna promoción, etc.

Es necesario prestar bastante atención cuando se presentan este tipo de casos ya que podrían afectar de gran manera la planeación de la producción.

Cuando se presentan estas situaciones es recomendable visualizar el gráfico para analizar la tendencia y analizar el MAD para observar la posibilidad, así el resultado de la señal de rastreo no sea el mejor, de tomar el valor pronosticado y apoyarse en información cualitativa, pero si aún así no se consigue una decisión viable para llevar a cabo la planeación, el pronóstico cualitativo será la única herramienta con la que se determinará dicho valor con el fin de evitar cometer algún error representativo.

5.1.6.3. Señal de rastreo ajustada y producción irrelevante

Cuando la señal de rastreo arroja que más del 80% de los valores está dentro de los límites de confianza y la producción de la referencia a analizar es irrelevante, el valor pronosticado es suficiente para realizar la planeación.

5.1.6.4. Señal de rastreo no ajustada y producción irrelevante

Por último, cuando la señal de rastreo no es ajustada y la producción de la referencia no es importante con respecto al total, dependiendo de la referencia se pueden tomar dos opciones:

- Si la producción definitivamente es muy baja, tomar como base un promedio es suficiente. Se recomienda prestarle la atención adecuada a estos casos ya que no afectarán de gran manera la planeación de la producción.
- Si la producción es baja, pero se podría catalogar como importante dentro de estos términos, es necesario basarse en pronósticos cualitativos que ayuden a ajustar el modelo de pronósticos, pero al igual que la anterior solo es necesario prestarle la atención adecuada.

5.1.7. Reevaluación de los modelos de pronósticos

Las decisiones que se puedan tomar de los parámetros explicados anteriormente solo serán validas durante los 6 meses de su aplicación, pasado este tiempo, es necesario calcular de nuevo los pronósticos y realizar todo el proceso de análisis.

5.2. METODOLOGÍA PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE.

Para realizar el cálculo de la capacidad disponible es necesario realizar la metodología que fue planteada en el capítulo respectivo, sin embargo, para que COLCAFÉ siga con ésta es necesario tener las siguientes consideraciones.

5.2.1. Determinar los tiempos improductivos

La determinación de tiempos improductivos para cada máquina debe variarse cuando ingrese una nueva, ya que afectará el total de la capacidad disponible, o cuando los métodos para realizar el mantenimiento, la limpieza o la lubricación varíen y disminuyan su tiempo de ejecución. Si ninguna de las dos situaciones ocurre, COLCAFÉ no tendrá que calcular de nuevo sus tiempos improductivos y no variará la capacidad disponible.

5.2.2. Calcular el porcentaje de utilización

Si los tiempos improductivos han variado porque se presentaron alguna de las dos situaciones mencionadas anteriormente, entonces hay que recalcular el porcentaje de utilización. Cuando no, los tiempos improductivos y el tiempo productivo real de cada máquina no varía, por lo tanto tampoco su porcentaje de utilización.

5.2.3. Determinar el porcentaje de eficiencia o calcularlo cuando sea necesario

Al porcentaje de eficiencia viene dado por la máquina en sus manuales de utilización, sin embargo en procesos en los cuales no se conozca la eficiencia hay que calcularla con la relación de total producto de salida sobre total de producto de ingreso.

5.2.4. Calcular la capacidad máxima teórica

COLCAFÉ debe recalcular la capacidad máxima teórica si cambia el rendimiento de la máquina, o si ingresa una nueva al proceso de producción.

5.2.5. Calcular la capacidad real o disponible

Con el factor de eficiencia, el de utilización y con la capacidad máxima teórica se calcula la capacidad disponible de cada centro productivo.

5.3. METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA

Para dar paso a la planeación de producción a mediano plazo, las políticas de producción deben estar ya establecidas, como es el caso de COLCAFÉ. Sin embargo, se es conciente que éstas pueden variar dependiendo de las consideraciones y evaluaciones periódicas que se hagan para la planeación de producción.

5.3.1 Determinar la capacidad disponible según el recurso restrictivo.

Se debe establecer cuál es el recurso restrictivo, es decir, el centro de producción con menor capacidad. Este recurso es el que determina la capacidad real de la planta para que al compararlo con la demanda se determine si es o no cuello de botella.

5.3.2 Determinar la carga y la capacidad en horas.

Es necesario controlar si las horas requeridas para cumplir con la demanda, son o no las suficientes para no incurrir en costos extras.

5.3.3 Establecer la estrategia del Plan Agregado

Es aquí donde se establece el nivel necesario de producción de cada mes para cumplir con la demanda pronosticada teniendo en cuenta el recurso restrictivo y la carga en horas. Para establecer la estrategia del plan agregado, es necesario analizar diferentes escenarios en donde se pueda mostrar en que costos se podría incurrir, y determinar cual los minimiza. Los costos mínimos a analizar son costo de materia prima, costo de horas extras, costo de Mano de Obra Directa y costo de almacenamiento. Es necesario tener en cuenta un stock de seguridad que minimice el error de los pronósticos.

5.3.4 Establecer estrategia para el MPS

Es indispensable analizar cada una de las referencias y establecer el MPS de cada una de ellas. Teniendo conocimiento de los pedidos en firme y del inventario final, se establece cómo se va a desagregar la producción, ya sea constante cada semana o con ponderaciones de la producción para cada una de ellas. Este plan de producción se debe definir según tres criterios:

- El de basarse en el pedido en firme correspondiente a esa semana, aconsejable cuando el cumplimiento de los despachos con respecto al pedido de la Nacional de Chocolates sea del 100%

- Basarse en el plan de producción tomado desde el pronóstico de despachos ya desagregado, o
- Asignando factores de compensación entre el pedido y el pronóstico, estos factores también varían de acuerdo al cumplimiento del cliente, entre más se acerque al 100% el factor de ponderación de pedidos puede incrementarse.

5.3.5 Análisis de materiales

Antes de la ejecución del MRP es necesario establecer la Lista de Materiales y si es factible, como es en el caso de COLCAFÉ, agrupar las necesidades de un mismo material para diferentes referencias en un solo pedido.

5.3.6 Elaboración del MRP

Para la elaboración del MRP se deben tener en cuenta las siguientes variables para así poder llevar un control de las recepciones de materia prima e insumos necesarios para la producción, éstas son:

- Tiempo, frecuencia, y forma de entrega del proveedor.
- Políticas de los proveedores, es decir si hacen descuento por volumen, si entregan en múltiplos de un número específico, etc.

5.4. METODOLOGÍA PARA LA PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Una vez ya se ha hecho el cruce entre la capacidad instalada y el pronóstico, se debe hacer la preparación de la planta para que pueda producir eficientemente haciendo la distribución adecuada de cada uno de los recursos, a esto se le denomina Programación de Producción.

5.4.1. Referirse al MPS final

Escoger entre los pronósticos, los pedidos o una ponderación entre ambos; la opción que mejor se adecue a las necesidades de producción, siendo ésta una de las entradas para la elaboración de la programación.

5.4.2. Asignar las líneas de producción por referencia

En caso tal que ingrese una máquina nueva, se debe asignar a ésta la referencia que puede empaquetar para tenerla en cuenta en la programación de la producción.

5.4.3. Verificar la capacidad de la línea, asignando el total del plan de producción de las referencias asignadas a ella

Si la capacidad de una línea es suficiente para producir una referencia es mejor asignarla a una sola línea ya que así se disminuye o elimina el tiempo de alistamiento por cambio de formato entre referencias.

5.4.4. Determinar los pedidos más críticos en cuanto a cantidad, tiempo de producción y capacidad

Según lo analizado anteriormente, enfoque su atención a las líneas de producción que se encuentran sobrepasadas en su capacidad por la asignación de pedidos.

5.4.5. Priorizar la programación por pedidos críticos (LPT)

Para la empresa este criterio de priorización de pedidos es el propuesto ya que la empresa es evaluada por cumplimiento.

5.4.6. Asignar pedidos a cada una de las líneas de producción, (máquinas)

Para los casos críticos por sobre utilización de capacidad, se deben distribuir las referencias del pedido entre las máquinas que puedan producirlos. Teniendo en cuenta que el criterio de asignación prioritario es la máquina que tenga mayor rendimiento.

5.4.7. Ejecutar la simulación del método PUSH para la programación y asignación de recursos.

Realizar el diagrama de Gantt para mostrar la programación de la producción permite ver cómo es la asignación y la ubicación de las referencias de cada pedido en cada línea de producción.

5.4.8. Calcular costos asociados a la planeación y programación de producción.

Identificar cuál asignación en la programación genera más costos, tales como horas extras o inventarios y escoger la que los minimice.

5.5. INDICADORES RESULTADO DE LA METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta que el objetivo de la metodología propuesta es optimizar la asignación de los recursos y hacer más eficiente la toma de decisiones para la gestión integral de la misma, se vio la necesidad de plantear algunos indicadores que permitan medir dicha eficiencia.

Para ello se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- % de utilización de la capacidad por línea de producción.
- Stock de seguridad
- Horas extras
- Cumplimiento de pedidos

La eficiencia en la toma de decisiones depende de los resultados que se obtengan de la utilización de la capacidad, disminución de inventarios y disminución de horas extras sin descuidar el cumplimiento del 100% de los pedidos que tiene actualmente COLCAFÉ Bogotá.

Actualmente el porcentaje de utilización de la capacidad en algunas líneas de producción es superior a la capacidad disponible para dos turnos haciendo inevitable la utilización de horas extras. Es decir que el indicador tiene que medir la variación mensual en la utilización de horas extras para determinar la eficiencia en la asignación de pedidos por línea de producción.

Se utilizará como unidad de medición el porcentaje de utilización de horas extras por mes, derivado de la relación entre el total de horas extras con el total de horas trabajadas.

A continuación se enuncia la fórmula que calculará la medida o indicador que determinará la disminución o aumento de utilización de horas extras.

$$\frac{\%HE_2 - \%HE_1}{\%HE_1}$$

Donde $\%HE_2$ es el porcentaje de horas extras utilizadas en el mes 2 y $\%HE_1$ es el porcentaje de horas extras utilizadas en el mes 1.

De igual forma la gestión de inventarios también permite determinar la eficiencia en la asignación de recursos. Para esto se tomará el aumento o disminución mensual del stock de seguridad.

$$\frac{Stock_2 - Stock_1}{Stock_1}$$

Donde $Stock_2$ es el stock de seguridad en el mes 2 y $Stock_1$ es el stock de seguridad en el mes 1. En la fórmula anterior sólo se tomó en cuenta el stock de seguridad, pero el indicador también permitiría medir la gestión de inventarios diferentes al anterior. Es decir que se tendría otro indicador para la gestión de inventarios.

Es fundamental continuar con la etapa de implantación de la metodología propuesta, con ella se espera tener los rangos aceptables para cada uno de los indicadores, por ahora estos sólo serán enunciados de manera que se logre un control futuro. Con los indicadores determinados anteriormente se logra medir parte de la eficiencia en la gestión de los recursos, ya que otra gran unidad que ratificaría el resultado de dicha medición son los costos en los que se incurre en la producción de café tostado y molido en la planta. Debido a que no se cuenta con la información necesaria para la elaboración de otro indicador relacionado con los costos, no se incluirá, pero de igual forma se comunicará la necesidad de plantear en un futuro no muy lejano la determinación de este indicador.

CAPITULO VI

6. ANÁLISIS FINANCIERO

La evaluación financiera del proyecto consiste en comparar los beneficios proyectados, asociados a una decisión de inversión, con su correspondiente corriente proyectada de desembolsos. Esto se realiza con el flujo de fondos netos estimados del proyecto. Para llegar a definir la conveniencia de una inversión es necesario comparar sus resultados con un parámetro de aceptación o rechazo determinado por el inversionista.

6.1. EVALUACIÓN FINANCIERA.

La evaluación financiera se realiza con dos fines principales: tomar una decisión de aceptación o rechazo, cuando se estudia un proyecto específico, o decidir el ordenamiento de varios proyectos en función de su rentabilidad, cuando estos son mutuamente excluyentes o existe racionamiento de capital.

6.1.1. Proyectos mutuamente excluyentes.

Cuando dentro de un grupo de alternativas solamente puede llevarse a cabo una de ellas y este hecho hace que una u otras alternativas no puedan realizarse, se dice que son mutuamente excluyentes.

6.1.2. Técnicas de evaluación de proyectos mutuamente excluyentes.

Las técnicas utilizadas en la evaluación financiera de proyectos de inversión se pueden clasificar en dos grupos principales cuya diferencia está en la consideración o no del valor del dinero a través del tiempo. Las principales técnicas de evaluación son las siguientes:

- Período de recuperación de la inversión
- Valor presente neto
- Costo anual uniforme equivalente.
- Valor futuro neto
- Tasa interna de retorno.
- Relación beneficio costo.
- Análisis incremental.

6.1.2.1. Relación beneficio/costo.

La relación beneficio costo consta de determinar el cociente entre el valor presente neto de los ingresos y el valor presente neto de los egresos. Si este cociente calculado a una tasa de interés dada, es mayor que la unidad, la alternativa evaluada es aceptable. Si es menos que la unidad no deberá aceptarse, finalmente si es igual a la unidad, entonces la tasa utilizada para la evaluación es igual a la tasa interna de retorno.

6.1.2.2. Análisis incremental

Este análisis determina la alternativa o conjunto de alternativas óptimas, se basa en el análisis de los incrementos entre cifras de igual naturaleza, que se dan al comparar las alternativas que resultaron aceptables.

6.1.3. Desarrollo del Análisis

Se espera que al finalizar el trabajo de grado se encuentre un sistema de información que acorde al existente en COLCAFÉ, brinde los mayores beneficios y se adecúe correctamente a la metodología propuesta. Para ello, es importante efectuar un análisis financiero comparativo entre los distintos proyectos de inversión que puedan resultar factibles.

Se analizaron las siguientes opciones de inversión:

- Desarrollo del software. Para esta opción se recurrió a una empresa especializada, que analizó la metodología y las características básicas del sistema de información actual de COLCAFÉ (plataforma) y realizó una cotización con **valores aproximados**. En el *Anexo 6. Propuesta-Desarrollo de los módulos de Manufactura* se encuentra dicha cotización.
- Implementación de un módulo comercial. Es necesario tener en cuenta como restricción de esta posibilidad, que en algunos casos no es posible la consecución por módulos sino que ofrecen únicamente la solución integral. Si se llegase a encontrar la posibilidad por módulo, se pueden generar problemas de incompatibilidad, entre otros, que dificultan y retrasarían la implementación. Para la valoración de esta opción, se tomaron **costos aproximados**, basados en información entregada por una firma especializada.

Para el análisis financiero de las opciones anteriores se tomó una TREMA (Tasa de Rentabilidad Mínima Atractiva) del 30% que corresponde a una tasa libre de riesgo del 10% y tasa de riesgo del 20% para la implementación de un módulo comercial y una tasa libre de riesgo del 10% y tasa de riesgo del 7% para la implantación del desarrollo. Este riesgo está asociado a:

- Duración de la implantación del sistema de información
- Que no se adecúe el sistema por la dificultad de implantación

Se determinó que el riesgo en el desarrollo de la aplicación es menor debido a que cumple con mayor certeza con la exactitud e integridad de los requerimientos necesarios para la metodología diseñada, a diferencia del módulo comercial que puede ser sobredimensionada.

Se hizo la relación beneficio-costos de las dos opciones factibles, es decir, cual de los dos proyectos genera mayores beneficios. Se tuvieron en cuenta cada uno de los costos asociados tales como el personal involucrado en el proyecto, los costos de mantenimiento de proyecto, las actualizaciones de versiones del software, mantenimiento, las licencias de uso, equipo y materiales. Los beneficios corresponden al ahorro que se obtiene al disminuir los inventarios en un 96% para cualquiera de las dos alternativas, este valor es de \$ 3.989.304,82 para el primer mes.

6.1.3.1. Análisis de los resultados de la relación beneficio-costos

	TREMA	TIR Em	TIR EA	B/C
Desarrollo	17% EA	1,36%	17.59%	1
Módulo Comercial	30%	-	-	0,0891

Cuadro 5. Comparación entre los diferentes índices del Análisis Financiero

En el cuadro anterior, se recopilaron los cálculos realizados de la evaluación financiera, donde se pueden apreciar las ventajas de la primera opción. Para un período que comprende 8 meses de implantación y 3 años siguientes de aplicación se concluye lo siguiente:

- Para este intervalo de período la implantación de un módulo comercial no es rentable ya que la Tasa Interna de Retorno es negativa.
- Comparando solamente el Valor Presente Neto de los beneficios por proyecto, el desarrollo de la aplicación es más rentable debido a la diferencia entre las Tasas de Rentabilidad Mínima del Proyecto de ambas opciones.
- La relación beneficio-costos del desarrollo de la aplicación es superior en un 91%.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES DEL DOCUMENTO.

- El *fenómeno de desplazamiento* determina que es aconsejable utilizar el modelo de pronósticos por tiempo definido, mientras no se establezca el tiempo que dure dicho fenómeno a causa del desconocimiento del comportamiento del consumidor final, sus preferencias y tendencias, es indispensable que los procesos de la planeación de producción sean controlados y revalidados cada 6 meses, como mínimo para validar la adecuación del mercado en el ciclo productivo.
- El comportamiento usual entre las referencias es que después un pico en cantidad venga un descenso de esa referencia en los próximos meses. Es importante que se comparta información entre los eslabones de la cadena de abastecimiento para que se establezcan estrategias que vinculen a las diferentes plantas de COLCAFÉ.
- Se comprueba que al trabajar con un producto de la Canasta Familiar, se obtienen resultados coherentes en la modelación de sus pronósticos ya que no presentan estacionalidades, ciclos, etc.
- Para la planeación de requerimientos de capacidad, no solo basta con hallar la capacidad por centro productivo, sino que es necesario discriminarlo por línea de producción para hacer la comparación respectiva en la programación de la producción. Fue necesario hallar la capacidad disponible por línea de producción; basarse en el cálculo de la sumatoria de las capacidades por centro productivo da una visión errada del recurso restrictivo debido a que por cada uno de los pedidos, éste puede variar, sin

embargo, se evidenció que el recurso que muestra mayores inconvenientes es empaque puesto que se puede concentrar la producción en tan solo una de las líneas. Sin embargo, para operaciones que son comunes para cada una de las líneas es suficiente hallar el total de la capacidad de ese centro productivo.

- En una empresa que es medida por el cumplimiento con su único cliente, es demostrable que los CCR de la planta sean manejados directamente por el mercado, es decir, la restricción del sistema productivo está atada a la demanda.
- Se comprueba que si la organización es una fábrica de producción sobre pedido, la cual se basa en los requerimientos del cliente para realizar el proceso de planeación de producción, la programación debe ser acorde a sus características, sin embargo, en el documento se comprueba que aunque PULL debería ser la metodología que mejor se adecua para la empresa, en los resultados de la simulación da PUSH.
- La planeación de producción se facilita al trabajar con una planta donde los procesos de producción están casi en su totalidad automatizados, ya que permite tener un mayor control sobre las variables que afectan el sistema como por ejemplo la capacidad disponible.
- La planeación por escenarios ayuda a tomar en cuenta diferentes posibilidades reales para la ejecución de la actividad de programación, la simulación fue una herramienta decisiva para saber en forma más real que es lo que le conviene a la empresa.
- Para la planeación de producción es necesario hacer una planeación global de la producción pero una verificación local de la misma. Es decir, “planee global pero verifique local”.

7.1. CONCLUSIONES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

- En la planeación de la fuerza laboral muchas veces se piensa intentar optimizar la línea incrementando o reduciendo operarios para la ejecución de una tarea. La labor como Ingenieros Industriales no es tan solo optimizar la línea para lograr “la meta” de cualquier empresa, sino que se debe explorar más a fondo las consecuencias que una decisión de estas traería. En el caso de COLCAFÉ, la planeación de la fuerza laboral va mucho más allá de tener un número adecuado de personas que logre empacar la producción a la velocidad de las máquinas.
- El poder crear vínculos con empresas del sector real, pone en evidencia que para lograr la mejora del sector productivo es necesario vincular la teoría con la práctica. Es claro que para pasar de una a la otra, los procesos se vuelven a veces utópicos por cada una de las particularidades que tienen las organizaciones, sin embargo, éstas siempre iniciarán un ciclo de búsqueda de información en la academia. El poder proponer desde esta última mejoras en las prácticas empresariales, hace que nuestra labor como ingenieros se vea recompensada.
- El conocimiento de herramientas de Ingeniería Industrial hace posible que éstas no solo se usen para la identificación de una situación actual, sino que también se usen para resolver problemas de aplicación tal como sucedió en la programación de producción. En ésta se utilizó el diagrama Hombre máquina con el objetivo de entender el ciclo de desgasificado en todo un día de trabajo.

- Al inicio del trabajo se dificultó comprender la particularidad de las características de COLCAFE Bogotá, ya que no es un esquema común trabajado en los casos de academia. Debido a que como planta de producción tiene características exclusivas, ya que no es una empresa común donde se determinan claramente los clientes y proveedores, se desarrolló una metodología flexible que permitiera adaptarse a cualquier tipo de planta pero que tuviera en cuenta las restricciones específicas de COLCAFE Bogotá.
- Las metodologías propuestas para procesos de mejoramiento han de ser generales, la nuestra hace que la adición de una nueva referencia por conocimiento de los cambios del mercado, hace que pueda ser vinculada a esta nueva metodología.
- Para obtener mejoras en el sector real crear una brecha entre la teoría y la práctica no es conveniente, ya que para obtener mejoras en la realidad siempre se recurre a la academia.

CAPITULO VIII

8. RECOMENDACIONES.

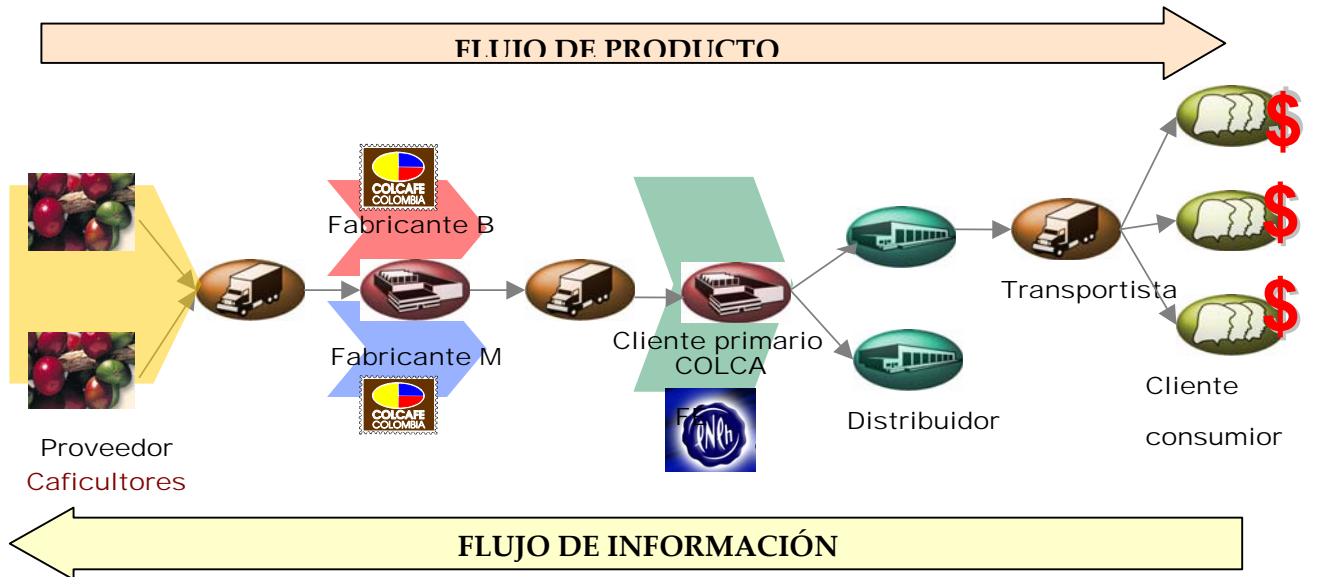
Según la óptica de los investigadores y haciendo claridad que la información tomada fue recolectada en el año 2003 y pudo haber tendido variaciones en sus métodos hasta el día de hoy, se perciben restricciones del sistema que conducen a elaborar las siguientes recomendaciones desde la perspectiva global de las mejores prácticas empresariales que pueden ser ejecutadas en COLCAFÉ Bogotá.

- Se recomienda que la empresa de comienzo a elaborar la planeación de la cadena de suministro, la cual involucra actividades como planeación de la demanda; planeación de los recursos de distribución; implantación; planeación de la producción; y programación detallada.²⁰
- Se recomienda que en un futuro, la empresa se haga partícipe del control y el desempeño de cada uno de los proveedores con los que se negocia, es difícil tener control de la situación si existen más actores involucrados que sirvan de intermediarios, en este caso la planta madre de Medellín. Si la empresa tuviera esa relación directa, la gestión de materiales sería más efectiva ya que se estaría planeando sobre lo que realmente se está despachando y no sobre lo que se pide

²⁰ Tomado de MEJORES PRACTICAS, en Internet:
http://www.sap.com/argentina/smb/best_practices/best_scm.asp

que no es una información con 100% de certeza. Por ello se recomienda que se realice la negociación directa con los proveedores con un control y un apoyo de la planta madre para la realización de las negociaciones.

- Para poder iniciar la planeación de la cadena de suministro debe haber integración de la información entre los actores involucrados, se recomienda llevar a cabo *la planeación colaborativa*, con los aportes que hacen los actores se puede tomar en consideración actividades de sincronización para todas las actividades de planeación tales como la elaboración de los pronósticos. Con esto se asegura un enfoque al cliente ya que sus requerimientos serán cumplidos a cabalidad. La planeación colaborativa implica compartir información desde los clientes hasta los proveedores, con el fin de tener pedidos en firme, reducir el riesgo de incertidumbre y obtener ventajas tales como la reducción de inventarios.
- Se recomienda definir e implantar políticas de cumplimiento bilaterales. Es decir, la falta de cumplimiento por parte del cliente a la hora de despachar pedidos elaborados, hace que la eficiencia de la planta disminuya.
- En este trabajo se presenta una metodología para la planeación y programación de la producción en la planta de COLCAFÉ. Se recomienda que con la implementación de la *planeación colaborativa*, el flujo de información en la cadena de abastecimiento se hace continuo, mejorando en forma significativa la situación actual de la empresa tal como lo muestra la *gráfica 1 Situación actual de la cadena de abastecimiento*. A continuación se muestra el ideal de comunicación entre los distintos eslabones de la cadena.



Lo que se pretende es que COLCAFÉ Bogotá pueda en el futuro, contar con información como la demanda real del producto, o tener contacto directo con los proveedores, y logre independizarse de tal forma que la planeación y programación de producción tenga mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

ADAM EVERETT, EBERT RONALD, Administración de la Producción y la operaciones, Prentice Hall

ARANGO BARRIENTOS FERNANDO, Trabajo Preparado – Evaluación de Proyectos.

CHASE, Administración de Producción y operaciones, 2000, Mc Graw Hill

DOMINGUEZ MACHUCA JOSÉ, Dirección de Operaciones, McGraw Hill, Madrid

DONALD W. FOGARTY, JHON H. BLACKSTONE JR. & THOMAS R. HOFFMANN, Administración de la producción e inventarios, 1994 1ª Edición, CECSA

G.D. EPPEN, F.J. GOULD, C.P. SCHMIDT, JEFFREY H. MOORE, LARRY R. WEATHERFORD, Investigación de operaciones en la ciencia administrativa, 5ª Edición, Prentice Hall

HAMDY A. TAHA, Investigación de operaciones una introducción, 1998 6ª Edición Prentice Hall

HILLIER FREDERICK S. & LIEBERMAN, GERALD J., Introducción a la investigación de operaciones, 1997 4ª Edición, Mc Graw Hill.

LEE J. KRAJEWSKI & LARRY P. RITZMAN, Administración de operaciones estrategia y análisis, 1999, 5ª edición, Prentice Hall.

MAKRIDAKIS, SPYROS G., Forecasting: methods and applications, 1998 3ª Edición, Jhon Wiley, New York.

MARK HILLIE Y MICHAEL O' SULLIVAN, Investigación de operaciones, 2002 7º Edición McGraw Hill

MEIER ROBERT C., NEWELL WILLIAM T. & PAZER HAROLD L., Técnicas de simulación en Administración y Economía, 1975, Trillas.

MONKS JOSEPH G., Administración de Operaciones, McGraw Hill, México

OSORIO, OSCAR M., La capacidad de producción y los costos, 1991 2ª Edición, Macchi, Buenos Aires.

RUSSELL, ROBERTA S. & BERNARD W. TAYLOR, Operations Management, 2000 3ª Edición, Prentice Hall.

UMBLE M. MICHAEL, Manufactura Sincrónica: Principios para lograr una excelencia de categoría mundial, 1997, Continental. 1997. 254 p.

YAFFEE, ROBERT A., introduction to time series analysis and forecasting:with applications of SAS and SPSS, 2000, Academic.

GLOSARIO.

Ciclo de tostión: Tiempo de ciclo en el que se efectúa la operación de tostar pepas de café verde.

ERP: Sigla que significa Enterprise Resource Planning o Planeador de Recursos Empresariales, se refiere a un paquete informático que cubre de forma parcial o total las áreas funcionales de la empresa. Este es un sistema de gestión de información estructurado, diseñado para satisfacer a las soluciones de gestión empresarial.

Gráfico de control: Representación de datos numéricos por líneas visuales. En el texto no se refiere a un gráfico de control estadístico.

Metodología: Ciencia del modo ordenado de proceder

Nivel de Servicio: Valor porcentual que se asigna a la probabilidad que haya inventario disponible cuando un cliente haga un pedido, es decir que pueda ser “servido”

Picking: El Pick (verbo inglés) traduce seleccionar, recolectar y cosechar. En términos logísticos es la preparación de un pedido. Este término de aplicación general en inglés pero tiene una amplia difusión internacional en el ambiente de la logística y el transporte.

Packing: Embalaje o unitarización de uno o más ítems de una orden en un contenedor apropiado y su etiquetado o marcado con los datos del destinatario del despacho y toda otra información necesaria.

SKU: Unidades de existencias administradas en una base de operaciones o planta.